

**Informe final\* del Proyecto S022**  
**Diversidad y distribución de las comunidades de fitoplancton y peces de ríos y lagunas del volcán San Martín de la reserva de la biósfera Los Tuxtlas**

**Responsable:** Dra. Gabriela Vázquez Hurtado  
**Institución:** Instituto de Ecología AC  
**Dirección:** Km 2.5 Antigua Carretera a Coatepec # 351, Congregación El Haya, Xalapa, Ver, 91070 , México  
**Correo electrónico:** [gabriela.vazquez@inecol.edu.mx](mailto:gabriela.vazquez@inecol.edu.mx)  
**Teléfono/Fax:** Tel: 01(28) 42 1800 ext. 3501 Fax: 01(28) 18 7809;  
**Fecha de inicio:** Agosto 31, 1999  
**Fecha de término:** Julio 4, 2001  
**Principales resultados:** Base de datos, Informe final  
**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** Vázquez, G., Díaz Pardo, E., Doadrio, I., De Sostoa, A., Madrigal, R., Legaria, L., Landgrave, R., Rangel, G. y A. Gutiérrez. 2002. Diversidad y distribución de las comunidades de fitoplancton y peces de ríos y lagunas del volcán San Martín de la reserva de la biósfera Los Tuxtlas. Instituto de Ecología A.C. **Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. S022.** México, D.F.

**Resumen:**

Orográficamente Los Tuxtlas se caracterizan por la existencia de los volcanes Santa Marta, San Martín y San Martín Pajapan. Su abrupta topografía influye en el clima de la zona, así como en la estructura de la red de drenaje, además de que favorece la presencia de cuerpos de agua estables. En los alrededores del volcán San Martín, desde Catemaco hasta su límite occidental, se encuentra cerca del 80% de las lagunas de agua dulce de la región. La mayoría de estos sistemas son de origen volcánico.

En particular, la fauna ictiológica presenta una gran diversidad, pero ha sido poco estudiada. Las principales familias reportadas en estos sistemas son la F. Poeciliidae, F. Atherinidae, F. Cichlidae, F. Mugilidae, entre otras. En el lago de Catemaco se han reportado especies endémicas como *Poecilia catemacensis* y *Poeciliopsis catemaco*. Algunas otras especies reportadas como endémicas de los Tuxtlas son *Bramocara caballeroi*, *Priapella olmeca* y *Xiphophorus milleri*. En relación al fitoplancton, se han realizado muestreos preliminares de algunas lagunas de los Tuxtlas, encontrándose especies pertenecientes a diferentes grupos, principalmente de los órdenes Chroococcales, Nostocales, Oscillatoriales, Volvocales y Chlorococcales. La proporción de cada grupo taxonómico varió en los diferentes sistemas según su estado de conservación.

Tomando en consideración como zona de reserva, el objetivo principal de este proyecto es obtener listas taxonómicas de las comunidades de fitoplancton y peces de las lagunas de origen volcánico y de algunos ríos de la zona de influencia del volcán San Martín en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas. Debido a que se estudiarán ríos y lagunas con diferente estado de conservación, la información que se obtenga en este proyecto, permitirá evaluar el impacto que la deforestación ha tenido sobre la diversidad de las comunidades de fitoplancton y peces.

- 
- \* El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
  - \*\* El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

**CONABIO**

**PROYECTO S022**  
**DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LAS COMUNIDADES DE**  
**FITOPLANCTON Y PECES DE RÍOS Y LAGUNAS DEL VOLCÁN**  
**SAN MARTÍN DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA LOS TUXTLÁS**

**INFORME FINAL**

***Participantes***

*Dra. Gabriela Vázquez (Responsable) Dr.*  
*Edmundo Díaz Pardo Dr. Ignacio Doadrio*  
*Dr. Adolfo de Sostoa Biól.*  
*Ricardo Madrigal Biól Lyz*  
*Legaría*  
*Fís. Rosario Landgrave Biól.*  
*Gerardo Rangel Biól.*  
*Altagracia Gutiérrez*

*Instituto de Ecología, A.C.*  
*km 2.5 Antigua Carretera a Coatepec*  
*Apartado Postal 63*  
*Xalapa, Ver.*

*Xalapa, Abril de 2001*

**Tercer Informe del Proyecto "Diversidad y distribución de las comunidades de fitoplancton y peces de ríos y lagunas del volcán San Martín de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas" (CONABIO, S022). Informe Final.**

**Antecedentes**

Una región que ha estado sometida a una constante deforestación para dedicar las tierras principalmente a la ganadería, es la Sierra de los Tuxtlas en el estado *de* Veracruz. De un paisaje forestal ha pasado a ser un mosaico de pastizales, campos agrícolas y remanentes de selva con vegetación rarápica y árboles aislados, donde los potreros dominan la fisonomía del paisaje. Esta región tiene una gran importancia ecológica al ser actualmente el límite norte de la distribución *de la selva alta* perennifolia en América, además de ser uno de los últimos remanentes de la selva veracruzana (Dirzo y Miranda, 1992). Por estas razones, recientemente la zona fue declarada Reserva de la Biosfera.

Orográficamente Los Tuxtlas se caracterizan por la existencia de los volcanes Santa Marta, San Martín y San Martín Pajapan. Su abrupta topografía influye en el clima de la zona, así como en la estructuración de la red de drenaje, además de que favorece la presencia de cuerpos de agua estables. En los alrededores del volcán San Martín, desde Catemaco hasta su límite occidental, se encuentra cerca del 80% de las lagunas de agua dulce de la región (Vázquez *et al.*, 1994). La mayoría de estos sistemas son de origen volcánico, por lo que tienen una forma casi circular. El aislamiento que por su origen volcánico sufrieron estas lagunas desde el Plioceno, se ha manifestado en la existencia de endemismos principalmente de la ictiofauna. Esto es frecuente en las lagunas volcánicas del Eje Transvolcánico Mexicano, y en particular en los Tuxtlas por su ubicación en la región Neotropical, donde incluso se pueden encontrar peces de la fauna neártica de transición, lo que favorece una mayor diversidad faunística (Espinosa, 1997).

La fauna ictiológica presenta una gran diversidad. Los sistemas más estudiados son el lago de Catemaco, la laguna Escondida, la laguna de Zacatal, el Río Grande de Catemaco, el río la Palma y el río Máquinas, en los que se han reportado endemismos posiblemente relacionados a su origen volcánico (Contreras- Balderas y Rivera-Teillery, 1973; Meyer y Espinosa, 1990; Artigas, 1993; Espinosa *et al.*, 1993; Espinosa, 1997; Miller y Van Conner, 1997; Ptacek y

Breden, 1998). Por otra parte, existen diversos estudios sobre la geomorfología, morfometría y limnológicos de las lagunas la Escondida, Zacatal y Catemaco (Pérez-Rojas, 1984; Pérez-Rojas y Torres-Orozco, 1992; Pérez-Rojas *et al.*, 1993; Torres-Orozco *et al.*, 1994; Torres-Orozco y Pérez-Rojas, 1995; Torres-Orozco y Estrada-Hernández, 1997; Torres-Orozco *et al.*, 1997). Las lagunas Zacatal y la Escondida son clasificadas como monomicticas cálidas, mientras que el Lago de Catemaco es polimíctico. Estas diferencias en los patrones de mezcla son explicados en función de la morfometría, y los regímenes de lluvia y viento de esta región (Torres-Orozco *et al.*, 1996). Sin embargo, hay otras lagunas en la región de los Tuxtlas que han sido poco estudiadas. Tomando en consideración estos aspectos y dada la importancia de la región como zona de reserva, el objetivo principal de este proyecto es obtener listas taxonómicas de las comunidades de fitoplancton y peces en las lagunas de origen volcánico y en algunos ríos de la zona de influencia del volcán San Martín, en diferentes épocas del año (nortes, estiaje y lluvias).

### **Participantes**

**Peces.** Dr. Edmundo Díaz Pardo, Biól. Gerardo Rangel, Biól. Altagracia Gutiérrez Hernández, de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN; Dr. Ignacio Doadrio del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid y Dr. Adolfo de Sostoa de la Universidad de Barcelona, España.

**Fitoplancton.** Dra. Gabriela Vázquez, Téc. Ricardo Madrigal, Téc. Lyz Legaria y Fís. Rosario Landgrave del Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Ver.

### **Objetivos generales**

- 1- Obtener listas taxonómicas de fitoplancton y peces de las lagunas de origen volcánico y de algunos ríos de la zona de influencia del volcán San Martín en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas.
- 2- Realizar un análisis de diversidad y distribución de ambas comunidades.

### **Objetivos particulares**

- Determinar la composición taxonómica de la comunidad fitoplanctónica en las lagunas cráter y ríos principales de la zona de influencia del volcán San Martín.  
Determinación taxonómica de la ictiofauna de las lagunas y ríos principales de la zona
- 2 propuesta.
- 3- Determinación de zonas de máxima diversidad. Presencia de endemismos y de especies en peligro de extinción.

## **Métodos**

### ***Trabajo de campo***

Se realizaron tres salidas de campo: en época de nortes (enero, 2000), época de secas (mayo, 2000) y época de lluvias (noviembre, 2000). En el mapa anexo se encuentran ubicados los sitios en los que se colectaron ambas comunidades. La lista completa de localidades visitadas se presenta en el Cuadro 1. La laguna Colorada no se pudo muestrear debido a la inaccesibilidad del camino y a las condiciones de inseguridad reportadas localmente igual que la Encantada. Sin embargo, se tienen registros de los muestreos realizados en 1995, que ya fueron incluidos en la base de datos y se colectó en la laguna Pizatal para completar las lagunas.

