

00381 39



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**ESTUDIO DE LA COMUNIDAD DE PECES
DEL RÍO LACANJÁ, CHIAPAS, MEXICO.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
DOCTORA EN CIENCIAS (BIOLOGIA)**

P R E S E N T A

MARÍA DEL ROCÍO RODILES HERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS: DOCTOR EDMUNDO DÍAZ PARDO

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

EPÍGRAFE

Sohol

¡Oh, negro!
Tus escamas negras ¡oh sohol!
Como hojas caídas son tus escamas.
¡Agallas coloradas!
¡Agallas de azul verdoso!
Negras son tus escamas.
Me estás mirando
Todos miran el alimento,
Deberías ver
Tu alimento
Allí en el agua.
Allí lo estás viendo.
¡oh sohol!
¡oh sohol colorado!
¡oh sohol verde azulado!
Mi anzuelo cae,
Estoy lanzando mi anzuelo.
No has visto que estoy pescando
¡Oh sohol!
No habrás de recelar
De tu alimento de flores de árbol,
De tu alimento de flores de copó,
Frutas del copó,
Chicozapotes..
Verás ahí
¡Tu mismo, Sohol!
¡Eh, está saliendo a ver!
Mi anzuelo
No tiene nada mi anzuelo.
Ensarto tu alimento de caracoles lacustres
¡Oh Sohol!
Oh, estás saliendo a ver por ahí
¡Oh Sohol!
¡Oh Sohol Colorado!
¡Oh Sohol verde azulado!
No lo pierdas de vista
Allá donde rebuscas,
Se agrupan
Para saborear mi anzuelo
Una pequeña "araña tigre"
¡Qué así veas mi anzuelo!
Allí está tu comida
Ojalá la veas
Para que allí se agrupen
¡Oh pequeños Sohol!
¡Oh grandes Sohol!
¡Oh, cómo bulle el agua!

Canción Popular Lacandona (Metzabok-Lacanjá)
Traducción de: Ricardo Cham Bor.
Recopilada por: Jesús Gutiérrez, 1997
Corregida por: Adolfo Sánchez, 2001

CONTENIDO

RESUMEN	1
PRESENTACIÓN	2
INTRODUCCION	
Ecosistemas lóuticos tropicales	4
Comunidad de Peces	8
Composición y Diversidad	11
SUSTENTABILIDAD Y SALUD DEL ECOSISTEMA	
Uso y Manejo Sustentable del recurso	13
Integridad Biológica y Salud del Ecosistema	16
JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	18
MÉTODO	19
ÁREA DE ESTUDIO.....	19
AGRADECIMIENTOS	21
SOBRETIROS Y MANUSCRITOS	
Rodiles-Hernández R., S. Domínguez C., E. Velásquez V. 1996 Diversidad Ictica del Río Lacanjá, Selva Lacandona, Chiapas, México. <i>Zoología Informa</i> (34):3-18.	23
Rodiles-Hernández R., E. Díaz-Pardo y J. Lyons. 1999. Patterns in the Species Diversity and Composition of the Fish Community of the Lacanjá River, Chiapas, México. <i>Journal of Freshwater Ecology</i> 14(4): 455-468.	39
Rodiles-Hernández R., D.A. Hendrickson, J. G. Lundberg, & J. A. Alves- Gomes. 2000. A new siluriform family from southern Mexico. 80 th Annual Meeting American Society of Ichthyologists and Herpetologists. La Paz, Baja California Sur, México.	53
Morales-Román M., y R. Rodiles-Hernández. 2000. Implicaciones de <i>Ctenopharyngodon idella</i> en la comunidad de peces del Río Lacanja, Chiapas. <i>Hidrobiológica</i> 10(1):13-24	61
Gutiérrez-Ochoa J. Y R. Rodiles-Hernández. <i>Sometido in Ethobiology</i> . Conocimiento y Percepción de la Acuicultura. Selva Lacandona, Chiapas, México. Tres estudios de caso.	72
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	102
SUGERENCIAS Y PERSPECTIVAS DE ESTUDIO	113
BIBLIOGRAFIA CITADA	117

RESUMEN

Esta investigación se llevó a cabo en el Río Lacanjá límite natural entre dos reservas de la biosfera en el trópico húmedo de la Selva Lacandona, Chiapas, México. Se describe los patrones longitudinales y estacionales de la comunidad de peces y las características básicas del sistema hidrológico Lacanjá. Se analiza la composición y diversidad como los principales indicadores. Se discute la influencia negativa de la introducción de especies exóticas, principalmente de *Ctenopharyngodon idella* en contra de la salud e integridad biológica del sistema acuático, así como, las posibilidades de un manejo sostenible del recurso pesquero, a partir de la experiencia de algunos pobladores por cultivar a especies nativas en estanques rústicos.

ABSTRACT

This study was carried out in a tropical rain forest river in southern Mexico, the Lacanjá River, which forms the boundary between two of the most important biosphere reserves in Mexico. The longitudinal and seasonal patterns of fish community composition and diversity and basic characteristics of the Lacanjá hydrologic system are analyzed and described. The negative impact of the introduction of exotic species, mainly of *Ctenopharyngodon idella*, on the health and biological integrity of the aquatic system is discussed, as is the possibility of sustainable fisheries management and experiences of some local residents with cultivation of indigenous fishes in small tanks.

RESUMO

Este estudo foi feito no rio Lacanjá, limite natural entre duas reservas da Biosfera no trópico húmido da selva lacandona, Chiapas, México. Si descreve dois padrões longitudinais e estacionais da comunidade dos peixes e as características básicas do sistema hidrológico Lacanjá. Si analisa a composição e diversidade como os principais medidores; si discute a influência negativa da introdução das espécies exóticas, principalmente de *Ctenopharyngodon idella* em contra da saúde e integridade biológica do sistema aquático, assim como, as possibilidades de um uso sustentável do recurso da pesca, a partir da experiência de alguns populadores por cultivar as espécies nativas nos tanques rústicos.

PRESENTACION

Este trabajo analiza la composición de la comunidad de peces del sistema hidrológico Lacanjá; su riqueza, diversidad y abundancia relativa desde el nacimiento del río en el cauce principal hasta su desembocadura, así como, en los principales hábitats del sistema como son diversos tributarios y lagos claros y oscuros; con la finalidad de describir los patrones espaciales y estacionales de la comunidad íctica en un río del trópico húmedo de México.

Al mismo tiempo, describe el impacto de *Ctenopharyngodon idella* una de las principales especies introducidas accidentalmente en la Cuenca del Usumacinta, y que está afectando, en la parte baja del Río Lacanjá, la salud del ecosistema acuático.

Finalmente se describe el conocimiento empírico y la percepción que han desarrollado algunos pobladores para el policultivo extensivo de peces nativos (*Brycon guatemalensis*, *Petenia splendida* y *Cichlasoma intermedium* y *C. salvini*) en estanques rústicos y de traspatio; como una alternativa dentro del desarrollo sustentable que se promueve en la región ante la necesidad de preservar éstos reductos de selva tropical húmeda.

La tesis consta de cuatro artículos y un trabajo presentado en un Congreso, acotados de forma general por una introducción y una discusión, los dos primeros (Rodiles-Hernández *et al* 1996 y Rodiles-Hernández *et al*. 1999) describen a la comunidad de peces y su importancia biológica y ecológica, así como, la presencia de una nueva familia de Siluriformes (Rodiles-Hernández, *et al*. 1999). El tercero (Morales-Román y Rodiles-Hernández, 2000) describe la influencia y abundancia de una especie introducida que se encuentra establecida en los sistemas lóticos de la región. El último artículo (Gutiérrez-Ochoa y Rodiles-Hernández *sometido*) enfatiza las formas de adaptación y percepción de algunas técnicas de acuicultura que han realizado pobladores de la región con especies nativas y exóticas simulando las características naturales de los ríos.

Para presentar un marco teórico que no cabe en dichas publicaciones, la introducción de este trabajo ofrece un panorama sobre la importancia de los ecosistemas dulceacuícolas tropicales, teniendo como ejes centrales la comunidad íctica, la integridad biótica o salud ecológica y la importancia del uso sustentable del recurso pesquero por las comunidades ribereñas en el contexto de Reserva de la Biosfera.

Después de la introducción, se describe el área de estudio, los objetivos y métodos utilizados, así como, los agradecimientos. Después de los artículos se discute la integración de los mismos para llegar a las conclusiones y recomendaciones finales de este trabajo.

En las conclusiones se hace énfasis en la importancia ictiológica del Río Lacanjá y la necesidad de continuar con los estudios exploratorios y de ecología básica, en la región tropical de México, debido fundamentalmente a la descripción de nuevas especies de la familia Cichlidae (*Cichlasoma usumacintae* Miller *et al. in prep.*) y sobre todo por el hallazgo de una nueva familia de Siluriformes (**Rodiles-Hernández *et. al* 1999**), lo que sin duda revolucionará las ideas científicas sobre la evolución de la ictiofauna neotropical. Asimismo se destaca la importancia ecológica del sistema hidrológico y la necesidad de preservar la estructura del hábitat y garantizar la estabilidad de la comunidad biológica. Finalmente, se analiza la integridad biótica del sistema acuático y la necesidad de promover un uso sustentable del recurso pesquero y mantener la salud del ecosistema en la zona de influencia de la Reserva de la Biosfera Montes Azules, Chiapas.

Las referencias bibliográficas citadas en la introducción, métodos, área de estudio y conclusiones se hallan al final del documento.

INTRODUCCION

Ecosistemas lóticos tropicales

Los ambientes acuáticos dulceacuícolas se encuentran íntimamente ligados a los ambientes terrestres. El ciclo hidrológico es directamente afectado por la transformación de la cobertura vegetal original, fundamentalmente porque ésta favorece el movimiento natural del agua por medio de la interceptación del agua de lluvia, captación de la niebla, conducción del agua hacia el suelo y regulación de la velocidad del escurrimiento. La deforestación provoca severos efectos en la erosión del suelo y fuertes impactos en los cauces de los ríos, dado que aumenta la velocidad del escurrimiento, la sedimentación y disminuye la cantidad de agua que se infiltra (Athié 1987; Toledo, *et al.*, 1989).

La cobertura vegetal regula las características fisicoquímicas del agua y proporciona la mayor cantidad de nutrientes a los ríos tropicales. El aporte de materia orgánica, hojarasca, frutos y árboles que son arrastrados por la fuerte precipitación pluvial son consumidos, digeridos o colonizados por hongos y bacterias, o utilizados para el consumo directo (diferentes frutos por los peces) y para refugio, alimentación y reproducción de peces y de diversos organismos acuáticos, como las larvas de insectos, moluscos y crustáceos (Lowe-McConnell 1987; Cole 1998; Welcome 1992; Allan 1995).

En los ambientes lóticos, las macrófitas son las plantas acuáticas más importantes en la productividad primaria, constituyéndose en los verdaderos autótrofos de las cadenas tróficas de ríos y arroyos; en este rubro se consideran a las plantas acuáticas vasculares (angiospermas) y no vasculares, como los musgos y hepáticas. Ambas constituyen complejos sistemas de filtración del agua al capturar y estabilizar los sedimentos, propiciando la

formación de sustrato y establecimiento de plantas terrestres, proporcionan protección y sustrato para la alimentación y la reproducción de los peces y son parte fundamental en la oxigenación del agua (Novelo y Lot 1988; Allan 1995). En las selvas amazónicas la hojarasca producida puede llegar a 1000 gr (peso seco)/m²/año; las macrófitas sumergidas en zonas tropicales pueden producir aproximadamente 6 ton/hect/año de materia orgánica (Novelo y Lot 1988; Welcome 1992).

Otra fuente de alimentación que se genera en los ríos, principalmente durante el estiaje cuando la temperatura aumenta, y el flujo y la turbidez disminuyen, es la productividad primaria, que depende directamente de la incidencia de la luz, la temperatura y los nutrientes, originada por la actividad del perifiton (*aufwuchs*) que se desarrolla sobre cualquier superficie que recibe luz: en las rocas (epilíton), en los sedimentos suaves y troncos (epipelón) y en las plantas (epifíton). Estos diminutos organismos adherentes son de rápida reproducción y crecimiento dadas las características ambientales de los sistemas tropicales y constituyen el principal alimento de alevines y crías de peces que se desarrollan durante la época de estiaje (Ringuelet 1962; Lowe-McConnell 1987; Cole 1988; Welcome 1992; Allan 1995).

La fauna béntica de macroinvertebrados también con diversas adaptaciones para vivir en las corrientes rápidas, aprovechan la amplia variedad de microhábitats disponibles en los ríos tales como, superficies rocosas y de plantas macrófitas, troncos, barreras de calizas y rocas, sedimentos e intersticios de gravas y arena etc., cada espacio es ocupado por múltiples organismos de estados inmaduros (pupas y larvas) de insectos (ephemeróptera, hemíptera, plecóptera, tricóptera, megalóptera, coleóptera odonata, etc); así como, juveniles y adultos de moluscos y crustáceos (copépodos, cladóceros y ostrácodos). Estos taxa juegan un papel importante en la descomposición de materia orgánica y a su vez son fuente de alimentación para otros depredadores (Wetzel & Likens 2000).

La morfología de los ríos tropicales se caracteriza por tener amplias zonas de inundación durante el periodo de lluvias; así, en el cauce son frecuentes las combinaciones alternadas de caídas de agua, pozas, rápidos y remansos, que se suceden a lo largo del río, lo que da lugar a la formación de diferentes habitats que ayudan a explicar en parte el alto número de especies de estos ecosistemas acuáticos (Lowe-McConnel 1987, Welcomme 1992).

Por otro lado, la fuerte precipitación pluvial ocasiona fenómenos estacionales anuales (inundaciones entre periodos cortos de estiaje) y cíclicos (máximas avenidas) que definen el comportamiento y la ecología de los ríos tropicales, provocando procesos de sedimentación y enriquecimiento de los cuerpos de agua. La intensidad de la creciente que provoca el desbordamiento anual de los ríos así como las crecientes y sequías excepcionales que se repiten cíclicamente, (su repetición es llamada de retorno) en un periodo entre 10 y 100 años (Aparicio 1989), son fenómenos naturales diferentes para cada región y que ocasionan altas mortalidades de peces o épocas de bonanza de alimentación y crianza (Welcomme 1992).

Estas zonas de inundación pueden formar pantanos, charcas, lagos, meandros y humedales con una intrincada red de cauces que las conectan al río principal y constituyen zonas para el movimiento y refugio de los peces durante las crecientes del caudal, o bien son reservorios aislados del cauce principal que permanecen inundados todo el año y fundamentalmente dependen de la capacidad de captación de agua durante las lluvias.

En África y en Sudamérica las zonas de aguas permanentes oscilan entre el 5 y 59% de la superficie total inundada. Un ejemplo clásico son las llanuras inundables (varzea) del medio y bajo Amazonas en la que se llegan a encontrar 20 lagos de más de 50 km² y el Lago Grande do Curuai, que se extiende por 630 km² (Descola 1987; Welcomme 1992). En México se pueden ejemplificar con los humedales de la parte baja del sistema Usumacinta-Grijalva, entre ellos el sistema lagunar de Chiapas y Tabasco (Rodiles-

Hernández *et al.* 2000) y los Pantanos de Centla (Lot-Helgueras y Novelo 1988), éstos últimos por su importancia biológica constituyen una Reserva de la Biosfera.

Los afluentes o corrientes intermitentes y permanentes son una respuesta a la precipitación pluvial, dadas las características geomorfológicas de las cuencas, así como de las condiciones de protección de la cubierta vegetal. Por lo que, el orden de corriente o grado de bifurcación del sistema de drenaje (1 a 5), así como la densidad o números de corrientes (n/Km^2) por unidad de superficie y la densidad de drenaje o longitud de corrientes (Km/Km^2) por unidad de área (Reid & Wood 1976; Aparicio 1989), definen la importancia y comportamiento de los sistemas hidrológicos.

En los sistemas lóticos hay tres tipos de flujos que caracterizan el movimiento del agua: laminar, turbulento y transicional o intermitente. El más común e importante es el turbulento, que se caracteriza por el movimiento irregular del agua en una progresión errática y por la considerable mezcla del fluido, este movimiento actúa como contenedor de la fuerza de aceleración de los ríos al descender por los cauces. El lecho del río se caracteriza por tener una delgada película de flujo laminar, donde la velocidad del agua es imperceptible (Reid & Wood 1976; Cole 1988).

El flujo varía de acuerdo a la esorrentía estacional producida por la precipitación pluvial, mientras que la velocidad de corriente depende de la pendiente y de la profundidad y ancho del cauce, así como de los obstáculos naturales (fallas estructurales, árboles o rocas atravesadas, desviaciones del cauce) y las características del sustrato (tamaño de las partículas que forman el sustrato del lecho: arcilla, limo, arena, grava, piedras).

Las características fisicoquímicas y biológicas de un río puede variar considerablemente a lo largo de su cauce. Un concepto comúnmente utilizado para los sistemas lóticos es la descripción de un río como un continuo, la cual considera que las partes altas de los ríos son pobres en nutrimentos, su

productividad primaria es muy baja y su biota depende de las entradas de materia orgánica alóctona por lo que algunas corrientes (1er y 2º orden) son considerados heterotróficos; por el contrario ríos de 4º, 5º y 6º orden son considerados sistemas autótrofos (Vannote *et al.* 1980); otro es “la espiral de nutrimentos” donde se considera que el desplazamiento de los nutrientes fluyen aguas abajo y son utilizados y liberados periódicamente por la biota (Newbold *et al.* 1981).

Ambos conceptos están basados en los procesos de mineralización y sedimentación de la materia orgánica e inorgánica que ocurre sobre el cauce principal del río el cual concentra, en la parte baja, la mayor parte de los nutrientes (Allan 1995).

Estos conceptos útiles para conocer los ecosistemas lóticos en climas templados, resultan ser muy limitados para describir los procesos de los ecosistemas tropicales, donde la variedad de hábitats (arroyos, lagos, zonas inundadas, pantanos, ríos etc.) y la densidad de la red de drenaje, permiten un continuo desplazamiento y estabilización o sedimentación química de los nutrientes. Y además, como se señaló anteriormente, la densa y diversa vegetación ribereña juega un papel fundamental en la dinámica y productividad biológica de los ríos tropicales.

Comunidad de peces

Cada una de las características arriba descritas determinan la diversidad del hábitat en los sistemas lóticos y explican en gran parte la considerable diversidad íctica en el trópico húmedo.

