

MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA EN REFUGIO DE VIDA SILVESTRE BOCAS DEL POLOCHIC (RVSBP) Y SUS AFLUENTES



Noviembre, 2002



FUNDACION DEFENSORES DE LA NATURALEZA



MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA EN REFUGIO DE VIDA SILVESTRE BOCAS DEL POLOCHIC (RVSBP) Y SUS AFLUENTES

Fundación Defensores de la Naturaleza – FDN -
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura – CEMA - / USAC

Elaborado por:
Luis R. Pacas, - CEMA –

Revisado por:
Jorge Cardona, - FDN -

Mapas:
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura – CEMA – / USAC

Fotografía:
Fundación Defensores de la Naturaleza

Con la colaboración técnica de:
The Nature Conservancy
Programa Guatemala
Acuerdo Cooperativo USAID – TNC
#EDG – A – 00- 01 – 00023 – 00

Con el apoyo financiero de:
The United States Agency for International Development – USAID –

Por medio del:
Programa Parques en Peligro – Sistema Motagua-Polochic –



ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	1
III. JUSTIFICACIÓN	2
IV. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1. Objetivo General	3
2. Objetivos Específicos	3
V. MATERIALES Y MÉTODOS	4
1. Materiales	4
1.1. Materiales y Equipo de Campo	4
1.2. Material y Equipo de Laboratorio	4
2. Metodología	4
2.1. Plan de Trabajo y Sitios de Muestreo	5
2.2. Trabajo de Campo	7
2.2.1. Toma de Muestra	7
2.2.2. Toma de Datos	7
2.3. Trabajo de Laboratorio	7
VI. RESULTADOS	8
1. Nutrientes	8
1.1. Fósforo	8
1.2. Nitrógeno	11
1.2.1. Amoníaco	11
1.2.2. Nitratos	14
1.2.3. Nitritos	17
1.3. Sulfatos	20
2. Oxígeno Disuelto	23
3. Temperatura	29
4. Conductividad	31
5. pH	34
6. Sólidos Totales en Suspensión (TDS)	37
7. Transparencia (Disco Secchi)	40
8. Precipitación	42
VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	44
VIII. CONCLUSIONES	47
IX. RECOMENDACIONES	47
X. BIBLIOGRAFÍA	48

ÍNDICE DE TABLAS, MAPAS Y GRÁFICAS

TABLAS

Tabla 1: Coordenadas Geográficas de los Puntos de Muestreo en el Lago y Ríos	6
Tabla 2: Precipitación Diaria Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002. Estación de Telemán	42

MAPAS

Mapa 1: Promedio de Fosfatos	10
Mapa 2: Promedio de Amoníaco	13
Mapa 3: Promedio de Nitratos	16
Mapa 4: Promedio de Nitritos	19
Mapa 5: Promedio de Sulfatos	22
Mapa 6: Promedio de Oxígeno de Superficie	25
Mapa 7: Promedio de Oxígeno de Fondo	26
Mapa 8: Promedio del Porcentaje de Oxígeno en Superficie	27
Mapa 9: Promedio de Porcentaje de Oxígeno de Fondo	28
Mapa 10: Promedio de Conductividad de Noviembre, 2001 a Abril, 2002	33
Mapa 11: Promedio de pH de Noviembre, 2001 a Abril, 2002	36
Mapa 12: Promedio de TSD de Noviembre, 2001 a Abril, 2002	39
Mapa 13: Promedio de Transparencia de Noviembre, 2001 a Abril, 2002	41

FIGURAS

Figura 1: Cantidad de Fosfatos (PO_4^{3-}) en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002	8
Figura 2: Cantidad de Fosfatos (PO_4^{3-}) en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002	9
Figura 3: Cantidad de Fosfatos (PO_4^{3-}) en el RVSBP, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002	9
Figura 4: Cantidad de Amoníaco (NH_3) en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Enero, 2,001 a Julio, 2,002	11
Figura 5: Cantidad de Amoníaco (NH_3) en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Enero a Julio, 2,002	12
Figura 6: Cantidad de Amoníaco (NH_3) en el RVSBP, Durante los Meses de Enero, 2,001 a Julio, 2,002	12

Figura 7: Cantidad de Nitratos (NO_3^{-n}) en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002	14
Figura 8: Cantidad de Nitratos (NO_3^{-n}) en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002	15
Figura 9: Cantidad de Nitratos (NO_3^{-n}) en el RVSBP, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002	15
Figura 10: Cantidad de Nitritos (NO_2^{-n}) en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002	17
Figura 11: Cantidad de Nitritos (NO_2^{-n}) en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002	18
Figura 12: Cantidad de Nitritos (NO_2^{-n}) en el RVSBP, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002	18
Figura 13: Cantidad de Sulfatos (SO_4) en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Enero, 2,002 a Julio, 2,002	20
Figura 14: Cantidad de Sulfatos (SO_4) en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Enero, 2,001 a Julio, 2,002	21
Figura 15: Cantidad de Sulfatos (SO_4) en el RVSBP, Durante los Meses de Enero, 2,001 a Julio, 2,002	21
Figura 16: Cantidad de Oxígeno Disuelto (mg/l) en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002	23
Figura 17: Cantidad de Oxígeno Disuelto (mg/l) en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002	24
Figura 18: Cantidad de Oxígeno Disuelto (mg/l) en el RVSBP, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002	24
Figura 19: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002	29
Figura 20: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002	30
Figura 21: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en el RVSBP, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002	30
Figura 22: Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002	31
Figura 23: Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002	32
Figura 24: Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en el RVSBP, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002	32
Figura 25: El pH en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2001 a Abril del 2,002	34
Figura 26: El pH en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002	35
Figura 27: El pH en el RVSBP, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002	35
Figura 28: Cantidad de Sólidos Disueltos Totales TDS (mg/l) en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre a Abril del 2,002	37
Figura 29: Cantidad de Sólidos Disueltos Totales TDS (mg/l) en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002	38

Figura 30: Cantidad de Sólidos Disueltos Totales TDS (mg/l) en el RVSBP, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002	38
Figura 31: Secchi (m) en el RVSBP, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002	40
Figura 32: Precipitación Mensual, Reportada en la Estación Hidrográfica de Telemán Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002	43

I. Introducción

El Lago de Izabal es el más grande de Guatemala, siendo su fuente principal de agua el Río Polochic (Brinson 1,976) el cual proporciona por lo menos el 70% del agua que entra al lago (Basterrechea 1,991). Según Dix (1,999), el Lago de Izabal se encuentra en un estado de eutrofización acelerada, debido al aumento de nutrientes y sedimentos en los últimos 27 años, razón que exige mantener un monitoreo constante de la calidad del agua y evaluar así, el comportamiento actual de los parámetros físicos-químicos del ecosistema del Refugio de Vida Silvestre Bocas del Polochic -RVSBP- y sus afluentes, en relación a parámetros normales y/o históricos.

El área de estudio abarca el RVSBP que es un humedal interior que está ubicado en el municipio de El Estor, departamento de Izabal, en el Nororiente de Guatemala. Este sistema depende directamente de las aguas provenientes de la cuenca del Río Polochic y del agua presente en el Lago de Izabal, sitio que provee áreas de crianza para peces, mamíferos, reptiles, insectos y aves acuáticas. Además, tiene gran valor como centro turístico, fuente de proteína animal, poblaciones endémicas y fuente de agua potable. Dada la importancia para el desarrollo futuro de la región, es de interés regional entender el impacto de la calidad del agua que se descarga al Lago de Izabal.

Las razones planteadas motivaron el desarrollo de esta investigación, la cual tiene como objetivo primordial evaluar el estado actual del RVSBP y sus afluentes, durante un período de seis meses, basándose en la determinación de los niveles de nutrientes.

II. Antecedentes

Basterrechea (1,991) en su estudio "Evaluación del Impacto Ambiental de la Exploración Sísmica en la cuenca del Lago de Izabal". Señala que el Río Polochic contribuye al menos con el 70% del agua que entra al lago. También menciona que la profundidad media del lago es de 11.6 m y la máxima de 16.8 m, la longitud y ancho máximos de 70 y 20 km, respectivamente. Encontró una termoclina de 2°C a 13 m en el centro del Lago en octubre, la cual había desaparecido en noviembre.

En 1,993 el estudio "Calidad del Agua del Lago de Izabal y Principales Tributarios", realizado por Basterrechea, reporta una media de Oxígeno Disuelto de 5.5 mg/l en el Río Polochic, así mismo reporta niveles de Oxígeno Disuelto entre 7.14 y 6.38 mg/l. Menciona que el pH varía entre 7.5 y 8.4 durante 1,991 y 1,992. Mediciones realizadas en ese estudio muestran variación de 1.174 mg/l de Nitrógeno total en la estación lluviosa y 0.746 mg/l en estación seca para el lago.

Brinson (1,976) "Organic matter losses from four watersheds in the humid tropics" en este estudio menciona los procesos de la materia orgánica en las cuencas. También estimó que el tiempo de residencia del agua en el Lago de Izabal es de 6,6 meses. Además determinó que la producción

primaria del lago es mayor en la estación seca y la producción total fue estimada en 1,400 gr O₂/m²/año.

El estudio sobre "El Impacto de la Cuenca del Río Polochic Sobre la Integridad Biológica del Lago de Izabal", realizado por Dix 1,999, señala la importancia del ecosistema de Polochic como amortiguador de nutrientes y sedimentos que llegan al Lago de Izabal. En el mismo estudio menciona que el Lago de Izabal se encuentra en un proceso de eutroficación acelerada debido a los nutrientes y sedimentos durante los últimos 27 años.

Estudio que complementa la información generada por Dix (1,999) es el realizado por Herrera (1,999), en el cual define los indicadores biológicos de la "Calidad de Agua del Río Polochic y de la Integridad Biológica del Lago de Izabal".

De igual forma el estudio sobre la "Situación Actual de la Contaminación del Río Polochic y su Impacto en el Lago de Izabal" realizado por Pérez (1,999), señala que los niveles altos de Amoníaco en casi todos los puntos de muestreo son el resultado de contaminación directa por aguas negras y demuestran también la situación crítica en términos de contaminación.

Machorro (1,996). "Water Quality at Lago de Izabal" define a un lago eutrófico como un cuerpo de agua que tiene una concentración de fósforo mayor a 20 µg/l; profundidad menor o igual a 10-15m; agua turbia y oscura; Oxígeno Disuelto menor al 10% de saturación, sedimento de fondo orgánico. También menciona que el lago es polimictico y las temperaturas son similares entre la superficie y el fondo con una diferencia máxima de 2°C. Además señala que durante períodos de lluvia alta se puede desarrollar condiciones anóxicas en el fondo, las cuales juegan un papel en la liberación de nutrientes del fondo hacia la superficie.

Cardona 1,997 en el Plan Maestro del Refugio de Vida Silvestre de Bocas del Polochic RVSBP, menciona que el humedal tiene una importancia determinante en el mantenimiento de calidad de agua en el lago, y por ende en el mantenimiento de las pesquerías. Así mismo señala que el humedal contribuye con el balance hídrico de la zona, por lo tanto, la alteración del mismo afectaría el nivel freático de los alrededores.

III. Justificación

Según Dix (1,999), el Lago de Izabal se encuentra en un estado de eutroficación acelerada, debido al aumento de nutrientes y sedimentos en los últimos 27 años, razón que exige mantener un monitoreo constante de la calidad del agua y evaluar así, el comportamiento actual de los parámetros físicos-químicos del ecosistema RVSBP, en relación a parámetros históricos.

El área de estudio abarca el RVSBP, este sistema depende directamente de las aguas provenientes de la cuenca del Polochic y del agua presente en el Lago de Izabal, sitio que provee áreas de crianza

para peces, mamíferos, reptiles, insectos y aves acuáticas. Un componente importante que amenaza en romper el equilibrio natural, es la presencia de poblados en las orillas del lago y sus tributarios. Además, esta zona tiene un alto potencial turístico, lo que conllevará a problemas de contaminación, por lo que debemos mantener un desarrollo sostenible de la misma y conservar la salud ambiental del ecosistema.

El Lago de Izabal es el más grande de Guatemala, tiene gran valor como centro turístico, fuente de proteína animal, poblaciones endémicas y fuente de agua potable. Dada la importancia para el desarrollo futuro de la región, es de interés regional entender el impacto de la calidad del agua que se descarga al RVSBP y Lago de Izabal.

El objetivo primordial de esta investigación será evaluar el estado actual del RVSBP y sus afluentes, durante un período de seis meses, basándose en la determinación de los niveles de nutrientes. Estos resultados serán de utilidad para las autoridades encargadas del manejo de la Cuenca, ya que contarán con una base científica, la cual podrá ser utilizada para la formulación de planes de manejo y toma de decisiones para el desarrollo de la región.

IV. Objetivos de la Investigación

1. Objetivo General

Generar información de los parámetros físico-químicos del agua en el Refugio de Vida Silvestre Bocas del Polochic y sus afluentes, la cual se analizará para dar una opinión técnica sobre el estado actual del ecosistema.

2. Objetivos Específicos

1. Desarrollar una base de datos de los parámetros físico-químicos del sistema ecológico.
2. Obtener mapas del área con análisis espacial de los parámetros físico-químicos del agua y lograr una interpretación más precisa.
3. Evaluar el ecosistema en base a los parámetros físico-químicos, ya que permiten diagnosticar las condiciones del sistema acuático.

V. Materiales y Métodos

1. Materiales

1.1. Materiales y Equipo de Campo

- Lancha de fibra de vidrio, motor fuera de borda de 65 HP.
- Recipientes plásticos con tapadera 500 ml.
- GPS.
- Equipo de calidad de agua (Sondas de Oxígeno, conductividad, TDS, pH y temperatura).
- Espectrofotómetro DR/2010 de Hach con reactivos para análisis de Fósforo (PhosVer 3).
- Botella de Van Dorn.
- Red de fitoplancton 25 m
- Disco Secchi.
- Lugol.
- Cámara fotográfica digital.

1.2 Material y Equipo de Laboratorio

- Microscopio compuesto con cámara fotográfica y uno sencillo.
- Cámara de Sedgewick-Rafter.
- Equipo de calidad de agua, Espectrofotómetro DR/2010 de Hach y reactivos para el análisis de Nitratos (NitraVer 5) y Nitritos (NitriVer 3).
- Piceta y cristalería (pipetas, cubre y porta objetos).
- Agua destilada.
- Claves de identificación de microalgas.
- Computadora con impresora.
- Software específico (Arc View 3.1 y componentes).

2. Metodología

Para la toma de datos en campo se contó con el apoyo del Grupo de Jóvenes Estorenses Unidos por la Naturaleza -JUN-, los Guardarecursos del Consejo Nacional de Áreas Protegidas CONAP y colaboradores especiales.

También se contó con el apoyo del Laboratorio de Microalgas del CEMA, para el análisis de fitoplancton y de igual forma con la Unidad de Análisis de Información Geográfica del CEMA, en la elaboración de mapas.

2.1. Plan de Trabajo y Sitios de Muestreo

El área de estudio abarca los departamentos de Alta Verapaz e Izabal. En el primero departamento mencionado se ubican los puntos de muestreo de los ríos y en el segundo se encuentra el RVSBP ubicado en el municipio de El Estor. La selección de los puntos se realizó basándose en el estudio realizado por Dix (1,999), para contar con datos que puedan ser comparativos con ese estudio, teniendo un registro histórico del ecosistema. Se seleccionaron 34 puntos de muestreo de los cuales nueve corresponden a los ríos y 25 al lago y desembocadura de ríos. Se tienen más puntos de muestreo en el lago para analizar el comportamiento de los parámetros físicos-químicos en el mismo.

Se realizaron dos tipos de puntos de muestreo, debido a que no se contaba con el recurso humano y financiero para tomar todos los datos en los puntos de muestreo, por lo que se dividieron en primarios y secundarios diferenciándose en la cantidad de datos que se tomaron en cada uno. En los primarios se obtuvieron datos de nutrientes, parámetros físicos-químicos y fitoplancton, en puntos ubicados dentro del lago; y en los puntos secundarios solo se tomaron parámetros físicos-químicos con la sonda.

Para la ubicación de cada punto de muestreo se utilizó un GPS. Las coordenadas para cada punto (Tabla 1) están previamente establecidas en un mapa georeferenciado del lugar.

La campaña de muestreo tiene una duración de 5 días, estos se distribuyen así:

- Dos días en campo tomando las muestras y datos *in-situ*.
- Tres días para el análisis de las muestras de agua y fitoplancton.

Tabla 1: Coordenadas Geográficas de los Puntos de Muestreo en el Lago y Ríos

Punto de Muestreo	Coordenadas en UTM **	
	Latitud	Longitud
Punto 1 (Río Polochic en La Tinta)	16P 184337	UTM 1693819
Punto 2 (Río Matanzas)	16P184971	UTM 1693953
Punto 3 (Río Zarco)	16P 223922	UTM 1694330
Punto 4 (Río Tinajas)	16P 214803	UTM 1693989
Punto 5 (Río Pueblo Viejo)	16P 212161	UTM 1694523
Punto 6 (Río Polochic en Telemán)	16P 211908	UTM 1693820
Punto 7 (Río Boca Nueva)	16P 213783	UTM 1701742
Punto 8 (Río Polochic en Panzós)	16P 217089	UTM 1703628
Punto 9 (Río Cahabón)	16P 226454	UTM 1710627
Punto 10 (El Estor)	16P 249809	UTM 1717016
Punto 11	16P 247789	UTM 1715311
Punto 12	16P 245698	UTM 1713822
Punto 13 (Bocas Bujajal)	16P 244600	UTM 1711800
Punto 14 (Río Polochic)	16P 246601	UTM 1713112
Punto 15 (Bocas Cobán)	16P 246361	UTM 1707632
Punto 16	16P 247737	UTM 1711784
Punto 17	16P 249250	UTM 1709800
Punto 18	16P 251342	UTM 1707027
Punto 19	16P 250545	UTM 1705500
Punto 20 (Río Oscuro)	16P 251419	UTM 1702535
Punto 21	16P 249726	UTM 1701460
Punto 22	16P 252142	UTM 1699300
Punto 23	16P 253909	UTM 1700436
Punto 24 (Punta Chapín)	16P 255481	UTM 1701517
Punto 25	16P 256690	UTM 1704174
Punto 26	16P 253877	UTM 1704395
Punto 27	16P 255500	UTM 1706500
Punto 28 (Centro del Lago)	16P 257762	UTM 1709644
Punto 29	16P 259006	UTM 1712310
Punto 30	16P 255116	UTM 1712154
Punto 31	16P 252207	UTM 1710399
Punto 32	16P 250220	UTM 1713695
Punto 33	16P 253992	UTM 1715109
Punto 34	16P 252845	UTM 1716739

** Las coordenadas se encuentran en la proyección NAD27 América Central, zona 16.

Las giras de campo se realizaron una vez al mes (en la última semana de cada mes), dividiéndose en dos fases: la primera fase de los muestreos se realizó en los puntos de muestreo ubicados dentro del lago y las desembocaduras de los ríos, para esta fase se utilizó la lancha como medio de transporte.

La segunda fase se llevo a cabo en los ríos, para lo cual se utilizó un vehículo 4*4 para trasladarse a las posiciones de muestreo.

2.2 Trabajo de Campo

2.2.1. Toma de Muestra

En cada punto primario se tomaron muestras de agua en recipientes de 500 ml, que se colocaron en una hielera a 4°C y se trasladaron al laboratorio para determinar la cantidad de Nitritos y Nitratos.

2.2.2 Toma de Datos

Se tomaron parámetros *in situ*, con la sonda multiparámetros Sension 156 y Sension 5 de Hach, las cuales se calibraron en el laboratorio antes de cada muestreo. Los datos que se tomaron son: temperatura, Oxígeno Disuelto, conductividad, pH y sólidos disueltos totales. Estos parámetros se tomaron en superficie y en los puntos ubicados dentro del lago a demás se obtuvieron datos del fondo con la botella de Van Dorn.

Así mismo, se tomaron valores con el disco Secchi, en cada uno de los lugares muestreados en el lago. El disco tiene un diámetro de 20 cm., de color blanco y negro, el cual esta unido a un peso de 10 libras y a una cuerda que tiene marcada la longitud cada 50 cm.

También se hará un análisis del Fósforo en los puntos primarios, este se realizó en campo ya que se pierde con facilidad, si no se fija adecuadamente, razón por la cual se analizó *in situ* con el equipo Hach. El Fósforo se examinó con el espectrofotómetro DR/2010 de Hach, usando el método del Ácido Ascórbico.

2.3 Trabajo de Laboratorio

Para el análisis de las muestras de agua se utilizó el espectrofotómetro DR/2010 de Hach, en el cual se determino la cantidad de Nitrógeno (Nitritos y Nitratos). La determinación de Nitrato se realizó con el método de reducción de Cadmio y para el Nitrito el método de diazotización. Estas muestras se almacenaron a 4°C y se analizaron en un lapso no mayor de 48 horas, después de haberlas tomado.

VI. Resultados

1. Nutrientes

1.1. Fósforo

Este compuesto se analizó en forma de fosfato (PO_4), el cual generalmente es introducido a los cuerpos de agua como descargas fecales, detergentes con aditivos fosfatos y los fertilizantes agrícolas. En la mayoría de las ocasiones el Fósforo es un factor limitante en la proliferación de algas, por lo cual se podría considerar que las descargas de este nutriente en los cuerpos de agua, como las iniciadoras de la eutroficación.

Como puede observarse en las Figuras 1, 2 y 3 los niveles de Fósforo en general presentan una disminución de noviembre a febrero, siendo este el mes que presenta las lecturas más bajas con 0.02 mg/l. En marzo a julio comenzaron a aumentar los fosfatos, siendo los meses de mayo y junio los que presentaron los promedio más altos 0.16 y 1.64 mg/l respectivamente. Se observó que los niveles de PO_4 fueron superiores en los ríos con un promedio de 0.32 mg/l que en el lago con 0.20 mg/l.