### *Muestreo de ambas comunidades*

Peces. La metodología empleada en las tres salidas fue la misma: en los ríos se utilizó el método de electropesca y en las lagunas se emplearon chinchorros de 6 y 30 m. En cada sitio se tomó una muestra representativa de cada especie. Los ejemplares colectados se fijaron con formol al 10%, y se etiquetaron con la información de cada lugar (localidad, fecha, colector, hora de colecta, y coordenadas geográficas obtenidas con geoposicionador).

Fitoplancton. Al igual que en los peces, la metodología fue la misma que los diferentes muestreos: en los ríos se tomaron las muestras de fitoplancton en la superficie y en el centro del cauce, filtrando aproximadamente 70 litros de agua a través de una red de 40 $\mu$ m de abertura de malla. Debido a que las lagunas presentan zonas con diferentes condiciones, dadas por la profundidad, corrientes, etc, se colectó el fitoplancton de superficie en tres sitios: orilla norte (sitio A), centro (sitio B) y orilla sur (sitio C) de cada laguna. En cada sitio se filtraron 50 litros utilizando la misma red que para ríos. Las muestras obtenidas se fijaron con formol al 4%. Cada muestra se etiquetó con la información correspondiente (localidad, fecha, colector, hora de colecta y coordenadas geográficas obtenidas con GPS).

Observaciones generales. En los sistemas estudiados se hicieron observaciones de tipo de sustrato, profundidad, temperatura, pH, velocidad de corriente y algunos parámetros físicoquímicos que indican el estado general de conservación de la cuenca en cada sistema.

## ***Trabajo de gabinete***

### ***Identificación***

Peces. El arreglo sistemático se hizo de acuerdo a Nelson (1994). La identificación de los peces se realizó con base en los trabajos de Álvarez (1970), Algalier (1989), Castro-Aguirre (1978), Chernoff (1985), Espinosa *et al.* (1993), Miller (1983), Miller y Nelson (1961), Regan (19061908), Rosen y Grenwood (1976).

Los ejemplares de cada especie colectada se depositaron en la Colección de Peces Mexicanos (COPEMEX) de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, del IPN, de la cual el Dr. Edmundo Díaz Pardo, es el responsable. Asimismo, una parte de las colectas se depositaron también en la Colección de Peces del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, en donde se tienen centralizadas las colectas de México.

Fitoplancton. La identificación del fitoplancton se realizó a nivel de especie utilizando los siguientes trabajos: Couté (1979), Drouet (1968), Germain (1981), Komárek y Fott (1983),

Komárek (1983), Komárek y Anagnostidis (1999), Kramer y Lange-Bertalot (1991 a, 1991 b, 1999) Prescott (1962), Tiffany y Britton (1952) y Uherkovich (1966). El arreglo sistemático se hizo de acuerdo a Bourrelly (1968-1972). Para detectar si hubo patrones de variación espaciotemporal en la composición de las especies, es decir, si las especies se distribuyen (u ordenan) respecto a un gradiente espacial o temporal, se aplicó la técnica estadística multivariada de ordenación Análisis de Componentes Principales (Gauch, 1982) utilizando el programa Multivariate Statistical Package Versión 3.11 (MVSP, 1985-2000). Estas técnicas reducen las dimensiones de un conjunto de datos produciendo un conjunto pequeño de variables llamadas ejes de ordenación o componentes principales que maximizan la varianza explicada por los datos. Con estos métodos se ordenan simultáneamente a los sitios de muestreo como a las especies.

#### *Bases de datos*

Para los tres muestreos se realizó todo el proceso para la incorporación de ambas comunidades a las colecciones y a las bases de datos respectivas utilizando BIOTICA. Así mismo, se realizaron las correcciones pedidas en la evaluación del segundo informe. Anexo a este informe se entregan en dos disquetes, las bases de datos completas de cada comunidad, que incluyen en términos generales los siguientes campos:

Peces. Colección, tonto de individuos, determinación del sexo en las especies vivíparas, profundidad, georreferenciación por latitud/longitud, nombre común, taxón, y tipo de vegetación (para mostrar el listado de localidades).

Fitoplancton. Colección, tonto de especies, profundidad, georreferenciación por latitud/longitud, taxón, hábitat.

## Resultados

### Peces

#### *Elenco sistemático*

Para la extensión territorial del área de estudio, la diversidad ictica es alta; se identificaron un total de 31 especies, en 43 localidades; el número de registros obtenidos fueron 307, de los cuales 64 son de lagunas, 233 de ríos, 7 de arroyos y 2 de cascadas. El elenco sistemático completo, junto con la distribución local se muestran en el Cuadro 2.

Desde el punto de vista topográfico, los volcanes San Martín, Santa Martha, San Martín Pajapan y sus estribaciones forman una cordillera que separa al área de estudio en dos zonas distintas. Una ocupa el norte-noreste, está caracterizada por la presencia de pequeñas cuencas hidrológicas, de corto recorrido, fuerte pendiente e independientes entre sí. La otra vacía sus aguas hacia el sur- suroeste, todas sus corrientes forman parte de la red hidrológica del río Papaloapan. También se debe considerar las cuencas endorreicas representadas por los lagos volcánicos que se presentan en ambas zonas, si bien cuatro de los cinco existentes pertenecen a la zona norte.

El análisis del cuadro 2 señala que la división topográfica es coincidente con una separación biogeográfica, dando lugar a dos conjuntos faunísticos, cada uno *de ellos con* características peculiares, ya que entre ambos sólo comparten el 33% de las 32 especies presentes.

El conjunto del norte comprende 21 especies, de las cuales 13 son exclusivas, pero todas se ubican en diferentes categorías ecológicas de invasores marinos propuestas por CastroAguirre (1978). Por lo que respecta al conjunto faunístico del sur, se compone de 19 taxa nativos, nueve de ellos exclusivos. Todos pertenecen a los componentes dulceacuícola primario y secundario, incluye especies de amplia distribución (*Rhamdia guatemalensis*, *Heterandria bimaculata*, *Poecilia mexicana*, *Xiphophorus helleri*), pero también otras que definen a la división biogeográfica Coatzacoalcos-Papaloapan (Miller, 1966), como *Bramocharax caballeros*, *Xiphophorus milleri*, *Cichlasoma callolepis*, *C.friedrichsthali* y *C. salvini*.

Es importante señalar que el vicario *Dorosoma perenense* sólo fue registrado en los lagos volcánicos, tanto de la zona norte como la del sur; mientras que el único exótico, *Oreochromis mossambicus*, tiene como únicas localidades los lagos del Mogo y Catemaco. Este último cuerpo

lacustre es el sitio que muestra la mayor riqueza específica (13).

#### *Análisis temporal*

La comunidad de *peces no* mostró cambios en su composición a lo largo del año, pues aunque entre las tres épocas de colecta hubo *diferencias climáticas*, ya que enero corresponde a la temporada de vientos fuertes (nortes) y con cierta precipitación pluvial, mayo es la mitad del estiaje, y noviembre el final de la época de lluvias, no hubo cambios notables en la composición de especies.

Los peces de las cuencas independientes fueron colectados a una distancia máxima de 500 m de la desembocadura del río y *en* todos los muestreos los valores de salinidad fueron siempre los correspondientes a agua dulce, lo que muestra la poca influencia de las mareas en la zona. Las únicas diferencias encontradas corresponden a *Mugil curema* que sólo se encontró en enero y a *Pomadasys croco* y *Awaous tajasica* que únicamente se hallaron en mayo.

#### *Análisis espacial por localidades*

El dendrograma obtenido del análisis de agrupación de las localidades por especies (Fig. 1), muestra una primera separación en dos grandes conjuntos, uno que comprende las localidades localizadas en la cuenca del Papaloapan, a las cinco lagunas volcánicas y a tres de las cuencas independientes (Salinas, Gachapa y Arroyo Majahual). Este conjunto se caracteriza por presentar una ictiofauna propia de la división biogeográfica Papaloapan-Coatzacoalcos y los invasores marinos sólo están representados por *Sycidium gymnogaster* en el río Salinas y Arroyo Majahual.

El segundo conjunto comprende las localidades que se encuentran en las cuencas independientes que abren directamente al Golfo de México o a la laguna de Sontecomapan, excepto las tres cuencas mencionadas en el párrafo anterior (Fig. 1). La ictiofauna se caracteriza por el predominio de varios tipos de invasores marinos y por especies dulceacuícolas de amplia distribución como *Heterandria bimaculata*, *Poecilia mexicana* y *Xiphophorus helleri*.