Los ríos ofrecen una serie de macrohábitats y sustratos, cada uno de ellos relativamente distinto, que ofrecen condiciones favorables para las especies, pues permiten su protección, refugio, alimentación, respiración y reproducción (Simonson, *et al.* 1994).

Los tipos de hábitats mas comunes sobre el cauce principal son: a) zonas de sinuosidades que reflejan la cantidad de meandros; b) la zona de corriente rápida o turbulenta, poco profunda y con cambios de pendiente (rápidos, caídas de agua, ollas); c) pozas, de extensiones variables, muy profundas y superficialmente con escasa turbulencia, pero de baja a alta velocidad de corriente, generalmente se presentan después de las corrientes rápidas; d) canales o extensiones del cauce principal, con flujo laminar (sin turbulencia) y poco profundos (Johnson & Nielsen 1983; Welcomme 1992; Simonson *et al.* 1994).

Las especies de una comunidad acuática con determinadas relaciones filogenéticas se encuentran asociadas en una área geográfica o sistema hidrológico con condiciones físicas y ambientales específicas, presentan patrones de agrupamiento dado que utilizan los recursos de forma similar (Cody & Diamond 1975).

Las comunidades animales de los ríos están compuestas de una amplia variedad de especies tanto microscópicas como macroscópicas. La importancia de herbívoros y carnívoros no solo se manifiesta en un amplio intervalo de tallas, sino fundamentalmente por una amplia diversidad taxonómica: (phyla, clases y ordenes) tales como protozoarios, anélidos, moluscos, crustáceos, insectos y vertebrados (Patrick 1975).

A pesar de que los peces en general suelen tener ciclos de vida de varios años, se considera que la comunidad acuática tiene ciclos cortos (comparados con las comunidades terrestres o marinas), lo que significa que, también, tienen tasas de reproducción elevadas (Patrick, 1975).

En las comunidades acuáticas existe una separación espacial y estacional que implica segregación o especialización en el microhábitat con respecto a la posición vertical en la columna de agua, morfología del pez, uso del hábitat y hora de mayor actividad alimentaria. así como una importante flexibilidad en los tipos alimentarios.

En los ríos tropicales la diversidad del hábitat para la reproducción y alimentación presenta gran variedad de opciones. La reproducción tiene periodicidad estacional, muchas especies desovan al iniciar las lluvias, aprovechando las zonas de inundación que se convierten en fuente de alimentación y sitios de protección para las crías; otras se reproducen durante el estiaje cuando el perifiton es abundante (las especies con cuidados paternos tienen un máximo de reproducción durante esta época); sin embargo, es frecuente que la mayoría de las especies tengan dos desoves al año (Lowe-McConnell 1987; Kortmulder 1987).

Las estrategias más diversas de reproducción y cría son las que se encuentran en los peces que desovan en las zonas anegadas, y muchas especies migran a considerables distancias en contra o a favor de la corriente en busca de condiciones para la crianza, de tal manera que sus alevines estén situados en esos hábitats de mucha productividad. Se ha documentado el uso del "llano anegado" para el desove en la mayoría de los sistemas fluviales tropicales, en estas zonas el régimen de crecidas es el principal regulador de los tiempos de reproducción. El comienzo de la reproducción en varias especies tiende a coincidir con la iniciación de las crecidas y el desove puede tener lugar con aguas bajas, crecientes o con crecida máxima, pero sólo muy rara vez durante la retirada de las aguas (Welcomme, 1992).

Para la teoría de la estructura de la comunidad es necesario tomar en cuenta que para la mayoría de las comunidades existe una estructura espacialmente abierta, en la cual las especies que coexisten pueden extenderse más o menos independientemente de otras comunidades, y que los procesos históricos han ido conformando la acumulación de especies, la riqueza y las interacciones ecológicas que caracterizan a dicha comunidad. En este sentido la diversidad de una comunidad es la asociación de dos hechos históricos: a) la longevidad geológica de las condiciones ecológicas, y b) el

número de veces que la comunidad ha estado sometida a disyunciones y reconexiones geográficas (Schluter y Ricklefs 1993).

Composición y Diversidad

El concepto tradicional y más simple para el estudio de una comunidad de peces es el número de especies (riqueza o diversidad específica) que la conforma. La presencia de los diferentes taxa y el número de especies responde a diferentes procesos ecológicos y su composición es el punto de partida de cualquier estudio de la estructura de una comunidad. Sin embargo, la riqueza aumenta en relación directa al número de individuos, área y hábitats muestreados, es decir, a medida que se realicen mas muestreos aumenta la probabilidad de encontrar especies raras (Schluter & Ricklefs 1993).

La diversidad depende en primer lugar de la evolución de las especies (herencia y selección), pero las diferentes formas de vida surgen a través de secuencias históricas únicas, impredecibles e irrepetibles de procesos ecológicos que se encuentran insertos en amplias dimensiones espaciales y temporales, es decir, existe una relación entre los hábitat locales y los procesos biogeográficos regionales, así como entre las condiciones presentes y la larga historia de la vida de la tierra. Es por esto que los patrones de diversidad son cada vez más estudiados, como parte de los procesos evolutivos y ecológicos, eventos históricos y circunstancias geográficas (Schluter & Ricklefs 1993).

En comunidades tropicales la abundancia de especies adopta distribuciones regulares, mostrando que algunas tienen alta abundancia, mientras que la mayoría está representada por relativamente pocos individuos.

La diversidad de especies en diferentes lugares frecuentemente se relaciona con el clima; en los ecosistemas terrestres, las altas temperaturas y abundantes lluvias favorecen la producción biológica y particularmente están

asociadas a diversidades altas; los bosques tropicales pueden tener diez veces más especies que los bosques templados con biomasa similares, por lo que uno de los temas más polémicos es la relación entre diversidad y complejidad del hábitat (Schluter and Ricklefs 1993). Los índices de diversidad o heterogeneidad de las especies (riqueza y abundancia relativa) asumen que no todas las especies contribuyen de igual forma a la diversidad, dado que sus papeles funcionales en la comunidad, varían en proporción a su abundancia.

En los patrones de abundancia que presentan las comunidades biológicas algunas especies son comunes y otras son raras, por ello han sido objeto de diferentes modelos para su análisis. De forma general se consideran dos tipos de índices: Los primeros son más sensibles a los cambios provocados por las especies raras, índice de Shannon-Wiener (Magurran 1988; Krebs 1989), y los segundos son más sensibles a los cambios provocados por las especies más abundantes, índice de Simpson (Krebs 1989).

Los índices de diversidad o heterogeneidad de las especies (riqueza y abundancia relativa) asumen que no todas las especies contribuyen de igual forma a la diversidad, dado que sus papeles funcionales en la comunidad varían en proporción a su abundancia. El índice de Simpson sugiere que la diversidad se relaciona inversamente a la probabilidad de que dos individuos muestreados al azar en una comunidad infinitamente grande pertenezcan a la misma especie; este índice da mayor peso a la abundancia de las especies comunes, más que a la medición de la riqueza, por lo que suele denominarse índice de medición de dominancia de Simpson.

El índice de Shannon-Wiener es el más comúnmente utilizado y se basa en la teoría de la información; parte de que en sistemas naturales la diversidad o información puede ser medida de forma similar a la información contenida en el mensaje. Este análisis otorga mayor peso a los cambios de abundancia de

las especies raras y aumenta la posibilidad de error en relación a la ausencia de especies presentes en la comunidad (Magurran 1988; Krebs 1989; Faush et al. 1990; Schluter & Ricklefs 1993; Ricklefs 1998).

Los índices de diversidad tienen fuerte sustento teórico y son ampliamente utilizados para conocer aspectos relacionados con la estructura de la comunidad biológica, son relativamente fáciles de calcular (si uno asume que una muestra representativa de la comunidad ha sido colectada) y se requiere poca información ecológica para su aplicación. Sin embargo, estas mismas ventajas ocasionan limitaciones teóricas para un análisis detallado del sistema ecológico, si bien proporcionan información preliminar sobre la estructura, no se puede inferir nada acerca de la función de las especies en la comunidad y finalmente los valores de estos índices no detectan información sobre el reemplazo de especies (Fausch et al. 1990).

SUSTENTABILIDAD Y SALUD DEL ECOSISTEMA

Uso y Manejo sustentable del recurso

La diversidad biológica es uno de los recursos más importantes por el papel que desempeña en la alimentación de los pobladores locales (Brack 1997). La proteína animal proveniente de fuentes silvestres (tanto pescado como animales de presa) representa como mínimo el 20% de toda la proteína animal en las dietas rurales de al menos 62 países principalmente tropicales (Descola, 1989; Robinson & Bodmer, 1999).

En particular, la pesca artesanal y el uso sustentable del recurso es deseable y posible, sin embargo, si se quiere conservar los recursos en el largo plazo, la estrategia mas efectiva para la conservación es permitir el uso del recurso por los pobladores locales y lograr la participación activa de los usuarios a partir de la incorporación de la experiencia acumulada de los

las especies raras y aumenta la posibilidad de error en relación a la ausencia de especies presentes en la comunidad (Magurran 1988; Krebs 1989; Faush et al. 1990; Schluter & Ricklefs 1993; Ricklefs 1998).

Los índices de diversidad tienen fuerte sustento teórico y son ampliamente utilizados para conocer aspectos relacionados con la estructura de la comunidad biológica, son relativamente fáciles de calcular (si uno asume que una muestra representativa de la comunidad ha sido colectada) y se requiere poca información ecológica para su aplicación. Sin embargo, estas mismas ventajas ocasionan limitaciones teóricas para un análisis detallado del sistema ecológico, si bien proporcionan información preliminar sobre la estructura, no se puede inferir nada acerca de la función de las especies en la comunidad y finalmente los valores de estos índices no detectan información sobre el reemplazo de especies (Fausch *et al.* 1990).

SUSTENTABILIDAD Y SALUD DEL ECOSISTEMA

Uso y Manejo sustentable del recurso

La diversidad biológica es uno de los recursos más importantes por el papel que desempeña en la alimentación de los pobladores locales (Brack 1997). La proteína animal proveniente de fuentes silvestres (tanto pescado como animales de presa) representa como mínimo el 20% de toda la proteína animal en las dietas rurales de al menos 62 países principalmente tropicales (Descola, 1989; Robinson & Bodmer, 1999).

En particular, la pesca artesanal y el uso sustentable del recurso es deseable y posible, sin embargo, si se quiere conservar los recursos en el largo plazo, la estrategia mas efectiva para la conservación es permitir el uso del recurso por los pobladores locales y lograr la participación activa de los usuarios a partir de la incorporación de la experiencia acumulada de los

pobladores locales en el manejo de los recursos naturales (Brack, 1997; McDaniel, 1997, Crampton & Viana 1999; Novaro *et al.* 1999; Robinson y Bennett, 2000).

A pesar de esto, el establecimiento de áreas protegidas en América Latina ha sido la principal estrategia para reducir la extinción de especies y conservar la fauna y la flora ante la degradación continua de las selvas del trópico húmedo.

Adicionalmente y desconociendo la fragilidad de los ecosistemas lóticos tropicales se decidió excluir de la aplicación de la importante Ley General de Vida Silvestre recientemente aprobada en México, .."el aprovechamiento de las especies cuyo medio de vida total sea el agua.." con el argumento poco sustentable de no alterar la actividad de la industria pesquera (INE 2000).

Por otro lado, e ignorando la riqueza ictiológica de los sistemas lóticos tropicales se ha optado por introducir especies exóticas, pasando por alto la premisa de que en lugares donde existe una considerable riqueza natural, la introducción de especies exóticas para iniciar un cultivo novedoso tiene, económica y ecológicamente un costo elevado en el corto y largo plazo (Bardach, *et al.* 1986); también que, aún cuando es posible modificar extensivamente los ambientes naturales o proporcionarles hábitat artificiales, es más conveniente y menos costoso utilizar al máximo posible las condiciones y recursos naturales nativos más propicios (Bardach, *et al.* 1986).

Existe muy poca información verídica sobre la acuicultura comercial, pero aún es mayor la ausencia de información de la acuicultura de subsistencia.

El cultivo de peces generalmente requiere de un nivel técnico más alto que la agricultura convencional, en el sentido de que la tecnología todavía se encuentra en mayor medida en el reino del arte mas que de la ciencia (Bardach, *et al.* 1986).

La viabilidad de una práctica acuacultural depende de un gran número de factores interactuantes y complejos, tanto sociales como técnicos, que son particulares de cada región. Las generalizaciones y los principios demasiado amplios en cuanto a los aspectos técnicos y económicos de la acuacultura no tienen sentido. La reproducción de una experiencia positiva en un país o región específica no es garantía de que la misma podrá aplicarse con éxito en otro medio físico o en una situación cultural o política diferente (Bardach, et. al. 1986).

Sin embargo, ante la cada vez mayor demanda de productos pesqueros como una alternativa alimentaria, es deseable y necesario impulsar el desarrollo tecnológico a partir de los recursos propios.

Algunos criterios técnicos para seleccionar especies nativas susceptibles de cultivos son las siguientes: **reproducción en cautiverio**, se puede depender de las existencias naturales sin necesidad de reproducir a la especie en condiciones de cautiverio; sin embargo, es deseable realizar experimentación con especies susceptibles a la manipulación y el cautiverio; por otro lado especies de peces que producen menos huevos, pero de mayor tamaño, producen larvas más grandes y menos delicadas; **tendencias alimentarias**, una posibilidad es criar animales que están en la parte más baja de la cadena alimenticia y la otra es seleccionar una especie que se encuentra en la parte más alta de la cadena alimenticia y que requiera de una dieta alta en proteínas o bien una combinación de especies (**policultivo**) con diferentes tendencias alimentarias y aprovechando la productividad natural del agua y adicionando complementos alimentarios; finalmente es importante considerar la capacidad de algunas especies para adaptarse a la **aglomeración** considerando que mientras más individuos de una talla puedan ser confinados en un espacio limitado, será más grande la producción de ese espacio, siempre y cuando su apetito no sufra alteraciones, especies muy territoriales

en el medio silvestre en cautiverio pueden tener una respuesta positiva a altas densidades (Bardach *et al* 1986).

Integridad Biológica Y Salud Ecológica

Un sistema se define por sus componentes (estructura) y las interacciones (función) que se establecen entre ellos. Estrictamente hablando el estado de inalteración significa que el sistema (a gran escala) puede mantener su integridad biológica en el largo plazo (King, 1993), donde básicamente sus interacciones bióticas (competencia, depredación, parasitismo y mutualismo) permanecen y la dinámica propia del sistema, incluyendo su plasticidad para amortiguar cambios naturales e incluso garantiza la permanencia de la estructura y función del ecosistema acuático. La invasión de especies exóticas (adición en la estructura o componentes) puede en algunas circunstancias alterar irreversiblemente la función del ecosistema.

En general las evaluaciones biológicas de los sistemas acuáticos, se basan cuando más en cuantificar los cambios químicos del agua (temperatura, dureza, compuestos tóxicos, nutrientes etc.) con una limitada concepción de los factores responsables de la degradación y con una perspectiva nula de los componentes de la integridad biológica del sistema. En decir, la buena calidad fisicoquímica del agua (agua limpia) que es sin duda, indispensable (Navarro y Rodríguez 1988) y de vital importancia para cualquier forma de vida incluyendo a la especie humana (Cairns 1999); no es garantía de la salud biológica del ecosistema acuático.

Las comunidades de peces suelen ser utilizados como indicadores de alteraciones ecológicas en los sistemas lóticos (Díaz-Pardo, *et al.* 1993; Edds 1993; Lyons *et. al* 1995). A fines de la década de los setenta se desarrolló una técnica para evaluar las comunidades de peces con base en su integridad

identificar técnicas de monitoreo biológico con este índice, que han permitido evaluar diferentes ríos y arroyos de aguas cálidas en Estados Unidos (Lyons, 1992).

La salud ecológica se refiere a la habilidad o capacidad del sistema para mantener y soportar su biota (estructura y función) y recuperar ante un disturbio natural su estabilidad (diversidad, composición y organización funcional de manera integrada y balanceada). El sistema puede auto preservarse y recuperar su armonía, incluso con un mínimo manejo externo o perturbación antropogénica (Karr *et al.* 1986, 1993).

El IIB se basa en las características de las comunidades de peces y en la calidad ambiental de ríos y arroyos para definir la integridad biológica. De tal forma que se pueden relacionar los factores ambientales y macrohabitats de los ríos con la diversidad de los ecosistemas acuáticos y la abundancia de los peces (Lyons, *et al.* 1990).

Tres clases principales de atributos biológicos son los que pueden conformar un índice de integridad biológica: 1) Composición y riqueza de especies; 2) Categoría trófica y tipo de reproducción de las especies (proceso biológico) que se encuentran notablemente asociados a la condición funcional del sistema, y finalmente 3) Abundancia total de cada especie y la condición de salud de cada individuo (deformidades). Con esta base diferentes métricos o atributos pueden probarse de acuerdo a su relativa fácil medición y seleccionar los que expresen la influencia de una actividad humana que modifica de manera permanente las características de la biota nativa y residente en el sistema (Karr 1993; Lyons *et al.* 1996 y 1995).

En la medida que aumentan los disturbios humanos disminuye el número total de especies nativas y de especies sensibles, el número de grupos alimentarios especialistas se reduce mientras que los generalistas aumentan. El estudio de estos patrones en las comunidades de peces de cada

región permite establecer métricos mas eficientes y reveladores de la presencia antropogénica.

El IIB ha demostrado ser una excelente herramienta basada en características ecológicas, capaz de detectar degradaciones del ambiente. Sin embargo, es un método que tiene restricciones, ya que sólo puede aplicarse en lugares donde exista una moderada riqueza de especies, debe ser modificado y adaptado para cada región ecológica, y es fundamental contar con información amplia de las características de las especies de la región a estudiar.

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es analizar la composición y diversidad ictiofaunística del Río Lacanjá, el cual se encuentra entre dos reservas de la biosfera (Montes Azules y Lacantún), con el fin de establecer la importancia en la conservación de la diversidad biológica del río bajo la influencia antropogénica. Describir las implicaciones de la introducción de especies exóticas, en particular de la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*), en contra de la salud e integridad biológica del sistema acuático. Y analizar las actividades de adaptación que han realizado algunos pobladores en el cultivo de especies nativas en estanques rústicos y de traspatio destacando las posibilidades de un manejo sustentable del recurso pesquero. Esta información básica proporciona algunos atributos biológicos que pueden contribuir, en un futuro próximo, al diseño de un índice de integridad biótica para la Cuenca del Usumacinta.