El río Polochic fue el que presentó los valores mayores de fosfatos, principalmente en el punto 15 con 0.61 mg/l, seguido del río Polochic en Telemán con 0.36 mg/l. La variabilidad de los niveles de Fósforo en los ríos durante el estudio no fue muy alta con excepción del mes de junio que los niveles de fosfatos se incrementaron drásticamente en El Estor, Centro del Lago y los puntos del río Polochic con excepción de los puntos de Panzós y Bocas Cobán. Se observó un aumento similar en mayo con el río Polochic en Panzós y río Tinajas. (Figuras 1 y 2).

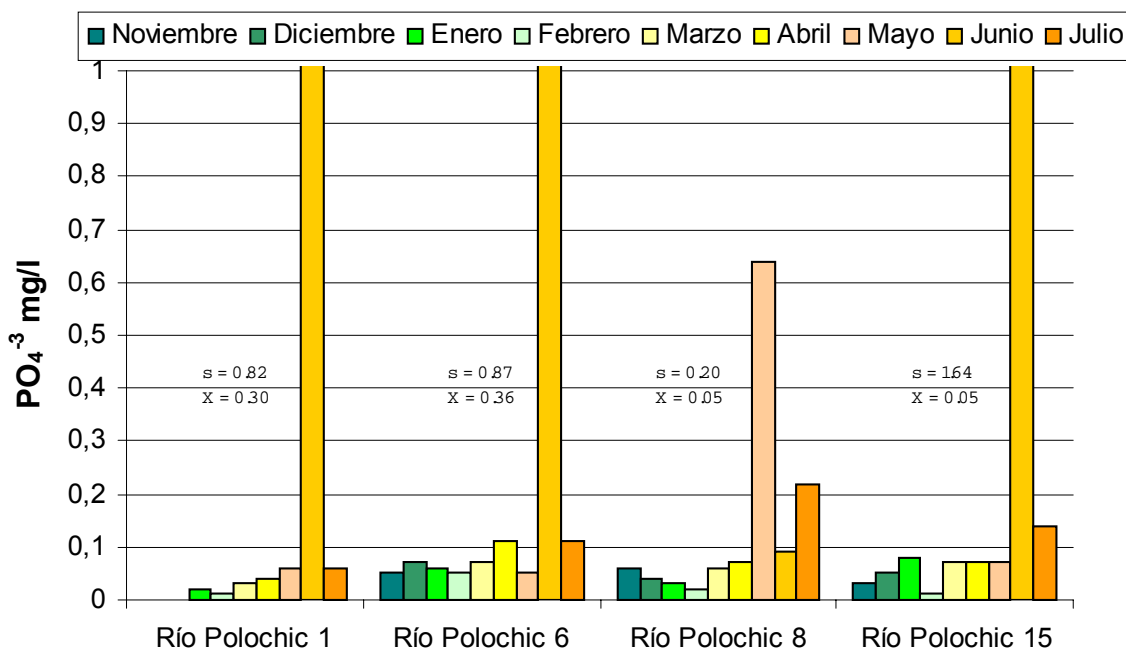


Figura 1: Cantidad de Fosfatos (PO_4^{3-}) en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002

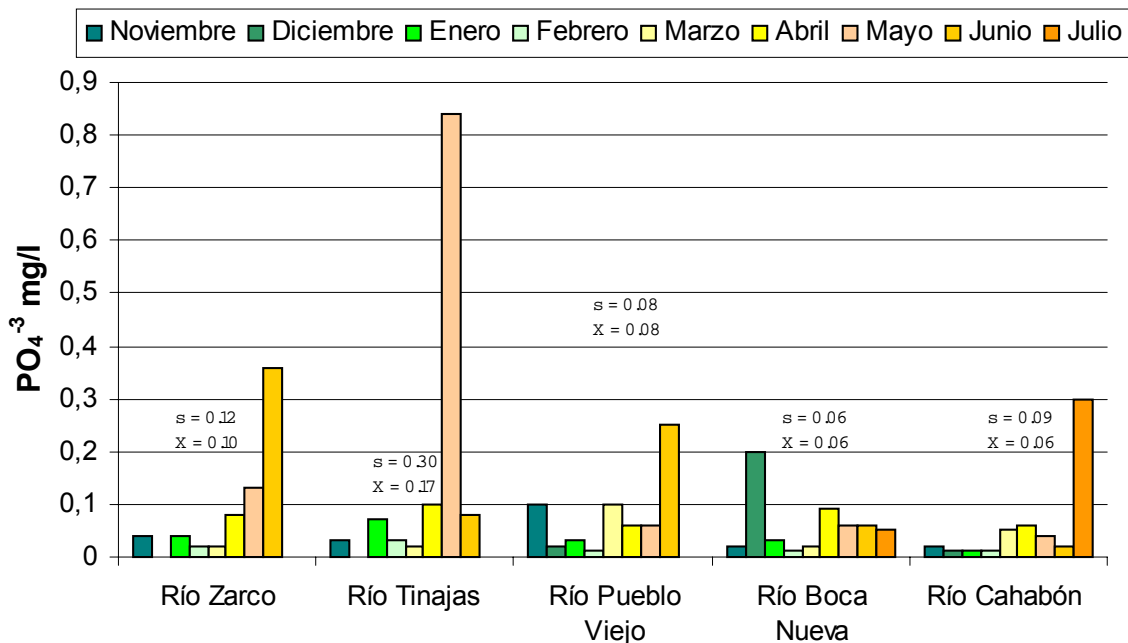


Figura 2: Cantidad de Fosfatos (PO_4^{3-}) en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002

En el lago los puntos ubicados en el Río Oscuro y Punta Chapín se encuentran las menores concentraciones, siendo el primero el menor con 0.03 mg/l. En Bocas Bujajal y El Estor tienen el promedio más elevado con 0.60 mg/l (Figura 3).

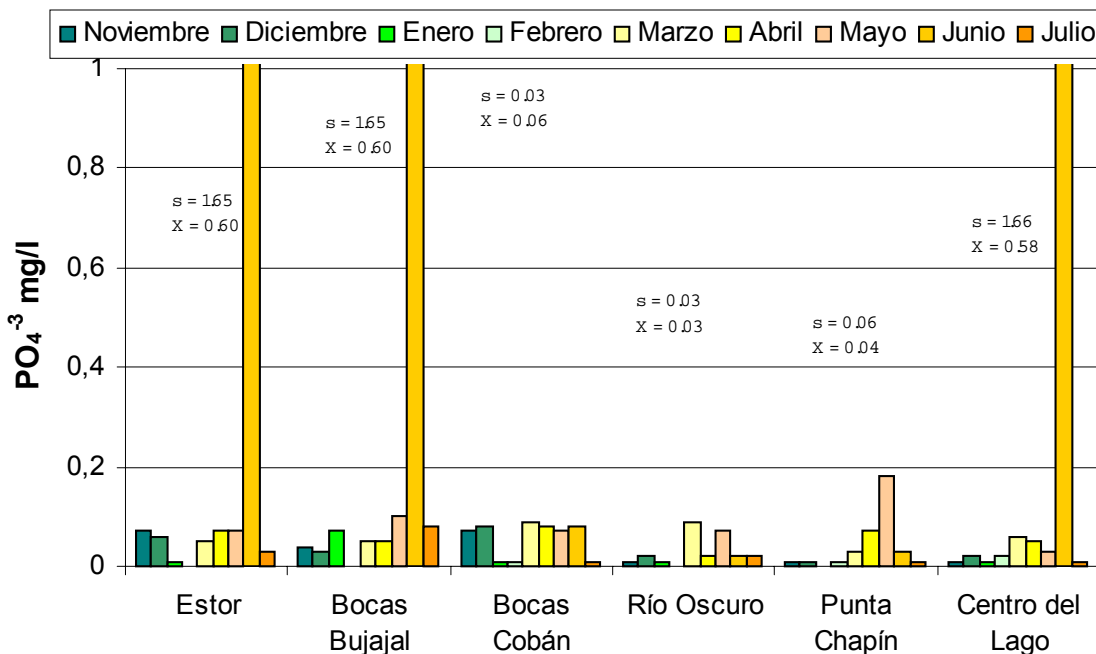
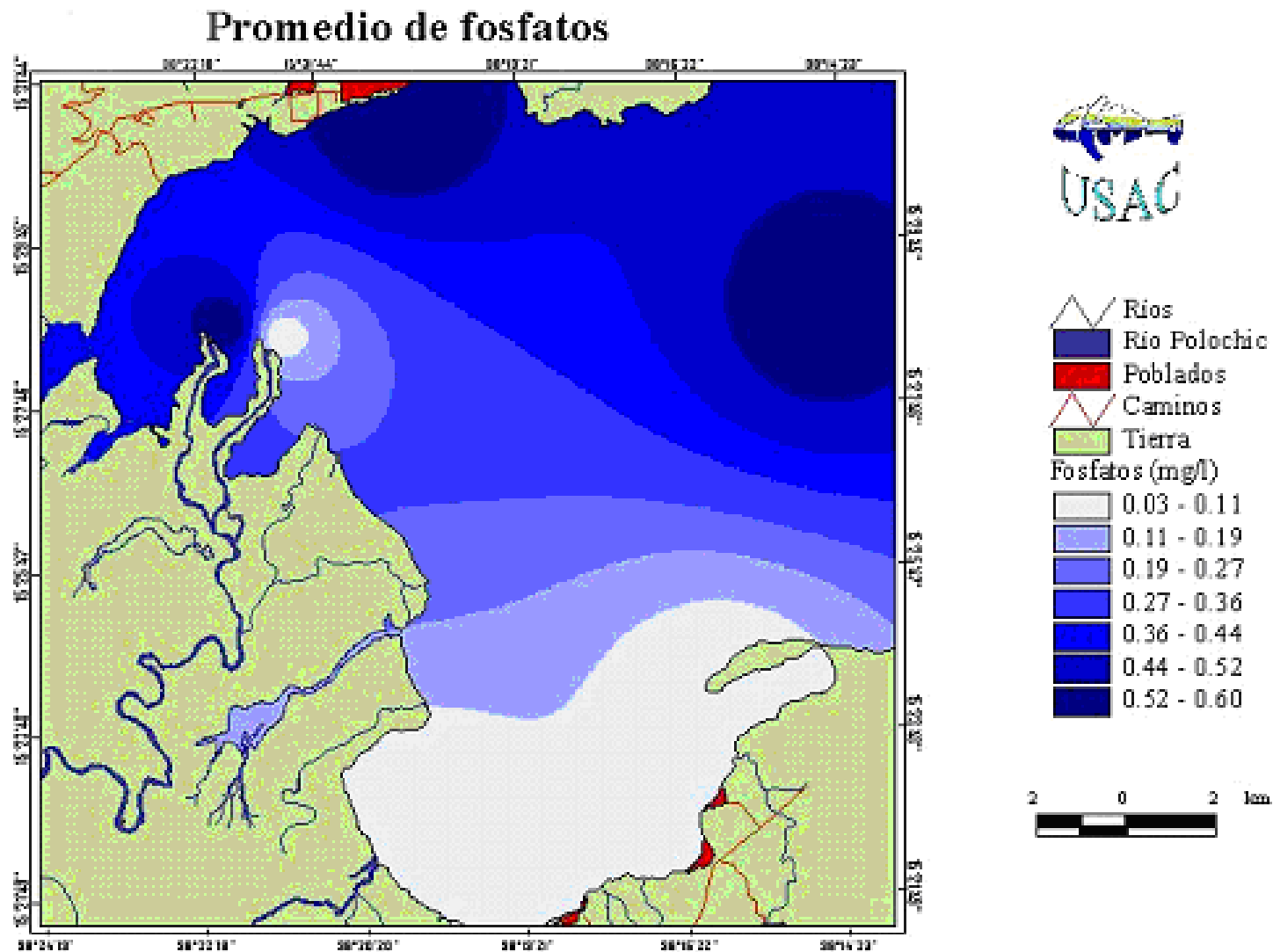


Figura 3: Cantidad de Fosfatos (PO_4^{3-}) en el RVSBP, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002

Como se aprecia en el Mapa 1 la mayor concentración de fosfatos en el Lago de Izabal se encuentra en el Río Polochic, El Estor y en el Centro del Lago. Observándose las menores concentraciones en al área Sur occidental del lago, en los puntos de río Oscuro y Punta Chapín.



Mapa 1: Promedio de Fosfatos

1.2. Nitrógeno

1.2.1. Amoníaco

Este se analiza como NH_3 , ya que es el resultado de los desechos metabólicos tanto de las algas como los organismos en el medio en forma de excretas, así como el resultado de la descomposición de la materia orgánica. Es utilizado normalmente como un indicador de la contaminación reciente de un cuerpo de agua o la cercanía de una fuente de contaminación.

El promedio general del estudio es de 0.05 mg/l NH_3 , con una desviación estándar de 0.05. El mes de abril se obtuvo el promedio menor con 0.02 mg/l. La tendencia observada, basándose en los promedios es a disminuir de enero a abril, aunque en los puntos de El Estor, Río Cahabón, Río Polochic (Punto 15) y Río Zarco, el comportamiento es contrario al de los demás puntos. En los meses de mayo a julio la tendencia es ha aumentar, observándose la mayor concentración en el mes de julio con 0.07 NH_3 .

En el Río Polochic las concentraciones de amoníaco aumentan desde el mes de mayo, principalmente en los puntos de La Tinta y Telemán. El punto ubicado en Panzós tiene un comportamiento diferente a los demás puntos, presentando el nivel más alto de amoníaco del estudio 0.32 mg/l en el mes mayo, al igual que el río Cahabón en el mes de enero. (Figura 4). En los demás ríos los valores de amoníaco son bajos o nulos en algunos meses, aunque en mayo los valores aumentaron un poco, bajando a cero en junio. (Figura 5).

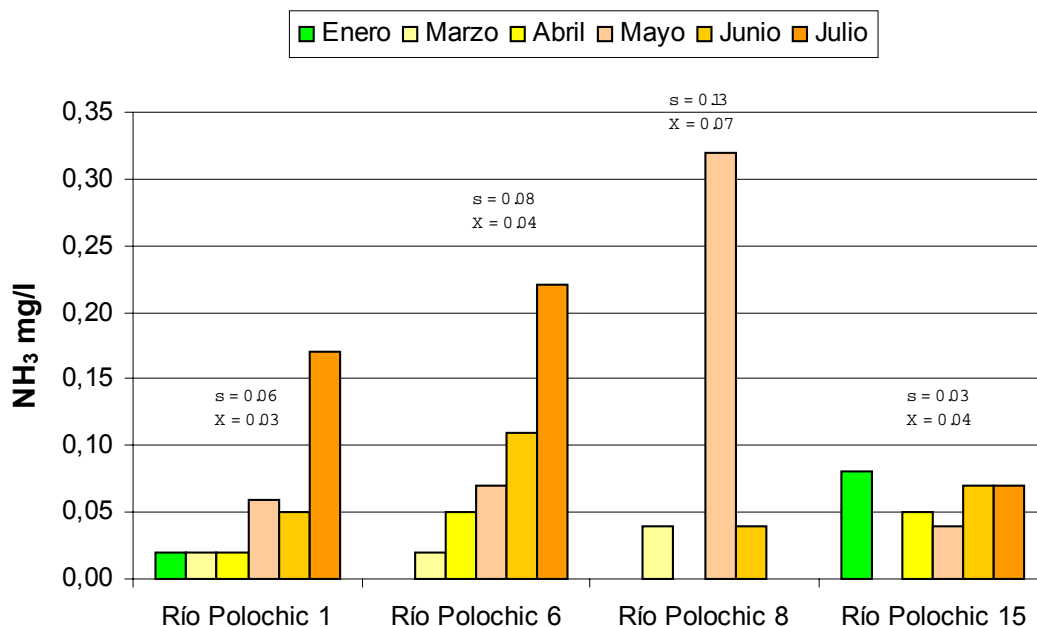


Figura 4: Cantidad de Amoníaco (NH_3) en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Enero, 2,001 a Julio, 2,002

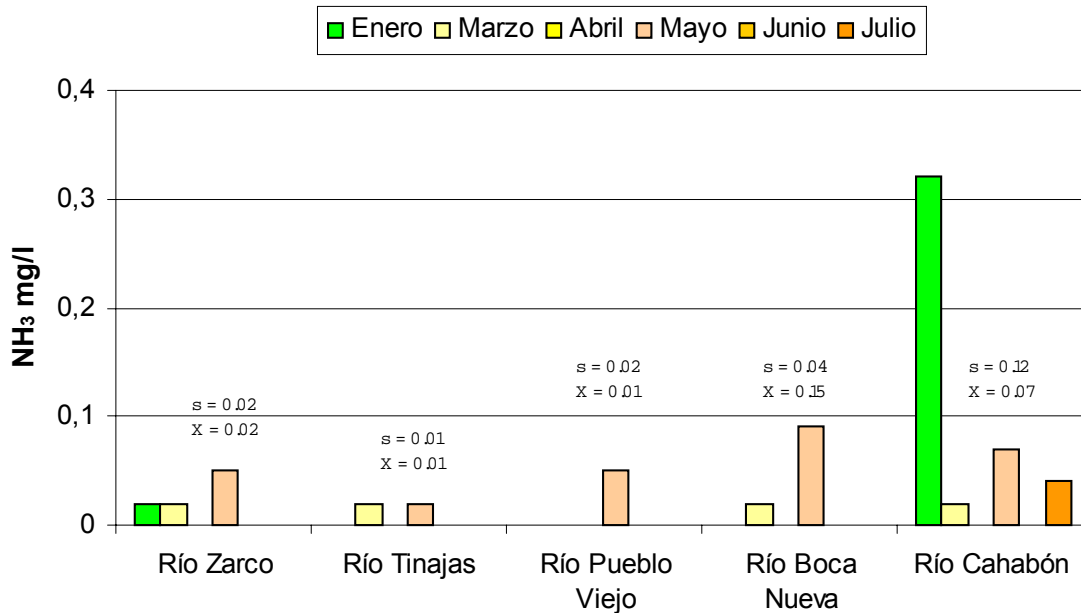


Figura 5: Cantidad de Amoníaco (NH₃) en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Enero a Julio, 2002

Como se puede observar en el Mapa 2 los niveles de amoníaco más bajos están relacionados con las desembocaduras de los ríos, principalmente Río Oscuro que presenta menor valor con 0.02 mg/l. A medida que los puntos se alejan de las salidas de los ríos, los valores de amoníaco aumentan hasta encontrarse el valor más alto en El Estor con 0.05 mg/l (Figura 6).

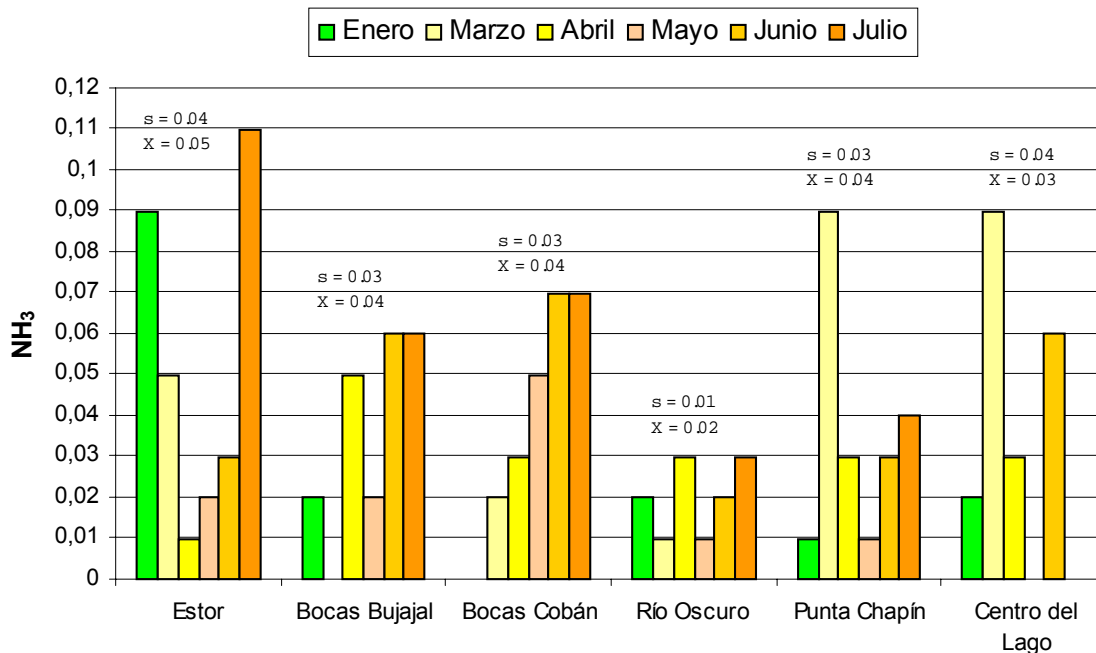
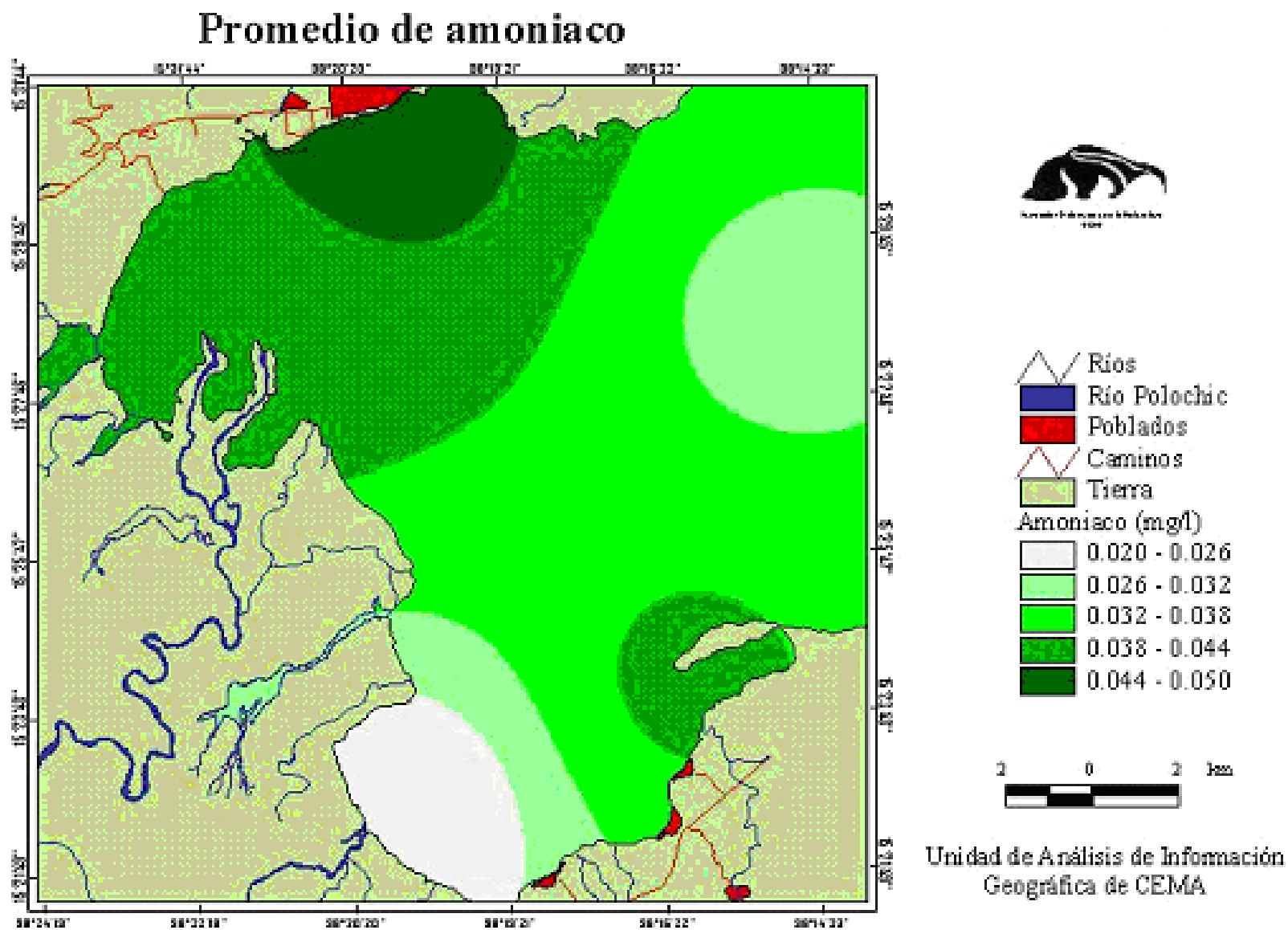


Figura 6: Cantidad de Amoníaco (NH₃) en el RVSBP, Durante los Meses de Enero, 2001 a Julio, 2002



Mapa 2: Promedio de Amoníaco

1.2.2. Nitratos

El nitrato de forma natural proviene del último estado de la putrefacción de la materia orgánica a través de bacterias de los géneros *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*. También es incorporado al agua por la descomposición natural de la materia nitrogenada de las aguas de desecho, como de los fertilizantes agrícolas.