Una segunda separación permite el reconocimiento de 5 subconjuntos, el 1 en color rojo representa a las localidades 1, 3, 2, 11, 31, 16 y 33; grupo 11 en color amarillo (4, 29, 14, 35, 39,

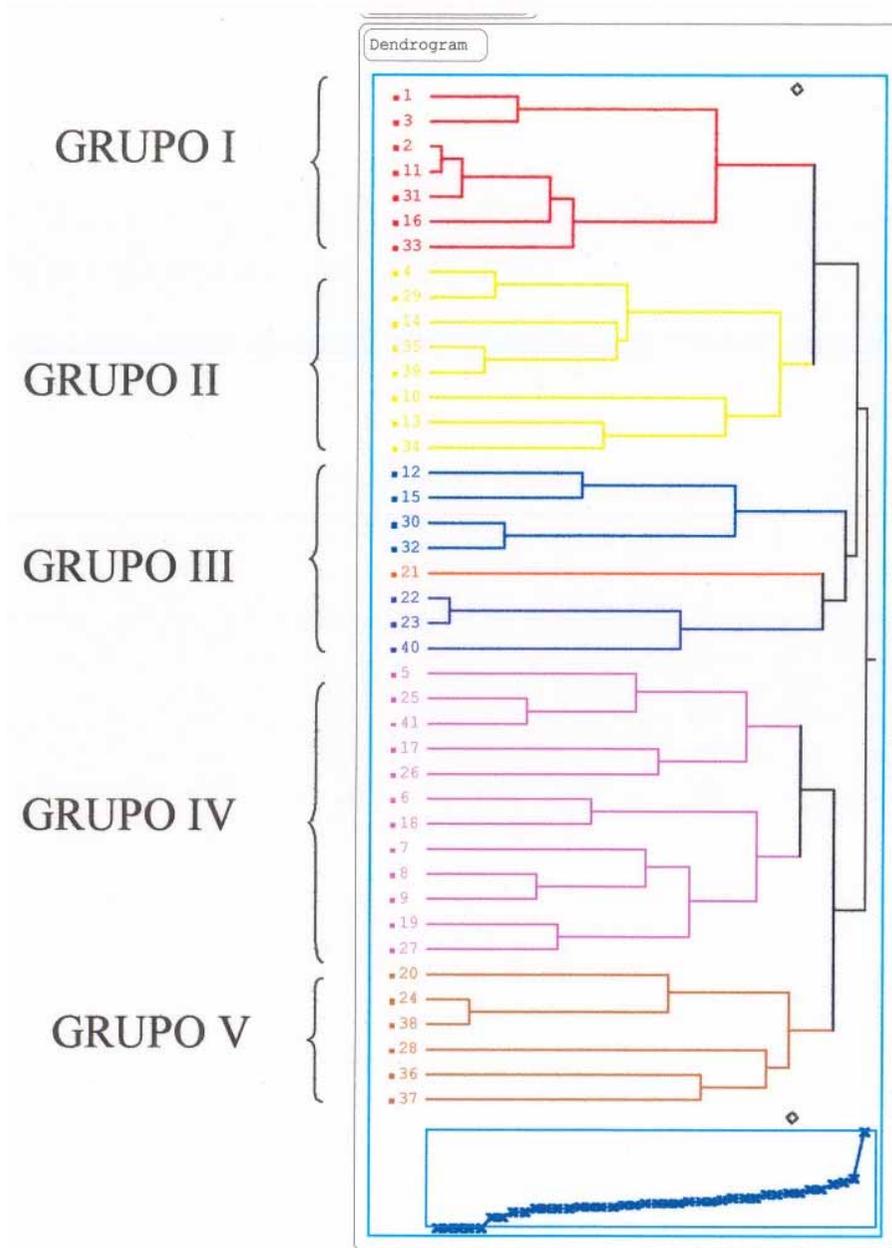


Figura 1. Análisis de similitud de sitios

10, 13 y 34); grupo III en color azul (12, 15, 30, 32, 21, 22, 23, 40), grupo IV en color violeta (5, 25, 41, 17, 26, 6, 18, 7, 8, 9, 19, 27) y grupo V en color café (20, 24, 38, 28, 36, y 37).

El análisis biogeográfico de estos grupos muestra lo siguiente:

**Grupo I.** Caracterizado por algunas corrientes localizadas en los extremos sur de las regiones norte y sur, que poseen riqueza específica baja, pero con presencia de taxa de amplia

distribución (*Heterandria bimaculata*, *Poecilia mexicana* y *Xiphophorus helleri*) y de *Sycidium gymnogaster*.

**Grupo II.** Incluye a cinco de las seis lagunas volcánicas (excepto Catemaco). Tres de ellas L. Verde, El Mogo y Chalchoapan habitadas por *Darosoma petenense*. Las otras localidades son sistemas lóticos, pero comparten con los lagos la presencia de especies dulceacuícolas de amplia

distribución (*H. bimaculata*, *P. mexicana*, *X. helleri*, *Ophisternon aenigmaticum*, y *Cichiasoma fenestratum*).

**Grupo III.** Característico por la riqueza específica alta de sus localidades (6 a 13 taxa), pero sobre todo por la presencia de especies exclusivas como *Poecilia catemaconis*, *Poeciliopsis catemaco*, *Rhamdia laticauda*, y *Cichiasoma salvini*. Comprende al lago de Catemaco y sus

tributarios.

**Grupo IV.** Peculiar porque los sitios que lo integran tienen comunidades de peces donde las especies dominantes son los invasores marinos, y las pocas dulceacuícolas son de amplia distribución. El grupo se conforma con la mayoría de las corrientes independientes que abren directamente al Golfo de México.

**Grupo V.** Representado por los ríos Col y Máquinas (que desfogan directamente al Golfo de México) y los sitios que se distribuyen hacia el sur hasta los alrededores de la laguna de Sontecomapan. Se distingue como un subconjunto por la siguiente combinación de caracteres: presencia única de *Astyanax* sp. y *Priapella olmecae*, pero también por mostrar un balance numérico entre los taxa dulceacuícolas y los invasores marinos.

#### *Análisis espacial por especies*

En la mayor parte de los ecosistemas estudiados se encontraron especies dulceacuícolas y marinas con una distribución variable. Los resultados de un análisis de agrupación que tuvo

como fin ver la integración *de corotipos mostraron la* separación de dos grupos: el conjunto I integrado por *especies* dulceacuícolas y marinas, y el II por taxa de ambos orígenes, pero que tienen una distribución restringida y mediana.

El grupo I se subdivide en tres subconjuntos (Fig. 2):

**Ia.** Especies dulceacuícolas y marinas, localizadas en no más de cuatro localidades. El carácter que permite vislumbrar la formación de grupos más pequeños es el número de sitios que ocupa

cada taxa. Destaca la reunión de *Darosoma petenense*, *Poeciliopsis catemaco* y *Cichlasoma callolepis*, que son peculiares del lago de Catemaco.

**Ib.** Conformado por especies dulceacuícolas de mediana distribución. Ie. Se integra por invasores marinos de distribución media.

En el grupo II se formaron los siguientes subconjuntos:

**IIa.** Incluye a cinco especies dulceacuícolas de amplia distribución.

**IIb.** Representado por las cuatro especies de origen marino de amplia distribución.

#### *Análisis integral de la comunidad de peces*

Aunque los peces de los Tuxtlas han sido objeto de diversos estudios, entre los que destacan los de Meyer y Espinosa (1990), Espinosa *et al.* (1993) y Espinosa (1997), el énfasis mayor se ha puesto en el lago de Catemaco, las lagunas Escondida y Zacatal, así como los ríos Catemaco, La Palma y Máquinas. Por ello, los resultados obtenidos amplían el conocimiento sobre la diversidad ictica de la zona. En proporción a la superficie territorial que ocupa el área de estudio, la riqueza específica puede considerarse alta, pero su importancia aumenta cuando a ella se agregan los endémicos del área: *Bramocharax caballeros*, *Poecilia catemaconis*, *Poeciliopsis catemaco*, y *Priapella olmecae*; a ellos deben sumarse *Atherinella ammopphila*, descrita en la zona pero que no se colectó en este estudio, y lo que hasta ahora parece ser una nueva forma del género *Astyanax*, cuyo análisis no se ha concluido. Es importante señalar que *P. olmecae* aparece como especie amenazada en la Norma Oficial Mexicana de especies en riesgo.

Los resultados obtenidos permiten establecer con toda claridad que la ictiofauna de la Sierra de los Tuxtlas se compone de dos grandes conjuntos, uno que se integra por *especies de* origen marino, pero invasoras de los ambientes dulceacuícolas y que de acuerdo con CastroAguirre (1978) se pueden clasificar como sigue: temporales del componente estuarino (*Mugil curerna*), permanentes del componente estuarino (*Eleotris pisonis*, *Sycidium gymnogaster*),