MÉTODO

Desde 1996 y hasta 1998 se realizaron colectas y muestreos sistemáticos en el Río Lacanjá, para lo cual se seleccionaron 12 sitios de muestreos (cuatro en la parte baja, cuatro en la media y cuatro en la parte alta). Durante 1997 se realizó un monitoreo subacuático, durante el estiaje, para evaluar las implicaciones de la carpa herbívora en la parte baja del río (en las otras porciones, no se logró registrar a esta especie). También en 1997 y 1998 se registró y evaluó la actividad y el funcionamiento de estanques para el cultivo de peces que realizan pobladores de la Comunidad Lacandona.

Los métodos empleados en el estudio del material biológico y su posterior análisis estadístico, así como, en el estudio de las poblaciones locales se describen en cada uno de los artículos que componen esta tesis.

ÁREA DE ESTUDIO

El Río Lacanjá se localiza en el estado de Chiapas, entre los 16°23'57" y 16°56'56" de latitud Norte y 90°57'41" y 91°17'95" de longitud Oeste; nace a los 450 msnm y desemboca en el río Lacantún a los 100 msnm. La cuenca tiene una superficie de 800 Km² y su cauce una longitud de 120 km. El río es el límite entre dos reservas de la biosfera: Montes Azules y Lacantún (412,291 ha) en la Selva Lacandona, que destaca por su considerable diversidad biológica.

La región pertenece a la Cuenca del Río Usumacinta en la zona tropical húmeda de México (que actualmente representa menos del 4% del territorio nacional). Presenta una temperatura media anual por encima de los 22°C, alta precipitación (2,000 mm anuales) y una cubierta original de selvas altas, medianas perennifolias y sabanas (Rzedowski, 1981; Toledo y Ordoñez 1998).

En 1875 la región de la selva lacandona tenía una superficie arbolada de 1,235,000 ha, pero en 1982 se había deforestado el 42% de la superficie original (García-Gil, 1995). En 1978 se decreta la creación de la Reserva de la Biosfera Montes Azules, en una superficie de 331,200 ha como una de las regiones de mayor biodiversidad de México y de la América Septentrional (SEMARNAP, 2000). Adicionalmente en el periodo de 1992 a 1998 se ha destinado como zonas de protección a 88,250 ha, destacando la Reserva de la Biosfera Lacantún (61,873 ha).

La vegetación ribereña inundable del Río Lacanjá está caracterizada por bosques perennifolios y deciduos riparios en los bordes de los ríos y arroyos (*Salix chilensis*), selva alta o mediana riparia (*Pachira aquatica*, *Bravaisia integerrima*) y matorral espinoso inundable presente en orillas y playas someras de algunos lagos. Esta vegetación se encuentra mezclada con la arbórea típica de la selva alta o mediana perennifolia, tales como: *Manilkara zapota*, *Coussapoa oligocephala*, *Bursera simaruba*, *Scheelea liebmanii*, *Calophyllum brasiliensis*, *Acacia usumacintensis*, *Lonchocarpus luteomaculatus*, *Pithecellobium leococalix*. En zonas perturbadas se encuentran comunidades arbustivas ribereñas de *Guada spinosa* (Castillo y Narave 1992; Ramirez-García y Lot, 1992).

Es frecuente encontrar en la desembocadura y vega de los ríos asociaciones como el palmar inundable o coyol *Bractis trichophylla* y *B. balanoidea* y el jimbal o bambú inundable *Bambusa longifolia*, gramínea leñosa que forma una comunidad muy densa e impenetrable (Cházaro 1986; Castillo y Narave 1992).

Las macrófitas herbáceas acuáticas se localizan en los bordes y playas de los ríos y lagos de la Selva Lacandona, es escasa en lluvias debido a que los ríos son muy caudalosos, pero en estiaje es frecuente encontrar hidrófitas enraizadas emergentes tales como *Eleocharis interstincta*, el sibal *Cladicum jamicense*, el tular *Typha domingensis* y el carrizal *Phragmites australis*;

hidrófitas sumergidas como *Cabomba palaeformis*; hidrófitas de hojas flotantes como *Nymphaea ampla* e hidrófitas libremente flotadoras de la familia Lemnaceae (Ramírez-García y Lot, 1992). Esta vegetación ofrece gran diversidad de nichos ecológicos para la anidación, alimentación y protección de varias especies de peces, fundamentalmente de cíclidos.

El Río Lacanjá pertenece a la provincia del Usumacinta, la más diversa de las cuatro provincias ictiológicas centroamericanas (Chiapas-Nicaragua, San Juan e Istmica), donde se estima existe un total de 200 especies. Esta provincia ictiológica comprende la vertiente del Atlántico, desde Veracruz hasta Nicaragua (Miller 1986, 1988).

Las características biogeográficas y la alta tasa de endemismo de los peces de la provincia del Usumacinta han conducido a que esta región sea considerada como la más rica zona de especiación en México y en Centroamérica (Miller 1966).

AGRADECIMIENTOS

El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), a través de la División de Conservación de la Biodiversidad y el Programa de Vinculación con el Sector Social, proporcionó el apoyo institucional para la realización de esta tesis. El trabajo de campo fue apoyado por el CONACYT a través del Sistema de Investigación Benito Juárez (SIBEJ), con el proyecto Diagnóstico Pesquero y Manejo Sostenible del Recurso Pesquero, Selva Lacandona, Chiapas, (06-RNMA-09). Las colectas de material científico fueron realizadas con la autorización de las comunidades locales y bajo el permiso de pesca de fomento No. 213-03, otorgado por la SEMARNAP. Dicho material se encuentra albergado en la Colección Ictiológica (ECO-SC-P).

El trabajo de campo y de laboratorio sólo fue posible realizarlo a través de un trabajo colectivo y profesional destacando especialmente el realizado por los biólogos Sara Domínguez C., Ernesto Velásquez V. y Juana Cruz; el de

hidrófitas sumergidas como *Cabomba palaeformis*; hidrófitas de hojas flotantes como *Nymphaea ampla* e hidrófitas libremente flotadoras de la familia Lemnaceae (Ramirez-García y Lot, 1992). Esta vegetación ofrece gran diversidad de nichos ecológicos para la anidación, alimentación y protección de varias especies de peces, fundamentalmente de cíclidos.

El Río Lacanjá pertenece a la provincia del Usumacinta, la más diversa de las cuatro provincias ictiológicas centroamericanas (Chiapas-Nicaragua, San Juan e Ístmica), donde se estima existe un total de 200 especies. Esta provincia ictiológica comprende la vertiente del Atlántico, desde Veracruz hasta Nicaragua (Miller 1986, 1988).

Las características biogeográficas y la alta tasa de endemismo de los peces de la provincia del Usumacinta han conducido a que esta región sea considerada como la más rica zona de especiación en México y en Centroamérica (Miller 1966).

AGRADECIMIENTOS

El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), a través de la División de Conservación de la Biodiversidad y el Programa de Vinculación con el Sector Social, proporcionó el apoyo institucional para la realización de esta tesis. El trabajo de campo fue apoyado por el CONACYT a través del Sistema de Investigación Benito Juárez (SIBEJ), con el proyecto Diagnóstico Pesquero y Manejo Sostenible del Recurso Pesquero, Selva Lacandona, Chiapas, (06-RNMA-09). Las colectas de material científico fueron realizadas con la autorización de las comunidades locales y bajo el permiso de pesca de fomento No. 213-03, otorgado por la SEMARNAP. Dicho material se encuentra albergado en la Colección Ictiológica (ECO-SC-P).

El trabajo de campo y de laboratorio sólo fue posible realizarlo a través de un trabajo colectivo y profesional destacando especialmente el realizado por los biólogos Sara Domínguez C., Ernesto Velásquez V. y Juana Cruz; el de

los Maestros en Ciencias Manuel Morales R. y Jesús Gutiérrez O., así como, el técnico de campo Celedonio Chan Sala (del ejido Reforma Agraria). Sin embargo, sin la guía y sabiduría local de varios pobladores de Lacanjá-Chayansab, Lacanjá Tzeltal, Nueva Palestina y Zamora Pico de Oro, los extenuantes recorridos y las dificultades en las colectas hubieran sido considerablemente mayores y sin duda con menor éxito. Especialmente agradezco el apoyo de Vicente, Kin, Lucio, Gerardo, y de sus cálidas familias.

La asesoría académica y profesional del Doctor Edmundo Díaz Pardo, director de la tesis, fue invaluable durante el transcurrir de este difícil pero fructífero período de investigación. Agradezco especialmente el apoyo inicial del Doctor Manuel Guzmán Arroyo y el impulso final del Doctor Carlos Rosas Vázquez, asesores de la tesis.

Durante esta investigación tuve la fortuna de conocer (en orden cronológico) e iniciar una relación académica con el Doctor John Lyons y el Doctor Dean Hendrickson que aceptaron amablemente revisar y comentar la tesis doctoral.

Agradezco la revisión y los comentarios del Doctor Carlos Martínez Palacios y del Doctor Martín López Hernández. También mi especial agradecimiento a las críticas y comentarios del Doctor Antonio Lot Helgueras.

Miguel Ángel Castillo y Diego Díaz del Laboratorio de Informática de ECOSUR apoyaron la elaboración de mapas y el manejo de ARC-VIEW; Eduardo Rubio, Rodolfo Mondragón, Teresita y Cecilia del Programa de Vinculación apoyaron problemas de logística al final de la tesis. En los múltiples trámites administrativos conté con el apoyo de mis amigos y hermanas Joep, Kathy, Lorena, Sofía y Janine, así como, de Mague y Antonio de la Dirección del Posgrado de la UNAM a todos ellos mi reconocimiento por su apoyo y trabajo. Y por supuesto a los amigos de proyectos de vida similares, que no idénticos, Adolfo, Hans, Alejandro, Isabel, Enrique, Julia, Carlos y Jacobo, les agradezco los momentos de inspiración y aliento.

DIVERSIDAD ÍCTICA DEL RÍO LACANJA, SELVA LACANDONA, CHIAPAS, MÉXICO

*Rocío Rodiles Hernández*¹
*Sara Domínguez Cisneros*¹
*Ernesto Velázquez Velázquez*¹

RESUMEN

Durante el periodo de enero a mayo de 1996 se realizaron cuatro campañas en el río Lacanjá. Se establecieron diez estaciones de muestreo y los peces estuvieron presentes en todas ellas. Este estudio se basa en el análisis de un total de 1500 ejemplares, pertenecientes a 29 especies, distribuidas en nueve familias, de las que Cichlidae fue la mejor representada, con 17 taxa. Este material actualmente constituye el acervo más importante de la Colección Ictiológica de El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, formalmente iniciada en enero de 1996.

A pesar de la corta longitud y del estrecho intervalo de altitud del río Lacanjá, un análisis de similitud mostró la presencia de tres grupos que sugieren patrones comunitarios distintos. El primero corresponde a la parte baja del río Lacanjá, muestra la mayor riqueza específica derivada de su cercanía geográfica con el río Lacantún al cual desemboca, lo que da lugar al acceso de peces que se desplazan con fines de alimentación o de reproducción; ocho de las 19 especies presentes en este grupo sólo habitan esta área. El grupo dos se ubica en la porción media del Lacanjá, conjunta el mayor número de estaciones y la mayor heterogeneidad ambiental, sin embargo la diversidad íctica tiende a disminuir en su parte superior; finalmente el tercer grupo, localizado en la parte alta, en comparación con el

¹ Departamento de Ecología y Sistemática Acuática. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Ap. postal 63, Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, C.P. 29290, E-mail: rrodiles@scic.ecosur.mx

anterior se caracteriza porque la riqueza específica vuelve a aumentar, aunque también es donde se presenta el menor número de taxa exclusivos. Aparentemente, estos patrones están más relacionados con la altitud y presencia de barreras físicas, que con el hábitat.

Durante el periodo de estudio las especies más ampliamente distribuidas fueron *Astyanax fasciatus*, *Brycon guatemalensis* y *Petenia splendida*, las dos últimas son de gran importancia alimenticia. Se registra por primera vez en los ríos Lacanjá y Lacantún la presencia de *Ctenopharyngodon idella*, que es la única especie exótica de la comunidad.

ABSTRACT

At ten different sample sites along the Lacanja river, fish were capture on four occasions between January to May 1996. Each of the sites contained fish, a total of 1500 specimens were taken belonging to 29 species in nine families of wich the Cichlidae were the dominant group with 17 taxa. In January 1996 a new fish collection was started at El Colegio de la Frontera Sur at San Cristobal de las Casas; Chiapas, and all specimen are herein incorporated.

The Lacanja river is longitudinally short and the altitudinal difference was small. A similarity analysis of the fish communities showed the presence of three distinctive goups. The first group of the lower section of river is rich in species because of its nearness to the mouth of the Lacantún river from where fishes visit to reproduce and feed. Eighth of the total of 19 species encountered in this group are exclusively captured here. The second group in the middle section of river is important because it occurs at many sites and has many different kinds of hábitat ; at the upper sites species diversity was low. The third group at the upper section of the river again has an increased number of species. However, in contrast with the first group, this community carried the lowest number of exclusive species. The observed patterns appear more related to physical river barriers and altitude than to specif properties of the hábitat.

The most widely distributed species in this study were *Astyanax fasciatus*, *Brycon guatemalensis* and *Petenia splendida*, of wich the latter two are in important source for human consumption. The occurrence of *Ctenopharyngodon idella*, the only exotic fish encountered, is a new record for both the Lacanja and Lacantún river.

INTRODUCCIÓN

Chiapas es una de las entidades mexicanas que cuenta con mayor riqueza hidrológica. En este estado se localizan 72 ríos permanentes y gran cantidad de arroyos y corrientes temporales (Velasco-Colín, 1976). Cuenta, también, con ecosistemas lénticos entre los que destacan las lagunas de Montebello, de Catazajá y de Reforma Agraria, además de grandes embalses artificiales como la Angostura, Netzahualcóyotl y Peñitas.

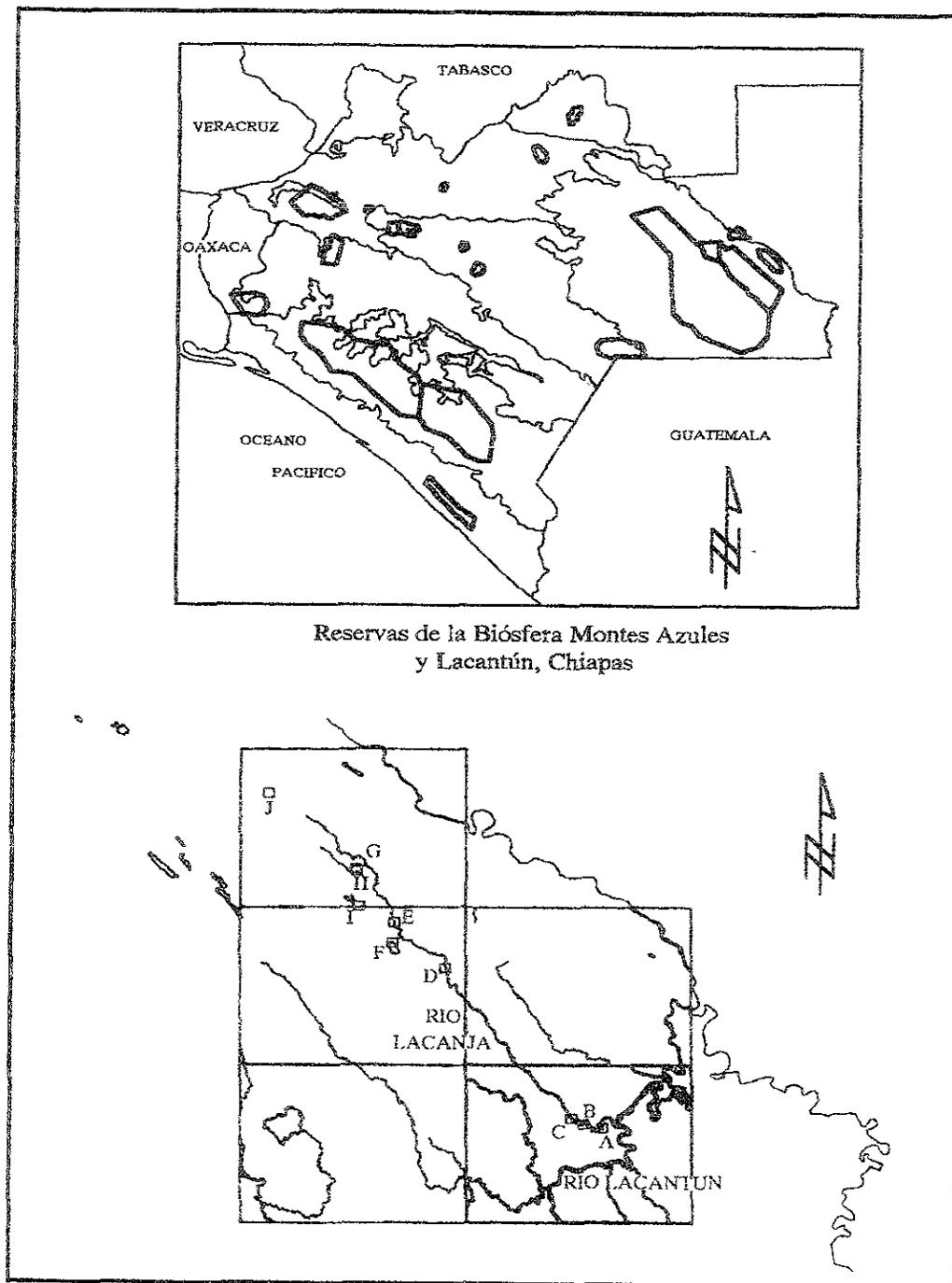
Una de las regiones fisiográficas de Chiapas es la Selva Lacandona, que desde el punto de vista hidrológico pertenece al sistema Grijalva-Usumacinta, la más importante en México y Centroamérica por el volumen de agua que transporta y por su diversidad íctica (Miller, 1966; 1988); en ella se ubican dos Reservas de la Biosfera, la de Montes Azules y la de Lacantún. La primera (decretada en 1978) tiene una extensión de 331,200 ha, mientras que la segunda (decretada en 1992) abarca una superficie de 61,874 ha; ambas constituyen el corredor ecológico que comunica con El Petén de Guatemala y Calakmul en Campeche, formando una de las zonas más grandes de Selva Tropical Húmeda (INE-CONABIO, 1995).