El promedio de nitratos de noviembre a julio es de 0.5 mg/l con una desviación estándar de 0.21, encontrándose las mayores concentraciones en los meses de enero, noviembre y febrero con 0.6 mg/l y la más baja en julio con 0.1 mg/l de NO_3^- . En los ríos se observó la mayor cantidad de nitratos en relación con el lago, aunque no existe una diferencia significativa.

La presencia de nitratos en el Río Polochic es muy variable, aunque al igual que los demás ríos se observa una tendencia a disminuir las concentraciones NO_3^- de noviembre y julio, aumentando un poco en los meses de enero, febrero y abril (Figura 7). El Río Zarco se comporta diferente ya que los valores aumentan. Los ríos que presentaron los niveles más altos nitratos fueron el Río Boca Nueva con 0.8 mg/l seguido del Río Zarco con 0.07 mg/l (Figura 8).

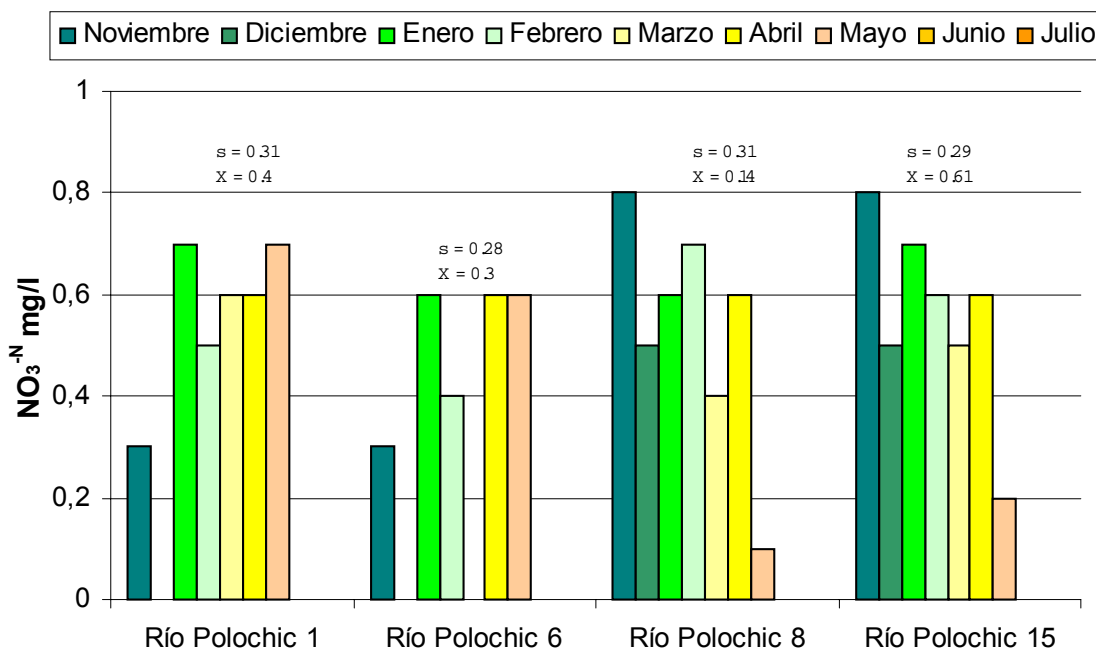


Figura 7: Cantidad de Nitratos (NO_3^-) en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002

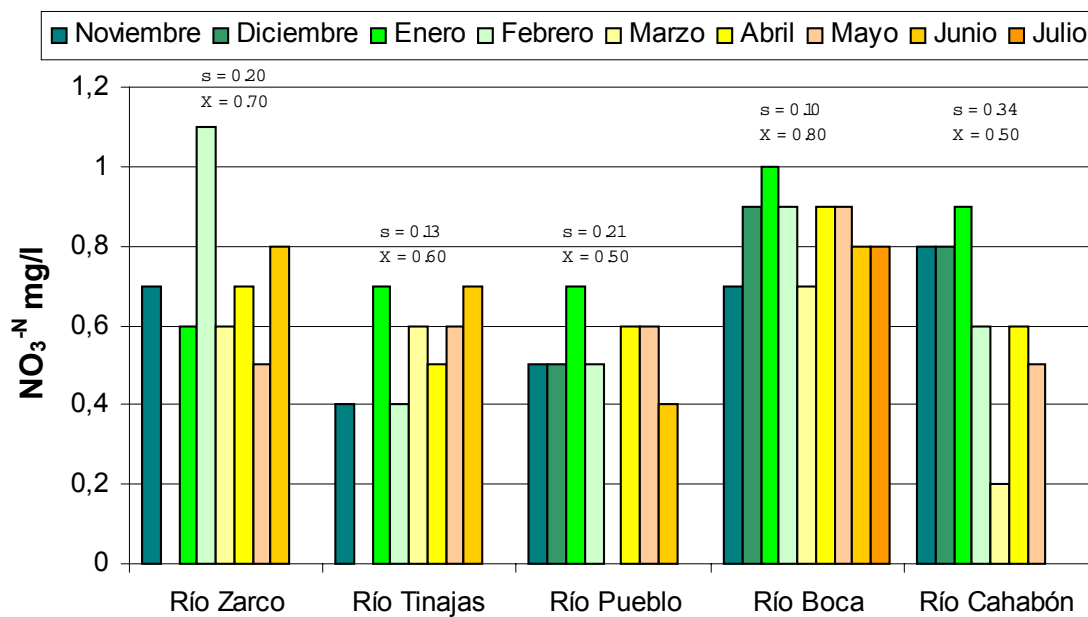


Figura 8: Cantidad de Nitratos ($\text{NO}_3^{-\text{T}}$) en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002

En el Mapa 3 se observa que los valores más altos de NO_3 se distribuyen en las áreas de El Estor, Centro del Lago y Punta Chapín con un promedio de 0.5 mg/l. Así mismo se aprecia que las aguas que ingresan por el Río Oscuro son más pobres, ya que en el área Sur occidental del lago se encuentran los valores más bajos con 0.30 mg/l. Los valores de nitratos en las Bocas del Polochic y Río Oscuro disminuyeron fuertemente en los meses de junio y julio, contrario con el Centro del Lago y Punta Chapín que aumentaron y se mantuvieron en El Estor (Figura 9).

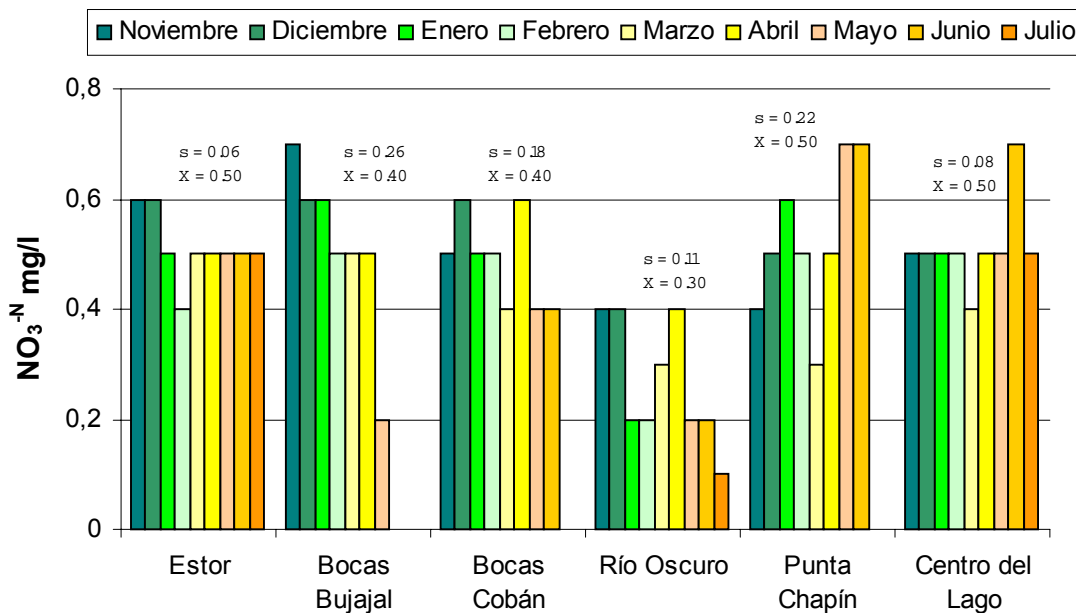
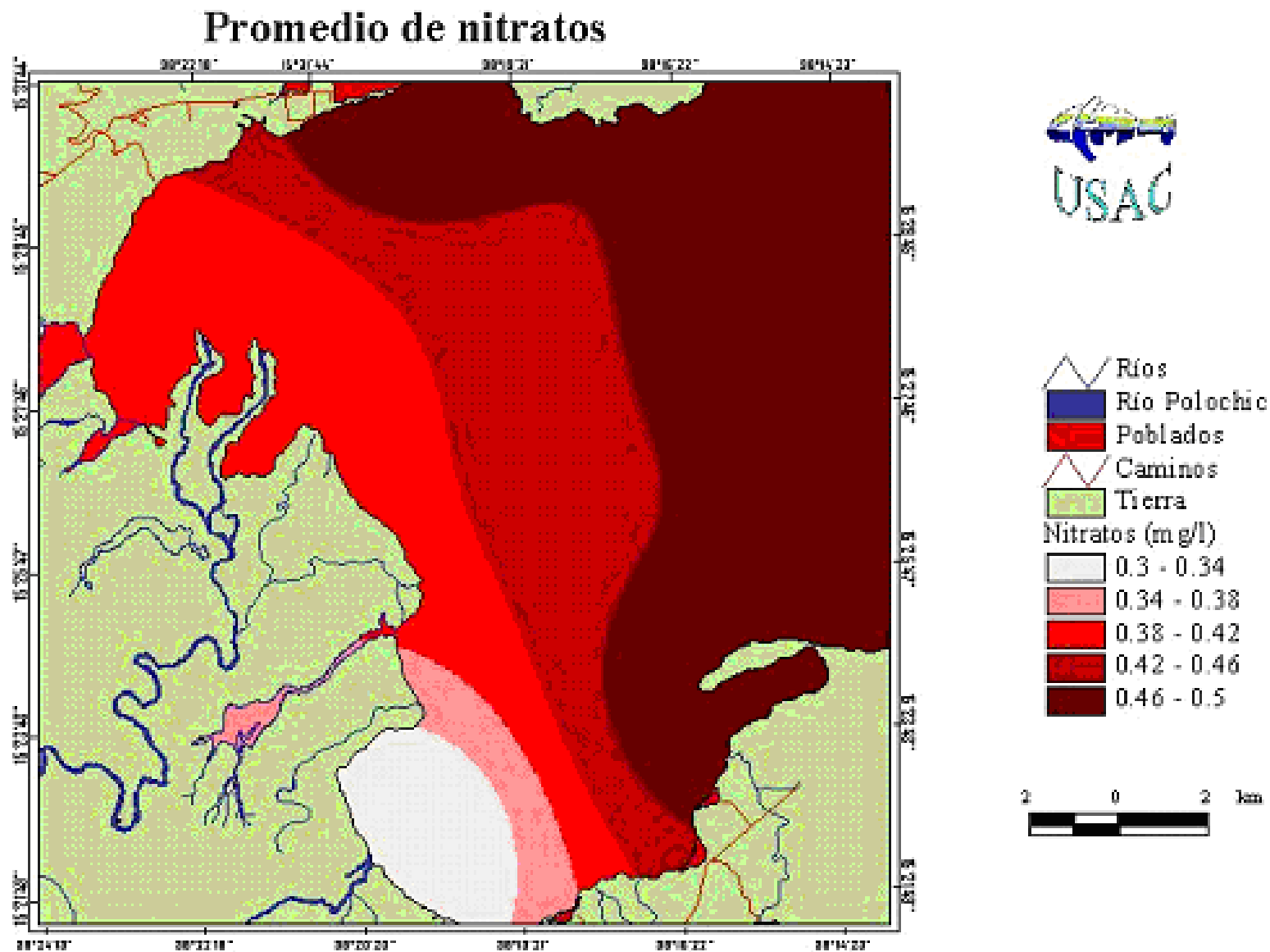


Figura 9: Cantidad de Nitratos ($\text{NO}_3^{-\text{T}}$) en el RVSBP, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002



Mapa 3: Promedio de Nitratos

1.2.3. Nitritos

La aparición de los nitritos depende principalmente de una vía oxidativa medida por bacterias del género *Nitrosomonas*, que convierten el Amonio en Nitrito consumiendo el Oxígeno Disuelto en el agua. Su evaluación es importante para determinar el estado de autodepuración de un cuerpo de agua y la periodicidad de las descargas de éste.

En el Río Polochic las concentraciones de nitritos de noviembre a abril presentan una tendencia a aumentar y una tendencia a disminuir de abril a julio, con la excepción del punto en Telemán que aumentó hasta el mes de mayo. Con respecto a los valores de NO_2^- en el cauce del río no se observa una tendencia definida. El dato promedio mayor en el Polochic se presentó en el punto 15 con 0.005 mg/l y el menor en Panzós con 0.001 mg/l (Figura 10).

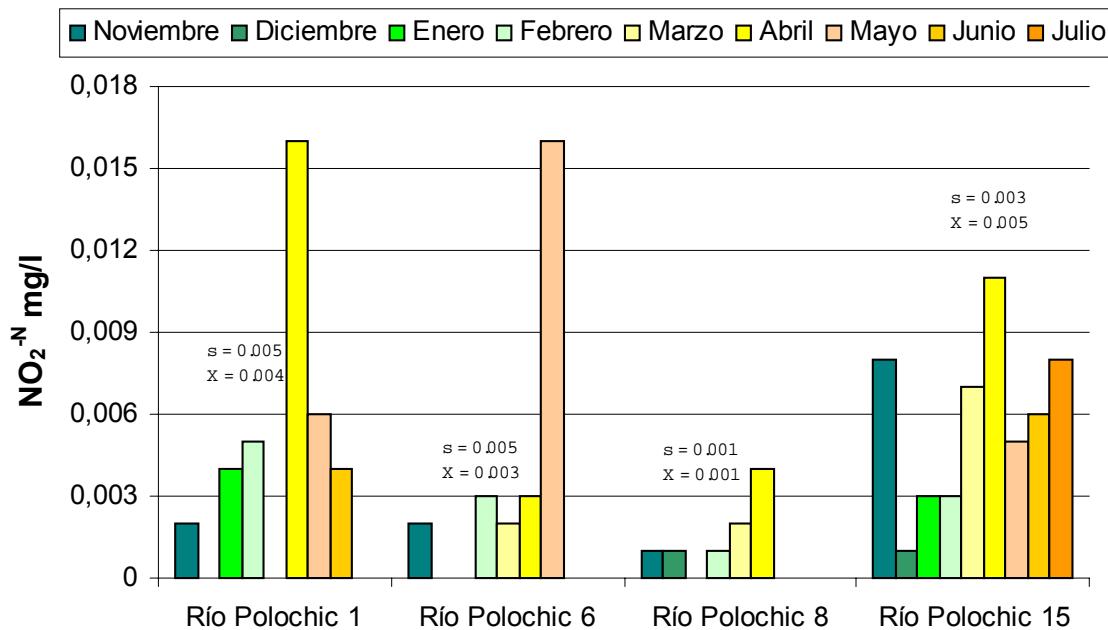


Figura 10: Cantidad de Nitritos (NO_2^-) en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002

En los tributarios del Río Polochic el valor superior se obtuvo en el Río Cahabón con 0.006 mg/l y el inferior se observó en Pueblo Viejo y Boca Nueva con 0.002 mg/l. En el Río Tinajas presentó el valor más alto en abril con 0.017 mg/l, observándose variaciones fuertes en las concentraciones de nitritos, manteniendo valor promedio de 0.004 mg/l con una desviación estándar de 0.006 (Figura 11).

En el lago la distribución de nitritos es homogénea con una pequeña variación la desembocadura del Río Oscuro, en la que se encuentran los valores más bajos con 0.005 mg/l (Mapa 4). De igual forma que los nitratos y fosfatos, las concentraciones más altas de nitritos se presentan en la zona Central y Noroccidental del lago (Figura 12).

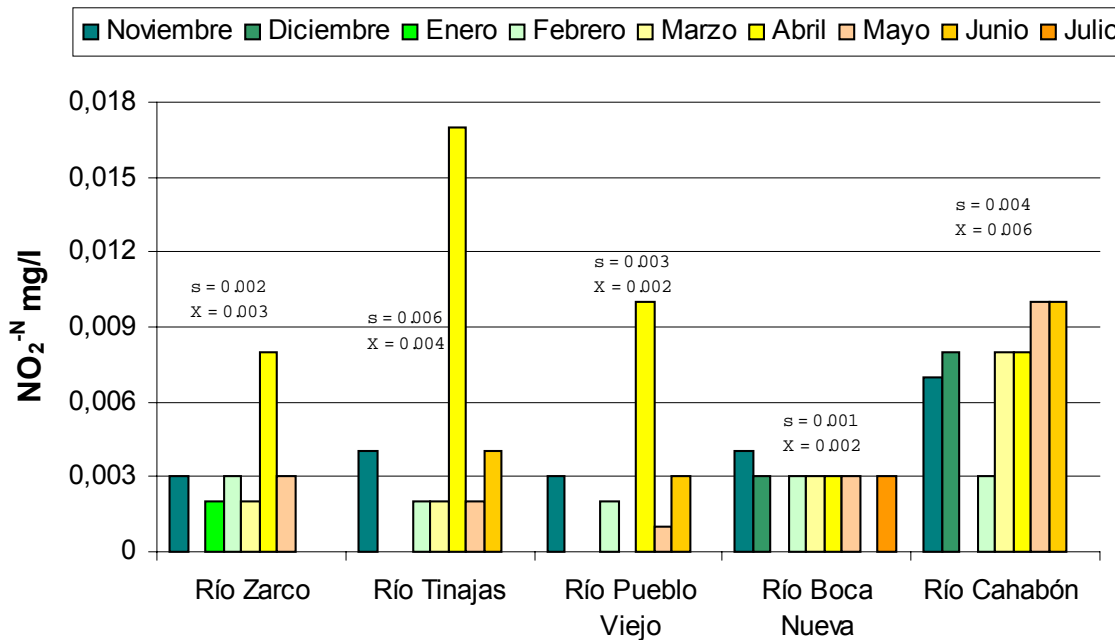


Figura 11: Cantidad de Nitritos (NO_2^{-}) en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002