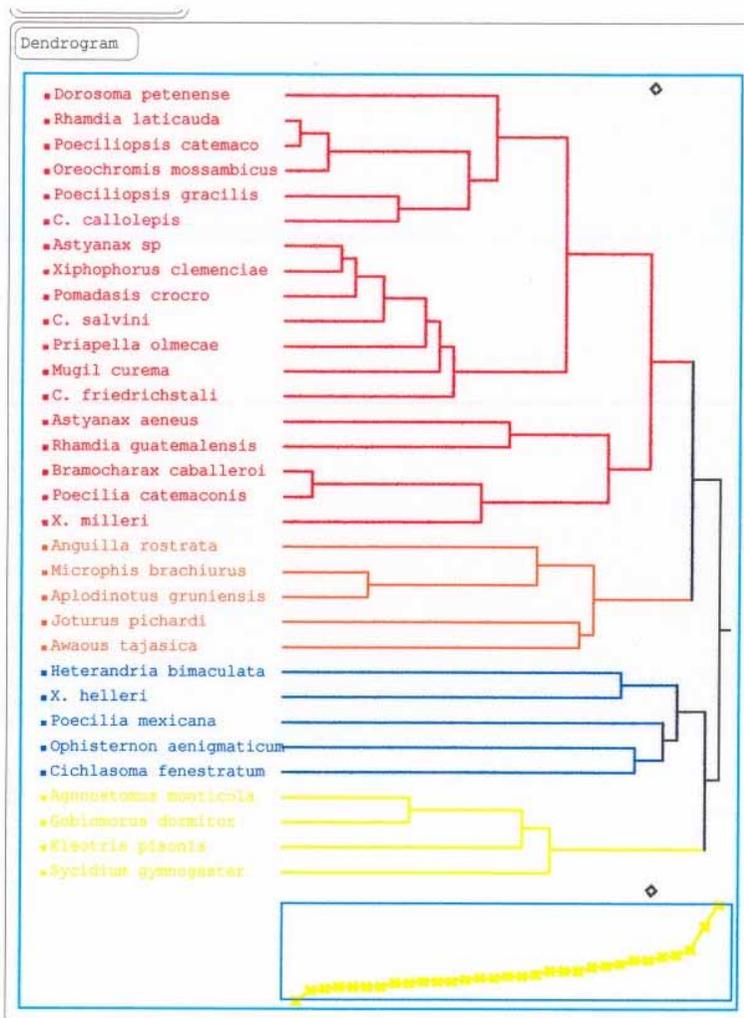
GRUPO Ia

GRUPO Ib

GRUPO Ic

GRUPO IIa

GRUPO IIb



eurihalinas del componente marino (*Microphis brachyurus*, *Pomadasys croco*, *Gobiomorus dormitar*, *Awaous tajasica*), vicarios (*Aplodinotus gruniens*), y catádrovas (*Anguilla rostrata*). El otro grupo se compone del resto de las especies reconocidas, todos son peces dulceacuócolos primarios y secundarios, que son propios de la división biogeográfica Coatzacoalcos-Papaloapan (Miller, 1966).

Resulta indudable el papel que la topografía ha tenido en la historia del área de estudio, pues ha propiciado la división faunística antes mencionada, y ha determinado la aparición de dos zonas, con características hidrológicas distintas, la del norte-noreste conformada por la mayoría de las pequeñas cuencas hidrológicas, de corto recorrido, fuerte pendiente, independientes entre sí y habitadas por los taxa marinos invasores, junto con los dulceacuócolos de amplia distribución. La otra, ocupa la porción sur-suroeste y de la cual todas sus corrientes son tributarios del Río Papaloapan y cuyos ensambles de peces se integran por especies primarias y secundarias.

## Fitoplancton

### Características generales de la comunidad

Se identificó un total de 167 especies tanto en ríos como lagunas. La mayor riqueza correspondió a la clase Bacillariophyceae (80 especies), seguida por la clase Chlorophyceae (49 especies) y la clase Cyanophyceae (38 especies). Los grupos más importantes en los ríos fueron las diatomeas, mientras que en las lagunas los tres grupos estuvieron bien representados (Fig. 3).

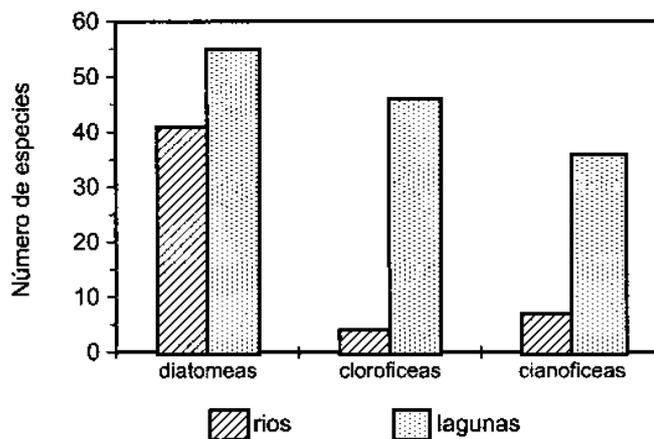


Figura 3. Número de especies por clase encontradas en los ríos y lagunas de la zona de estudio durante los muestreos de nortes, secas y lluvias del 2000.

### Diversidad y distribución

#### Ríos

El número de especies por clase varió entre los ríos (Fig. 4). Los sistemas con mayor número de especies fueron los ríos Liza (25), Manantiales (19), Oro (19), Organos (19) Chuniapan y El Rejón (17). Por el contrario en los ríos Xoteapan, San Joaquín y la Cascada de Maticapan la riqueza fue menor. La proporción de especies varió también en los diferentes ríos. En algunos sistemas como los ríos Xoteapan, San Joaquín, Tecolapan y Liza sólo se registraron diatomeas; en los ríos Chuniapan, Manantiales, Organos y El Rejón, aunque predominaron las diatomeas también se encontraron algunas especies de cianofíceas; y finalmente los ríos más diversos fueron la cascada de Maticapan, el río de la cascada del Saltillo Caracol y el Oro. Las especies de diatomeas que se encontraron en la mayoría de los ríos fueron *mphipleura*

*ellucida*, *Amphora ovalis*, *Cocconeis placentula*, *Cymatopleura solea*, *Cymbella ventricosa*, *Nitzschia romana*, *Nitzschia linearis*, *Pinnularia gibba* y *Synedra ulna*. Entre las cianofíceas predominaron *Chroococcus turgidus* y *Oscillatoria chlorina*. De las clorofíceas sólo se registraron *Closterium diana*, *Closterium acerosum* y *Monoraphidium arcuatum*.

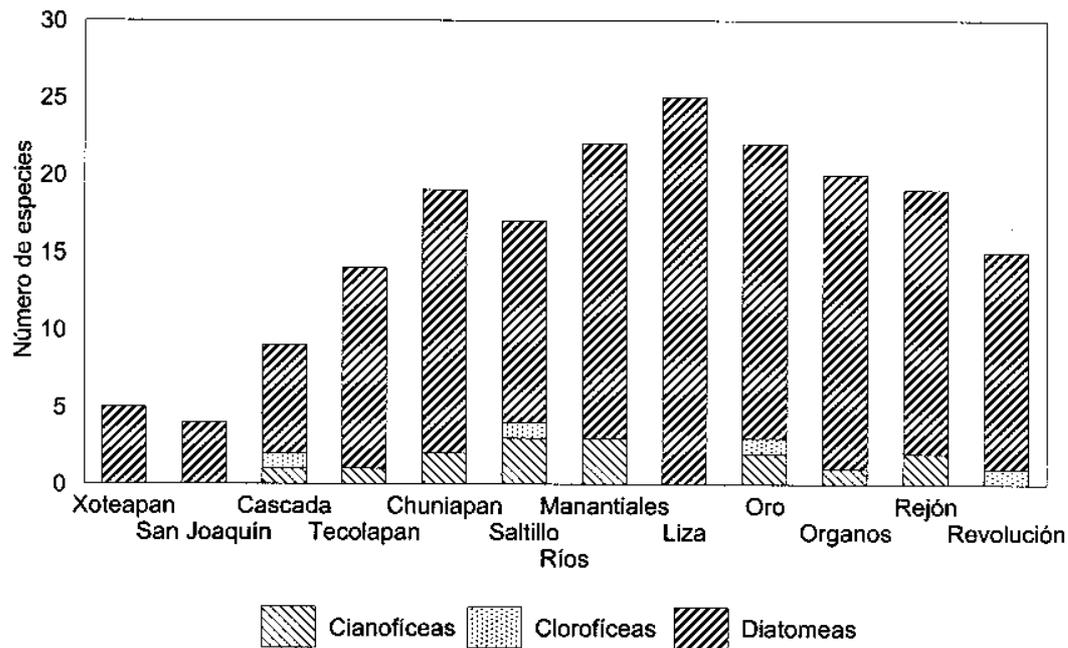


Figura 4. Número de especies por clase de cada río.

Para identificar a las especies más importantes por su distribución y detectar patrones temporales o espaciales, a la matriz de presencia ausencia de todos los ríos se le aplicó un Análisis de Componentes Principales. El primer eje explicó el 27.21% de la varianza total y el segundo eje el 12.27%. Se identificaron tres grupos, de los cuales los ríos de los grupos 1 y 2 drenan hacia el río San Juan que a su vez desemboca en el Papaloapan, mientras que los del grupo 3 desembocan hacia el Golfo de México (Fig. 5).

*Grupo 1.* En este grupo se encuentran los ríos de la zona cercana a la ciudad de San Andrés Tuxtla como el San Joaquín, Xoteapan y la cascada de Matacapán. Estos ríos se caracterizaron por tener muy pocas especies, entre las que predominaron *Pinnularia gibba*, *Synedra ulna* y *Amphora ovalis*. En particular estos ríos se encuentran muy perturbados por la cercanía de asentamientos humanos como San Andrés.

*Grupo 2.* Los ríos Chuniapan y Saltillo Caracolar formaron otro grupo caracterizado en particular por la presencia de cianofíceas como *Merismopedia glauca* y *Oscillatoria chlorina*. En ambos ríos se encontraron diatomeas como *Surirella elegans* y *Navicula radiosa*. Otras especies como *Surirella ovalis*, *Nitzschia obtusa*, y *Nitzschia vermicularis* se registraron solamente en el río Chuniapan.

*Grupo 3.* En este grupo se encuentran todos los ríos que drenan hacia el Golfo como el Manantiales, Revolución, El Rejón, Organos, Oro, Manantiales y Liza. Este grupo estuvo caracterizado por *Synedra gouldi*, *Terpsinoe musita*, *Cymbella ventricosa*, *Eunotia sp.*, y *Schizostauron crucicola*, entre otras.