El río Lacanjá se localiza entre las coordenadas 16°23'57" a 16°56'56" N y 90°57'41" a 91°17'95" O, tiene una longitud aproximada de 110 kilómetros, nace a los 420 msnm y termina a los 100 msnm al desembocar al río Lacantún. El Lacanjá es límite geográfico entre las dos Reservas antes mencionadas (fig. 1).

El área de drenaje del río Lacanjá tiene un clima cálido húmedo, caracterizado porque la temperatura media anual es superior a los 22°C y la del mes más frío superior a los 18°; con régimen de lluvias de verano e influencia del monzón, la precipitación media anual supera los 2500 mm, en el mes más seco rebasa los 20 mm y la lluvia invernal representa el 3.4% de la anual. Predomina el relieve cárstico, derivado de roca caliza y de procesos endógenos que provocaron movimientos de tensión y compresión que plegaron y fracturaron los estratos y originaron montañas alargadas, orientadas noroeste-sureste, como rumbo general, separadas por valles intermontanos (INE-CONABIO, *op. cit.*).

La ictiofauna de la Selva Lacandona ha sido objeto de atención de varios investigadores, casi todos enfocados a su estudio taxonómico y biogeográfico, sin que por ello se cuente en la actualidad con el conocimiento total de su diversidad íctica.

Contados son los esfuerzos orientados al conocimiento acerca de la biología y ecología de los peces de esta zona; por tanto, la acuicultura basada en especies



Reservas de la Biósfera Montes Azules y Lacantún, Chiapas

Figura 1. Río Lacanjá, Chiapas. Ubicación de las estaciones de muestreo.

nativas no se ha desarrollado y las iniciativas emprendidas al respecto (y posteriormente abandonadas) han carecido de bases científicas sólidas, a pesar de que los pocos resultados obtenidos sugieren el gran potencial acuícola de algunos taxa. Por otra parte, se desconoce la situación de las poblaciones de peces nativos, su interrelación con las introducidas y el efecto que estas últimas ocasionan sobre las primeras (Utrera-López, 1994).

En virtud de lo anterior, en El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) unidad San Cristóbal de las Casas, se desarrolla el proyecto de investigación denominado "Ictiofauna del río Lacanjá". La presente contribución forma parte de dicho proyecto y persigue el estudio de la estructura de la comunidad de peces, a través de los siguientes objetivos: a) conocimiento del elenco ictiofaunístico, b) distribución específica en el área de estudio, y c) análisis de la asociación de especies.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se establecieron 10 estaciones de muestreo a lo largo de los aproximadamente 110 kilómetros de longitud del río Lacanjá (fig. 1), mismas que fueron visitadas en cuatro ocasiones en el período comprendido de enero a mayo de 1996. Todas las localidades fueron georreferenciadas utilizando un GPS (Magellan 5000) y se describieron características del hábitat tales como flujo, transparencia, sustrato y tipo de vegetación, entre otros.

Los peces se colectaron usando las siguientes artes de pesca: a) anzuelos de los números 3, 5 y 8, b) atarrayas de 2 metros de diámetro y 1 pulgada de luz de malla y, c) redes agalleras de 45 metros de largo x 4 de altura y luz de malla de 3 pulgadas y de 30 x 3 x 3 en las mismas unidades. Se colectó durante el día y la noche en todos los tipos de hábitat. El material se fijó en formol al 10% y se preservó en alcohol al 70%. La identificación se basó en los criterios de Jordan y Evermann (1896-1990), Regan (1906-1908), Hubbs (1936), Miller y Nelson (1961) y Alvarez (1970), cuando fue necesario se acudió a las descripciones originales. El material se encuentra depositado en la Colección Ictiológica de ECOSUR-Unidad San Cristóbal de las Casas (ECO-SC-P).

La riqueza específica se analizó en relación con la altitud de cada una de las estaciones. Posteriormente, con la finalidad de conocer y comparar la asociación de especies, se obtuvo la matriz de presencia-ausencia por localidad de muestreo. Con estos datos se realizó el análisis de similitud cualitativa utilizando el coeficiente de Simple Matching (SM), el cual toma en cuenta tanto los valores positivos (presencia) como los negativos (ausencia) de las especies por estación de muestreo (Krebs, 1989); a la matriz resultante se le aplicó el método de la media aritmética no ponderada (UPGMA) y se realizó la reducción de grupos para

ESPECIES	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Lepisosteidae										
<i>Atractosteus tropicus</i> (Gill)	X	X								
Clupeidae										
<i>Dorosoma anale</i> Meek	X									
Characidae										
<i>Astyanax fasciatus</i> Günther	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Brycon guatemalensis</i> Regan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cyprinidae										
<i>Ctenopharyngodon idella</i> (Valenciennes)		X	X							
Ictaluridae										
<i>Ictalurus meridionalis</i> (Günther)	X	X	X							
Ariidae										
<i>Arius felis</i> (Linnaeus)	X	X	X							
<i>Potamarius nelsoni</i> (Evermann y Goldsborough)	X									
Pimelodidae										
<i>Rhamdia guatemalensis</i> (Günther)	X		X	X					X	X
Poeciliidae										
<i>Poecilia sphenops</i> Valenciennes	X	X	X	X	X				X	
<i>Xiphophorus helleri</i> Heckel									X	
<i>Heterandria bimaculata</i> (Heckel)									X	
Cichlidae										
Theraps:										
<i>Cichlasoma bifasciatum</i> (Steindachner)				X						
<i>Cichlasoma heterospilum</i> Hubbs		X	X	X		X				
<i>Cichlasoma guttulatum</i> (Steindachner)									X	
<i>Cichlasoma intermedium</i> (Günther)		X	X	X	X			X	X	X
<i>Cichlasoma lentiginosum</i> (Steindachner)	X				X				X	
<i>Cichlasoma irregulare</i> (Günther)		X								
<i>Cichlasoma fenestratum</i> (Günther)	X	X	X							
<i>Cichlasoma</i> sp. 1						X				
<i>Cichlasoma</i> sp. 2										X
Amphilophus:										
<i>Cichlasoma</i> sp. 3		X	X							X
Paraneotroplus:										
<i>Cichlasoma cf. bulleri</i> (Regan)				X					X	X
Parapetenia:										
<i>Cichlasoma urophthalmus</i> (Günther)						X				
<i>Cichlasoma friedrichsthalii</i> (Heckel)				X		X	X		X	X
Thorichthys:										
<i>Cichlasoma callolepis</i> (Regan)					X	X				
<i>Cichlasoma champotonis</i> Hubbs		X	X		X	X				
Herichthys:										
<i>Cichlasoma pearsei</i> (Hubbs)	X	X	X	X		X	X			
<i>Petenia splendida</i> Günther	X	X	X	X	X	X	X	X		

Tabla 1. Elenco sistemático de la ictiofauna del río Lacanjá.

obtener el dendrograma correspondiente (Krebs, *op. cit.*) por medio del Programa NTSYS-1989. Los resultados se relacionaron con las características del hábitat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se capturaron 1500 peces de 29 especies, distribuidas en nueve familias, todas ellas nativas, excepto *Ctenopharyngodon idella* especie alóctona, introducida a México desde 1965 (Espinoza *et al.* 1993) y observada en el río Lacantún desde 1990 (Gálvez E., com. pers.). Dichas especies aparecen enlistadas en la tabla 1.

La diversidad íctica muestra de manera clara el predominio de las especies neotropicales, puesto que sólo *Atractosteus tropicus* e *Ictalurus meridionalis* son de origen neártico; la familia mejor representada es Cichlidae con 17 especies (58.6%).

Tres especies, *Brycon guatemalensis*, *Astyanax fasciatus* y *Petenia splendida* son las de más amplia distribución en el área de estudio, pues se presentan en el 75-100% de las estaciones; otros taxa como *Cichlasoma intermedium*, *C. pearsei* y *Poecilia sphenops* se encuentran en el 50-75% de las estaciones; *Ictalurus meridionalis*, *Arius felis*, *Rhamdia guatemalensis*, *Cichlasoma heterospilum*, *C. lentiginosum*, *C. fenestratum*, *Cichlasoma* sp. 3, *Cichlasoma* cf. *bulleri*, *C. friedrichsthali* y *C. champotonis* en el 25-50% de los sitios de muestreo, y finalmente, 13 especies tienen distribución restringida, ya que *Atractosteus tropicus*, *Dorosoma anale*, *Ctenopharyngodon idella*, *Potamarius nelsoni*, *Xiphophorus helleri*, *Heterandria bimaculata*, *Cichlasoma bifasciatum*, *C. guttulatum*, *C. irregulare*, *Cichlasoma* sp 1 y 2, *C. urophthalmus* y *C. callolepis* sólo se distribuyen en menos del 25% de las estaciones.

Las características ambientales de cada estación de muestreo, mismas que se describen en la tabla 2, permiten establecer la variedad de hábitats en el sistema del río Lacanjá. Cinco estaciones (B, C, D, E, J) se encuentran localizadas sobre el cauce principal, fundamentalmente en zonas de remanso con y sin corriente; otras cuatro (F, G, H, I) corresponden a lagunas y ríos secundarios que desembocan temporal o permanentemente al río Lacanjá; finalmente una estación (A) representa un ambiente característico de una extensa zona de inundación con comunicación directa al cauce principal.

En el perfil longitudinal (fig. 2) se indica la localización de cada una de las estaciones en relación con la altitud sobre el nivel del mar y con respecto al cauce principal. No obstante que el río Lacanjá recorre más de 100 kilómetros, sus cambios altitudinales son mínimos (de 420 a 100 msnm), lo que da lugar a que el perfil longitudinal muestre una curva de pendiente suave.

Estación	Tipo de hábitat	Altitud y distancia a la desembocadura (río Lacanjá)	Características ambientales	Tipo de vegetación
A	Arroyo sin corriente. Con 11 metros de ancho y 1.5 de profundidad.	109 msnm; a 6 km.	Agua turbia de color café, detritus, troncos y ramas en el fondo.	Jimbal, caña brava y selva mediana.
B	Remanso sin corriente en el cauce principal, entre dos caídas de agua. 35.5 metros de ancho y 7.5 de profundidad.	128 msnm; a 8.5 km.	Agua de color verdoso, sustrato limoso con detritus, árboles y troncos en el fondo.	Selva mediana, jimbal y caña brava.
C	Remanso con corriente en el cauce principal, entre caídas de agua. Tiene 40.5 metros de ancho y 7.5 de profundidad.	156 msnm; a 11.4 km.	Agua de color verdoso, arroyos frecuentes. Sustrato limoso con detritus, árboles y troncos.	Selva alta.
D	Remanso con corriente en el cauce principal, entre caídas de agua. Tiene 34 metros de ancho y 3 de profundidad.	240 msnm; a 47.7 km.	Agua transparente y verdosa, con presencia de arroyos. Sustrato limoso con detritus, árboles y troncos.	Selva alta.
E	Corriente rápida, en el cauce principal. Con 35 metros de ancho y 3.3 de profundidad.	280 msnm; a 66.4 km.	Agua transparente verdosa, con un sustrato de areniscas con cuevas y enraizamientos en el fondo.	Selva mediana y alta.
F	Laguna (Lacanjá) 210 hectáreas de superficie y una profundidad media de 1.5 metros en el litoral.	260 msnm; a 50 km.	Agua transparente de color azul con un sustrato limoso y conchas de caracol.	Selva alta, sibal, carrizo acuático y ninfa acuática.
G	Laguna (Carranza) 36 hectáreas de superficie y una profundidad promedio de 2 metros.	340 msnm; a 66.5 km.	Agua turbia de color café, sustrato de detritus y limo.	Selva mediana, sibal, pastos naturales y ninfa acuática.
H	Río (Carranza). Remanso con corriente entre caídas de agua. Tiene 15 metros de ancho y 2.8 de profundidad.	380 msnm; a 66 km.	Agua transparente con un sustrato de limo, grava y detritus; árboles y troncos.	Selva mediana y alta.
I	Río (Cedros). Remanso sin corriente, con 28 metros de ancho y 5 de profundidad.	400 msnm; a 70 km.	Agua turbia y de color verdoso. Con sustrato limoso y detritus, árboles y troncos.	Selva mediana, sibal, ninfa acuática y pastos naturales.
J	Cauce principal dividido por una isla, un brazo es un remanso con corriente, el otro una corriente rápida.	420 msnm; a 100 km.	Agua transparente de color verdoso, sustrato limoso con detritus, árboles y troncos.	Pastizal, selva mediana y sibal.

Tabla 2. Descripción de las estaciones de muestreo en el río Lacanjá (enero-mayo 1996).

El análisis de la riqueza específica (fig. 3) resulta en la formación de cuatro grupos. El primero, formado por las estaciones A, B y C, es el que tiene mayor diversidad

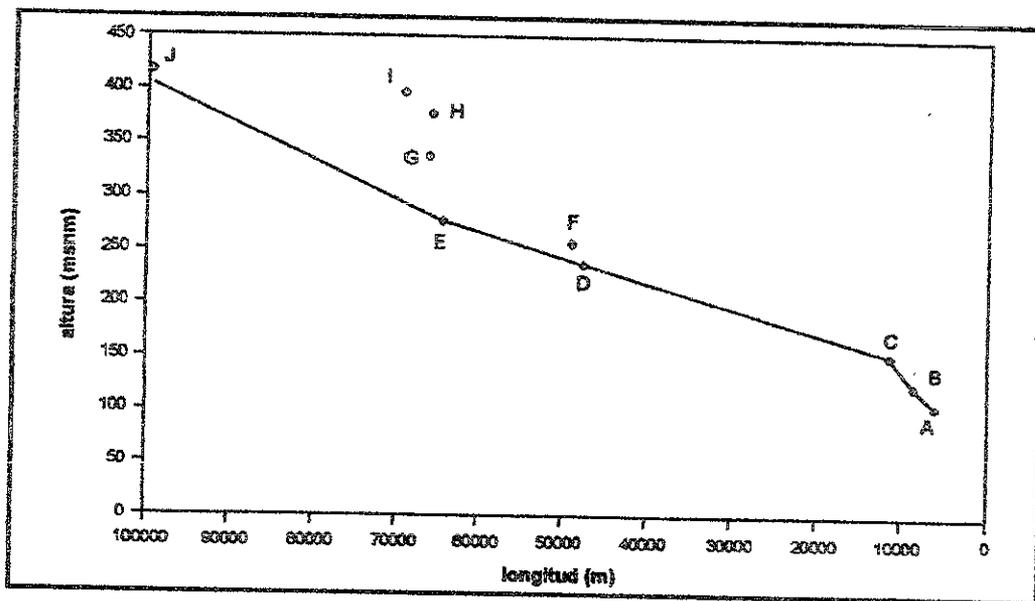


Figura 2. Perfil longitudinal del río Lacanjá.

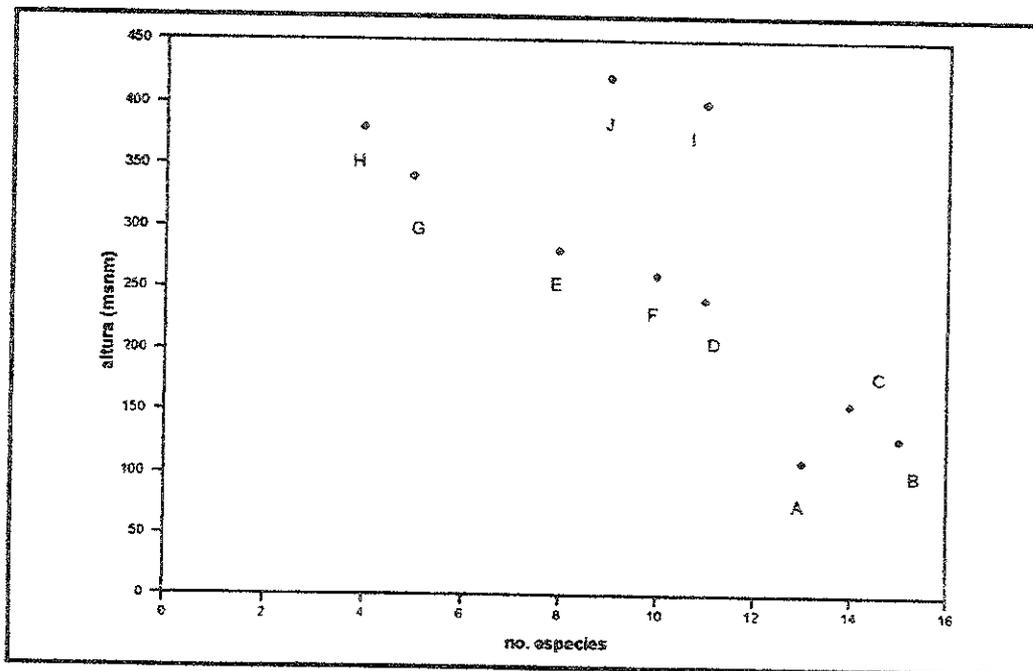


Figura 3. Riqueza específica en relación con la altitud.

y se localiza en la parte baja, entre los 109-156 msnm, y su diversidad se conforma por 13 a 15 especies; el segundo grupo se ubica en la parte media y está formado por las estaciones D, E y F entre los 240-280 msnm, donde se capturaron entre 8 y 11 especies; un tercer grupo se constituye por las localidades G y H, ubicadas entre los 340 a 380 msnm, y donde se encontró la menor diversidad, de 4 a 5 especies; finalmente el cuarto grupo incluye las localidades I, J, las más cercanas al nacimiento del río Lacanjá, ubicadas entre los 400 a 420 msnm, y que revelan un incremento en la diversidad, pues se identificaron de 9 a 11 especies.

Con el fin de corroborar este primer acercamiento a la estructura y distribución de la comunidad se aplicó un análisis de similitud que dio como resultado la formación de sólo tres grupos o ensambles de peces (fig. 4).