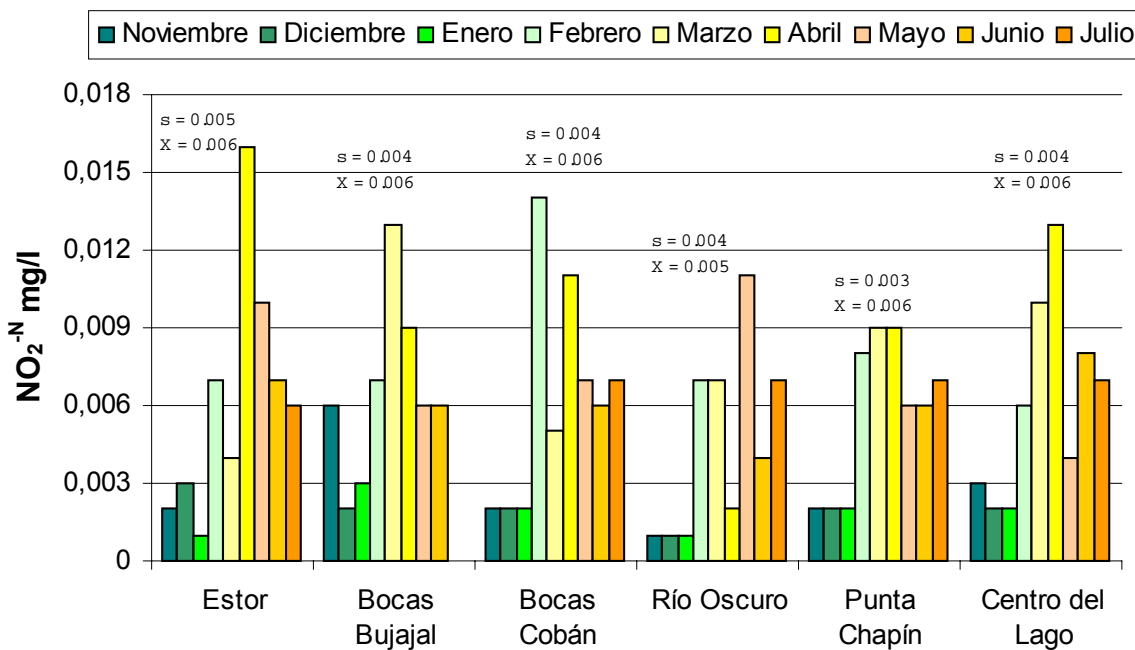
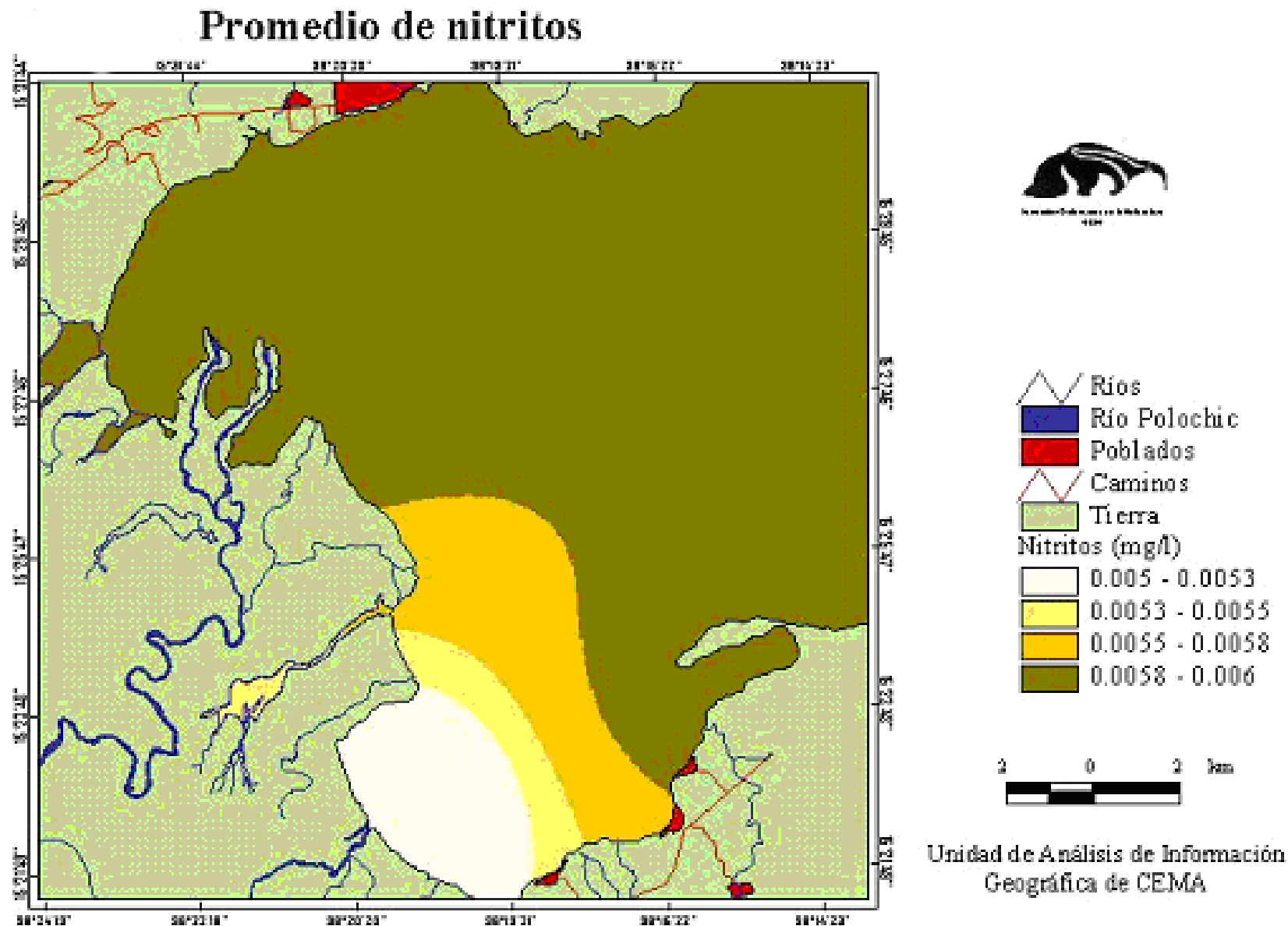


Figura 12: Cantidad de Nitritos (NO_2^{-}) en el RVSBP, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002

El valor promedio general de nitritos es de 0.004 mg/l con una desviación estándar de 0.004, presentándose las menores concentraciones en enero con 0.001 mg/l y las más altas en abril con 0.009 mg/l.



Mapa 4: Promedio de Nitritos

1.3. Sulfatos

La presencia de sulfatos en el medio esta relacionado con la presencia de Azufre en el medio y por la industria provenientes de la oxidación de la Piritita y del uso del Ácido Sulfúrico.

El promedio de sulfatos en el estudio fue de 13 mg/l con una desviación estándar de 8, presentándose el promedio más bajo en julio con 7 mg/l y el más alto en abril con 22 mg/l.

Los valores de sulfatos en el Río Polochic aumentan conforme su curso, con cierta variante en Telemán ya que disminuye a 7.9 mg/l siendo este el valor menor en el río. Los valores más altos se observan en el punto 15 con un promedio de 22 mg/l (Figura 13).

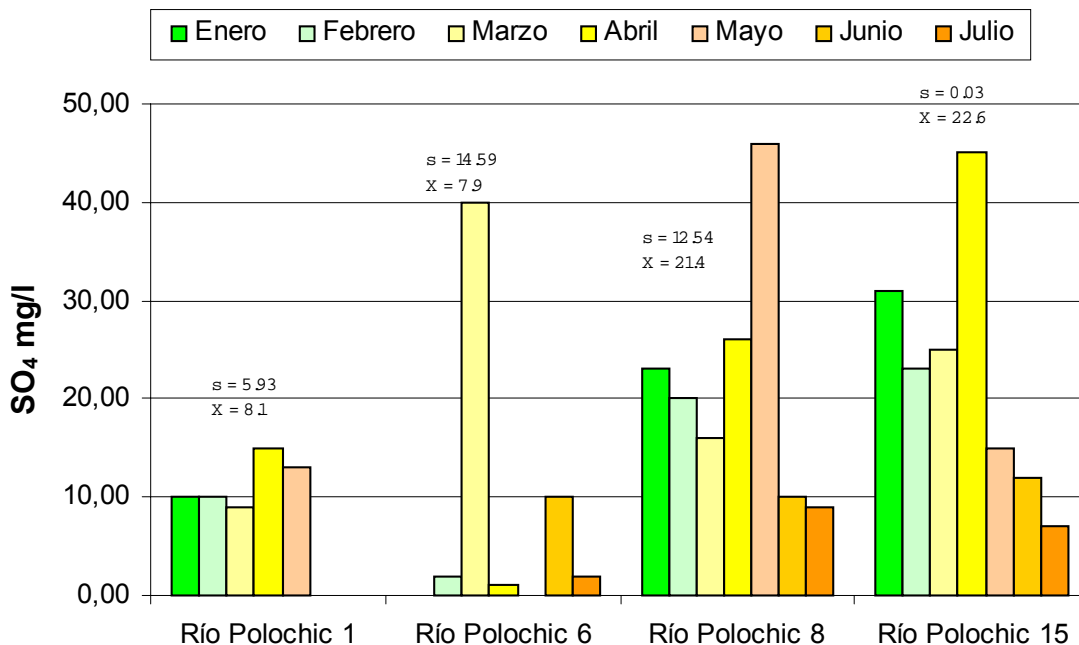


Figura 13: Cantidad de Sulfatos (SO_4) en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Enero, 2,002 a Julio, 2,002

En los ríos que nacen en Sierra de las Minas se encuentran concentraciones bajas de sulfatos siendo la máxima de 2 mg/l presentando una media 1 mg/l en comparación con los ríos ubicados del lado de Sierra Santa Cruz, Río Cahabón y Boca Nueva se obtuvieron valores promedio 34 y 37 mg/l, respectivamente (Figura 14). La tendencia general de las concentraciones de SO_4 en todos los puntos entre enero a julio es a disminuir conforme se incrementan las lluvias, siendo la excepción en el mes de abril, ya que los valores aumentaron.

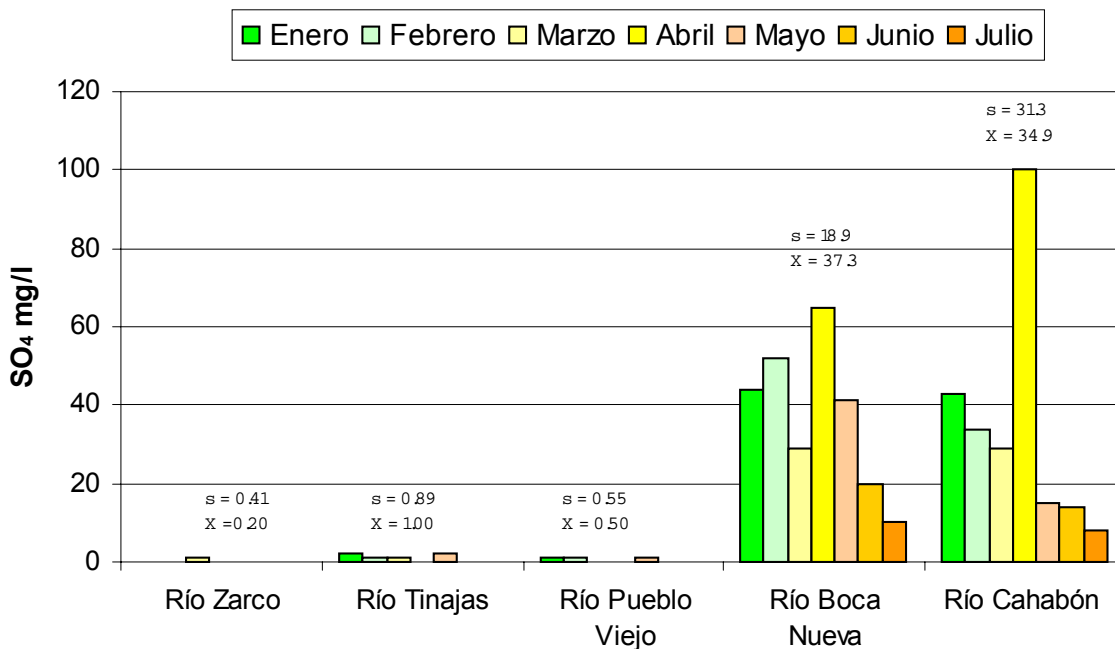


Figura 14: Cantidad de Sulfatos (SO_4) en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Enero, 2,001 a Julio, 2,002

En el Mapa 5 se observa que las mayores concentraciones de sulfatos se encuentran en la desembocadura del Río Polochic en las Bocas de Bujajal con 18 mg/l y los niveles más bajos se localizan en la desembocadura del Río Oscuro con valores de 3 mg/l. La concentración de sulfatos en el centro del lago se mantiene con un valor de 14 mg/l con una desviación estándar igual a 1. Los puntos en el Río Oscuro y Punta Chapín han presentado un aumentó de enero a abril y una disminución fuerte de abril a julio (Figura 15).

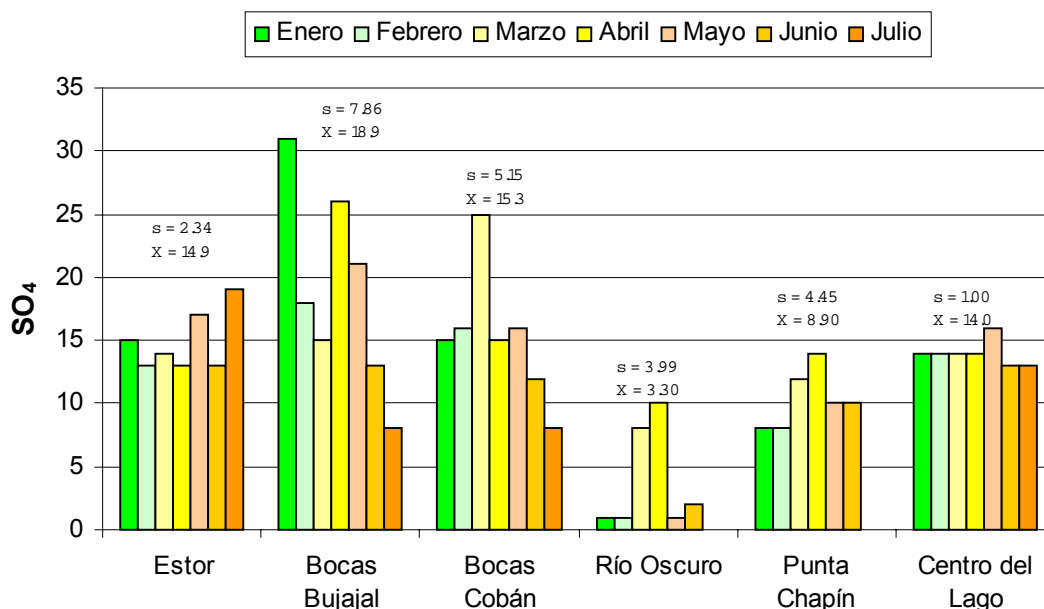
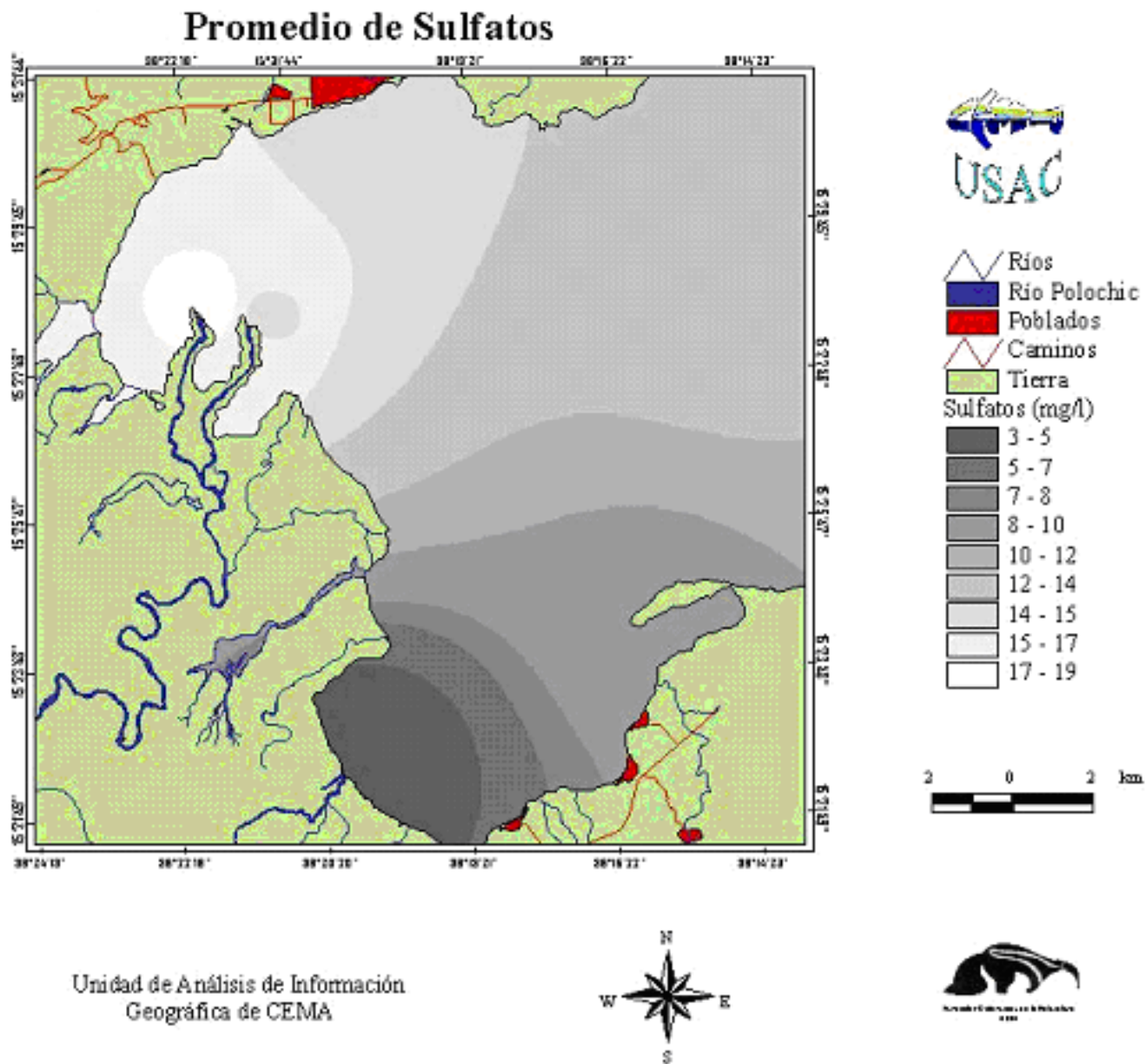


Figura 15: Cantidad de Sulfatos (SO_4) en el RVSBP, Durante los Meses de Enero, 2,001 a Julio, 2,002



Mapa 5: Promedio de Sulfatos

2 Oxígeno Disuelto

El oxígeno constituye uno de los elementos de mayor importancia en los ecosistemas acuáticos, ya que su presencia y concentración define el tipo de especies que ocurren de acuerdo con sus tolerancias y adaptaciones; y por ende establece toda la estructura y funcionamiento biótico.

En el Río Polochic se observa una disminución del Oxígeno Disuelto de noviembre a mayo. Los valores promedio más bajos en el Río Polochic se encuentran en el punto en Panzós con 4.7 mg/l siendo el menor en el mes de julio con 2.0 mg/l, presentándose los valores promedio más bajos en marzo con 6.0 mg/l y el más alto en noviembre con 7.4 mg/l. De igual forma se observa este comportamiento similar en los demás puntos de muestreo, siendo marzo el que presenta las concentraciones de oxígeno bajas y noviembre las altas. Comenzando a aumentar los valores en los meses de junio y julio. También se puede observar una disminución de los niveles de oxígeno conforme el río avanza en su cauce (Figura 16).

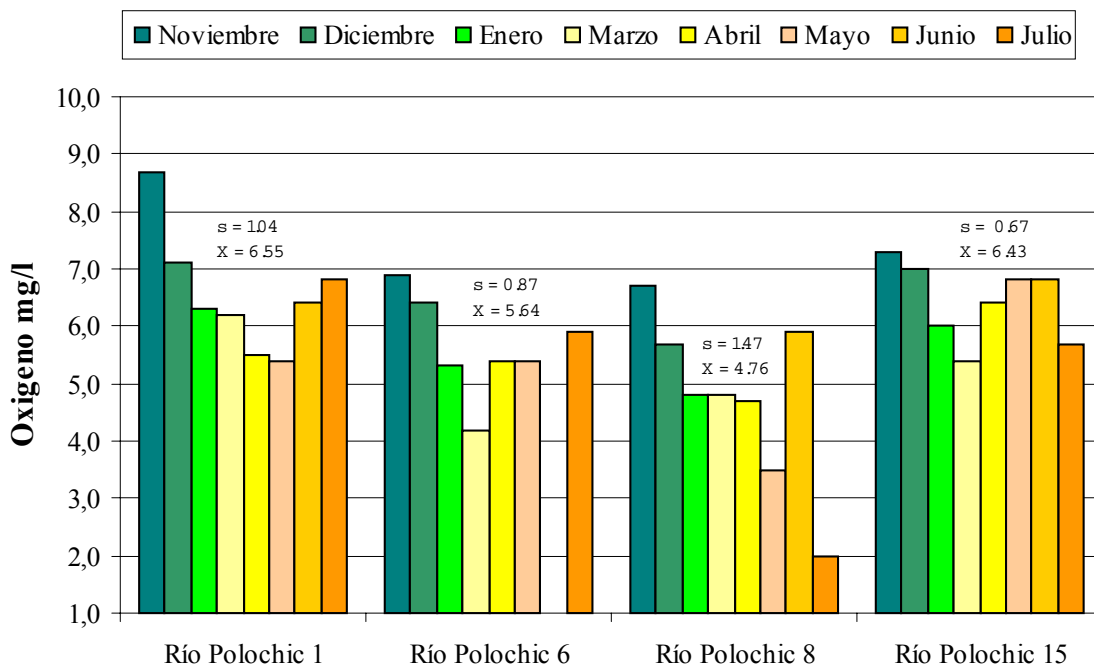


Figura 16: Cantidad de Oxígeno Disuelto (mg/l) en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002

Los tributarios que presentan los valores menores son los ríos Tinajas y Zarco con 5.52 y 5.95 mg/l respectivamente. Las concentraciones mayores se observan en el Río Cahabón con 6.95 mg/l (Figura 17). En los tributarios las concentraciones más bajas de oxígeno se observaron durante los meses de verano, siendo el mes de mayo el que presentó los valores más altos.