### Lagunas

El número de especies varió entre las lagunas (Fig. 6). Laguna Verde fue el sistema con mayor número de especies (58), seguida por Majahual, Manantiales, Mogo, Chalchoapan y Pizatal. En general, en estos sistemas las clorofíceas y las cianofíceas fueron los grupos predominantes, aunque la proporción de especies por clase varió entre los diferentes sistemas. En laguna Verde, Majahual y el Mago, predominaron las clorofíceas y cianofíceas; en cambio en Manantiales dominaron las clorofíceas y el grupo menos representado fue el de las cianofíceas, y por último, Chalchoapan y Pizatal tuvieron una proporción de especies similar, es decir, un mayor número de especies de diatomeas y cianofíceas y pocas clorofíceas.

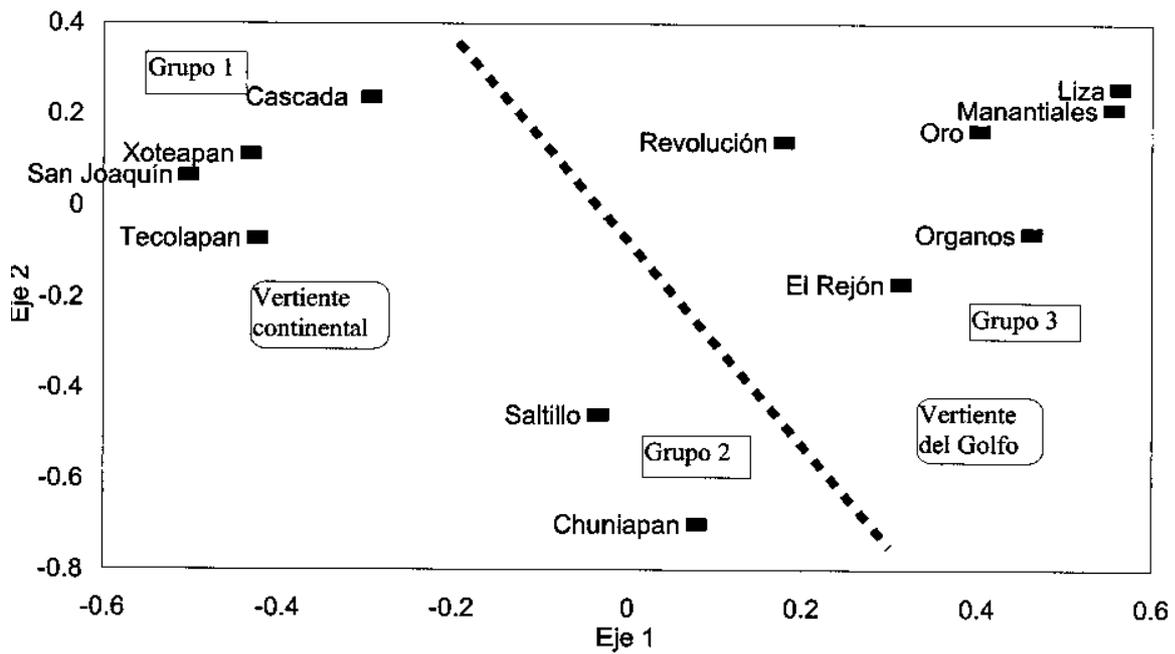
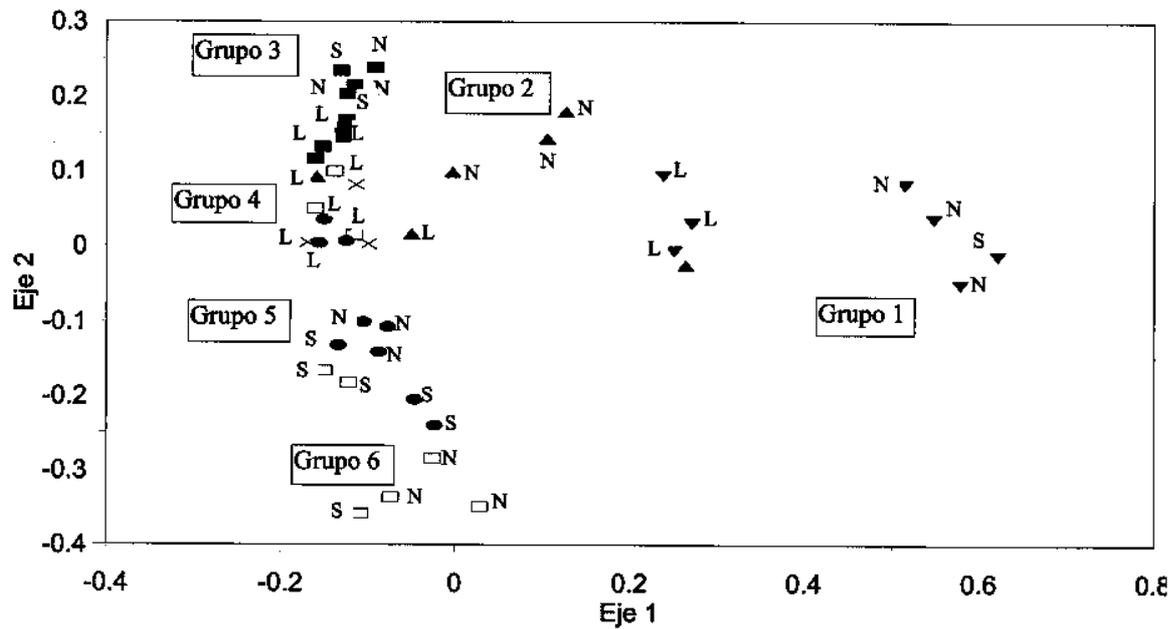


Figura 5. Ordenación de los ríos considerando como atributo la composición de especies  
 Figura 7. Ordenación de las lagunas considerando como atributo la composición de especies



fitoplanctónicas en la región de los Tuxtlas. - L. Verde, - L. El Mogo, - L. Chalchoapan,  
 • L. Manantiales, X- L. Pizatal, o- L. Majahual. N- nortes, S- secas, L- lluvias.

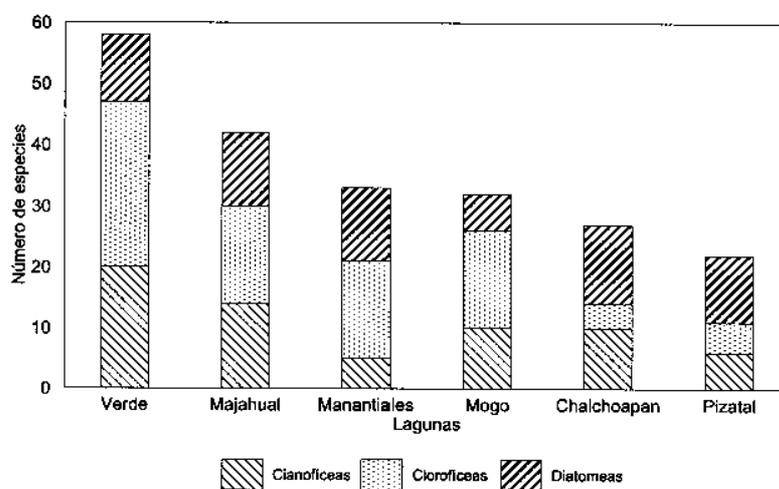


Figura 6. Número de especies por clase en cada laguna.

Algunas de las especies que se encontraron con mayor frecuencia de las clorofíceas fueron *Ankistrodesmus fusiformis*, *Crucigeniella mucronata*, *Dictyosphaerium erhenbergianum*, *Kirchneriella obesa*, *Monoraphidium arcuatum*, *Scenedesmus acuminatus*, y *Scenedesmus quadricauda*; y de las cianofíceas *Snowella atomus*, *Anabaena*, y *Aphanotece minutissima*.

En el caso de las lagunas se aplicó el Análisis de Componentes Principales para detectar tendencias temporales y espaciales por su composición de especies (Fig. 7). El eje 1 explicó el 20.14% y el eje 2 el 10.76% de la varianza total. Se encontraron diferentes gradientes: el *eje 1* se puede asociar a un patrón espacial por las diferencias en la composición de especies al separarse en la parte derecha de la gráfica las lagunas Verde y Mogo, y en la extrema izquierda las otras cuatro lagunas (Chalchoapan, Pizatal, Manantiales y Majahual).

*Grupo 1*. L. Verde. Predominaron clorofíceas como *Scenedesmus acuminatus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus granulatus*, *Coelastrum astroideum*, *Crucigenia crucicula*, *Kirchneriella obesa* y cianofíceas como *Chroococcus sp.*, *Aphanocapsa delicatissima*, *Aphanocapsa nubilum*. Algunas son claramente indicadoras de eutroficación como *Scenedesmus*, *Coelastrum*, y *Kirchneriella*. Por otra parte, sobre este eje se detectó también un

patrón temporal en ambas lagunas, dadas las diferencias en la composición de especies entre las épocas de nortes y secas de la época de lluvias.

Los siguientes grupos se formaron en relación al eje 2, debido a la presencia de otras especies como las diatomeas *Achnanthes*, *Nitzschia*, *Fragilaria*, *Synedra*, entre otras. *Grupo 2*. El Mago, durante nortes, secas y lluvias.

*Grupo 3*. Chalchoapan, durante todo el tiempo de muestreo (nortes, secas y lluvias). *Grupo*

*4*. Manantiales, Majahual y Pizatal, en la época de lluvias.

*Grupo 5*. Manantiales, durante la época de nortes y secas.

*Grupo 6*. Majahual, en la época de nortes y secas.