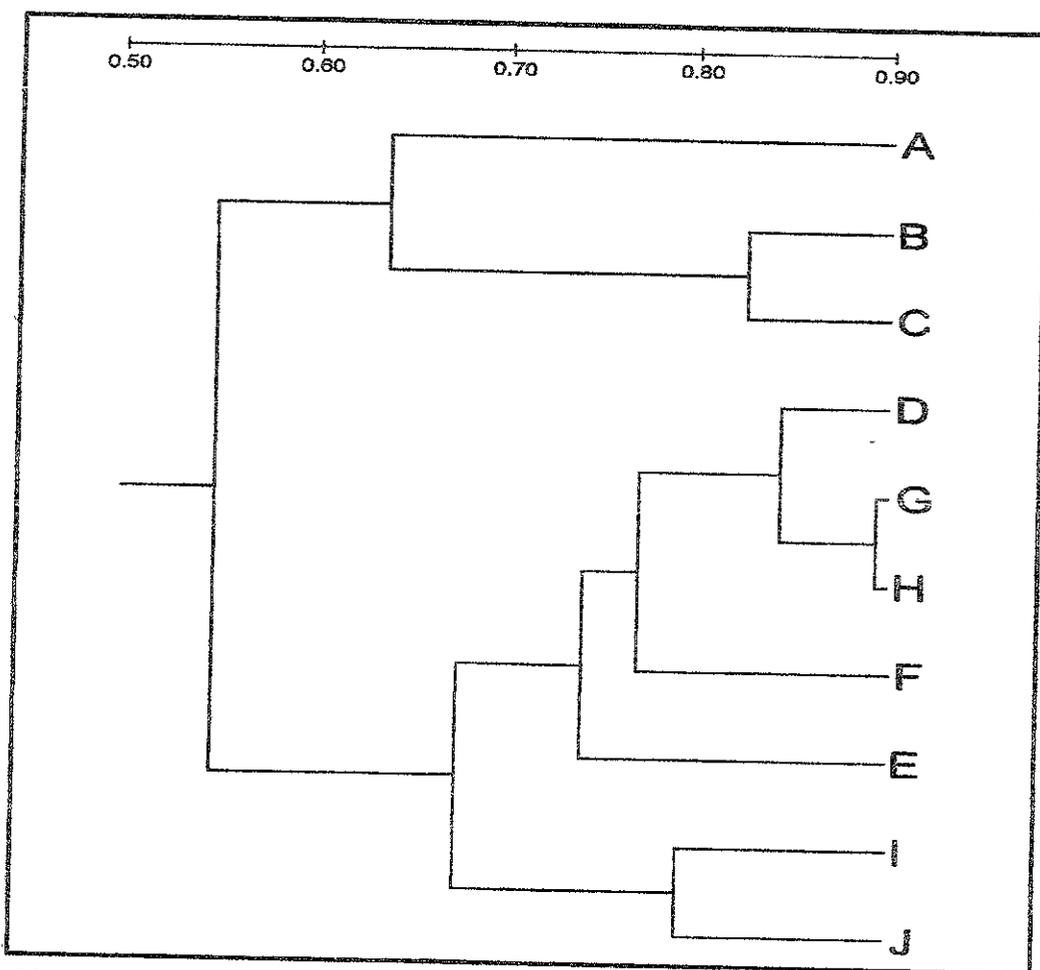


Figura 4. Dendrograma de similitud entre estaciones del río Lacanjá (Simple Matching SM).

Grupo 1: Es el más disímil de los tres; está formado por las tres estaciones de la parte baja, ubicadas sobre el cauce principal o cercano a él. Se caracteriza porque de las 19 especies presentes ocho son exclusivas, entre otras *Arius felis*, *Cichlasoma fenestratum*, *Atractosteus tropicus*, *Ictalurus meridionalis* y *Ctenopharyngodon idella*; las cuatro primeras se localizaron en remansos o en arroyos con poca corriente, mientras que las dos últimas también se encuentran en zonas de corriente rápida y en arroyos, a las que se agregan *Dorosoma anale* y *Potamarius nelsoni*, aunque se capturaron en una sola ocasión.

Sin embargo, como se observa en el dendrograma (fig. 4), la estación A es muy diferente a las otras dos; el Arroyo Negro es una estación que corresponde a una zona de pantano, donde predomina la vegetación de jimbál que indica un lugar de inundación permanente y que durante la época de lluvia cubre una amplia superficie; esta estación presenta un hábitat preferente para *Atractosteus tropicus*. Las estaciones B y C son más similares entre sí, se encuentran en el cauce principal, en remansos con y sin corriente (tabla 2).

Grupo 2: Es el conjunto más grande y más heterogéneo; pues incluye las cinco estaciones que muestran amplia diversidad de hábitats: zonas de corriente rápida, remansos con y sin corriente, lagunas con agua transparente, o de aguas turbias, zonas inundadas, y arroyos. En este grupo se encuentran las especies más ampliamente distribuidas en el sistema: *Astyanax fasciatus*, *Brycon guatemalensis*, *Rhamdia guatemalensis*, *Petenia splendida*, *Cichlasoma intermedium*, *C. heterospilum*, *C. pearsei* y *C. friedrichsthalii*; destacan las dos primeras especies por encontrarse en todos los ambientes y en las diez estaciones de muestreo. En esta área existen cinco taxa exclusivos de las 16 especies presentes.

En el dendrograma correspondiente se observa que este grupo es similar porque comparte varias especies, sin embargo, dos estaciones (G y H) son las más semejantes entre sí y son las que tienen menor diversidad, la primera es una laguna pantanosa de agua turbia, con características favorables para *Petenia splendida*, y la otra es un río con fuerte flujo, alta oxigenación y agua muy transparente, con condiciones favorables para la reproducción y crecimiento de *Brycon guatemalensis*, por tanto su similitud puede deberse a su cercanía geográfica.

Grupo 3: Se ubica en la parte alta (entre 400 a 420 msnm) y sus estaciones presentan diversos hábitats, pero predominan zonas de corriente, remansos con corriente y áreas de inundación. Este grupo, aunque comparte especies con los anteriores, presenta ambientes que permiten una gran abundancia de *Cichlasoma friedrichsthalii* y hasta el momento no se ha encontrado *Petenia splendida* ampliamente distribuida en las otras estaciones.

Entre los límites del área geográfica ocupada por los grupos 1 y 2 existe una caída de agua de más de 15 metros de altura que fracciona las condiciones del cauce; lo mismo sucede en la estación I "Río Cedros", en ambos casos éstas podrían estar funcionando como barrera física para algunas especies.

La estructura de la comunidad de peces del río Lacanja es similar a la encontrada por Galacatos *et al.* (1996) en la cuenca amazónica del río Napo, cuya altitud varía de 295 a 235 msnm en una distancia de aproximadamente 300 km y donde se detectaron cuatro ensambles de peces en la época de sequía, determinados por la altitud y el hábitat.

Ibarra y Stewart (1989) señalan que en los ambientes tropicales es común encontrar que el ciclo anual tiene dos estaciones bien marcadas, la de lluvias y la de estiaje; esta última se define como un período de restricción del hábitat. Conforme los niveles de agua disminuyen, la movilidad y dispersión de los peces decrece, al mismo tiempo que la competencia y depredación se incrementan debido a cambios en la extensión del hábitat, cantidad de alimento e incluso en las concentraciones de oxígeno disuelto, que influyen en la composición de la comunidad vía efectos sobre la migración y selección del hábitat.

La formación y variación en la estructura de los ensambles de peces ha sido también estudiada en ríos y lagunas de inundación de la cuenca del Amazonas por Goulding *et al.* (1988) y Henderson (1990), y en la cuenca del río Orinoco por Rodríguez y Lewis Jr (1990; 1994).

El presente estudio corresponde a la época de sequía, pero es indudable que el muestreo estacional puede determinar no sólo la capacidad de desplazamiento de los peces, sino también cambios en la composición de la comunidad y su correlación con el nivel del agua, los parámetros químicos y el flujo. De tal forma que se hace necesario incorporar estudios sobre características del ciclo de vida, ecología y distribución de cada una de las especies, como medio de entender las adaptaciones a la dinámica del régimen de flujo y su influencia sobre los patrones de la comunidad.

ESPECIES DE IMPORTANCIA ALIMENTICIA

Por lo menos diez taxa son importantes en la dieta de las comunidades ribereñas (tzeltales, lacandones y mestizos). Tres de ellas están ampliamente distribuidas y son objeto de pesquerías artesanales en todo el sistema: el macabil (*Brycon guatemalensis*), la tenguayaca (*Petenia splendida*) y la mojarra pinta (*Cichlasoma intermedium*). Sin embargo, el aprovechamiento de las especies ícticas con fines de alimentación es aún mayor; además de las anteriores en la parte baja son

importantes las capturas del pejelagarto (*Atractosteus tropicus*), bagre (*Ictalurus meridionalis*) y mojarra negra (*Cichlasoma fenestratum*); en la parte alta se capturan con frecuencia tres especies de mojarras *Cichlasoma friedrichsthalii*, *C. pearsei*, *C. lentiginosum* y el juile *Rhamdia guatemalensis*.

Por otro lado, algunas de estas especies, como *Brycon guatemalensis*, y varios cíclidos entre ellos, *Petenia splendida* y *Cichlasoma urophthalmus*, son objeto de un policultivo en estanques familiares de la comunidad lacandona.

La carpa herbívora, *Ctenopharyngodon idella*, empieza a ser problema en la región de la lacandona y en todo el sistema del Usumacinta, por lo menos, desde el estado de Chiapas hasta Tabasco debido a las altas densidades de población que alcanza, y como no tiene aceptación como alimento, compite con los recursos en las redes (obs. pers.). En la zona de estudio, fundamentalmente en la parte baja, se encontraron numerosos grupos de entre 20 y 50 individuos en las zonas de corriente, remansos y arroyos. En la parte alta no fue colectada ni observada y los pobladores no la conocen, por lo que posiblemente algunas caídas de agua están actuando como barreras físicas impidiéndole el paso río arriba.

CONCLUSIONES

Ctenopharyngodon idella, especie introducida, es un nuevo registro para los ríos Lacanjá y Lacantún; y *Cichlasoma cf. bulleri*, *C. callolepis*, *C. fenestratum* y *Arius felis* no son mencionadas por Lozano y Contreras (1987) en su estudio de la ictiofauna continental de Chiapas.

Los resultados presentados corresponden a la época de estiaje, en todos los muestreos las capturas de peces fueron similares en cuanto a composición de especies por lo que se decidió analizar como un todo la información de las cuatro campañas realizadas (enero a mayo).

El análisis de similitud mostró tres grupos que presentan patrones comunitarios distintos. El primero (A, B y C) tiene la mayor riqueza de especies (13-15), es el más cercano a la desembocadura con el gran río Lacantún, por lo que, de los ocho taxa exclusivos, probablemente algunos acudan al río Lacanjá, eventualmente o excepcionalmente, y con fines de reproducción o alimentación. En el grupo 2 y 3 (D, E, F, G, H, I, J) la riqueza específica se mantiene (8-11 especies), excepto para dos estaciones (G y H) que presentan la menor diversidad (4-5 especies); sin embargo, lo anterior se debe a que en ellas se encuentran ambientes muy restringidos, la primera es una laguna de tamaño reducido (36 hectáreas) y la segunda es un río afluente al Lacanjá, de escasa longitud, lo que reduce las posibilidades de albergar a muchas especies. A pesar de lo anterior, éstas ofrecen

condiciones favorables para la reproducción y el crecimiento de dos especies ampliamente distribuidas *Petenia splendida* en la primera y *Brycon guatemalensis* en la segunda estación.

Por lo anterior, se puede concluir que la riqueza específica aparentemente se mantiene a lo largo del río, excepto para las estaciones cercanas a la desembocadura (A, B y C) o para hábitats más restringidos (G y H).

Se pretende continuar con los muestreos en la época de lluvias, con la finalidad de comparar y analizar la diversidad y asociación de especies en los diversos hábitats y características ambientales, entre las dos épocas extremas; además de incorporar información sobre hábitos alimentarios y aspectos reproductivos de las principales especies.

AGRADECIMIENTOS

De manera especial se agradece la invitación para participar en la Conmemoración del primer cincuentario de la Colección de Peces Dulceacuícolas Mexicanos del Instituto Politécnico Nacional, una de las colecciones científicas más importantes del país. Dicha institución realizó en junio de 1996 una donación de peces a la Colección Ictiológica de El Colegio de la Frontera Sur en la Unidad San Cristóbal de las Casas, Chiapas, con el fin de que este último contara con una colección de referencia para el estado de Chiapas.

ECOSUR y el Programa SIBEJ-CONACYT han proporcionado el apoyo financiero para el desarrollo de esta investigación. El M. en C. Ignacio March realizó los primeros contactos con La Comunidad Lacandona. El Dr. Edmundo Díaz Pardo ha brindado su asesoría y capacitación para la determinación taxonómica, así como, en el desarrollo de la investigación. El Geógrafo Arturo Arreola, de la SEMARNAP-Chiapas, ha realizado la ubicación geográfica de las localidades de estudio en la figura del río Lacanjá, la M. en C. Kathleen A. Babb Stanley y la M. en C. Lorena Ruíz dieron su apoyo en el uso de paquetes estadísticos. Celedonio Chan Salas del Ejido Reforma Agraria ha participado en las capturas de peces. Los lacandones Joaquín Chan Kin y Vicente Paniagua de la comunidad de Lacanjá Chansayab, Gerardo Camacho de Pico de Oro y muchas otras personas nos han guiado en la zona de estudio.

LITERATURA CITADA

- Alvarez del Villar, J. 1970. *Peces mexicanos (claves)*. Secretaría de Industria y Comercio, México., D.F. 166 pp.
- Espinoza P. H., M. T. Gaspar D. y P. Fuentes M. 1993. *Listados faunísticos de México. III. Los peces dulceacuícolas mexicanos*. Instituto de Biología. UNAM, México. D.F. 99 pp.
- Galacatos, K., D. J. Stewart & M. Ibarra, 1996. Fish community patterns of lagoons and associated tributaries in the Ecuadorian Amazon. *Copeia* (4): 875-894.
- Goulding, M., M. L. Carvalho & E. G. Ferreira, 1988. *Rio Negro: rich life in poor water. Amazonian diversity and foodchain ecology as seen through fish communities*. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands.
- Henderson, P. A., 1990. Fish of the Amazonian igapo: stability and conservation in a high diversity low biomass system. *J. Fish. Biology* 37 (Suppl. A): 61-66.
- Hubbs, C.L., 1936. *Fishes of the Yucatan Peninsula*. In: A.S. Pearse, E.P. Pearse and F.G. Hall. *The Cenotes of Yucatan, a zoological and hidrographic survey*: 157-288. Carnegie Inst. Washington Pub. 457.
- Ibarra, M. & D. J. Stewart, 1989. Longitudinal zonation of sandy beach fishes in the Napo River Basin, eastern Ecuador. *Copeia* (2): 364-381.
- INE-CONABIO, 1995. *Reservas de la Biósfera y otras áreas naturales protegidas de México*. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). Coedición: Instituto Nacional de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 159 pp.
- Jordan D. S. and B.W. Evermann. 1896-1900. *The fishes of North and Middle America*. Ed. Smithsonian Institution. Washington. 3313 pp + fig.
- Krebs, C. J. 1989. *Ecological methodology*. Part Three. Estimating community parameters. 291-408. Ed. Harper and Row Publishers. New York.

- Lozano V. M. y S. Contreras B. 1987. Listado zoogeográfico y ecológico de la Ictiofauna Continental de Chiapas, México. *The Southwestern Naturalist* 32(2):223-236.
- Miller, R. R. 1966. Geographical Distribution of Central American Freshwater Fishes. *Copeia* 4:773-802.
- Miller, R. R. 1986. Composition and derivation of the freshwater fish fauna of México. *An. Esc. nac. Cienc. biol., Méx.*, 30: 121-153.
- Miller, R. R. y B. C. Nelson 1961. Variation, life colors, and ecology of *Cichlasoma callolepis*, a cichlid fish from southern Mexico, with discussion of the *Thorichthys* species group. *Occasional papers of the Museum of Zoology, University of Michigan*. 622: 1-9 pp.
- Regan, C. T. 1906-1908. *Biologia Centrali-America. Pisces*. Taylor and Francis Red Lyon Court. Inglaterra. 203 pp + fig.
- Rodríguez, M. A. & W. M. Lewis Jr, 1990. Diversity and species composition of fish communities of Orinoco floodplain lakes. *Nat. Geogr. Res.* 6: 319-328.
- Rodríguez, M. A. & W. M. Lewis Jr, 1994. Regulation and stability in fish assemblages of neotropical floodplain lakes. *Oecologia* 99: 166-180.
- Utrera-López M.E. 1994. Los peces de la Selva Lacandona: Conocimiento actual y potencial de uso. *Memorias del II Seminario sobre Peces Nativos en Acuicultura*. H. Cárdenas, Tabasco. México, 15-26 pp.
- Velasco-Colín R., 1976. *Los peces de agua dulce del estado de Chiapas*. Edic. gobierno del estado, 143 pp.

Patterns in the Species Diversity and Composition of the Fish Community of the Lacanja River, Chiapas, Mexico

Rocio Rodiles-Hernández

El Colegio de la Frontera Sur
Carretera Panamericana y Periferico Sur S/N
C.P. 29290, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México

Edmundo Díaz-Pardo

Escuela Nacional de Ciencias Biológicas
Instituto Politécnico Nacional
Plan de Ayala y Carpio S/N, Santo Tomás
C.P. 11340, México, D.F., México

and

John Lyons

Wisconsin Department of Natural Resources and
University of Wisconsin Zoological Museum
1350 Ferrite Drive
Monona, Wisconsin 53716-3736 USA

ABSTRACT

The Lacanja River, a tropical rain forest river in southern Mexico, remains relatively undegraded and serves as a good reference for comparison with other rivers in the region that are experiencing human impacts. We sampled 12 sites from the headwaters to the mouth of the river (120 km) in both the wet and dry seasons to quantify longitudinal and seasonal patterns in fish community diversity and composition. We collected 44 species (41 native) from the river, with Cichlidae the most speciose family. The most widespread and abundant species were *Brycon guatemalensis*, *Astyanax* sp. (both Characidae), and *Cichlasoma intermedium* (Cichlidae). Based on fish species composition, the river could be divided into an upper, middle, and lower zone; waterfalls impeded fish movements within and between these zones. The upper zone had the lowest species diversity, and the lower zone had the highest. All of the upper zone fishes also occurred in the lower zone, and community composition changed from upstream to downstream solely through species addition and without species replacement. Overall, species diversity was slightly higher in the dry season.

INTRODUCTION

Although they are economically and scientifically important, the diverse fish communities of the tropical rain forest rivers of southern México have been little studied. Most of the available information about the fish of these rivers concerns taxonomy and broad-scale distribution patterns (e.g., Regan 1908, Miller 1966, 1986, Lozano-Vilano and Contreras-Balderas 1987, Espinosa-Pérez et al. 1993, Gaspar-Dillanes 1996), and there are few studies of species life history and ecology (but see Chávez-Lomeli et al. 1989). Many rivers remain largely unsurveyed, and data on spatial and temporal patterns of fish species diversity and composition are lacking. Unfortunately, rivers in southern México are increasingly degraded by watershed deforestation, oil and mineral

extraction, hydroelectric development, industrial and municipal pollution, overfishing, and introduction of exotic species (López-Pacheco and Zavala-Cruz 1988, Babcock and Nieder 1995, Landa et al. 1997). More detailed information on river fish communities is urgently needed to assess environmental impacts of continued human development of the region and to develop effective river conservation and restoration strategies.