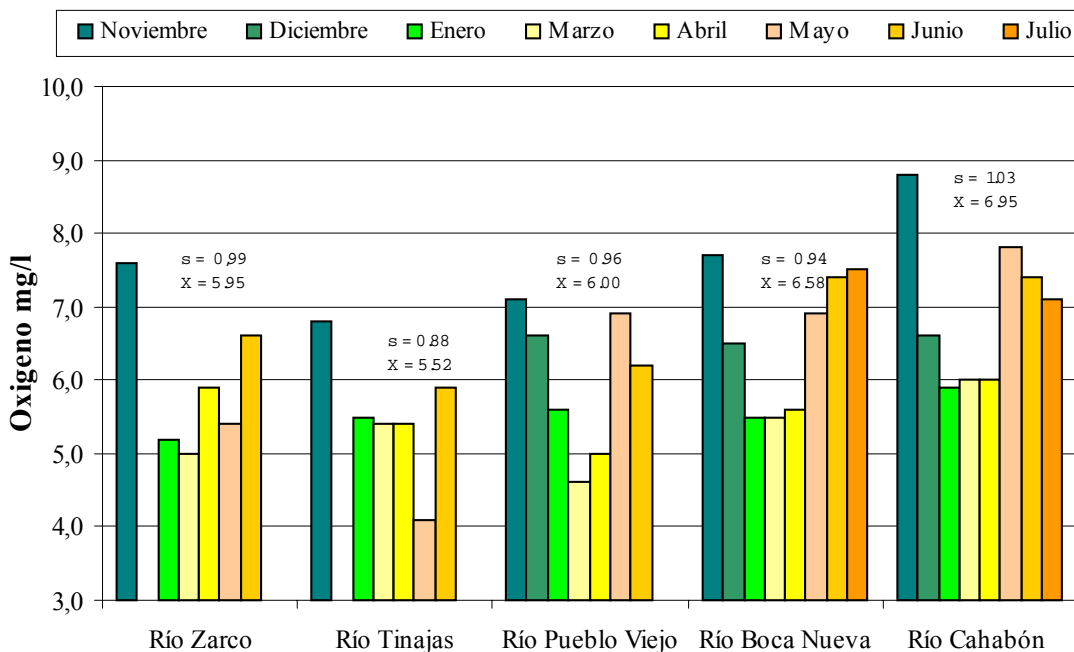


Figura 17: Cantidad de Oxígeno Disuelto (mg/l) en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002

En el Mapa 6 se observa que las menores concentraciones de oxígeno están en el área de Río Oscuro, Punta Chile y enfrente de Punta Chapín. Aunque la variación de los datos no es alta ya que se mantiene entre los rangos de 6.01 a 7.18 mg/l, con una media de 6,77 y una desviación estándar de 0,95. Los valores más bajos en el lago se encuentran en punto 19 cerca de Punta Chile y en el Río Oscuro con una media de 6.01 y 6.16 mg/l respectivamente (Figura 18).

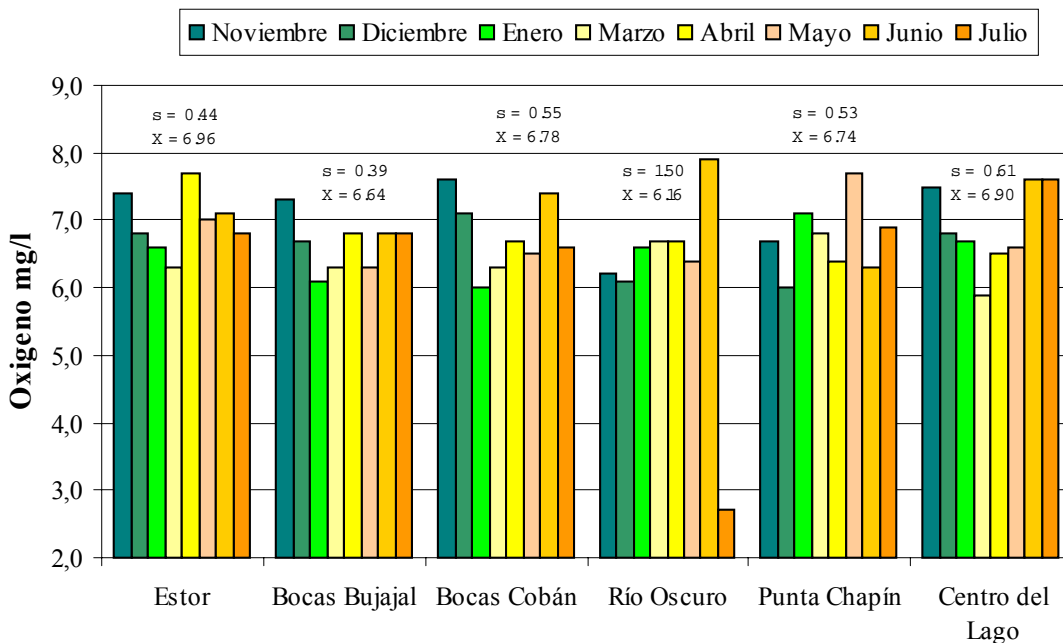
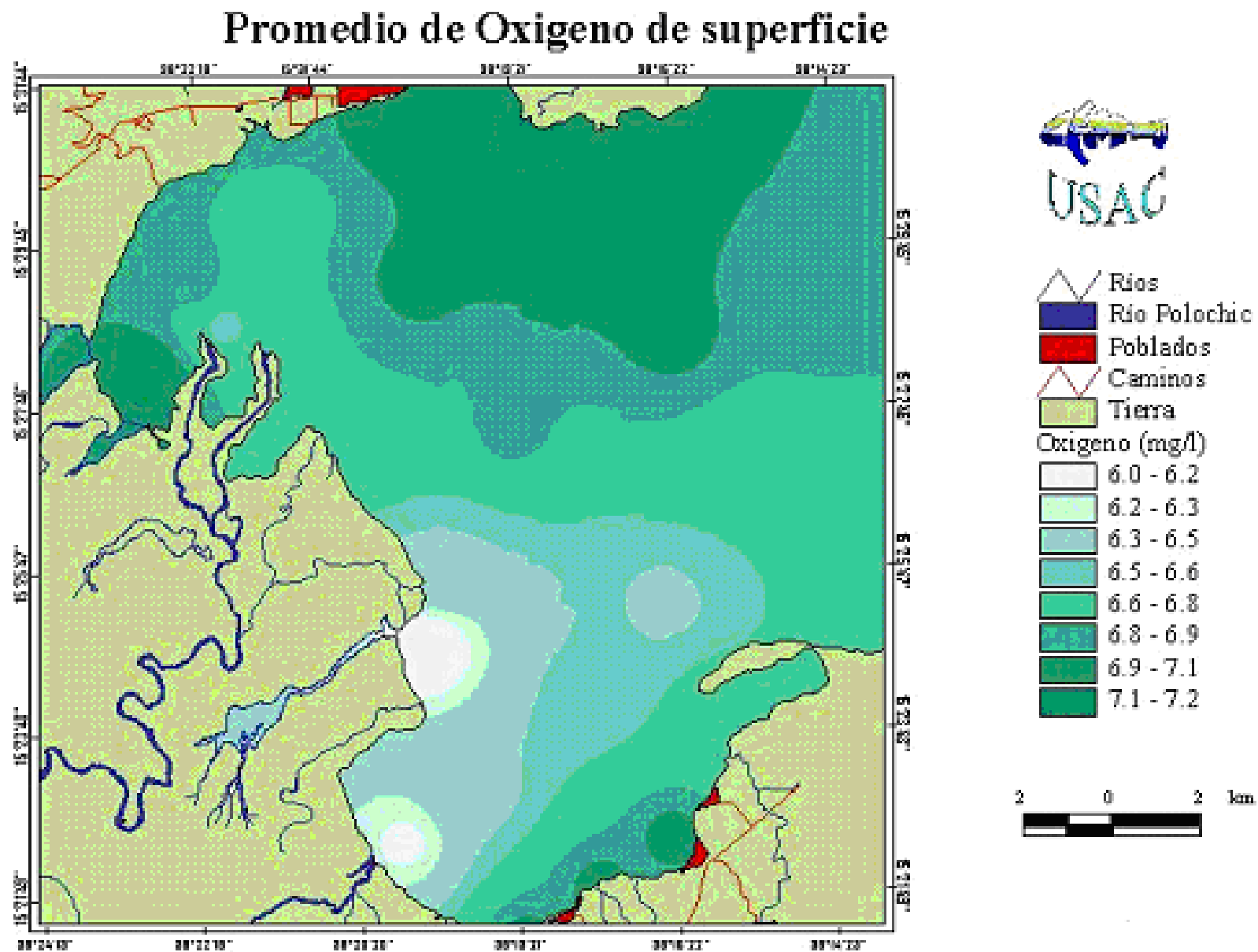
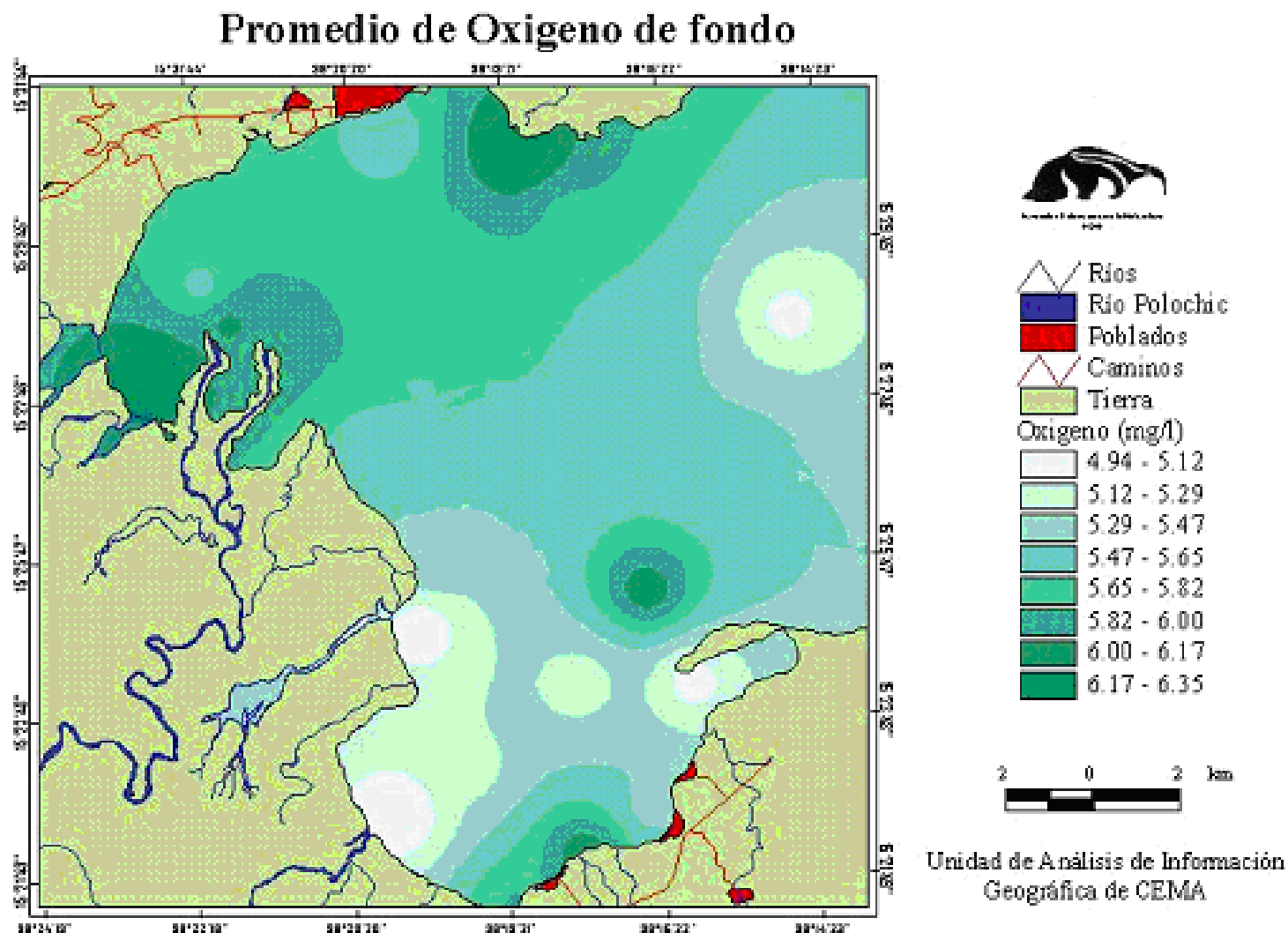


Figura 18: Cantidad de Oxígeno Disuelto (mg/l) en el RVSBP, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Julio, 2,002



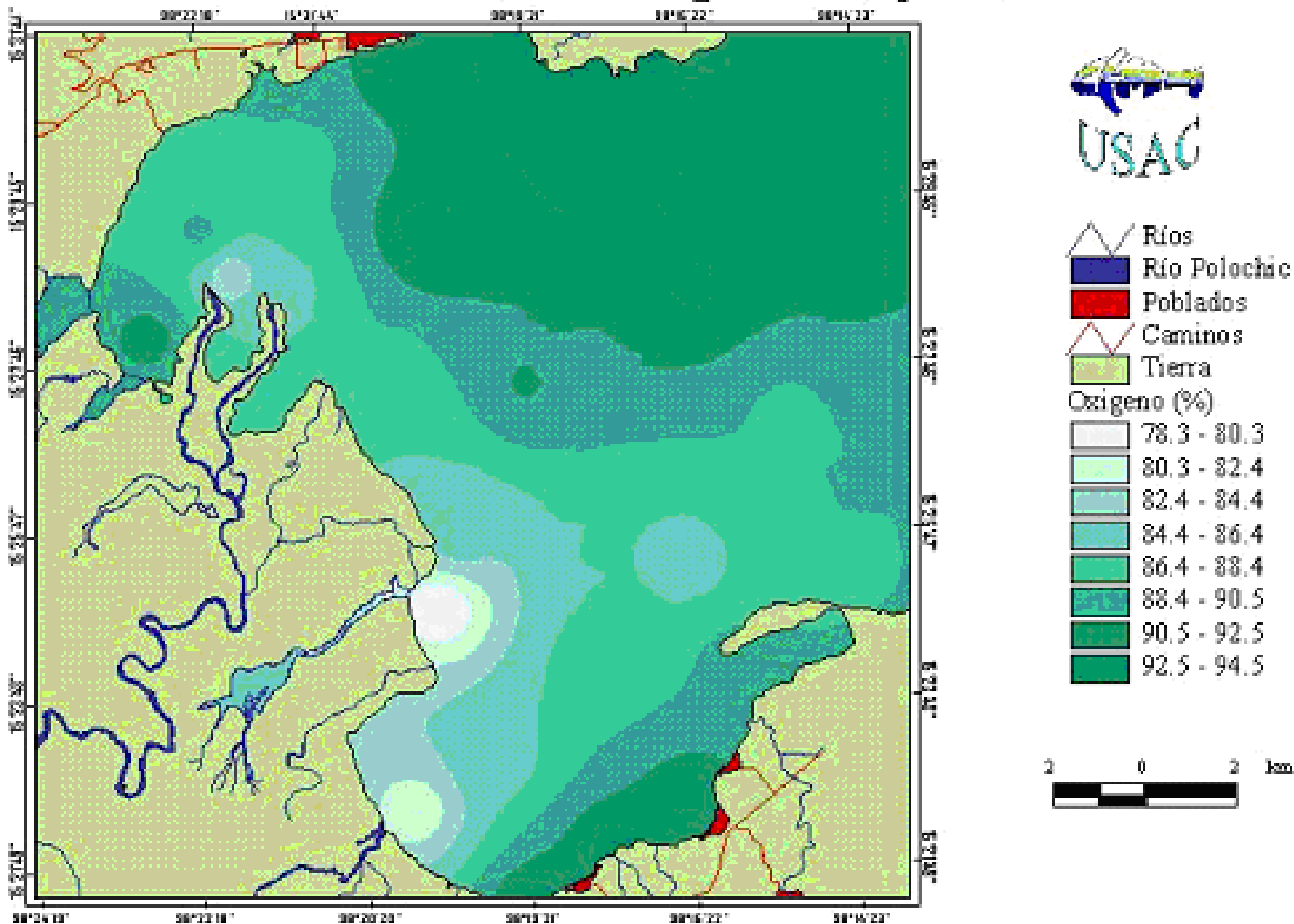
Mapa 6: Promedio de Oxígeno de Superficie

En el Mapa 7 se observa las concentraciones de oxígeno en el fondo, siendo las más bajas en Río Oscuro, Punta Chapín, Centro del Lago y punto 19 (cerca de Punta Chile) con rangos entre 4.94 a 5.08 mg/l. En los Mapas 8 y 9 se observa el mismo comportamiento que los anteriores, con la única diferencia que los datos se presentan en porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto.



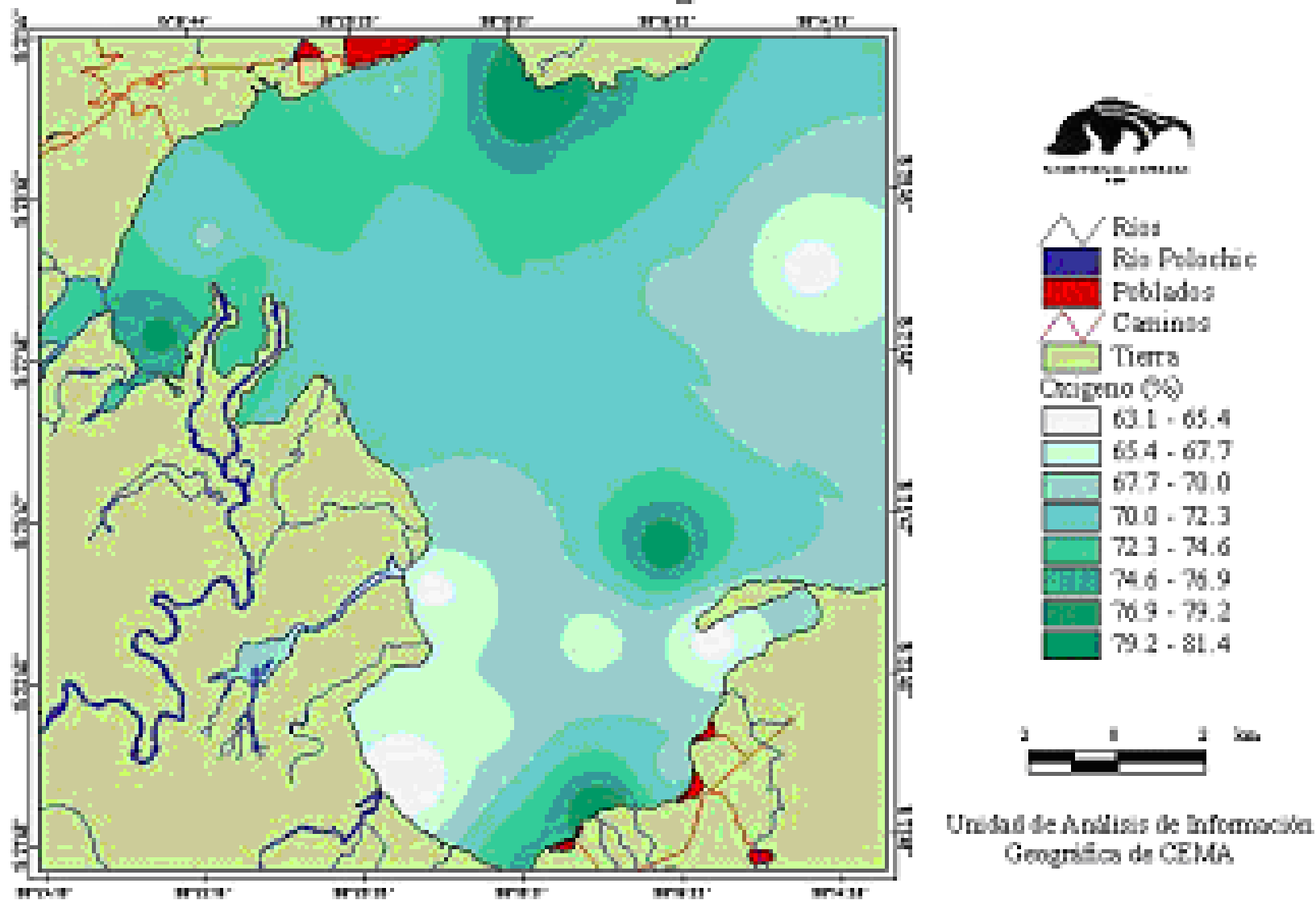
Mapa 7: Promedio de Oxígeno de Fondo

Promedio del % de Oxígeno en superficie



Mapa 8: Promedio del Porcentaje de Oxígeno en Superficie

Promedio del % de Oxígeno de fondo



Mapa 9: Promedio de Porcentaje de Oxígeno de Fondo

3. Temperatura

Este parámetro es importante ya que define la distribución de ciertos organismos, así como puede acelerar los procesos metabólicos de los mismos.

El promedio de la temperatura durante el estudio fue de 25 °C en los ríos. y 28 °C en el lago, con una desviación estándar de 1.6 y 2.52, respectivamente. El mes más frío fue diciembre con 21.8 en los afluentes y 26.2 °C en el lago, y abril el más caliente con 28.2 en los ríos y 30.5 °C en el lago.

La menor temperatura en el Río Polochic se observa en el punto 1 con 22.5 °C, siendo el punto más caliente en el 15 en Panzós. Se puede apreciar que la temperatura va aumentando de noviembre a abril (Figura 19).