#### *Condiciones ambientales*

Ríos. Al aplicar el ACP a algunos parámetros fisicoquímicos indicadores del estado de conservación de los ríos, se encontraron dos grupos (Fig. 8). Los resultados de la ordenación fueron los siguientes: los ejes 1 y 2 explicaron el 57% de la varianza total de los datos. El *eje 1* explicó el 41% y se asoció a un gradiente de mineralización y de nutrientes en donde la conductividad fue el factor con carga positiva más alta, seguido por los nitratos y fosfatos. El *eje 2* explicó el 16 % de la varianza total y se asoció básicamente a un gradiente de temperatura y de nitratos. Los grupos de ríos formados se separaron geográficamente. Por un lado se agruparon los ríos que dan al Golfo con los valores de conductividad y nutrientes más bajos, y que formaron pequeños grupos de ríos cercanos entre sí como el R. Organos, el R. Revolución, y el R. Rejón; el R. Liza, y el R. Oro también están muy cercanos. Resalta un pequeño grupo en el que se encuentran entre otros el R. Col, el R. Máquinas, y el R. La Palma, que se caracterizan por presentar bajas conductividades y temperaturas. En *el otro* extremo del diagrama de ordenación sobre el eje 1, se encuentran los ríos que descargan hacia el R. Papaloapan como el R. Xoteapan, R. San Joaquín, y R. Saltillo Caracolar, entre otros, y que se caracterizan por presentar altas conductividades y concentraciones de nutrientes. Esta parte del volcán es la más alterada pues se *encuentran* grandes poblaciones como San Andrés Tuxtla, y Santiago Tuxtla, lo que puede explicar las altas concentraciones de nutrientes. En relación al *eje 2*, se estableció un gradiente de temperatura y nitratos, resaltando el R. Chuniapan, el R. Matacapán que tienen los

valores más altos, mientras que el R. Manantiales, el R. Tecoloapan, R. Col y R. San Joaquín, tienen valores bajos.

Lagunas. En el caso de las lagunas el análisis de ordenación se realizó considerando todas las variables fisicoquímicas (temperatura, nutrientes, conductividad, pH, cationes, etc.) de las tres épocas (nortes, secas y lluvias). Los dos primeros ejes explicaron el 59% de la varianza total. El primer componente explicó el 33% y se asoció a un gradiente temporal relacionado con magnesio, fósforo total, fósforo reactivo, calcio, conductividad y pH. En el diagrama de ordenación (Fig. 9) se puede observar como en la época de nortes (enero) todas las lagunas se agruparon al presentar los valores más bajos de estos parámetros. En el otro extremo se encuentran las lagunas (El Mogo y L. Verde) con valores altos en particular de fósforo. El segundo componente explicó el 26% de la varianza total y se asoció claramente a un gradiente de transparencia (Fig. 9). En la parte inferior del eje 2, se encuentran las lagunas Majahual, Chalchoapan y Manantiales en diferentes época cuando tuvieron los mayores valores de transparencia (.:~ 1.5 m), mientras que en la parte superior de la gráfica se encuentran las lagunas Verde y Mogo con los valores más bajos de transparencia (~z 0.25 m).

### *Discusión*

La mayoría de los ríos estuvo dominado por diatomeas, coincidiendo con lo reportado para otros sistemas lóticos, en los que este grupo fue dominante (O'Farrell e Izaguirre, 1994; O'Farrell et al., 1996; Stevenson, 1996; Reynolds y Descy, 1996). Estos estudios han mostrado que en el agua libre de los ríos se pueden encontrar representantes de diferentes grupos como algas del bentos, del periliton y perifiton, así como propiamente limnéticas. En este estudio, algunos de los géneros y especies que se encontraron, fueron planctónicos como las diatomeas,

*Cyclotella*, *Fragilaria*, *Melosira*, y *Stephanodiscus*; mientras que otros son claramente bentónicos como *Nitzschia*, *Synedra*, *Navicula* y *Surirella*. De las algas verdes planctónicas, los géneros planctónicos más frecuentemente encontrados como *Scenedesmus* y *Ankistrodesmus*; y las cianofíceas *Choococcus* y *Pseudoanabaena catenata* son consideradas planctónicas.

En relación a las especies indicadoras, la presencia de algunos géneros como

*Oscillatoria*, *Scenedesmus*, *Nitzschia*, y *Navicula*, ha sido asociada a diferentes tipos de contaminación (Palmer, 1969). A nivel de especie *Nitzschia palea*, *Scenedesmus quadricauda* y

*Oscillatoria tenuis* se han asociado a condiciones de eutroficación, y contaminación orgánica. En los sitios de estudio, la composición de especies de algunos ríos correspondió claramente a la de sistemas acuáticos muy productivos con grandes descargas de nutrimentos, donde predominaron diatomeas como *Cyclotella*, *Stephanodiscus*, *Nitzschia*, y algas verdes como *Scenedesmus*, principalmente. En particular *Cyclotella meneghiniana*, indica contaminación y eutroficación (Giorgio *et al.*, 1991).

Las cianofitas se han relacionado con condiciones de eutroficación y contaminación orgánica, y en particular con el incremento de fósforo (Nalewajko y Lean, 1980). La presencia y abundancia de este grupo puede provocar problemas cuando hay una biomasa excesiva de ciertas especies que pueden bloquear la cadena alimentaria, debido a que son poco consumidas por el zooplancton y los peces (véase Levich, 1996). Aún cuando sean comidas por peces planctófagos, son poco digeridas y pobremente asimiladas. La producción de toxinas puede ser otro problema. Hay mucha literatura en donde se informa de la toxicidad de algunas especies (Carmichael y Gorham, 1977; Henning y Khol, 1981; Stein y Borden, 1984; Utkilen y Gjolme, 1992; Laurén-Matta *et al.*, 1995). Las cianofceas que se sabe producen toxinas, incluyen especies de *Anabaena*, *Microcystis*, *Nostoc*, y *Oscillatoria* (Kotak *et al.*, 1995). De éstas, *Oscillatoria*, *Microcystis*, y *Anabaena*, estuvieron en algunos de los ríos muestreados en lluvias. Muchos de los estudios han señalado que la toxicidad de los florecimientos puede ser muy variable, es decir, que bajo condiciones naturales no todos lo florecimientos de las cianofceas tienen la misma toxicidad y que aún florecimientos individuales pueden variar en su toxicidad con el tiempo (Westhuizen y Eloff, 1985); también la toxicidad depende mucho de las condiciones precedentes al florecimiento (Carmichael y Gorham, 1977).

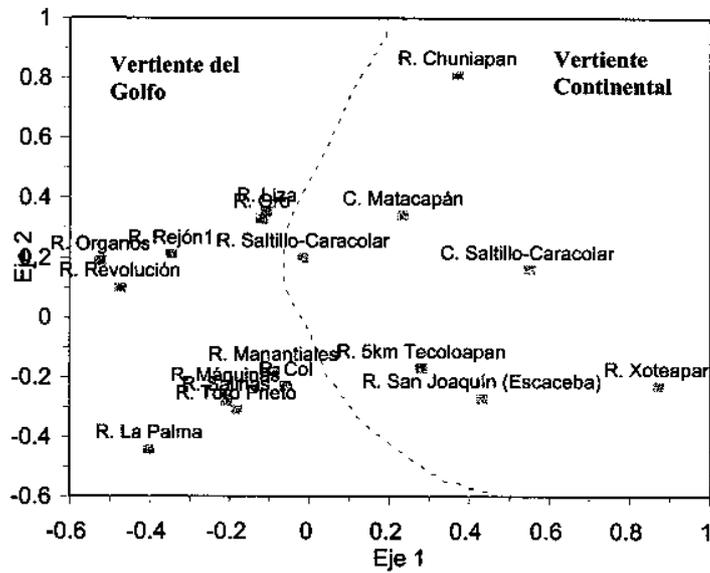


Figura 8. Ordenación de los ríos considerando como atributo algunas características fisicoquímicas, en la región de los Tuxtlas.

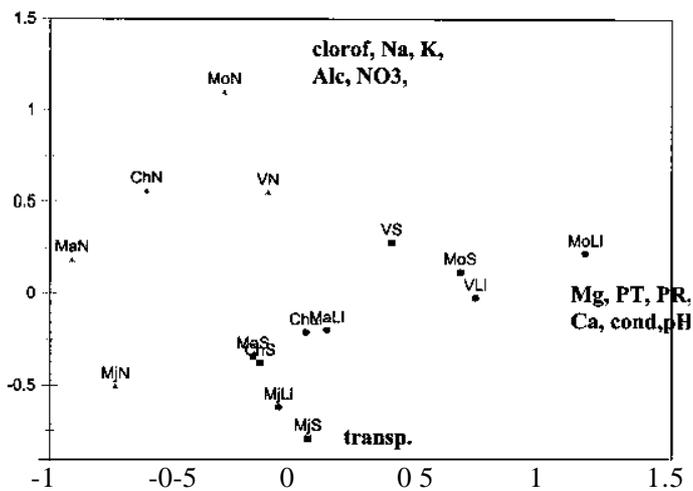


Figura 9. Ordenación de los ríos considerando como atributo algunas características fisicoquímicas, en la región de los Tuxtlas. Mo- El Mogo, V- L. Verde, Ch- L. Chalchoapan, Ma- L. Manantiales, Mj- L. Majahual. N- nortes, S- secas, LI- lluvias.