In temperate North America, numerous studies have documented longitudinal patterns in fish community structure, composition, and functional organization within and among rivers. In general, there is a strong tendency for communities to become more taxonomically and ecologically diverse from small streams to large rivers, such that headwater and mainstream communities are very different. Both abrupt and gradual longitudinal changes in species addition and turnover may occur, depending on the steepness of ecological gradients and the presence of barriers to fish movement (reviewed in Matthews 1986, Rahel and Hubert 1991). The few studies of longitudinal pattern in tropical Mesoamerican river fish communities, all conducted in Panama or Costa Rica, also show strong longitudinal patterns in fish community attributes.

River size, habitat heterogeneity, and accessibility to colonizing fishes are important predictors of fish diversity (Bussing and López 1977, Gorman and Karr 1978, Angermeier and Karr 1983, Burcham 1988, Angermeier and Schlosser 1989, Lyons and Schneider 1990, Winemiller and Leslie 1990).

Seasonal climate changes strongly influence patterns in river fish communities. In temperate rivers, seasonal temperature changes are paramount, but in tropical rivers, seasonal fluctuations in precipitation and river flows, are most important. Fish communities change, often dramatically, between the wet and dry seasons in response to major shifts in water chemistry, food abundance, and predation intensity (Zaret and Rand 1971, Lowe-McConnell 1987, Ibarra and Stewart 1989, Winemiller 1990, 1995, Rodríguez and Lewis 1994).

In this study, we described the longitudinal and seasonal patterns in the fish community of the Lacanja River in southern México. Our goal was to quantify fish species composition and diversity along the length of this river system in both the dry and wet seasons. The Lacanja River is a relatively undegraded system that can serve as a valuable reference for comparison with other southern Mexican and Central American river systems that are more heavily impacted by human activities.

METHODS AND MATERIALS

The Lacanja River is located in the state of Chiapas, between latitude 16°23'57" and 16°56'56" N and longitude 90°57'41" and 91°17'95" W. It is 120 km long and has a drainage area of approximately 800 km². The headwaters have an elevation of about 450 m, and the mouth has an elevation of 100 m. The Lacanja River is the boundary between two of the most important biosphere reserves in México, Montes Azules and Lacantún, notable for their large size and high biological diversity. The river is thus protected from major human impacts and retains a relatively pristine character.

The Lacanja River experiences a warm and humid climate, with a summer through fall rainy season (García 1973). Mean annual rainfall

ranges from 2000 to 3000 mm, and mean annual temperatures are 23 to 27°C. The rainy season starts in May and ends in January, but some rain usually falls during every month of the dry season (climatological station of Bonampak, 1966-1988). Riparian vegetation is mainly tropical forested wetlands with some patches of upland tropical rain forest. The wetland flora is characterized by *Cladium jamaicense*, *Guadua spinosa*, *Typha* sp., *Nymphaea* sp., *Thalassia* sp., and wetland palm thickets; upland riparian rain forest includes both evergreen and deciduous woodlands. Numerous ridges traverse the watershed, yielding a complex drainage system with 20-25 independent subwatersheds. Several 8-12 m high waterfalls are present that impede fish movement within the river system. For more details of the physiography of the study area see Ramirez-García and Lot (1992), García-Gil (1995), and Rodiles-Hernández et al. (1996).

Between January 1996 and December 1997, eight fish sampling visits were made to the Lacanja River. Four were during the dry season and four were during the rainy season. Twelve sampling sites were established (Fig. 1) and located using a global positioning system. Altitude, river depth, channel width, flow, current direction, presence of waterfalls, and dominant riparian vegetation were also recorded at the beginning of each sampling.

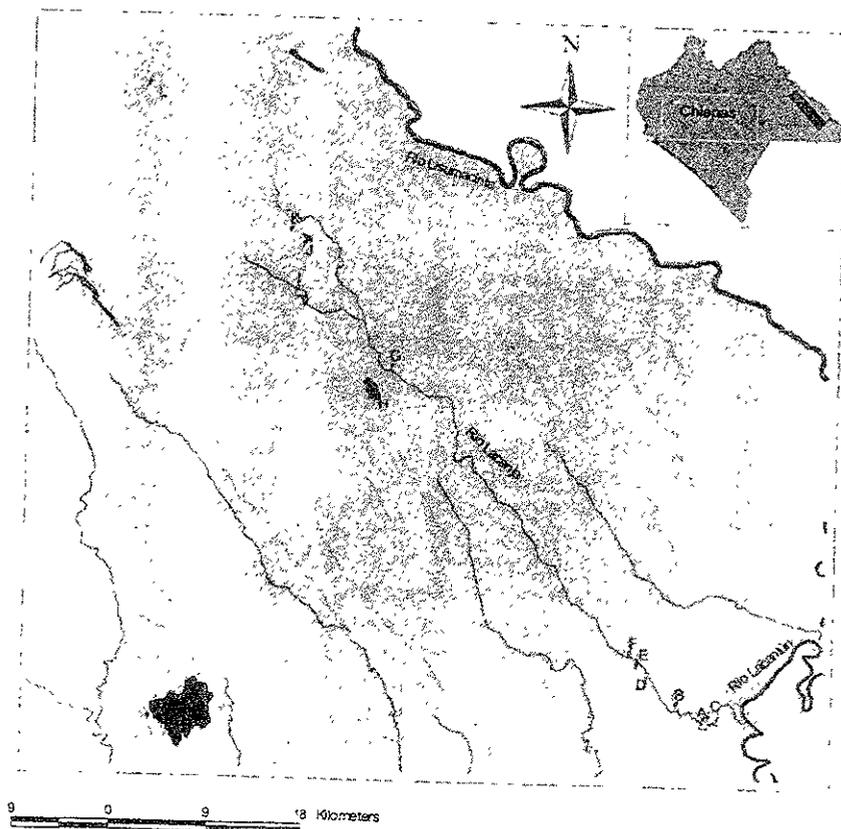


Figure 1. Map of the Lacanja River, showing its position in Mexico and the location of the study sites (A-L).

Sites were chosen to encompass the range of habitats within the river system and included small headwaters, the main river channel, the river mouth, major tributaries, small tributaries, "clearwater" (transparent) and "blackwater" (stained) floodplain lakes, and riparian wetlands (Table 1). The main river channel had numerous small (~1 m high) waterfalls. These originated from bedrock outcrops or large tree trunks that had fallen across the river and trapped alluvial material (mainly sand and limestone) to form natural dams. These dams often were covered with wetland vegetation and supported large aggregations of fish. Habitat at the mouth of the river was particularly complex, with many islands, numerous small sinuous channels, and many riffles, runs, pools, and natural dams.

Table 1. Description of the 12 sampling sites on the Lacanja River.

Site	Description	Width (m)	Depth (m)	Latitude Longitude	Elevation (m)
A	Main channel above the mouth	33-38	1.5-2.8	16°24'09" 90°47'37"	111
B	Main channel	40-50	3-7.5	16°24'57" 90°49'58"	128
C	Blackwater tributary (Negro) near confluence with river channel	8.5-10	1.2-1.8	16°23'80" 90°47'82"	112
D	Main channel, with fast-flowing runs	34-35	4-7.5	16°25'62" 90°50'98"	140
E	Main channel below El Hippy waterfall, with numerous runs and rapids	30-34	3 - 3.7	16°26'61" 90°71'63"	158
F	Main channel just above El Hippy waterfall	37-40	2.7-3.3	16°26'94" 90°51'84"	190
G	Main channel near ancient Mayan city of Bonampak	30.5-34	3-5	16°41'74" 91°04'65"	300
H	Floodplain clearwater lake (Lacanjá) with an intermittent connection to the main river	--	20-25	16°40'40" 91°05'56"	280
I	Major tributary (Cedros) to the main river but isolated by an 8-m high waterfall	19-32	3.3-5	16°45'66" 91°09'70"	400
J	Short, first-order, clearwater tributary (Carranza) to the main river	13-15	1.7-2.8	16°48'29" 91°09'48"	380
K	Floodplain blackwater lake (Carranza) with no direct connection to the main river	--	1-2	16°48'70" 91°09'91"	360
L	Main channel near source of the river	12.6-35	2.4-3.3	16°56'42" 91°18'10"	450

Fish were collected from each site with size 3, 5, and 8 baited hooks; a 50-cm diameter dip net; a 3-m long, 13-mm mesh beach seine; a 2-m diameter, 25-mm mesh cast net; and gill nets of 30, 35, and 40 m lengths and 25 mm, 57 mm, and 76 mm mesh, respectively. Gill nets were fished overnight, hooks were fished in the morning and evening, and other nets were used during the day. All habitat types within each site were sampled, and sampling continued until no new species were captured. Captured fishes were preserved and identified, following the taxonomy of Miller (1966, 1986), Espinosa-Pérez et al. (1993) and Eschmeyer (1998), and then they were deposited in the Ichthyological Collection of El Colegio de la Frontera Sur in San Cristóbal de las Casas, Chiapas (ECO-SC-P).

A generic name followed by "sp." indicates that the species are uncertain or undefined. The *Cichlasoma* sp. will be described by R.R. Miller and R. Bailey; and the catfish will be described by R. Rodiles-Hernández and D. Hendrickson. We refer to all of the native cichlid species except *Petenia splendida* by the traditional genus name *Cichlasoma*, although this name is now restricted to a group of cichlids from South America, and the Middle American cichlids are known to belong to several different genera. However, the exact generic placement of many Middle American cichlids remains uncertain and contentious (Miller and Norris 1996); so to avoid confusion, we use *Cichlasoma* here.

A database was developed based on the presence-absence of species at each site from all sampling methods combined and for all dry season samples pooled and all wet season samples pooled (24 total site samples). Similarities between samples and between species were calculated using the Jacard coefficient (Magurran 1988, Krebs 1989), and the resulting two similarity matrices were clustered by the UPGMA method (NTSYS 1995).

RESULTS AND DISCUSSION

The Overall Fauna

During this study a total of 5490 fish in 44 species and 17 families were collected from the Lacanja River system (Table 2). In a preliminary dry season sampling of this system in 1996, Rodiles-Hernández et al. (1996) collected 29 species in nine families. Gaspar-Dillanes (1996) reviewed all previous literature and museum holdings pertaining to the Lacanja River and reported only 10 species in three families, reflecting the lack of sampling in this river prior to 1996.

For our study, the dominant family was Cichlidae, both in terms of number of individuals (2327) and species (18) (Table 2). One of the cichlid species, *Oreochromis niloticus*, had been introduced into México from Africa, and another, *Cichlasoma urophthalmus*, was native to southern México but is outside of its natural range. The presence of these two species in the Lacanja River was probably due to their use for aquaculture in the watershed. Other well-represented families were Poeciliidae (five native species; 279 fish), Characidae (three native species; 2117 fish), and Ariidae (three native species; 270 fish). The remaining 13 families had only one or two species and comprised less than 10% of the total fish caught. One of these, *Ctenopharyngodon idella* (Cyprinidae), had been introduced into México from Asia.

At the species level, the three most abundant and widespread taxa were *Brycon guatemalensis* (Characidae), *Astyanax* sp. (Characidae) and *Cichlasoma intermedium* (Cichlidae), which occurred at all or nearly all of the sites and together accounted for 49% of the total fish collected (Tables 2, 3). The 16 next most abundant species made up 43% of the total captures, and the remaining 24 species comprised only 8%. Fourteen species were found at more than 50% of the sites, 12 were at 33% to 50% of the sites, and 18 at less than 25% of the sites.

Longitudinal Patterns

Based on the similarity in fish species occurrences among sites, we divided the Lacanja River into lower, middle, and upper zones (Table 3 and Fig. 2). The lower zone, represented by sites A through E (Fig. 1), had 38

Table 2. List of species from the Lacanja River, with the number and percent of individuals caught for all sampling methods, sites, and seasons combined.

Taxa	Number caught	Percent
LEPISOSTEIDAE		
<i>Atractosteus tropicus</i> Gill, 1863	40	0.73
CLUPEIDAE		
<i>Dorosoma anale</i> Meek, 1904	26	0.47
<i>Dorosoma petenense</i> (Günther 1865)	1	0.02
CYPRINIDAE		
<i>Ctenopharyngodon idella</i> (Valenciennes)	40	0.73
CATOSTOMIDAE		
<i>Ictobus meridionalis</i> (Günther 1868)	1	0.02
CHARACIDAE		
<i>Astyanax</i> sp.	892	16.2
<i>Hyphessobrycon compressus</i> (Meek 1904)	13	0.24
<i>Brycon guatemalensis</i> Regan, 1906	1212	22.1
ICTALURIDAE		
<i>Ictalurus meridionalis</i> (Günther)	122	2.22
ARIIDAE		
<i>Cathorops aguadulce</i> (Meek 1904)	136	2.48
<i>Arius assimilis</i> Günther, 1864	90	1.64
<i>Potamarius nelsoni</i> (Evermann and Golsborough 1902)	44	0.80
PIMELODIDAE		
<i>Rhamdia guatemalensis</i> (Günther 1864)	208	3.79
SILURIFORMES		
Catfish (undescribed)	7	0.13
BATRACHOIDIDAE		
<i>Batrachoides goldmani</i> Evermann and Golsborough, 1902	2	0.04
MUGILIDAE		
<i>Mugil curema</i> Valenciennes 1836	4	0.07
ATHERINOPSIDAE		
<i>Atherinella</i> sp.	8	0.15
BELONIDAE		
<i>Strongylura hubbsi</i> Collette, 1974	18	0.33
POECILIIDAE		
<i>Gambusia yucatanana</i> Regan, 1914	49	0.89
<i>Heterandria bimaculata</i> (Heckel 1848)	25	0.46
<i>Poecilia mexicana</i> Steindachner, 1863	187	3.41
<i>Belonesox bettzanus</i> Kner, 1860	6	0.11
<i>Xiphophorus helleri</i> Heckel, 1843	12	0.22
SYNBRANCHIDAE		
<i>Ophisternon genigmaticum</i> Rosen and Greenwood 1976	1	0.02
GERREIDAE		
<i>Diapterus mexicanus</i> (Steindachner 1863)	18	0.33
CICHLIDAE		
<i>Cichlasoma argentea</i> (Allgayer 1991)	62	1.13
<i>Cichlasoma belone</i> (Allgayer 1989)	49	0.89
<i>Cichlasoma bifasciatum</i> (Steindachner 1864)	22	0.4
<i>Cichlasoma friedrichstali</i> (Heckel) 1840	254	4.63
<i>Cichlasoma helleri</i> (Steindachner 1864)	165	3.0
<i>Cichlasoma intermedium</i> (Günther 1862)	583	10.6
<i>Cichlasoma lentiginosum</i> (Steindachner 1864)	89	1.69
<i>Cichlasoma meeki</i> (Brind 1918)	58	1.1
<i>Cichlasoma nourissati</i> (Allgayer 1989)	214	3.90
<i>Cichlasoma octofasciatum</i> (Regan 1903)	50	0.91
<i>Cichlasoma pasionis</i> Rivas, 1962	45	0.82
<i>Cichlasoma pearsei</i> (Hubbs 1936)	201	3.66
<i>Cichlasoma salvini</i> (Günther), 1862	99	1.80
<i>Cichlasoma synspilum</i> Hubbs, 1935	196	3.6
<i>Cichlasoma urophthalmus</i> (Günther 1862)	7	0.13
<i>Cichlasoma</i> sp. (undescribed)	55	1.00
<i>Petenia splendida</i> Günther, 1862	177	3.22
<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus 1766)	1	0.02
ELEOTRIDAE		
<i>Gobiomorus dormitor</i> Lacépède, 1800	1	0.02

river by the 15-m high El Hippy waterfall, a major barrier to fish movement. In March 1998, after this study had ended, a single specimen of *C. octofasciatum*, a species not previously known from this zone, was observed at site C.

The middle zone of the river consisted of sites F, G, and H, and had 24 species of fish (Table 3). Three species (*Atherinella* sp, *Cichlasoma pasionis*, and *C. urophthalmus*) were unique to this zone but all were rare.

Site F, located just upstream of the El Hippy waterfall, was somewhat distinct from sites G and H (Fig. 2), probably because it had little habitat diversity and contained no unique species. In March 1998, specimens of *C. synspilum*, not previously known from the middle zone, were found at sites G and H. These specimens were probably escapees from nearby aquaculture operations.

Sites I through K made up the upper zone of the river system (Fig. 2). Sixteen species were encountered, and only *Xiphophorus helleri* was unique to the zone (Table 3). This zone could be further subdivided into three sections (Fig. 2). Sites I and L clustered together, but were located on different streams (Table 1). Both sites had diverse but generally similar habitat conditions. The two sites shared 12 species, five of which (*Heterandria bimaculata*, *Ophisternon aenigmaticum*, *Cichlasoma belone*, *Cichlasoma lentiginosum*, and *Xiphophorus helleri*) were not found at Sites J and K. Sites J and K were close to each other but had dissimilar fish assemblages, probably because of very different ecological conditions. Site J was on a small, fast-flowing, clearwater stream, whereas site K was in a marshy, blackwater, floodplain lake. Site J had only five species, none of which were unique to the zone, whereas site K had eight, two of which (*Cichlasoma pearsei*, *Cichlasoma salvini*) were found nowhere else in the zone.

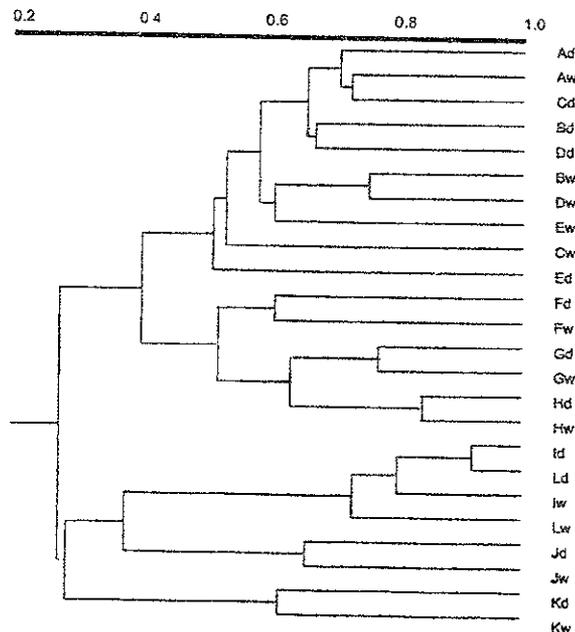


Figure 2. Dendrogram of similarities among sampling sites. Capital letters refer to sites; w=wet season samples (pooled); d=dry season samples.