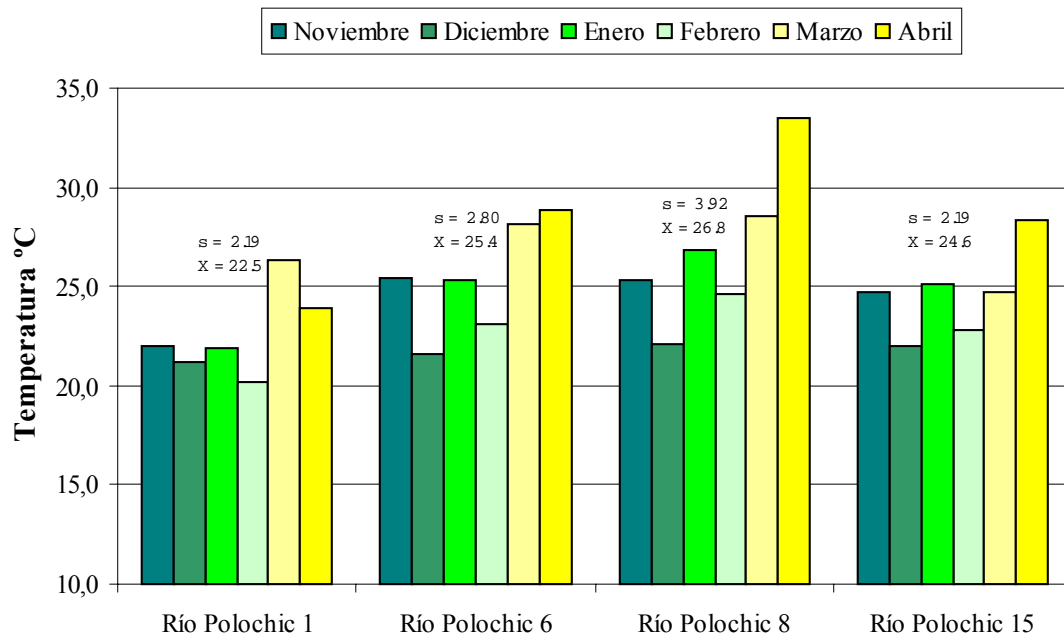


Figura 19: Temperatura (°C) en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002

Entre los tributarios del Polochic, los que presentan las temperaturas menores son el Río Boca Nueva y Río Cahabón con 24.5 °C, y una desviación estándar de 2.44 y 2.57, respectivamente. El Río Pueblo Viejo es el que muestra la mayor temperatura, siendo esta 26.6 °C con una desviación 3.8 (Figura 20).

El comportamiento de la temperatura en el lago esta relacionada con el ingreso del agua de los ríos. La distribución de las aguas más frías se da en las desembocaduras del Río Polochic y las zonas más cálidas están hacia el centro del lago y el sur del mismo.

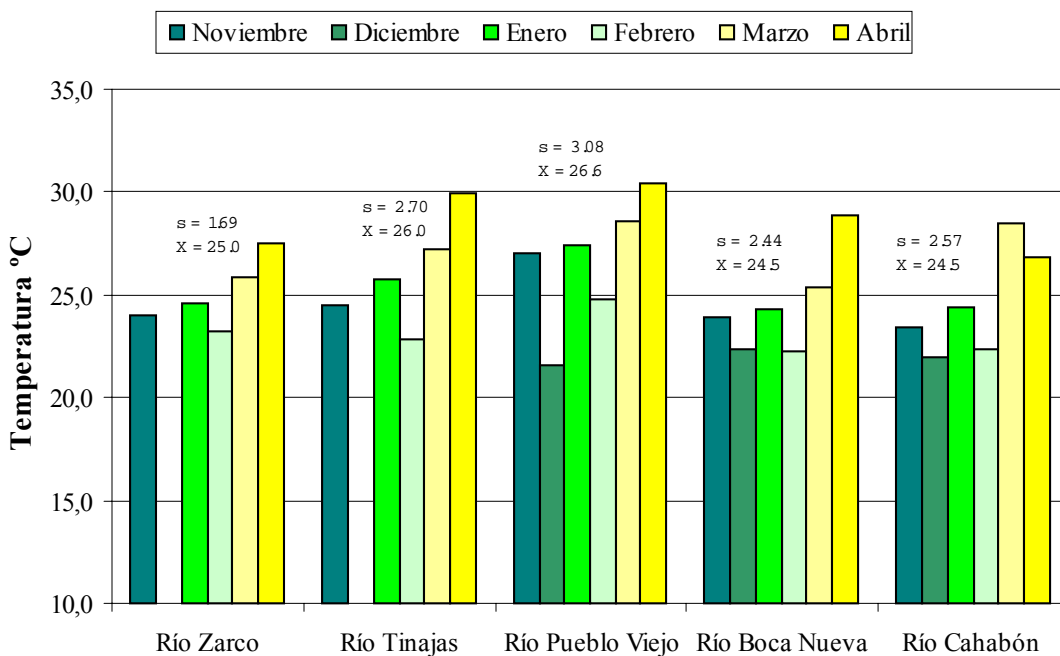


Figura 20: Temperatura (°C) en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002

Dentro del lago los puntos más fríos se encuentran en Bocas Bujajal y El Estor con 26.5 y 25.7 °C correspondientemente, siendo Punta Chapín el más alto 28.6 °C. En el lago al igual que los tributarios se observó un aumento en la temperatura entre los meses de noviembre y abril (Figura 21).

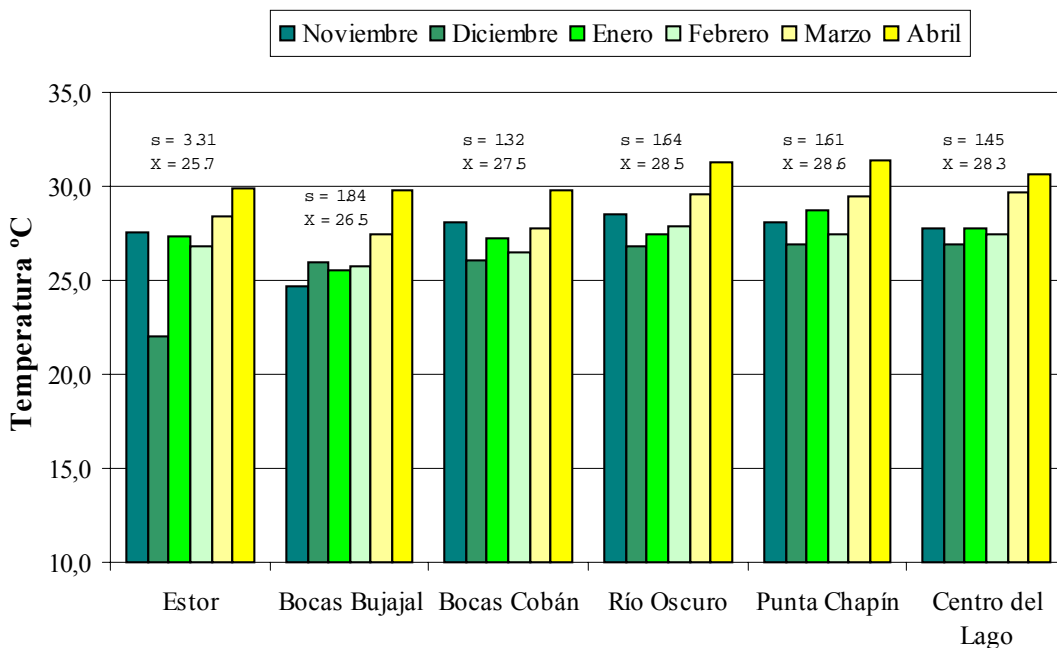


Figura 21: Temperatura (°C) en el RVSBP, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002

4. Conductividad

Esta expresa la capacidad del agua para transferir una corriente eléctrica la cual se incrementa principalmente con el contenido de iones (sólidos disueltos) y la temperatura.

La conductividad promedio en los ríos es de 162.2 y 195.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para el lago, presentando una desviación estándar de 23.2 y 10.6 respectivamente. La menor conductividad se observa en noviembre con 179 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo en los ríos de 166.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en el lago de 183.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En abril se observó el promedio mayor conductividad con 198.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, presentándose los valores más altos en el lago con 203.2 y 183.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los ríos.

Es los ríos así como en el lago se observa un aumento de los valores en la conductividad de noviembre a abril (Figuras 22, 23 y 24). La excepción a este comportamiento lo presenta el Río Cahabón, ya que disminuyen sus valores entre noviembre y marzo, con un aumento en abril.

En el Río Polochic la conductividad más baja se observó en Telemán con 161 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con una desviación estándar de 20.9 y la más alta en La Tinta con 249 $\mu\text{S}/\text{cm}$ una desviación de 14.8 (Figura 22).

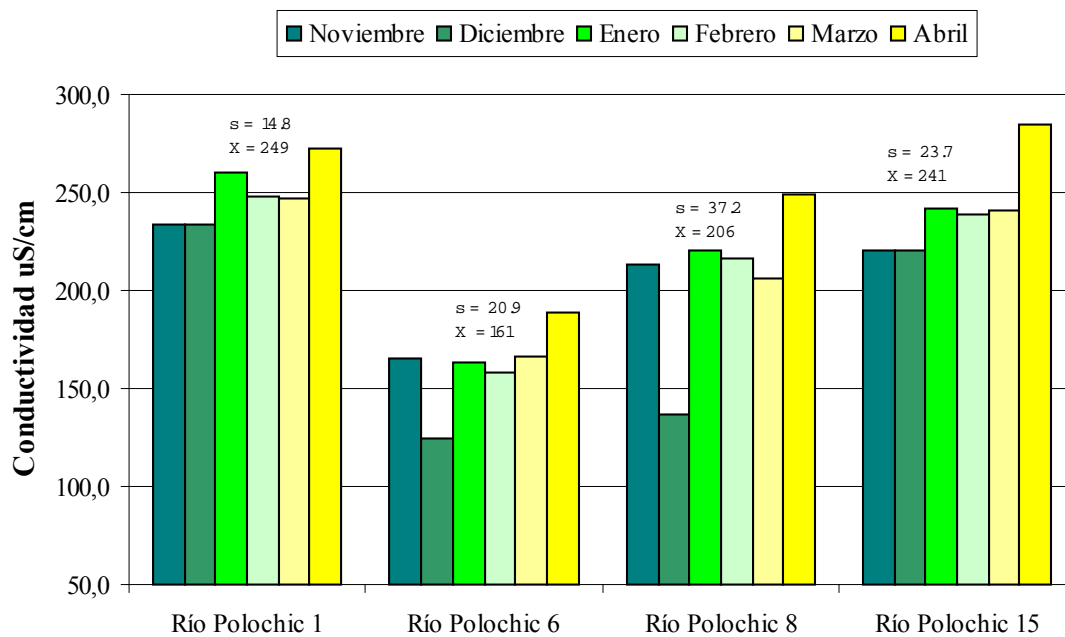


Figura 22: Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002

Los tributarios del Polochic presentan diferencias grandes, esto varía dependiendo de la procedencia de los mismos. Los tributarios que vienen de Sierra de las Minas presentan conductividades promedio bajas entre 21.1 y 33.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$, comparado con los provenientes de Sierra Santa Cruz con promedios de 297 a 326 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 23).

La distribución de la conductividad en el lago es interesante, ya que la conductividad alta se observa en el Norte del lago pegado a la Sierra Santa Cruz, mientras que los valores más bajos se encuentran en el sur cerca de las desembocaduras de los ríos que se originan en Sierra de las Minas (Mapa 10). En el lago, los valores más bajos se encuentran en Río Oscuro con $165 \mu\text{S}/\text{cm}$ con una desviación estándar de 9.92 y los más altos en Bocas Bujajal con $215 \mu\text{S}/\text{cm}$ con una desviación 15,8 (Figura 24).

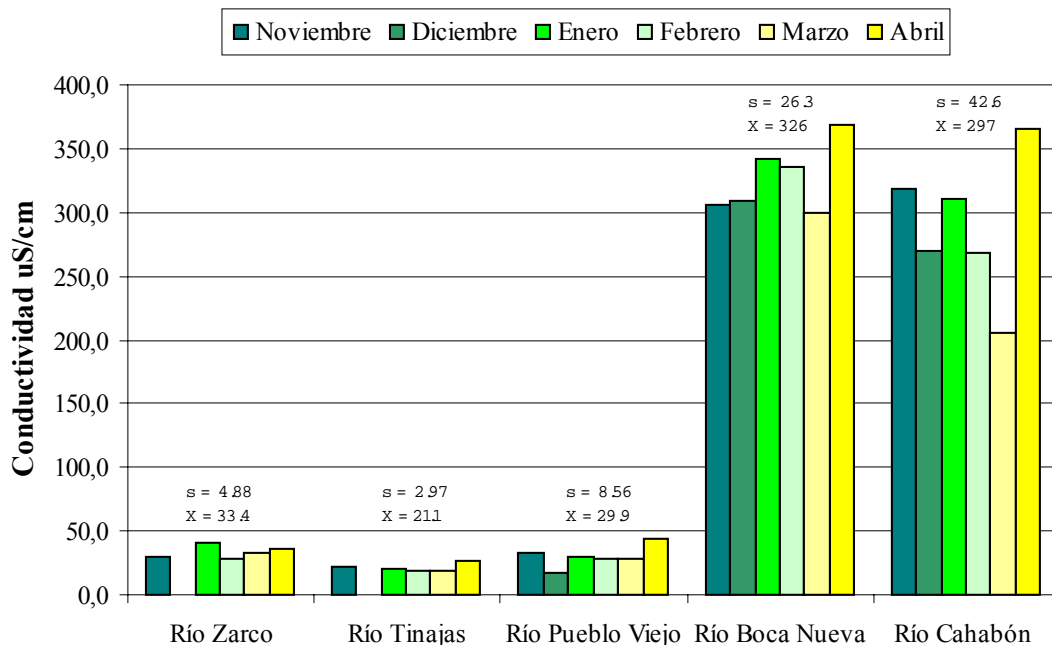


Figura 23: Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002

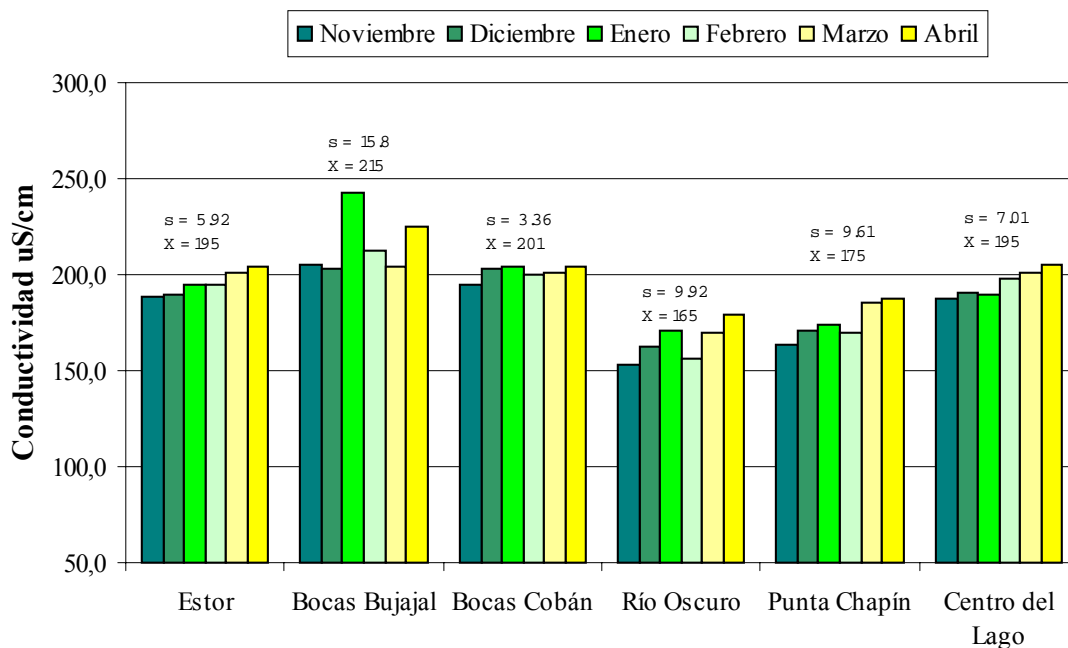
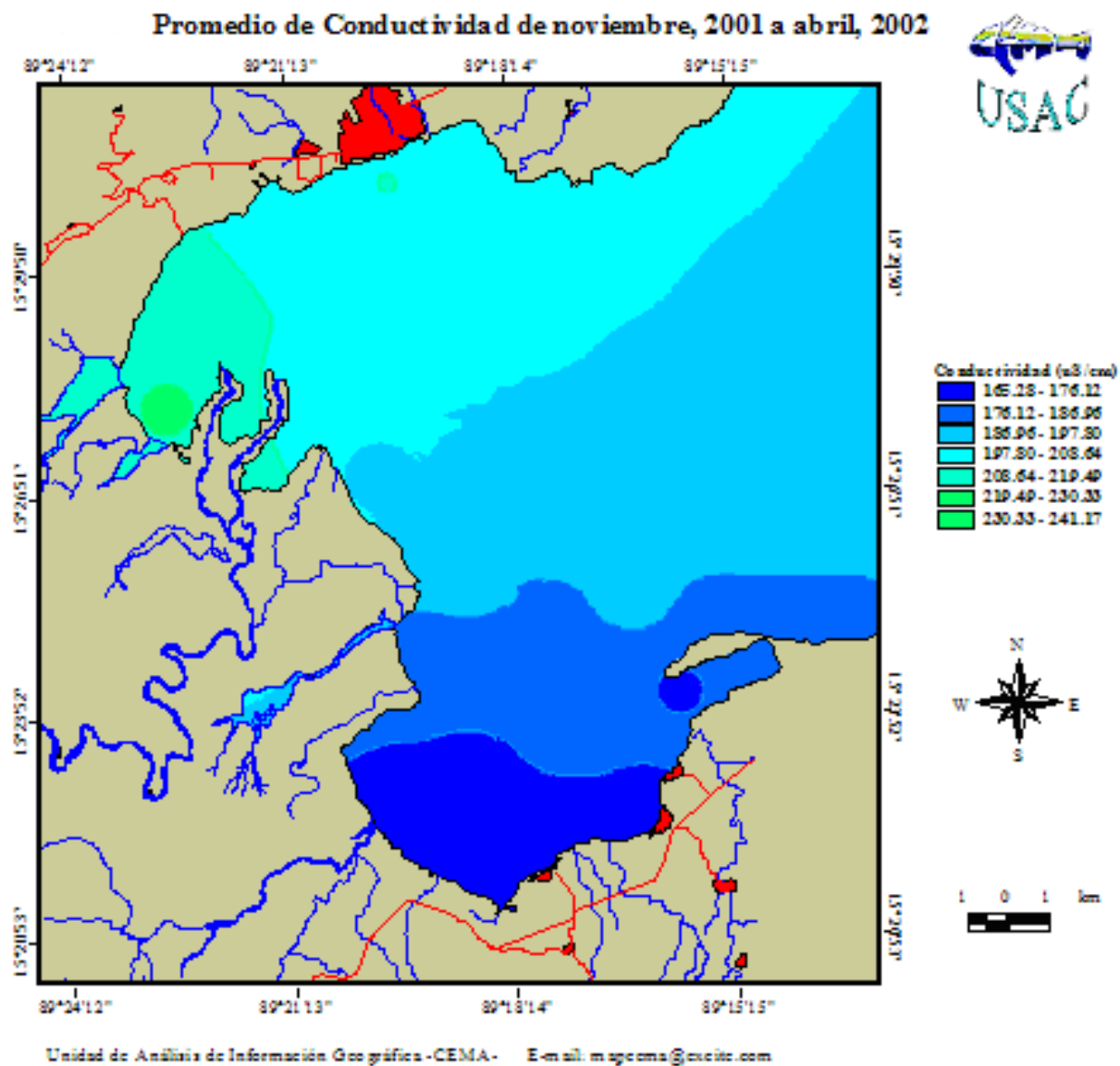


Figura 24: Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en el RVSBP, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002



Mapa 10: Promedio de Conductividad de Noviembre, 2001 a Abril, 2002

5. pH

Este puede variar debido a la fotosíntesis, concentraciones de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, así como la actividad bacteriana, entre otros factores.

El pH durante el estudio presentó una media de 7.8, observándose el pH más bajo en los ríos con 8.0 y el más alto en el lago con 7.7 aunque no existe una diferencia significativa entre los datos. Como puede evidenciarse las diferencias entre el mes que reportó el mayor pH promedio fue abril con 8.8 y el menor fue en marzo con 8.0.

En el Río Polochic el pH no tuvo un comportamiento definido, ya que en ciertos puntos como Panzós la tendencia fue a subir y en La Tinta contrariamente fue a bajar. El punto que reportó el pH más bajo fue Telemán con 8.17 con una desviación estándar de 0.45. (Figura 25).

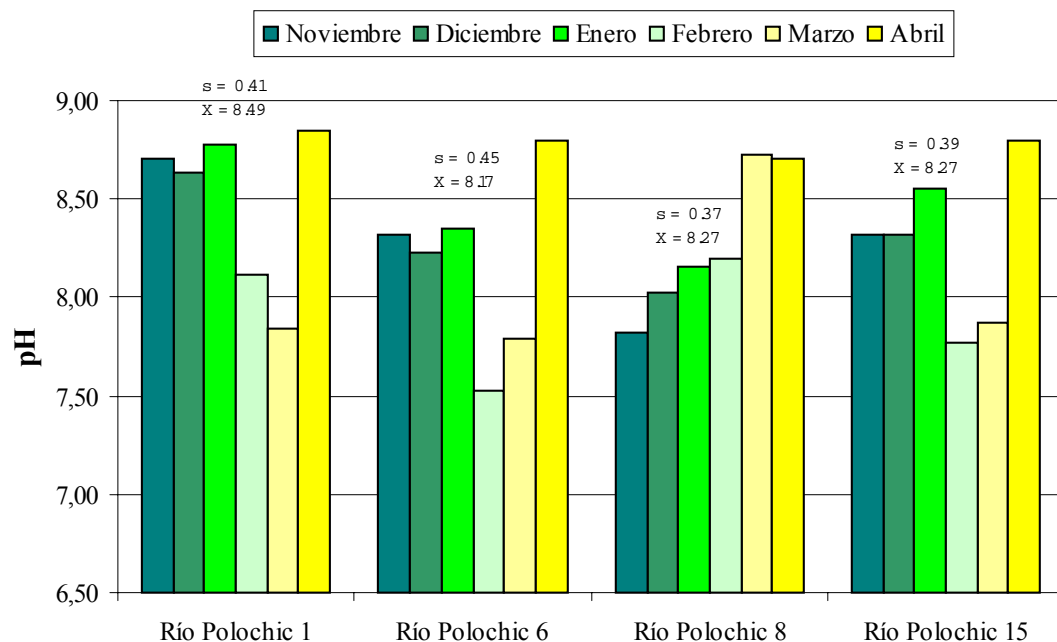


Figura 25: El pH en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2001 a Abril del 2,002

Al igual que el Río Polochic en los tributarios no se observó una tendencia definida. Aunque en algunos puntos la tendencia es a disminuir de noviembre a marzo, aumentando nuevamente en abril. El Río Cahabón presenta el pH promedio menor con 7.06 y el Río Boca Nueva el mayor con 8.38, con desviaciones estándar de 0.46 y 0.57, respectivamente (Figura 26).