## Bibliografía citada

- Allgayer, R. 1989. Révision et redescription du genre *Theraps* Gunther, 1862. Description de deux espèces nouvelles du Mexique (Pistes, Perciformes, Cichlidae). *Rev. fr. Cich.*, 90 bis (7): 4-30.
- Alvarez, J. 1970. Peces Mexicanos (claves). Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras, SIC-México Ser. Inv. Pesquera No. 1: 165 pp.
- Artigas, A. J. M. 1993. Rare jewels of the Tehuantepec Isthmus, Part 2. *Buntbarsche Bulletin*, (155): 1-7.
- Bourrelly, P. 1966. *Les algues d'eau douce. Initiation a la systématique. I. Les algues vertes*. N. Boubée, París, 560 pp.
- Bourrelly, P. 1968. *Les algues d'eau douce. Initiation a la systématique. II. Les algues jeunes et brunes: Chrysophycées, Phaeophycées, Xanthophycées et Diatomes*. N. Boubée, París. 438 pp.
- Bourrelly, P. 1970. *Les algues d'eau douce. Initiation a la systématique. III. Les algues bleues et rouges: les Eugleniens, Peridiniens et Cryptomonadines*. N. Boubée, París. 569 pp.
- Carmichael, W.W. y P.R. Gorham. 1977. Factors influencing the toxicity and animal susceptibility of *Anabaena flos-aquae* (Cyanophyta) blooms. *J. Phycol.* 13: 97-101.
- Chernoff, B. 1985. Designation of a Neotype for *Chirostoma beryllinum* Cope. *Copeia*, 1986 (1): 170-183.
- Contreras-Balderas, S. y Rivera-Teillery, R. 1973. *Bramocharax (Catemaco) caballeros* Subge. et sp. nov. del lago de Catemaco, Veracruz, México (Pisces:Characidae). *Publ. Biol. Inst. Invest. Ci. UANL*. 2: 7-29.
- Conté, A. 1979. Cyanophycées planctoniques du bassin de la Seine. *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, 4<sup>o</sup> Sér., 1, No. 4: 267-283.
- Dirzo, R. y A. Miranda. 1992. El límite boreal de la selva tropical húmeda en el continente americano: contracción de la vegetación y solución de una controversia. *Interciencia*, 16: 240-247.
- Drouet, F. 1968. *Revision of the Classification of the Oscillatoriaceae*. *Academy Nat. Sciences Philadelphia*, 330 pp.
- Espinosa, H. 1997. Introducción a los peces de Los Tuxtías. En: E. González, R. Dirzo, y R. C. Vogt (eds.). *Historia Natural de Los Tuxtías*, UNAM, México.
- Espinosa, H., M.D. Gaspar y P.M. Fuentes. 1993. Listados faunísticos de México. III. Los peces dulceacuícolas mexicanos. Instituto de Biología, UNAM. 99 pp.
- Espinosa, H. 1997. Introducción a los peces de los Tuxtías. En: E. González R., R. Dirzo y R.C. Vogts (eds). *Historia Natural de los Tuxtías*. UNAM, México.
- Espinosa, H., M.T. Gaspar y P. Fuentes. 1993. Listados faunísticos de México. III. Los peces dulceacuícolas mexicanos. Instituto de Biología, UNAM, México, 99 pp.
- Gauch, G.G. 1982. *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge University Press, 289 pp.
- Germain, H. 1981. *Flore des diatomées, eaux douces et saumâtres*. Ed. Boubée. París. Giorgio, P.A., A.L. Vinocur, R.J Lombardo y H.G. Tell. 1991. Progressive changes in the structure and dynamics of the phytoplankton community along a pollution gradient in a lowland river - a multivariate approach. *Hydrobiologia* 224: 129-154.
- Henning, M. y J.G. Kohl. 1981. Toxic blue-green algae water blooms found in some lakes in the German Democratic Republic. *In.Revue ges Hydrobiol.* 66: 553-561.

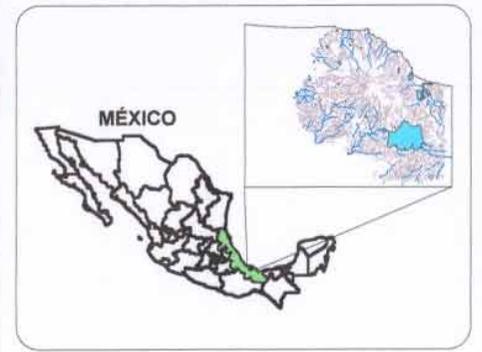
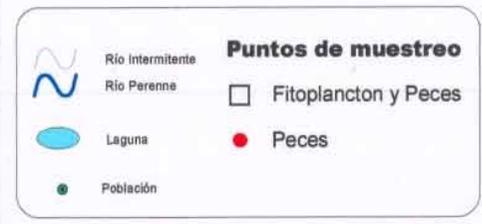
- Komárek, J. 1983. Contribution to the Chlorococcal algae of Cuba. *Nova Hedwigia* 37: 13-65. Komárek, J. y B. Fott. 1983. Chlorophyceae, Chlorococcales. En Huber-Pestalozzi, G. (ed.). *Das Phytoplankton des Sdwasswes*. Die Binnengewässer, 16(5). Ed. Schweizerbart'sché Verlagbuchhandlung, Stuttgart: 1044 pp.
- Komárek, J. y K. Anagnostidis. 1999. Cyanoprocaryota. 1. Chroococcales. *Subwasserflora von Mitteleuropa*, 19/1. Ed. Gustav Fischer, Jena.
- Kotak, B.G., A.K.Y. Lam y E.E. Prepas. 1995. Variability of the hepatotoxin Microcystin-LR in hypereutrophic drinking water lakes. *J. Phycol.* 31: 248-263.
- Krammer, K. y H. Lange-Bertalot. 1999. Bacillariophyceae. 2(1): Naviculaceae. En Ettl, *et al.* (eds.), *SfJ swasswe flora von Mitteleuropa*. G. Fischer Verlag, Jena, 876 pp.
- Krammer, K. y H. Lange-Bertalot. 1991. Bacillariophyceae. 2(3): Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. En Ettl, *et al.* (eds.), *S&swasswe flora van Mitteleuropa*. G. Fischer Verlag, Stuttgart, 576 pp.
- Krammer, K. y H. Lange-Bertalot. 1991. Bacillariophyceae. 2(4): Naviculaceae. En Ettl, *et al.* (eds.), *Siswswasswe flora van Mitteleuropa*. G. Fischer Verlag, Stuttgart: 437 pp.
- Laurén-Matta, C. J. Hietala, M. Reinikainen y M. Wall. 1995. Do *Microcystis aeruginosa* toxin accumulate in the food web: a laboratory study. *Hydrobiologia* 304: 23-27.
- Levich, A.P. 1996. The role of nitrogen-phosphorus ratio in selecting for dominance of phytoplankton by cyanobacteria or green algae and its application to reservoir management. *Journal of Aquatic Ecosystems Health* 5: 55-61.
- Meyer, M.K. y H. Espinosa. 1990. *Priapella olmecae* sp nov., a new species from Veracruz (México) (Teleostei: Poeciliidae). *Zool. Abh. Mus. Tierka. Dresden*, 45: 121-126.
- Miller, R.R. 1966. Geographical distribution of Central American fresh water fishes. *Copeia* (4): 773-802.
- Miller, **R.R.** y J. Van Conner. 1997. Peces de Catemaco. En: E. González, R. Dirzo, y R. C. Vogt (eds.). *Historia Natural de Los Tuxtlas*, UNAM, México.
- Miller, R.R. 1983. Checklist and key to the Mollies of Mexico Pisces: Poeciliidae: *Poecilia*, Subgenus *Mollienesia*. *Copeia*, (3): 817-822.
- Miller, **R.R.** y **B.C.** Nelson. 1961. Variation, life colors and ecology of *Cichlasoma callolepis*, a cichlid fish from Southern Mexico, with a discussion of the *Thorichthys*. *Occ. Pap. Mus. Zool. Univ. Mich.*, 622: 1-9.
- Nalewajko, C. y D.R.S. Lean. 1980. Phosphorus. En: I. Morris (ed.). *The physiological ecology of phytoplankton*. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 235-258.
- Nelson, S.J. 1994. *Fishes of the world*. Wiley & Sons, New York.
- O'Farrell, I. y I. Izaguirre. 1994. Phytoplankton ecology and limnology of the River Uruguay Lower Basin (Argentina). *Arch. Hydrobiol. ISuppl.* 99, 1/2: 155-179.
- O'Farrell, I., I. Izaguirre y A. Vinocur. 1996. Phytoplankton ecology of the Lower Paraná River (Argentina). *Arch. Hydrobiol./Suppl.* 115, 1: 75-89.
- Ortega, M. 1984. *Catálogo de algas continentales recientes de México*. UNAM.
- Palmer, C.M. 1969. A composite rating of algae tolerating organic pollution. *J. Phycol.* 5: 78-82. Pérez-Rojas, A. 1984. Investigaciones geológicas preliminares en el Lago de Catemaco, Veracruz, México. Tesis. Facultad de Ingeniería, UNAM, México. D.F.
- Pérez-Rojas, A. y R.B. Torres-Orozco. 1992. Geomorfología y batimetría del lago de Catemaco, Veracruz, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nac. Autón. Mexico*, 19: 17-22.