Similarities among species distributions also indicated longitudinal zonation in the fish assemblage of the Lacanja River system (Fig.3). The dendrogram of similarities could be divided into three main groups. Group "a" consisted 12 species found only in the lower zone. Group "b" contained 15 species with relatively wide distributions that occurred at more than six sites and within at least two of the three zones. Group "c" had 17 species that were found at only a one or two sites. This group could be further subdivided into subgroups "c1" and "c4" which were found only in the lower zone, subgroup "c2" which occurred in the middle and upper zones, and "c3" which was restricted to the middle zone. Table 4 summarizes the distribution of species among the three zones.

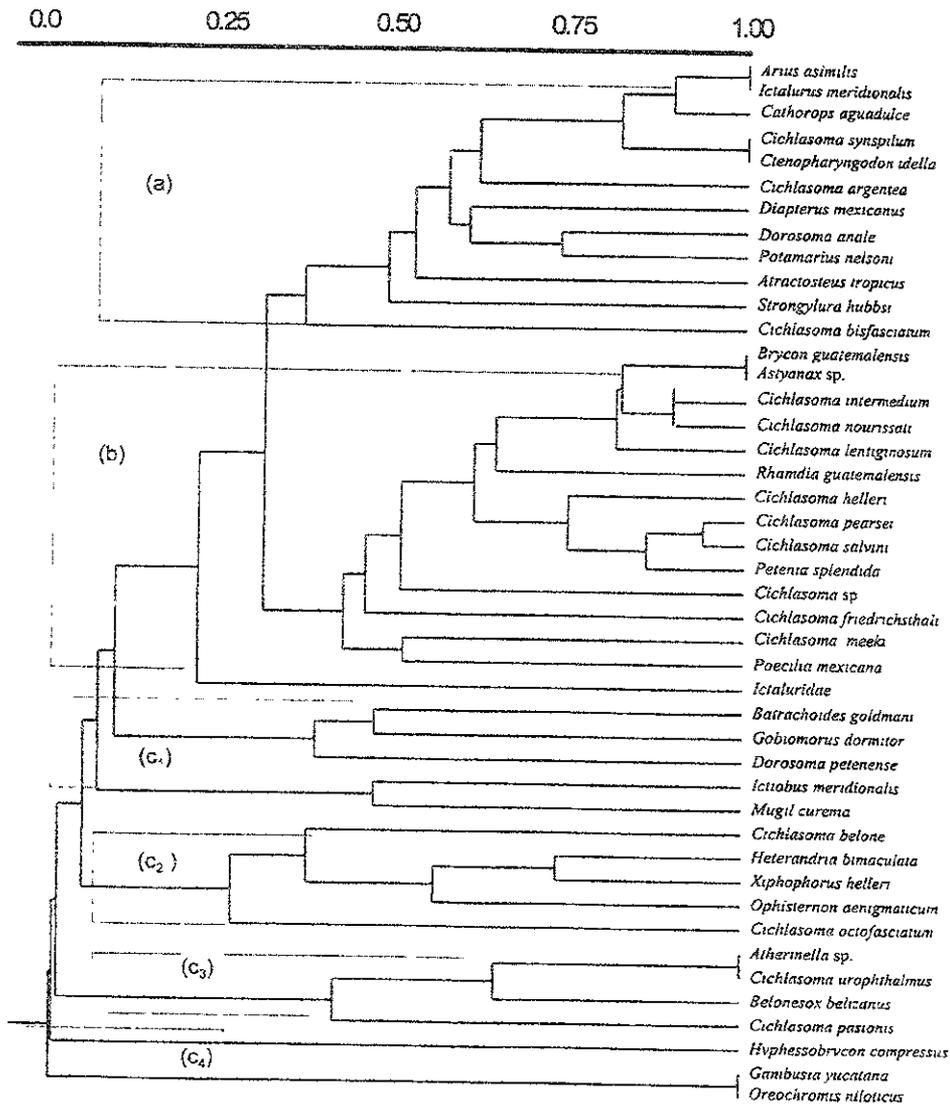


Figure 3. Dendrogram of similarities among species (all samples pooled). Letters and dashed lines refer to species groupings discussed in the text.

Table 4. Species occurring in each of the three zones of the Lacanja River

Lower zone	Middle zone	Upper zone
<i>Arius assimilis</i>	<i>Astyanax</i> sp.	<i>Astyanax</i> sp.
<i>Astyanax</i> sp.	<i>Atherinella</i> sp.	<i>Brycon guatemalensis</i>
<i>Atractosteus tropicus</i>	<i>Belonesox belizanus</i>	<i>Cichlasoma belone</i>
<i>Batrachoides goldmani</i>	<i>Brycon guatemalensis</i>	<i>Cichlasoma friedrichsthalii</i>
<i>Belonesox belizanus</i>	<i>Cichlasoma argentea</i>	<i>Cichlasoma intermedium</i>
<i>Brycon guatemalensis</i>	<i>Cichlasoma belone</i>	<i>Cichlasoma lentiginosum</i>
<i>Cathorops aguadulce</i>	<i>Cichlasoma friedrichsthalii</i>	<i>Cichlasoma nourissati</i>
<i>Cichlasoma argentea</i>	<i>Cichlasoma helleri</i>	<i>Cichlasoma octofasciatum</i>
<i>Cichlasoma belone</i>	<i>Cichlasoma intermedium</i>	<i>Cichlasoma pearsei</i>
<i>Cichlasoma bifasciatum</i>	<i>Cichlasoma lentiginosum</i>	<i>Cichlasoma salvini</i>
<i>Cichlasoma friedrichsthalii</i>	<i>Cichlasoma meeki</i>	<i>Heterandria bimaculata</i>
<i>Cichlasoma helleri</i>	<i>Cichlasoma nourissati</i>	<i>Ophisternon aenigmaticum</i>
<i>Cichlasoma intermedium</i>	<i>Cichlasoma octofasciatum</i>	<i>Petenia splendida</i>
<i>Cichlasoma lentiginosum</i>	<i>Cichlasoma pasionis</i>	<i>Poecilia mexicana</i>
<i>Cichlasoma meeki</i>	<i>Cichlasoma pearsei</i>	<i>Rhamdia guatemalensis</i>
<i>Cichlasoma nourissati</i>	<i>Cichlasoma salvini</i>	<i>Xiphophorus helleri</i>
<i>Cichlasoma pearsei</i>	<i>Cichlasoma</i> sp.	
<i>Cichlasoma salvini</i>	<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	
<i>Cichlasoma</i> sp.	<i>Heterandria bimaculata</i>	
<i>Cichlasoma synspilum</i>	Catfish	
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	<i>Ophisternon aenigmaticum</i>	
<i>Diapterus mexicanus</i>	<i>Petenia splendida</i>	
<i>Dorosoma anale</i>	<i>Poecilia mexicana</i>	
<i>Dorosoma petenense</i>	<i>Rhamdia guatemalensis</i>	
<i>Gambusia yucatana</i>		
<i>Gobiomorus dormitor</i>		
<i>Hyphessobrycon compressus</i>		
Catfish		
<i>Ictalurus meridionalis</i>		
<i>Ictiobus meridionalis</i>		
<i>Mugil curema</i>		
<i>Ophisternon aenigmaticum</i>		
<i>Oreochromis niloticus</i>		
<i>Petenia splendida</i>		
<i>Poecilia mexicana</i>		
<i>Potamarius nelsoni</i>		
<i>Rhamdia guatemalensis</i>		
<i>Strongylura hubbsi</i>		

Seasonal Patterns

Seasonal fluctuations in fish assemblage structure and composition occurred at most sites, and sites B, C, and D had the largest compositional shifts between seasons (Fig. 2). In the lower zone, *Ctenopharyngodon idella*, *C. belone*, and *Cichlasoma friedrichsthalii* were collected only in the dry season and *Ictiobus meridionalis* and *Mugil curema* only in the wet season, but none of these species was common. In the middle zone, *B. guatemalensis* comprised a substantially greater proportion of the total catch during the wet season, but the relative abundance of other species changed little. An undescribed catfish and *Cichlasoma argentea* were found only in the dry season, but neither of these species was common. Total richness was slightly higher and total catch substantially higher during the dry season. In the upper zone, *B. guatemalensis* was more abundant during the wet season, but other species showed much less change. *Cichlasoma belone*, *C. meeki*, *C.*

pasionis, and *C. salvini* were found only in the dry season, and an undescribed *Cichlasoma* species was present only in the wet season, but none of these species was common. Again, species richness was slightly higher and total catch substantially higher in the dry season.

Synthesis

The Lacanja River has a fish fauna similar to that of many other inland rivers in southern México and Central America, with a dominance by Cichlidae and Characidae (Bussing and López 1977, Angermeier and Karr 1983, Burcham 1988, Winemiller and Leslie 1990). A relatively high number of fish species is known from the Lacanja River in comparison with other rivers of southern México (Chávez-Lomeli et al. 1987, Gaspar-Dillanes 1996), in part because the Lacanja River has now been better sampled than most other rivers but perhaps also because it has as of yet been little degraded by human activities and still retains good water quality and high habitat diversity. However, human influences on the river are apparent, as at least three non-native species are present.

The Lacanja River shows a strong longitudinal pattern of increases species diversity from upstream to downstream, a finding consistent with results from many other temperate and tropical river systems (Angermeier and Schlosser 1989, Lyons and Schneider 1990, Rahel and Hubert 1991). An upper, middle, and lower zone can be distinguished in the Lacanja River based on fish species composition. Such zonation is common in rivers with abrupt ecological transitions or barriers to fish movement (Matthews 1985, Rahel and Hubert 1991). The many waterfalls that impede fish movement in the Lacanja River undoubtedly contribute to the discrete faunal groupings.

Interestingly, the differences between the three zones in the Lacanja River are almost completely the result of the addition of new species from upstream to downstream, with no species loss or replacement. Essentially all of the species that occurred in the upper zone were found in the middle and lower zones, and nearly all middle zone fishes were also found in the lower zone. Species addition without species replacement is common over short (< 25 km) stream lengths in temperate streams, but it is rare for longer lengths (Rahel and Hubert 1991). Previous longitudinal studies of Middle American rivers have been limited to river lengths well under the 120 km considered here, and all have documented substantial species turnover (Bussing and López 1977, Angermeier and Karr 1983, Lyons and Schneider 1990, Winemiller and Leslie 1990). Why the Lacanja River differs from other rivers is uncertain, but a possible explanation can be formulated if the waterfalls on the river are viewed as "filters" on the fauna (Tonn 1990). Presumably the lower zone is suitable for all of the species in the river. Upstream colonization by these species has been impeded but not completely prevented by waterfalls. At each waterfall, only a portion of the species present has been able to move upstream, such that less than half of the total river fish fauna has been able to reach the upper zone.

Seasonal differences in species diversity and composition were surprisingly low in the Lacanja River, especially in comparison with other neotropical rivers (Lowe-McConnell 1987, Winemiller 1990, 1995, Rodríguez and Lewis 1994). A few sites in the Lacanja River had major seasonal shifts, but as a whole, each zone changed little. Species diversity

was generally higher in the dry season, and *B. guatemalensis* was more dominant in the wet season, but most species displayed only minor variation in relative abundance. The reasons for this unusual stability between seasons is unknown.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank C. Rosas-Vázquez, M. Guzmán-Arroyo, P. Quintana-Ascencio, E. Soto-Galera and S. Contreras-Balderas for critical review of an earlier draft of the paper. I. March-Mifsut, G. García-Gil and Miguel Angel Castillo Santiago gave me provided access to the information of the Laboratorio de Información Geográfica y Estadística (LAIGE-ECOSUR), which also provided Figure 1. Sara Domínguez-Cisneros, Ernesto Velázquez-Velázquez, Manuel Morales-Román and Jesús Gutiérrez-Ochoa helped with field and laboratory activities. Support for this study was provided by sholarship (93866) of The Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) and The Sistema de Investigación Benito Juárez (FOSIBEJ) reference number Chis-06-RNMA-09. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) provided infrastructure and financial support.

LITERATURE CITED

- Angermeier, P. L. and J. R. Karr. 1983. Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. *Environmental Biology of Fishes* 9:117-138.
- Angermeier, P. L. and I. J. Schlosser. 1989. Species-area relationships for stream fishes. *Ecology* 70:1450-1462.
- Babcock, L. and P. Nieder. 1995. Mexican environments. *The Environmental Professional* 17:137-152.
- Burcham, J. 1988. Fish communities and environmental characteristics of two lowland streams in Costa Rica. *Revista Biología Tropical* 36:273-285.
- Bussing, W. A. and M. I. López. 1977. Distribución y aspectos ecológicos de los peces de las cuencas hidrográficas de Arenal, Bebedero, y Tempisque, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 25:13-37.
- Chávez-Lomeli, M. O., A. E. Mattheuws and M. H. Pérez-Vega. 1989. Biología de los peces del río San Pedro en vista de determinar su potencial para la piscicultura. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Veracruz, México.
- Espinosa-Pérez, H., M. T. Gaspar-Dillanes, and P. Fuentes-Mata. 1993. Listados faunísticos de México. III. Los peces dulceacuícolas mexicanos. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, Distrito Federal.
- Eschmeyer N. W. 1998. *Catalog of Fishes*. Vol. I, II & III. California Academy of Sciences. San Francisco.
- García E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köepen. (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4a. Ed. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, Distrito Federal.
- García-Gil, J. G. 1995. La Conservacion de los Paisajes en la Selva

- Lacandona, Chiapas, México. Tesis de Maestría, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México, Distrito Federal.
- Gaspar-Dillanes, M. T. 1996. Aportación al conocimiento de la ictiofauna de la selva Lacandona, Chiapas. *Zoología Informa (México, Distrito Federal)* 33:41-54.
- Gorman, O. T. and J. R. Karr. 1978. Habitat structure and stream fish communities. *Ecology* 59:507-515.
- Ibarra, M. and D. J. Stewart. 1989. Longitudinal zonation of sandy beach fishes in the Napo River basin, eastern Ecuador. *Copeia* 1989:364-381.
- Krebs, C. J. 1989. *Ecological Methodology*. University of British Columbia. New York.
- Landa, R., J. Meave and J. Carabias. 1997. Environmental deterioration in rural Mexico: an examination of the concept. *Ecological Applications* 7:316-329.
- López-Pacheco, R. A. and J. Zavala-Cruz. 1988. Impacto de la industria petrolera en zonas inundables del estado de Tabasco. Pages 637-643 in *Memorias de "Ecología y Conservación del Delta de los Ríos Usumacinta y Grijalva"*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, División Regional Tabasco, Villahermosa, Tabasco.
- Low-McConnell, R. H. 1987. *Ecological studies in tropical fish communities*. Cambridge University Press, New York.
- Lozano-Vilano, Ma. de L. and S. Contreras-Balderas. 1987. Lista zoogeográfica y ecológica de la ictiofauna continental de Chiapas, México. *Southwestern Naturalist* 32:223-236.
- Lyons, J. and D. W. Schneider. 1990. Factors influencing fish distribution and community structure in a small coastal river in southwestern Costa Rica. *Hydrobiologia* 203:1-14.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Matthews, W. J. 1986. Fish faunal "breaks" and stream order in the eastern and central United States. *Environmental Biology of Fishes* 17:81-92.
- Miller, R. R. 1966. Geographical distribution of Central American freshwater fishes. *Copeia* 1966:773-802.
- Miller, R. R. 1986. Composition and derivation of the freshwater fish fauna of Mexico. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México, Distrito Federal* 30:121-153.
- Miller, R. R. and S. M. Norris. 1996. A progress report on the higher classifications of Middle American cichlids (abstract). Page 219 in *Proceedings of the 76th Annual Meeting of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists*, June 13-19, 1996, New Orleans, Louisiana.
- NTSYS. 1995. *Numerical taxonomy and Multivariate Analysis System*. Exeter Software. New York.
- Regan, C. T. 1908. Pisces. *Biologia Centrali-Americana* 8:1-203.
- Rahel, F. J. and W. A. Hubert. 1991. Fish assemblages and habitat gradients in a Rocky Mountain - Great Plains stream: biotic zonation and additive patterns of community change. *Transactions of the American Fisheries Society* 120:319-332.

- Ramírez-García, P. and A. Lot H. 1992. Vegetación acuática de la Reserva de la Biosfera Montes Azules, Chiapas. *En: Vázquez-Sánchez, M. A. y M. A. Ramos (eds.). Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona: Investigación para su Conservación. Pub. Esp. Ecosfera. México. 1:87-99.*
- Rodiles-Hernández, R., S. Domínguez-Cisneros and E. Velázquez-Velázquez. 1996. Diversidad ictica del Río Lacanjá, Selva Lacandona, Chiapas, México. *Zoología Informa (México, Distrito Federal) 34:3-18.*
- Rodríguez, M. A. and W. M. Lewis, Jr. 1994. Regulation and stability in fish assemblages of neotropical floodplain lakes. *Oecologia 99:166-180.*
- Tonn, W. M. 1990. Climate change and fish communities: a conceptual framework. *Transactions of the American Fisheries Society 119:337-352.*
- Winemiller, K. O. 1990. Spatial and temporal variation in tropical fish trophic networks. *Ecological Monographs 60:331-367.*
- Winemiller, K. O. 1995. Factors driving temporal and spatial variation in aquatic floodplain food webs. Pages 298-312 in G. A. Polis and K. O. Winemiller, editors. *Food Webs: Integration of Patterns and Dynamics.* Chapman and Hill, New York.
- Winemiller, K. O. and M. A. Leslie. 1990. Fish assemblages across a complex, tropical freshwater/marine ecotone. *Environmental Biology of Fishes 34:29-50.*
- Zaret, T. M. and A. S. Rand. 1971. Competition in stream fishes: support for the competitive exclusion principle. *Ecology 52:336-342.*

A new siluriform family from southern México

Rocío Rodiles Hernández¹

Dean A. Hendrickson²

John G. Lundberg³

José A. Alves Gomes⁴

¹Curator of Ichthyology, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. Phone: 967 81883 ext. 5103; rrodiles@scic.ecosur.mx

²Curator of Ichthyology, University of Texas, Texas Natural History Collections, PRC 176 / R4000, 10100 Burnet Road, Austin, TX 78758-4445, USA. Phone: (512) 471-9774; deanhend@mail.utexas.edu

³Curator and Chair, Department of Ichthyology, The Academy of Natural Sciences, 1900 Benjamin Franklin Parkway, Philadelphia, PA 19103, USA. Phone: (215) 405-5069; lundberg@acnatsci.org

⁴Pesquisador Titular, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - C.P.B.A., C.P. 478, Manaus – AM 69083-000 Brasil. Phone: 55 92 643-3249; puraque@inpa.gov.br

ABSTRACT

During 1996-1998, the first author collected specimens of a new, relatively large (up to 463 mm SL) catfish from fast flowing, turbulent, foothill rivers and streams of the Usumacinta drainage in Chiapas, southern México. Three other siluriform family groups occur in the region, ariids, ictalurids and pimelodids. The new catfish lacks all derived features of ariids and the heptapterine pimelodid *Rhamdia*. It has a nasal barbel on the posterior naris, a derived feature shared with modern ictalurids and many old world taxa. Although resembling ictalurids (most closely *Noturus* and *Pylodictis*), its invariant and plesiomorphic pelvic ray count of 6 is unknown in that family, and the pelvic girdle appears plesiomorphic compared to the fossil *Astephus* + living ictalurids. Furthermore, the apomorphic jaw adductor muscle insertions on the skull roof and associated sculpturing and sagittal crest of ictalurids are lacking. The sphenotic, rather than the frontal (as in modern ictalurids), bears the bifurcation and exit for the infraorbital lateralis canal. Although preliminary, available morphological characters and mtDNA sequences (12s and 16s), do not allow us to assign this previously unseen fish to any described family, though it tends in very preliminary analyses of DNA sequence data to group with the African and Asian Malapterurids and Schilbeids.