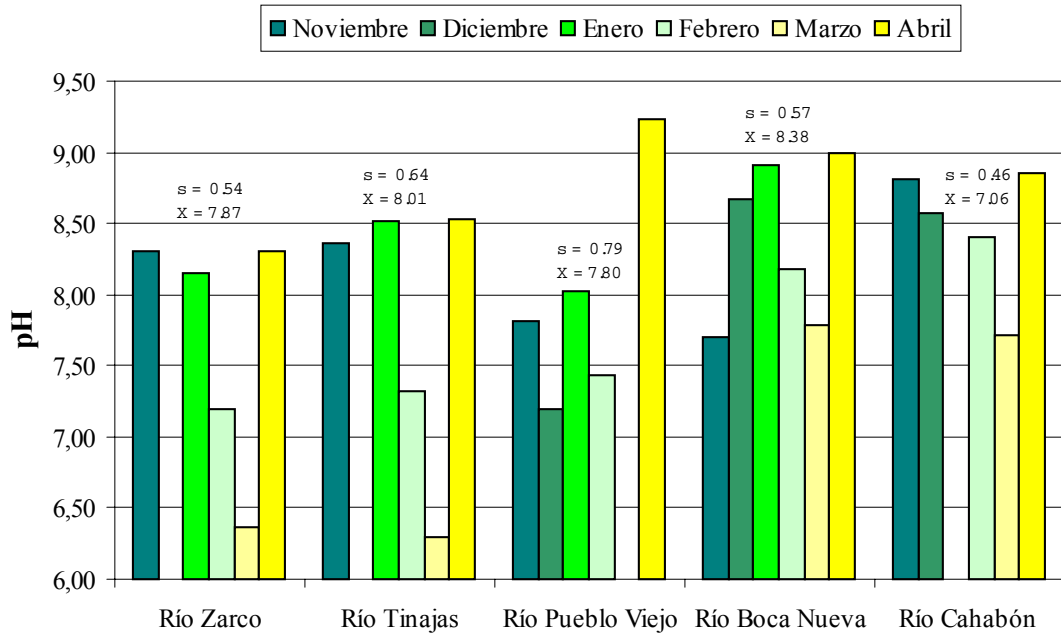


Figura 26: El pH en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002

El pH en el lago no presenta variaciones fuertes (Mapa 13), aunque los pH más bajos se encuentran en Río Oscuro y Punta Chapín con 8.12 y 8.20, correspondientemente. Así mismo se observa el mayor pH en el Centro del Lago con 8.72 y una desviación estándar de 0.45 (Figura 27).

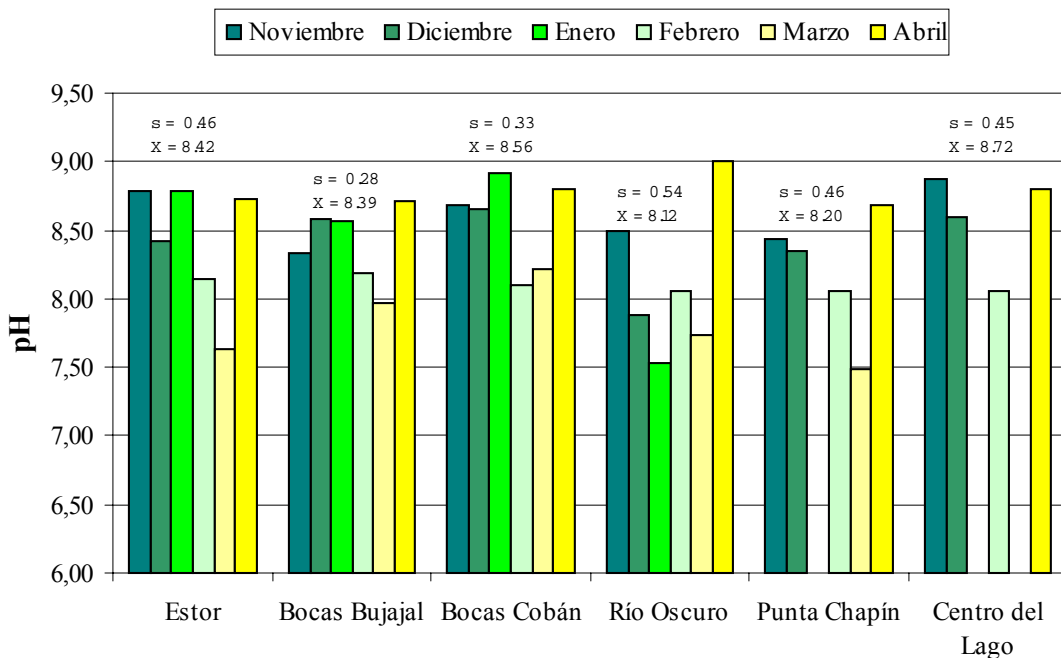
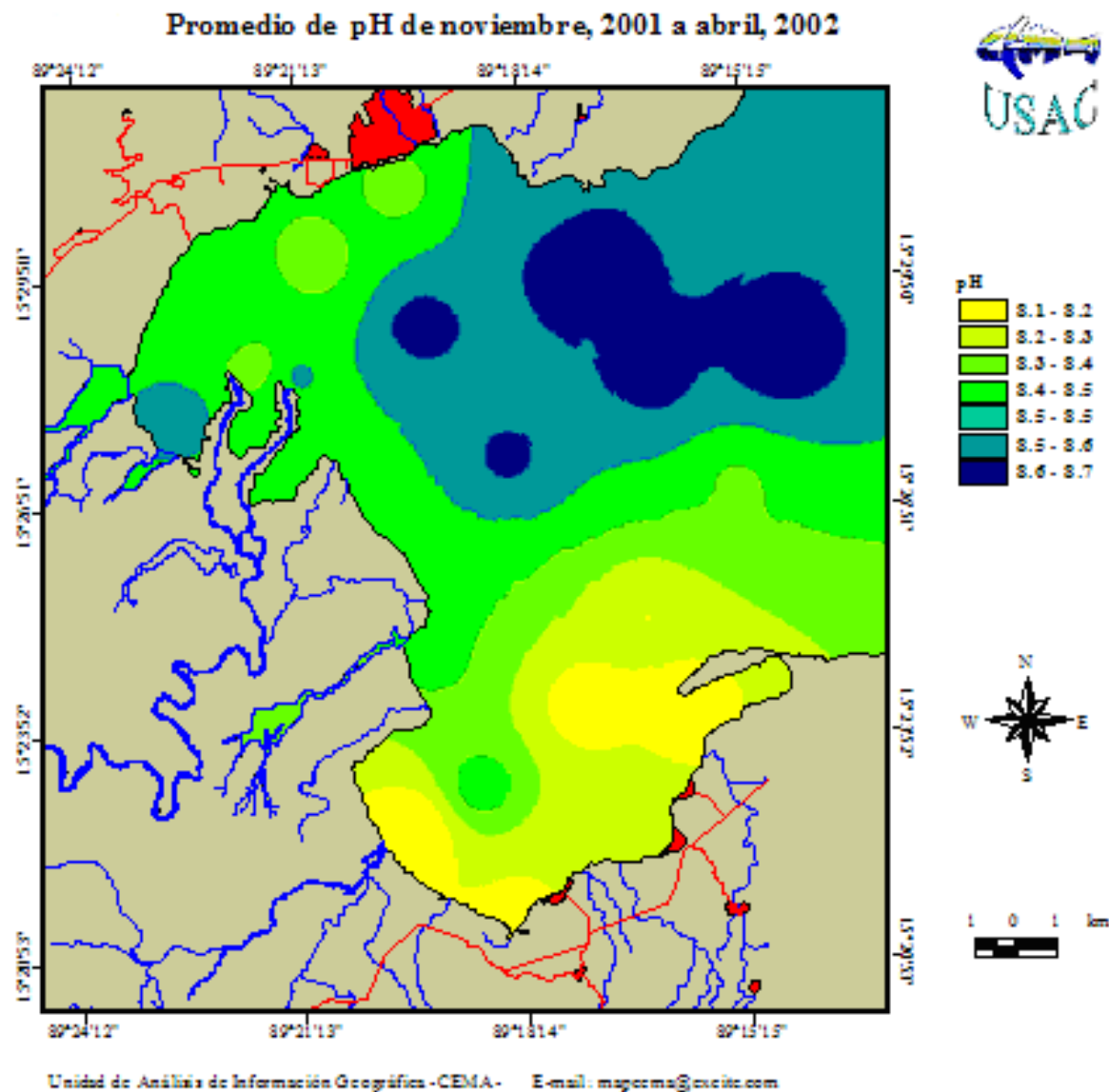


Figura 27: El pH en el RVSBP, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002



Mapa 11: Promedio de pH de Noviembre, 2001 a Abril, 2002

6. Sólidos Totales en Suspensión (TDS)

Estos indican la cantidad de materia en solución y materia sólida cargada por el río. Los sólidos disueltos constituyen los iones solubles en el agua cuyos principales cationes y aniones son: Na^+ , K^+ , Ca_2^+ , Mg_2^+ , CL^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- y CO_3^{2-} , los cuales se incorporan al agua a través de la atmósfera durante la lluvias o en los suelos durante la escorrentía.

El promedio de los sólidos disueltos totales es de 85,34 mg/l con una desviación estándar de 11,96. En el mes de abril se encontró la mayor cantidad de sólidos disueltos con 94,7 mg/l y en febrero la menor con 87,7 mg/l.

En el Río Polochic se observa que hay una disminución de los sólidos disueltos del punto ubicado en La Tinta al de Telemán, y después comienzan a elevarse las cantidades de sólidos. Este mismo comportamiento se mantiene durante todos los meses. Los valores más altos se encuentran en La Tinta con 119 mg/l y los más bajos en Telemán con 76,8 mg/l. (Figura 28).

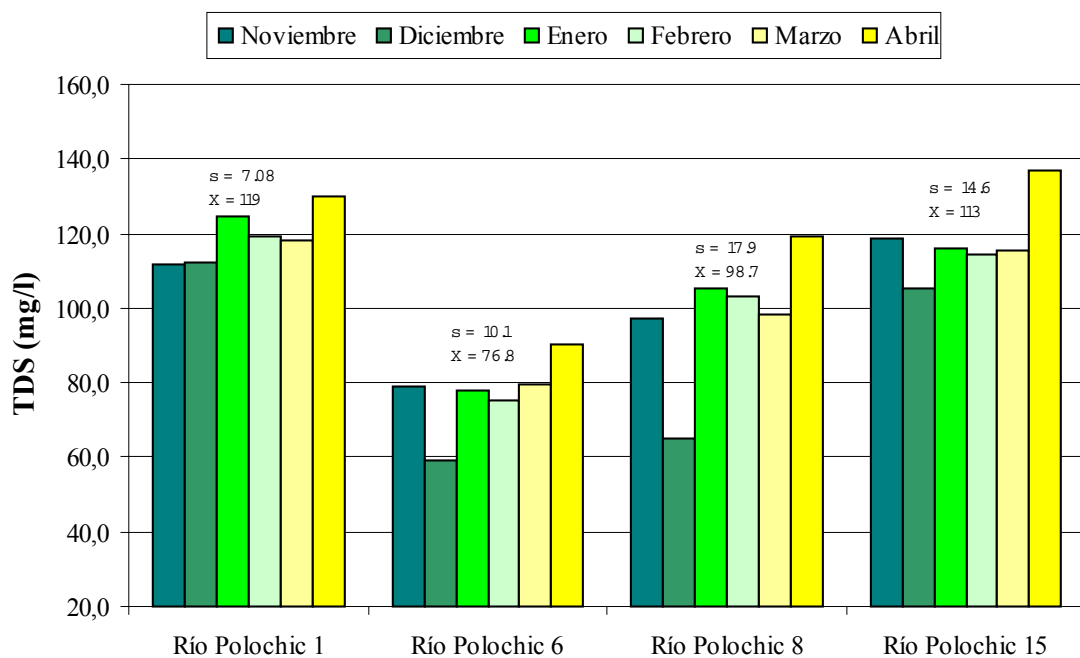


Figura 28: Cantidad de Sólidos Disueltos Totales TDS (mg/l) en Diferentes Segmentos del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre a Abril del 2,002

En los ríos Tinajas, Zarco, Pueblo Viejo la cantidad de sólidos disueltos es baja en comparación con ríos provenientes de la Sierra Santa Cruz. La menor concentración de sólidos se observa en el Río Tinajas con 9,62 mg/l y la mayor en el Río Boca Nueva con 157 mg/l (Figura 29).

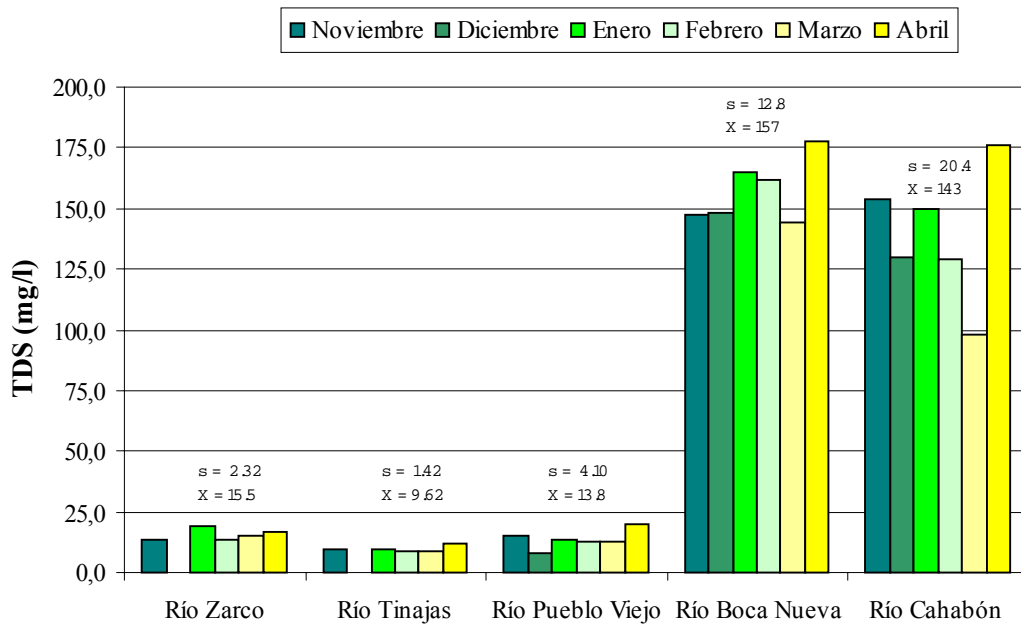


Figura 29: Cantidad de Sólidos Disueltos Totales TDS (mg/l) en Diferentes Afluentes del Río Polochic, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002

En el Mapa 12 se observa que las mayores concentraciones de sólidos están en el área Noroccidental del lago y las menores cerca del Río Oscuro y Punta Chapín. Este comportamiento es similar al observado en la conductividad. En el lago los valores más altos se observaron en El Estor y Bocas Bujajal con 109 y 100 mg/l, respectivamente. En Río Oscuro, Centro del Lago, Punta Chapín y en los puntos cercanos se observa un comportamiento similar, presentando un aumento de los valores de noviembre a abril (Figura 30).

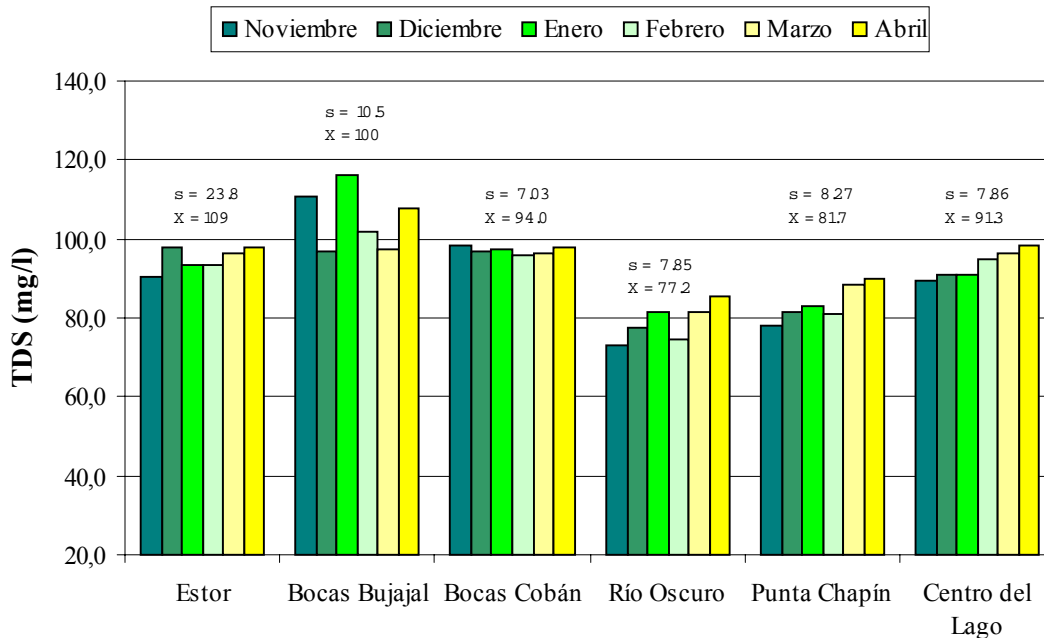
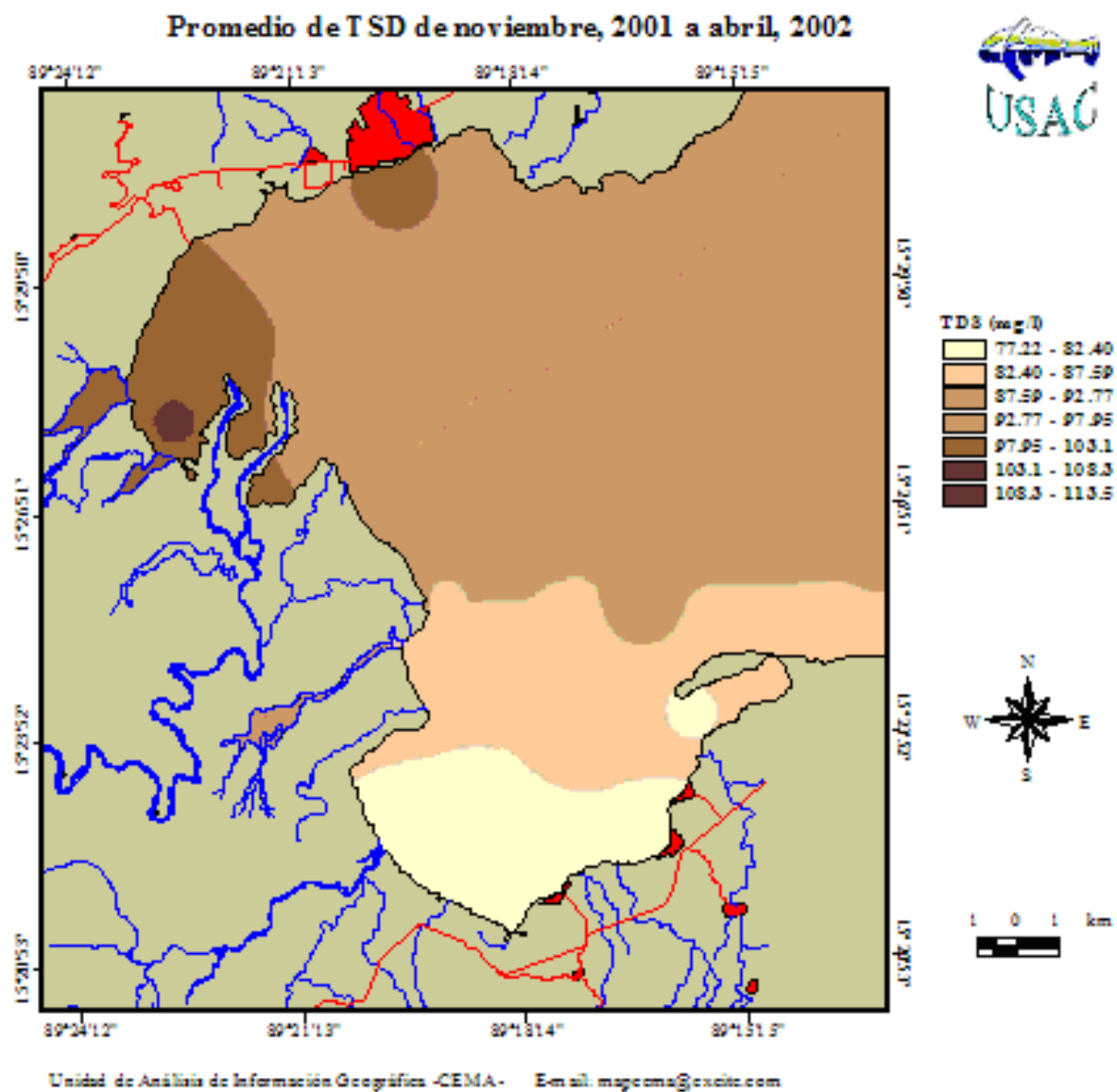


Figura 30: Cantidad de Sólidos Disueltos Totales TDS (mg/l) en el RVSBP, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002



Mapa 12: Promedio de TSD de Noviembre, 2001 a Abril, 2002

7. Transparencia (Disco Secchi)

Es una medida relativa de la claridad de un sistema acuático, la cual esta relacionada con los sólidos en suspensión y la cantidad de microalgas presentes en el medio.

El promedio de la transparencia durante los meses de noviembre a abril fue de 2.37 m con una desviación estándar de 0.72. Las medidas más altas se registraron en enero con un promedio de 3.20 m y las más bajas en los meses de diciembre y abril con 1.9 m.