- Pérez-Rojas, A., **R.B.** Torres-Orozco y A.Z. Márquez-García. 1993. Los sedimentos recientes del lago de Catemaco, Veracruz. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nac. Autón. México*. 20:67-76.
- Prescott, G. W. 1962. *Algae of Western Lakes Area*. Ed. Brown Company Publishers, USA.
- Ptacek, M. y F. Breden. 1998. Phylogenetic relationships among the mollies (Poeciliidae: *Poecilia: Mollienesia group*) based on mitochondrial DNA sequences. *Journal Fish Biology*, 53: 64-81.
- Reynolds, C.S. y J.P. Descy. 1996. The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 113: 161-187.
- Rosen, D.E. y P.H. Greenwood. 1976. A fourth neotropical species of Synbranchid eel and the phylogeny and systematics of Synbranchiform fishes. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 157(1): 1-60.
- Stein, J.R. y C.A. Borden. 1984. Causative and beneficial algae in human disease conditions: a review. *Phycologia* 23:485-501.
- Stevenson, R.J. 1996. An introduction to algal ecology in freshwater nebthic habitats. En: R.J. Stevenson, M.L. Bothwell, y R.L. Lowe (eds.). *Algal ecology. Freshwater benthic ecosystems*. Academie Press, San Diego.
- Tiffany, L.H. y M.E. Britton. 1952. *The algae of Illinois*. Ed. University of Chicago Press, USA.
- Torres-Orozco, R.B. y A. Pérez-Rojas. 1995. El Lago de Catemaco. En: G. De la Lanza y J.L. García-Calderón (comps.). *Lagos y Presas de México*. Centro de Ecología Desarrollo, México, D.F., pp. 155-175.
- Torres-Orozco, R.B. y A. Pérez-Rojas. 1995. El Lago de Catemaco. En: G. De la Lanza y J.L. García-Calderón (comps.). *Lagos y Presas de México*. Centro de Ecología Desarrollo, México, D.F., pp. 155-175.
- Torres-Orozco, R.B., C. Jiménez Sierra y J.L. Buen Abad. 1994. Caracterización limnológica de dos cuerpos de agua tropicales de Veracruz, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nac. Autón. Mexico*, 21: 107-117.
- Torres-Orozco, R.B., C. Jiménez Sierra y A. Pérez-Rojas. 1996. Some limnological features of three lakes from Mexican neotropics. *Hydrobiologia*, 341: 91-99.
- Torres-Orozco, R.B., C. Jiménez Sierra, J.L. Buen Abad y A. Pérez-Rojas. 1997. Limnología. En: E. González Soriano, R. Dirzo y R.C.Vogt (eds.). *Historia Natural de los Tuxtlas*. UNAM, México, pp. 33-41.
- Uherkovich, G. 1966. *Die Scenedesmus-arte Ungarus*. Akademiai Kiadó, Budapest.
- Utkilen, H. y N. Gjolme. 1992. Toxin production by *Microcystis aeruginosa* as a function of light in continuous cultures and its ecological significance. *Applied and Environmental Microbiology* 58: 1321- 1325.
- Vázquez, G., C. Montes y M.A. Bravo. 1994. Sistemas acuáticos de la Sierra de Los Tuxtlas, Veracruz. En: Bases Ecológicas para el Ordenamiento de la Sierra de Los Tuxtlas, Veracruz. Instituto de Ecología, A.C.
- Westhuizen, van der A.J. y J.N. Eloff. 1985. Effect of temperature and light on the toxicity and growth of the blue-green alga *Microcystis aeruginosa* (UV-006). *Planta* 163: 55-59.



**" Diversidad y distribución de las comunidades de fitoplancton y peces de ríos y lagunas del volcán San Martín "**

Proyecto de CONABIO S022



Proyección UTM zona 15  
 Escala gráfica 1:275,000

Responsables : **Dra. Gabriela Vázquez**  
**Dr. Edmundo Díaz Pardo**  
 Elaborado por : **Rosario Landgrave**



Cuadro 1. Localidades muestreadas en la época de secas en los alrededores del volcán San Martín, en los Tuxtlas. El *número* de localidad *corresponde al número que aparece en el mapa de sitios de muestreo*. Para cada punto se indica el grupo colectado.

No. Grupo	Localidad
	Peces Río en las afueras de Montepío
2	Fitoplancton Río Col, en el poblado Dos de Abril
3	Fitoplancton Río Revolución, a 300 m de la desembocadura
4	Fitoplancton Río El Rejón, en el poblado de Playa Hermosa
5	Fitoplancton Río Los Organos, en el poblado Adolfo Ruiz Cortines
6	Fitoplancton Río Oro en el poblado Costa de Oro
7	Fitoplancton y peces Río Liza, en el poblado Arroyo de Liza
8	Peces Río Toro Prieto, 1 km al SE del poblado del mismo nombre
9	Fitoplancton Río Manantiales. 1 km al NE del poblado del mismo nombre
10a	Fitoplancton Laguna Los Manantiales, 1 km al S del poblado del mismo nombre, orilla norte
10b	Fitoplancton L. Los Manantiales, centro de la laguna
10c	Fitoplancton L. Los Manantiales, orilla sur
11	Peces Río Salinas, 1 km al N de Nueva Victoria
12	Peces Río Gachapa, en las afueras de Nueva Victoria
13a	Fitoplancton Laguna Majahual, 6 km al O de Nueva Victoria, orilla norte
13b	Fitoplancton L. Majahual, centro de la laguna
13c	Fitoplancton L. Majahual, orilla sur
14	Peces Río La Mojarra, en el poblado del mismo nombre
15a	Fitoplancton Laguna Verde, orilla norte
15b	Fitoplancton Laguna Verde, centro de la laguna
15c	Fitoplancton Laguna Verde, orilla sur
16a	Fitoplancton Laguna El Mogo, 2 km al SO de Tecoloapán, orilla norte
16b	Fitoplancton L. El Mogo, centro de la laguna
16c	Fitoplancton L. El Mogo, orilla sur
17	Fitoplancton y peces Río, 5 km al OSO de Tecoloapán
18	Peces Río, 7 km al OSO de Tecoloapán
19	peces Río en el poblado El Saltillo Caracolar, 11 km al SSE de Tecoloapán

20	Peces	Cascada El Saltillo, 10 km al SSO de Tecoloapán
21	Peces	Tributario del Río Xoteapan, en Xoteapan
22	Fitoplancton y	Río Xoteapan, en Los Pinos, 1.5 km al NE de Xoteapan
23	Fitoplancton	Río Chuniapan, 3 km al 5 del Salto de Eyipantla
24	Peces	Río Sihupapan, 1 km al N de Sihupán
25	Fitoplancton	Río San Joaquín, En Matacapán
26	Fitoplancton	Cascada, 1 km al NE de Matacapán
27a	Fitoplancton	Laguna de Chalchoapan, 2.5 km al O de Catemaco, orilla norte
27b	Fitoplancton	L. Chalchoapan, centro de la laguna
27c	Fitoplancton	L. Chalchoapan, orilla sur
28	Peces	Arroyo Majahual, 1 km al este de la laguna Majahual
29	Fitoplancton y	Río Manantiales, a 1 km de la desembocadura
30	Peces	Río Salinas
31	Peces	Río Gachapa
32	Peces	Río Toro Prieto, a 1 km de la desembocadura
33	Peces	Río El Rejón, cuenca media
34	Peces	Río Máquinas, en Palacios
35	Peces	Río La Palma, en el poblado La Palma
36	Peces	Tributario del río La Palma en el rancho La Palma
37	Peces	Laguna Catemaco
38	Peces	Río San Joaquín, en el poblado de San Joaquín
39	Peces	Río Ahuacapán, en el poblado Ahuacapán
40	Peces	Arroyo temporal, medio kilómetro al S de la laguna de Sontecomapan
41	Peces	Río Coxcoapán, en el poblado Coxcoapán
42	Peces	Río Agua Caliente
43	Peces	El Puente, en el Saraguato (Río Máquinas)
44	Peces	El Salto del Río Frío, tributario del Río Máquinas
45a	Fitoplancton	Laguna Pizatal, orilla norte
45b	Fitoplancton	Laguna Pizatal, centro de la laguna
45c	Fitoplancton	Laguna Pizatal, orilla sur

Cuadro 2. Elenco sistemático de peces y su distribución.

ESPECIE	DISTRIBUCION			
	Ríos norte	Ríos sur	Lagos norte	Lagos sur
<i>Darosoma petenense</i>			x	x
<i>Astyanax aeneus</i>		x		x
<i>Bramocharax caballeros</i>		x		x
<i>Rhamdia guaiemalensis</i>		x		
<i>Anguilla rostrata</i>	x			
<i>Microphis brachyurus</i>	x			
<i>Heterandria bimaculata</i>	x	x		x
<i>Poecilia mexicana</i>	x	x	x	x
<i>Poecilia caelemaconis</i>		x		x
<i>Poeciliopsis gracilis</i>		x		
<i>Poeciliopsis catemaco</i>		x		x
<i>Xiphophorus clemenciae</i>			x	
<i>X helleri</i>	x	x	x	
<i>X milleri</i>		x		x
<i>XX sp</i>			x	
<i>Priapella olmecae</i>	x			
<i>Agonostomus monticola</i>	x	x		
<i>Mugil curema</i>	x			
<i>Ophisternon aenigmaticum</i>		x	x	
<i>Pomadasys croco</i>	x			
<i>Aplodinotus gruniens</i>	x			
<i>Cichlasoma callolepis</i>		x		x
<i>C. fenestratum</i>		x	x	x
<i>C. friedrischtali</i>		x	x	
<i>C. salvini</i>		x		
<i>C. sp</i>				
<i>Oreochromis mossambicus</i>				x
<i>Eleotris pisonis</i>	x			
<i>Gobiomorus dormitor</i>	x			
<i>Awaous tajasica</i>	x			
<i>Sicydium gymnogaster</i>	x			