En el Mapa 13 se observa la mayor transparencia en el Centro del Lago y las medidas menores cerca de las desembocaduras de los ríos observándose este efecto principalmente en Bocas del Polochic. En la Figura 31 se muestra el comportamiento de la transparencia en el tiempo, no es posible apreciar una tendencia general. Aunque en el punto denominado Centro del Lago se presenta una disminución de noviembre a abril, siendo este punto el que presenta la mayor transparencia en el lago con 3.70 y una desviación estándar de 1.36.

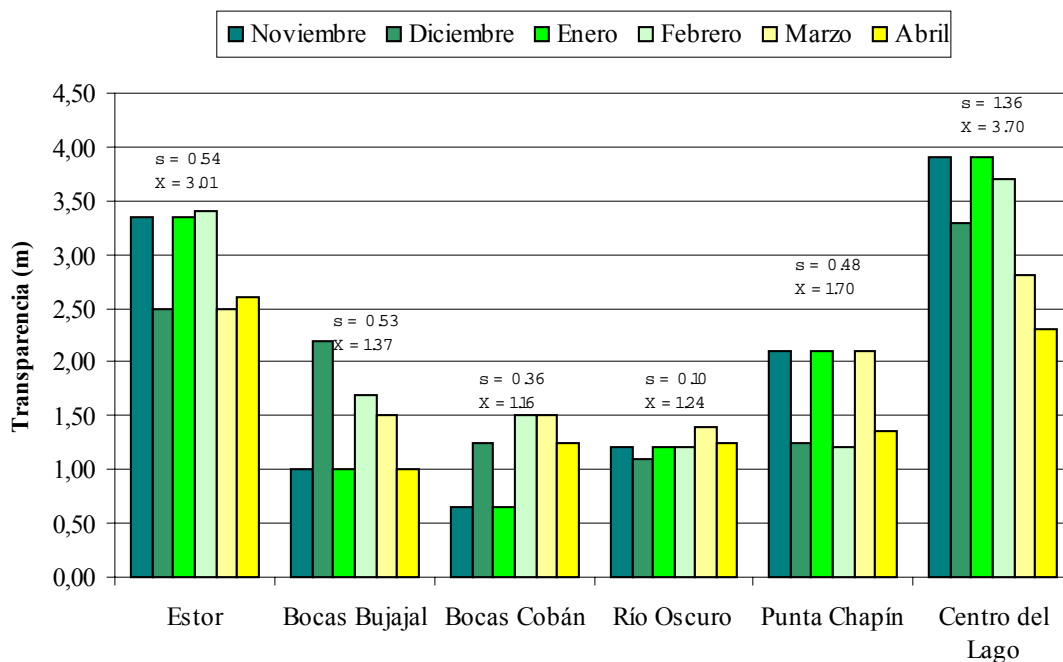
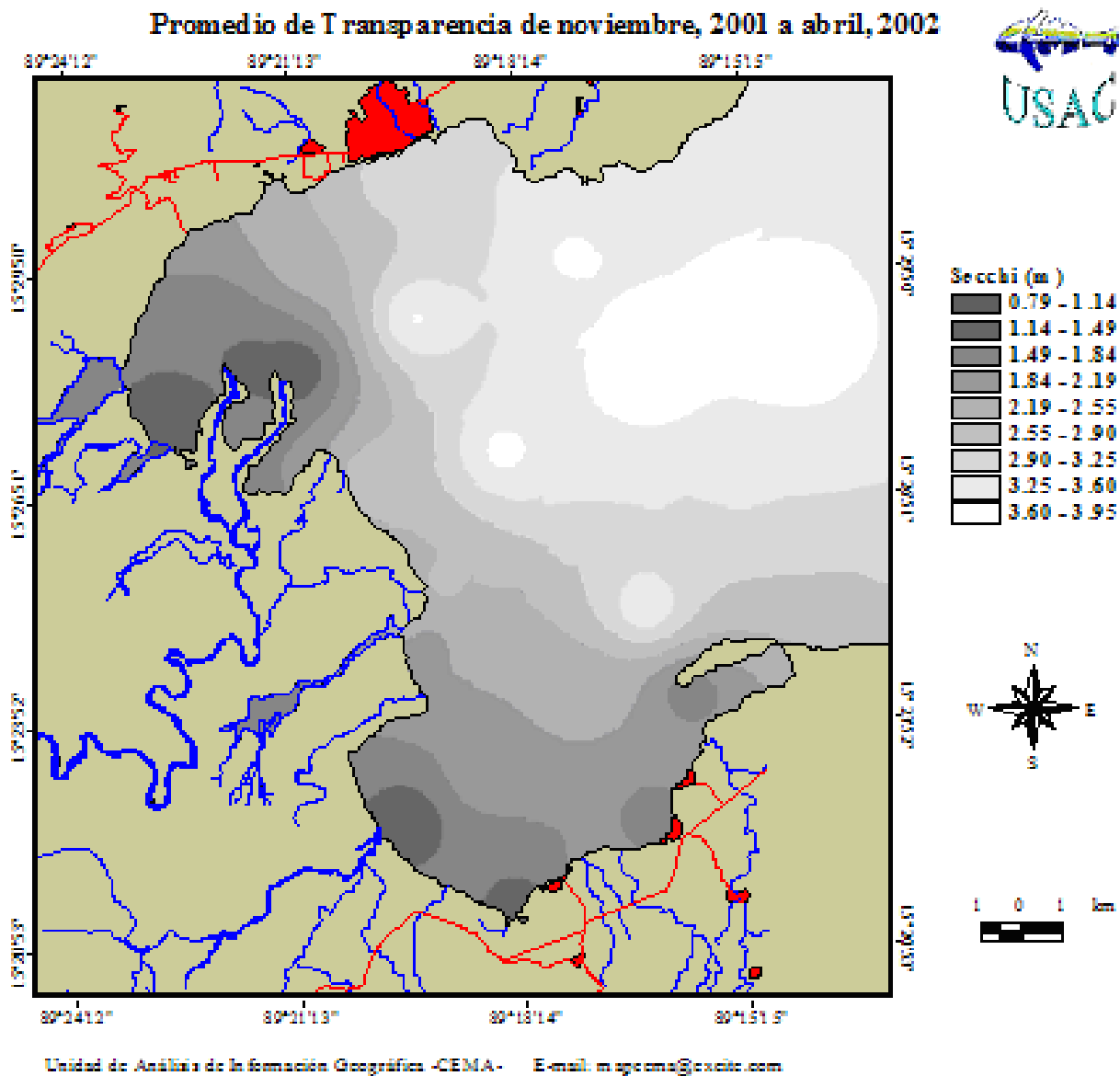


Figura 31: Secchi (m) en el RVSBP, Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002



Mapa 13: Promedio de Transparencia de Noviembre, 2001 a Abril, 2002

8. Precipitación

En la Cuenca del Río Polochic no se cuenta con estaciones meteorológicas en funcionamiento, aunque fue posible obtener datos de precipitación desde noviembre del 2,001 de las estaciones hidrográficas que han comenzado a trabajar.

Tabla 2: Precipitación Diaria Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002. Estación de Telemán

Días	Meses					
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1	0	4.2	0	0.4	0	0
2	0	0	0.2	1.6	0	0.6
3	0	1	0	7	21.8	0
4	13.4	2	2	0.4	0	0
5	4.8	0.4	0	0.6	0	0
6	0.8	4	0.4	0.8	0	0
7	0	0	0	0.2	0	0
8	0	0	0	0.4	0	0
9	0.2	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0.4	0.4
11	0.4	0	0	2.8	0.6	0.8
12	10.4	0	0	0.2	5	0.4
13	4.8	0	0	0.2	0	0.2
14	0	0	0	0.2	0	0
15	0	0	0.6	0	0	0
16	0	4.2	0	0	0	0
17	1.8	3.8	0.4	0	0	0
18	3.4	4.8	1.6	0	0	3
19	0	0	0.6	0.2	0	1
20	3.4	7.6	0	0	0	0.8
21	0	3.6	0	0.2	0	0
22	0	0.2	0	0.8	10.8	0
23	0	0	0	0	0.8	0
24	0	10	0	0	0	0
25	15.4	30.8	2	0.4	0	0
26	0.2	11.6	6.4	0.4	1.2	0
27	0	0	2.8	0.6	0.8	0
28	0	0	0.8	0.8	0	0
29	0	0	2		0	0
30	0	0	1		0	0.2
31		0	0.8		0	
Precipitación Mensual	59	88.2	21.6	18.2	41.4	7.4

Fuente: INSIVUMEH, 2002

En diciembre se reportó la mayor precipitación con 88.2 mm y en abril la menor con 7.4 mm. Como se observa en la Figura 32, la precipitación bajó de noviembre a abril, siendo estos los meses de verano.

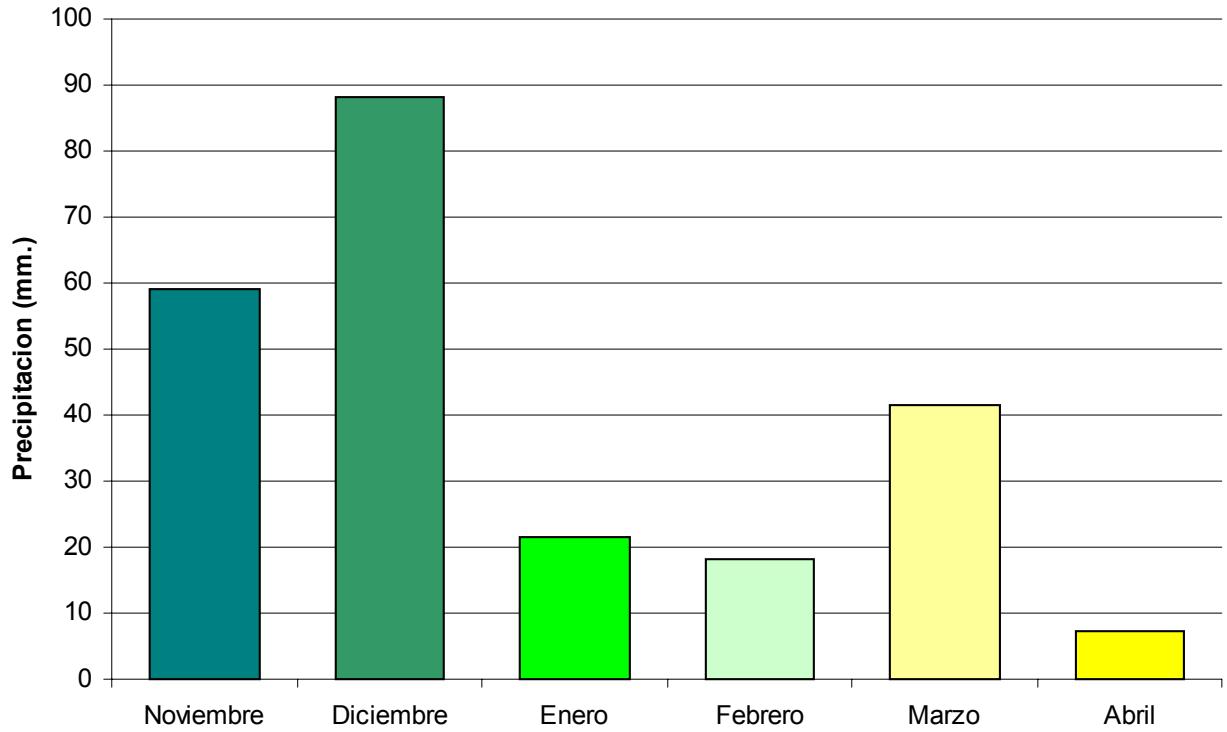


Figura 32: Precipitación Mensual, Reportada en la Estación Hidrográfica de Telemán Durante los Meses de Noviembre, 2,001 a Abril, 2,002

VII. Discusión de Resultados

Los niveles de fosfatos encontrados durante este estudio son superiores a los reportados por Basterechea (1,993), y se mantiene por debajo de los promedio presentado por Dix (1,999). Se observa una similitud en el comportamiento de varios ríos, presentándose un aumento de los niveles de PO_4 entre los meses de enero a abril.

El comportamiento del fósforo es variable en el Río Polochic, su aumento esta relacionado con los poblados. No hay una variación significativa en la cantidad de fosfatos en Bocas del Polochic en relación a la encontrada en los ríos, aunque en promedio la cantidad de Fósforo encontrado en el lago es menor que la de los afluentes.

Los ríos Zarco y Tinajas presentaron las concentraciones mayores de fosfatos en abril, siendo este comportamiento igual al observado por Dix (1,999). El aumento de Fósforo en los meses de marzo y abril debe relacionarse con la disminución de los caudales, ya que las descargas de los poblados siguen siendo las mismas y al igual que el inicio de las lluvias arrastra más nutrientes a los cuerpos de agua.

El ingreso de nutrientes al lago se da principalmente por el Río Polochic, ya que la mayor concentración se observa en esa área. El impacto de los nutrientes se observa en la zona Noroccidental del lago. Esto puede estar influenciado por la acción de los vientos que tienen dirección al Noroeste, evitando que la descarga de los ríos se distribuya con mayor facilidad en el lago.

La relación N/P para el lago fue igual a la observada en el 1,998 por Dix, ya que el elemento limitante fue el Fósforo para los meses de noviembre, enero y febrero, y el Nitrógeno en los meses de marzo y abril.

El promedio de nitrato durante el estudio fue mayor a los reportados por Dix (1,999) y Basterrechea (1,993) con 0.5 mg/l, aunque se observa el mismo patrón durante los meses de enero a abril presentando una disminución de los nitratos. Las concentraciones de nitritos durante el estudio fueron similares a investigaciones anteriores.

Los niveles de nutrientes son mayores en los ríos que en el lago, con lo que se comprueba lo mencionado por Dix (1,999), sobre la importancia del humedal para absorber el impacto de las descargas de los ríos sobre el Lago de Izabal.

El Río Cahabón y Boca Nueva son los principales portadores de sulfatos al Río Polochic y por ende al Lago de Izabal. Sus cuencas atraviesan terrenos cársticos, así como aguas termales (Azufradas). Contrario a los ríos de Sierra de las Minas que atraviesan rocas Paleozóicas y Carbonífero-Pérmicas. Esto también se ve reflejado en la conductividad de las agua y la presencia de sólidos disueltos totales, ya que están relacionados entre si por la presencia de iones solubles, lo cuales se ven afectados por las lluvias.

Al igual que Basterrechea (1,993) los valores de conductividad fueron más altos en los ríos que en el lago, en relación a los ríos Cahabón y Boca Nueva, siendo estos los ríos que aportando la mayor cantidad de iones a la cuenca del Polochic. Asimismo se observó la mayor conductividad en la época seca, mismo comportamiento que se presentó en los años 1,991, 1,992 y 1,998.

Los niveles de Oxígeno Disuelto en todos los puntos se mantuvieron altos, observándose la capacidad que tiene el sistema para sostener poblaciones de peces, invertebrados, algas y microorganismos. Estos niveles altos de Oxígeno permite trabajar a las bacterias de una forma aeróbica, lo que promueve una mejor autodepuración del sistema.

Al igual que el estudio de Dix el punto que presentó la concentración más baja fue el Río Polochic en Panzós, este puede estar relacionado a que el río en esa parte se extiende mucho bajando su velocidad, lo que no permite una buena oxigenación del agua.

El lago presenta una adecuada distribución de Oxígeno en toda la columna de agua, debido a la poca profundidad y a la acción de los vientos, manteniendo niveles entre 6.3 y 7.3 mg/l, similares a los reportados por Machorro (1,996) y Basterrechea *et al.* (1,993) entre 6,38 y 7.14 mg/l. El Oxígeno Disuelto del lago en este estudio tuvo una variación máxima de 2 mg/l como máximo entre el fondo y la superficie, las diferencias más fuertes se presentaron principalmente en frente de El Estor y el Centro del Lago.

No se observa una termoclina en el lago, ya que las diferencias de temperatura en la superficie y el fondo son mínimas, siendo la diferencia promedio máxima en marzo con 1.4°C. Esto confirma lo mencionado por Machorro (1,996), que el lago es polimictico y las temperaturas son similares entre la superficie y el fondo con una diferencia máxima de 2°C.

La temperatura entre los meses de estudio varía 6,4°C en los ríos y 4.1°C en el lago, presentándose menos variaciones que las reportadas por Dix (1,999). Esto puede estar influenciado por la temperatura ambiental durante 1,998 que hubo presencia del fenómeno de Niña, aumentando las temperaturas en la Cuenca del Atlántico.

El pH varió entre 7.1 y 9.3, presentando por lo general uniformidad entre la superficie y el fondo. Estos rangos aumentan un poco en relación a los presentados por Basterrechea (1,993). Los puntos altos de pH dentro del lago, posiblemente están relacionados con los procesos de respiración de las macrofitas, ya que han presentado un incremento en las poblaciones en los últimos 5 años (Conversación con los pescadores).

Al igual que lo observado por Dix (1,999), el humedal muestra la efectividad para reducir el impacto sobre el lago, ya que los niveles de turbidez disminuyen en relación a lo encontrado en los ríos. El comportamiento de los sólidos disueltos totales no presentan una relación con la transparencia del lago, más bien estos están relacionados con la conductividad del mismo. La transparencia durante el estudio fue similar a la de Basterrechea (1,991-92) de 2,6 m, siendo esta mayor a la reportada por Dix (1,999), con 1.49 m.

Monitoreo de Calidad de Agua en Refugio de Vida Silvestre Bocas del Polochic (RVSBP) y sus Afluentes

Con base en la definición de Machorro (1,996) de un lago eutrófico, el Lago de Izabal presenta un estado de eutroficación, debido a los niveles de fosfatos y a la profundidad del cuerpo de agua. De igual basándonos en los índices de Vollenweider (1,968) presentados en Roldan (1,992), sobre la presencia de Nitrógeno en lagos eutróficos, en la cual los niveles de nitratos son característicos de un lago eutrófico.

VIII. Conclusiones

1. El humedal de Bocas del Polochic protege al Lago de Izabal de las descargas de nutrientes y sedimentos provenientes de la Cuenca del Polochic, funcionando como un filtro biológico.
2. Las descargas de nutrientes que impactan el lago, provienen principalmente de los poblados cercanos a la parte baja de la cuenca del Río Polochic (Telemán, Panzós y La Tinta) y los que se encuentran alrededor del lago.
3. Los ríos provenientes de Sierra de las Minas (Tinajas, Pueblo Nuevo y Zarco) son los que presentan mejor calidad del agua, en relación a la presencia de nutrientes y la carga de sedimentos.
4. El Lago de Izabal se encuentra en un estado eutroficación, debido a los niveles altos de nutrientes encontrados, siendo este un sistema que puede ser impactado fácilmente, debido a sus características morfológicas.
5. Los ríos Boca Nueva y Cahabón son los principales contribuyentes de iones a el Río Polochic, con lo que provocan un aumento de la conductividad y de los sólidos disueltos totales al ecosistema.

IX. Recomendaciones

1. Continuar con los monitoreos de calidad del agua en el RVSBP y sus afluentes, para evaluar el comportamiento del sistema en el tiempo y poder detectar cambios que podrían afectar el equilibrio del Lago de Izabal.
2. Ampliar el monitoreo de calidad del agua con un estudio de coliformes, con el fin de identificar los puntos focales de contaminación fecal en la Cuenca del Polochic.
3. Es necesario contar con plantas de tratamiento de agua potable y de aguas residuales para anular el impacto de las aguas negras sobre la calidad del agua y la salud un el área.
4. Realizar estudios sobre las poblaciones de microalgas, peces y macrofitas en el Lago de Izabal, para poder relacionar datos de calidad del agua con estos recursos, logrando un mejor conocimiento del comportamiento del ecosistema, información que podrá ser utilizada para formular los planes de manejo para el área.

X. Bibliografía

- BAILEY C.; BARRIOS A.; CARDONA J. 1,998. Plan Preliminar de Ordenamiento de la Parte Sur de la cuenca del Río Polochic. Guatemala. 48 p.
- BASTERRECHEA M. 1,991. Evaluación del Impacto Ambiental de la Exploración Sísmica en la Cuenca del Lago de Izabal. Shell. Guatemala. 89 p.
- BASTERRECHEA M. et. al. 1,993. Calidad del Agua del Lago de Izabal y Principales Tributarios, Informe Técnico. Convenio DGEN-SEBV. Guatemala. 60 p.
- BAUER L. 1,997. Análisis y comparación de algunos factores físicos, químicos y del fitoplancton de los lagos Amatitlán e Izabal (Guatemala). Universidad del Valle de Guatemala. 21 p.
- BRISON, M. 1,976. Organic Matter Losses from Four Watersheds in humid Tropics. *Limnology and Oceanography* 21 (4): 572-582 pp.
- DIX M. 1,999. El impacto de la cuenca del Río Polochic sobre la integridad biológica del Lago de Izabal. Guatemala. 140 p.
- Fundación Defensores de la Naturaleza. 1,997. I Plan Maestro del Refugio de Vida Silvestre Bocas del Polochic. Guatemala. 70 p.
- HERRERA, K. 1,999. Indicadores Biológicos de la Calidad de Agua del Río Polochic y de la Integridad Biológica del Lago de Izabal. Tesis de Maestría en Estudios Ambientales. Universidad del Valle de Guatemala. 95 p.
- MACHORRO, R. 1,996. Water Quality at Lago de Izabal, Guatemala: Geochemical Characterization and Assessment of Trophic Status. Tesis de Doctorado, University of Texas, El Paso. 240 p.
- PEREZ, F. 1,999. Situación Actual de la Contaminación del Río Polochic y su Impacto en el Lago de Izabal. Tesis de Maestría en Estudios Ambientales. Universidad del Valle de Guatemala. 75p.
- ROLDAN, G. 1,992. Fundamentos de Limnología Neotropical. Colombia. Ed. Universidad de Antioquia. 529 p.
- SANDOVAL M. 2,000. Informe final de EPS en Refugio de Vida Silvestre Bocas del Polochic, El Estor, Izabal. Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro de Estudios del Mar y Acuicultura. Guatemala. 40 p.
- VILLAR ANLEU, L 1,992. Estudio Técnico del Área de Protección Especial "Refugio de Vida Silvestre Bocas del Polochic". Guatemala: FUNDARY. 53 p.