Proportional measurements of 7 specimens of Chiapas catfish, expressed as thousandths of the standard length. Note that all specimens are listed in order of increasing size.

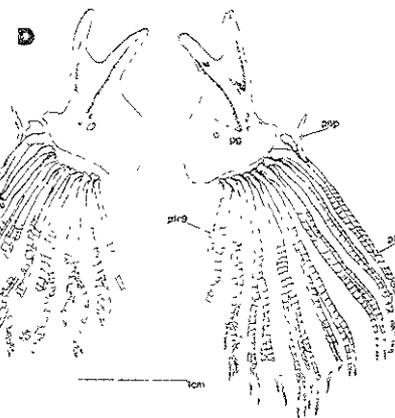
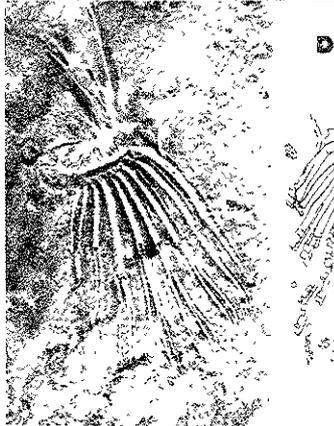
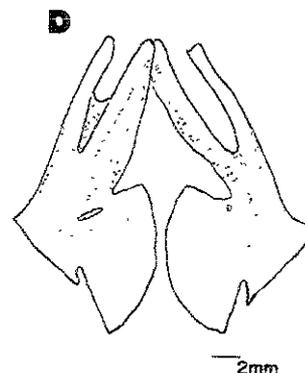
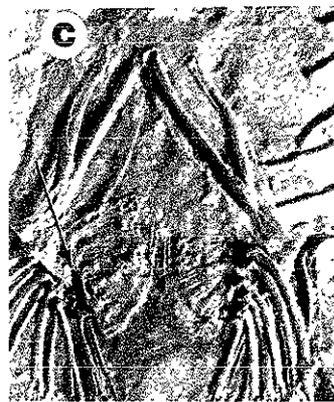
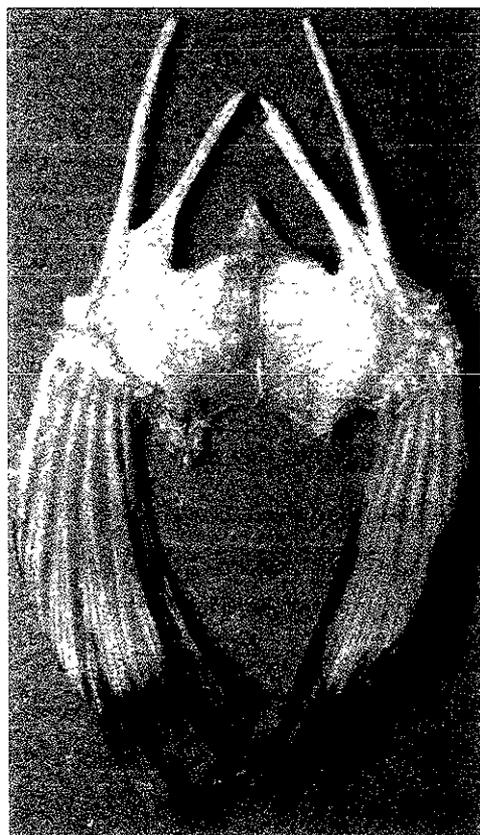
Measurement	ECO-SC-P 1239a	ECO-SC-P 1363b	ECO-SC-P 1363c	ECO-SC-P 1239b	ECO-SC-P 1363a	ECO-SC-P 2138	ECO-SC-P 2582a	Mean
Standard length (mm)	287	292	305	318	325	360	398	
Caudal peduncle depth	124	116	128	124	126	125	111	122
Caudal peduncle length	110	132	137	131	136	138	130	130
Predorsal length	357	340	347	327	360	346	358	348
Length to adipose origin	689	670	680	623	695	654	700	673
adipose fin, basal length	272	296	319	316	289	310	297	300
adipose notch to caudal base	78	77	76	80	79	81	76	78
Head length	282	272	276	271	292	292	284	281
Head width	165	171	146	162	140	172	143	157
Distance between posterior nostrils	108	105	111	101	115	114	103	108
Gape width	207	183	211	186	198	215	198	200
Length of barbels								
Nasal	125	108	123	119	109	119	95	114
Maxillary	391	351	370	322	336	354	289	345
Outer mental	237	245	265	201	245	234	199	232
Inner mental	83	82	87	85	90	84	71	83
Sex	female	female	female	male	male	male	male	

Meristic for 7 specimens of Chiapas catfish

	ECO-SC-P 1239a	ECO-SC-P 1239b	ECO-SC-P 1363a	ECO-SC-P 1363b	ECO-SC-P 1363c	ECO-SC-P 2138	ECO-SC-P 2582a
Dorsal fin rays	11	9	9	10	10	10	10
Anal-fin rays	22	22	20	21	21	20	21
Pectoral fin rays	11	11	11	11	11	11	10
Pelvic fin rays	6	6	6	6	6	6	6
Principal caudal-fin rays	22	22	21	20	21	21	20
Upper gill rakers on first arch	4	4	3	3	3	4	4
Lower gill rakers on first arch	10	10	10	10	10	10	10



Nasal barbel on the posterior naris - a derived feature the Chiapas cat (left) shares with modern ictalurids (*Ameiurus melas* - right) and many old world taxa.



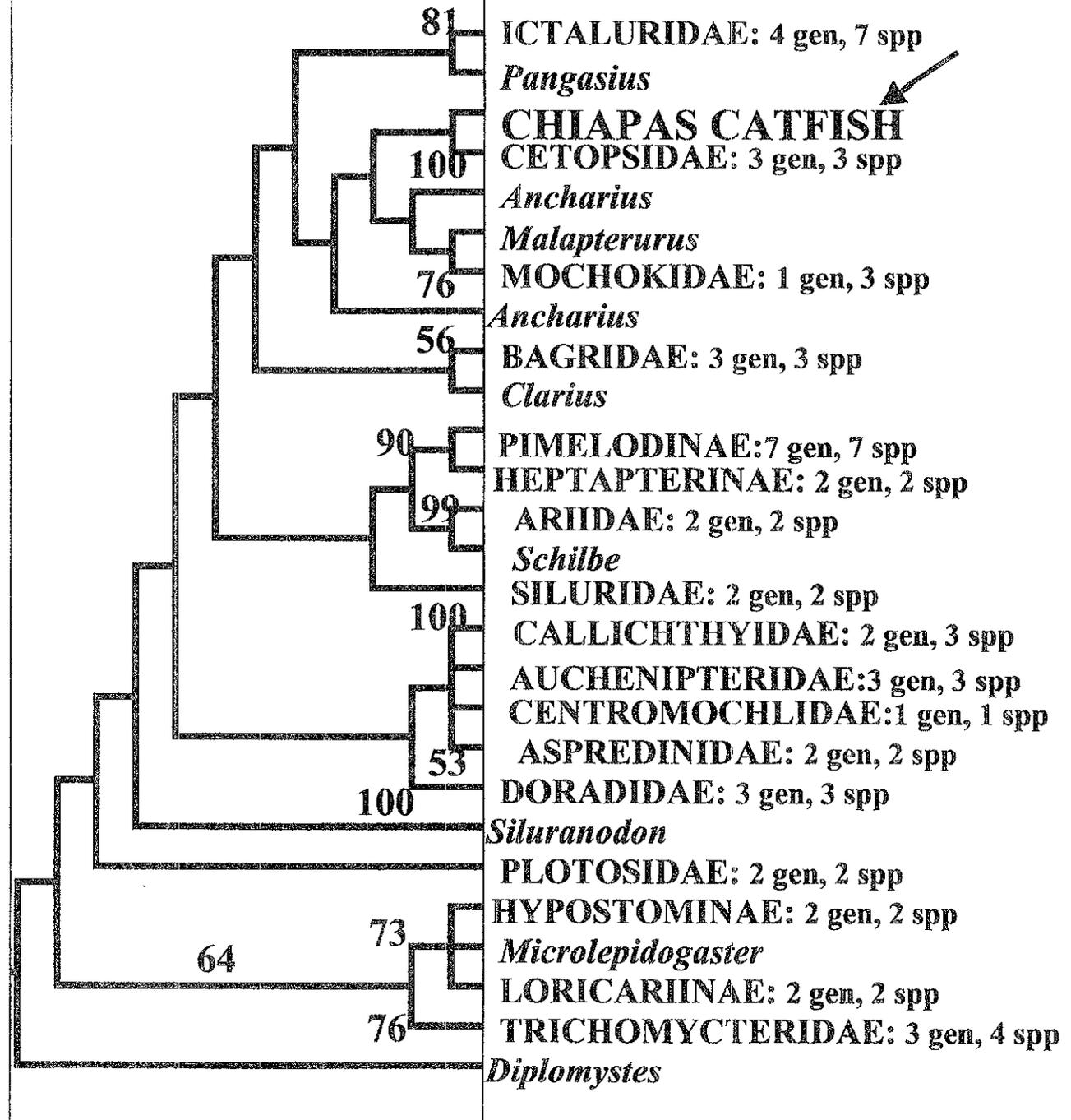
The Chiapas cat's invariant and plesiomorphic pelvic ray count of 6 is unknown in ictalurids, and the pelvic girdle of the Chiapas cat (left) appears plesiomorphic, similar to that of *Hypsidoris* (upper right) and unlike the derived condition of *Astephus* + living ictalurids (lower right).



The Chiapas cat (A) also lacks other ictalurid (B – *Ictalurus pricei*) apomorphies associated with jaw muscle movement to the skull roof, such as insertion areas (smooth areas in B on frontal - f, sphenotic - s, and pterotic - pt), and pronounced supraoccipital crest (soc).

Estimate of catfish phylogeny based on 12S & 16S mt rDNA

A "majority rule" consensus tree based on analyses using different combinations of gymnotiforms & characiforms as outgroups.



Numbers are bootstrap values of >50%

Summary

Though superficially resembling an ictalurid, both morphological and molecular data clearly demonstrate that the Chiapas catfish represents a previously unknown family. Relationships are likely with the Afro-Asian Malapteruridae and Schilbeidae, posing interesting biogeographic questions. The fact that such a large and distinctive species and family went undiscovered until now exemplifies the need for further explorations and phylogenetic studies of the ichthyofauna of the still under-explored freshwaters of much of the western hemisphere.

Implicaciones de *Ctenopharyngodon idella* en la comunidad de peces del río Lacanjá, Chiapas

Manuel Morales-Román
y Rocío Rodiles-Hernández

El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Unidad San Cristóbal. División de la Conservación de la Biodiversidad. Carretera Panamericana y Periférico sur s/n. Apdo. Postal 63, San Cristóbal de las Casas 29290, Chiapas. México.

Morales-Román, M. y R. Rodiles-Hernández, 2000. Implicaciones de *Ctenopharyngodon idella* en la comunidad de peces del río Lacanjá, Chiapas. *Hidrobiológica* 10 (1): 13-24.

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar la abundancia relativa de la carpa herbívora *Ctenopharyngodon idella*, durante el periodo de marzo a mayo de 1997, fue monitoreada la comunidad de peces en cinco sitios del Río Lacanjá. Este estudio se basa en el análisis de un total de 1450 ejemplares pertenecientes a 37 especies, distribuidas en 15 familias, de las que Cichlidae fue la mejor representada con 15 taxa. El análisis de similitud mostró dos conglomerados que sugieren dos ensamblajes comunitarios distintos separados por una cascada de 15 m. El primero corresponde a la parte baja del río Lacanjá, muestra la mayor diversidad y equidad de especies, 18 de las 37 especies presentes en este grupo sólo habitan esta zona. El grupo dos en la porción media del río Lacanjá presenta 16 especies y ninguna es exclusiva. *Brycon guatemalensis* se encuentra en ambas zonas y *C. idella* se presenta exclusivamente en la porción baja del río Lacanjá. Mediante observación subacuática *B. guatemalensis* resultó ser dominante en términos numéricos, pero en biomasa es desplazada por *C. idella*. No se registraron alevines ni juveniles de *C. idella*.

Palabras clave: Ichthyofauna, *Ctenopharyngodon idella*, Diversity, Similarity, Lacandona tropical rainforest, Chiapas.

ABSTRACT

The fish community in the Lacanja river was sampled to assess the relative abundance of grass carp *Ctenopharyngodon idella*. Five different sites were carried out between March and May 1997. A total of 1450 specimens were collected representing 37 species and 15 families; Cichlidae was the dominant family with 15 species. Similarity analysis suggested two different fish assemblages separated by a 15 m cascade. The first assemblage occurred in the lower section of the river; diversity and evenness were highest here. 18 out of 37 species were exclusive to this group. The second assemblage occurred in the middle section, 16 species were collected there, but none was exclusive. *Brycon guatemalensis* were captured in both assemblages and *C. idella* were captured only in the lower section. Through snorkeling observations *B. guatemalensis* was the dominant numerically but in biomass *C. idella* was more important. Neither eggs or juveniles of *C. idella* were registered.

Key words: Ichthyofauna, *Ctenopharyngodon idella*, Diversity, Similarity, Lacandon tropical rainforest, Chiapas.

INTRODUCCIÓN

La pérdida de la diversidad biológica por influencia humana es a escala mundial uno de los efectos más preocupantes del creciente deterioro ambiental. La literatura que analiza la pérdida de diversidad es abundante; sin embargo, la evaluación de esa erosión biológica se ha enfocado a ecosistemas terrestres y no se ha revisado adecuadamente su efecto en los ecosistemas acuáticos (Moyle y Leidy, 1992).

La importación de peces exóticos y el traslado de especies fuera de su área natural ha sido una de las principales causas de la reducción en la diversidad ictiofaunística en las cuencas receptoras. A escala mundial más de 163 especies han sido transferidas en 120 países, los motivos de éstas introducciones y transferencias se han justificado por el impulso a la acuicultura, la recreación, interés deportivo, manipulación ecológica en "nichos vacíos", control de especies y malezas indeseables y por motivos ornamentales, sin excluir los accidentes o errores humanos (Welcomme 1984).

La introducción de la "perca del Nilo" *Lates niloticus*, en el lago Victoria al este de África, ha causado graves consecuencias sobre las pesquerías basadas en las especies herbívoras y detritívoras de la familia Cichlidae (Barel *et al.*, 1985); la introducción de algunas especies como *Gambusia holbrooki* y *G. affinis* han provocado el desplazamiento de peces nativos, además *G. holbrooki* afecta negativamente el crecimiento poblacional de *Heterandria formosa* (Meffe 1985; Lydeard y Beik, 1993).

Hasta 1983 en México se conocían 55 especies exóticas, de las cuales 26 son introducidas provenientes de otros países y 29 son nativas transplantadas (Contreras y Escalante, 1984) estas últimas pertenecen a aguas mexicanas pero han sido liberadas en sistemas hidrológicos diferentes a su lugar de origen. En el Estado de Morelos, hasta 1995, la comunidad de peces se encontraba conformada fundamentalmente por especies exóticas (64%) debido a las actividades de acuicultura intensiva y ornamental impulsadas durante varias décadas por las instituciones gubernamentales (Contreras-MacBeath *et al.*, 1998).

La carpa herbívora *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844), originaria del río Amur, en el límite entre China y Siberia (Contreras y Escalante, 1984; Gorbach y Krykhtin, 1988), es una de las 15 especies exóticas con amplio intervalo de expansión a escala mundial (Stauffer, 1984). En Estados Unidos fue importada en 1963 con fines de control de vegetación acuática y a pesar de una ley emitida en 1987 en el Estado de Illinois para introducir

solamente carpas estériles (triploides), existen evidencias de su reproducción en el sistema hidrológico del Río Mississippi (Raibley *et al.*, 1995).

Ctenopharyngodon idella puede competir con otras especies nativas herbívoras, incluyendo a las migratorias y en densidades altas afecta de manera directa a las comunidades acuáticas ribereñas, puesto que esta vegetación actúa como filtrador de detritus y formador de suelo, reduce la suspensión de sedimentos y la turbiedad en el agua, además proporciona sitios de alimentación y refugio para crías, peces pequeños e invertebrados acuáticos (Taylor *et al.*, 1984; Raibley *et al.*, 1995).

En México, la carpa herbívora fue introducida en 1965 con fines de acuicultura (Rosas, 1976) y en la selva Lacandona, Chiapas fue registrada por primera vez en 1996 (Rodiles-Hernández *et al.*, 1996; Rodiles-Hernández y Morales-Román, 1997).

Por lo anterior, el propósito de este trabajo es diagnosticar la abundancia relativa de *C. idella* con la finalidad de conocer sus posibles implicaciones en la comunidad de peces del río Lacanjá, Chiapas.

ÁREA DE ESTUDIO

El río Lacanjá se localiza entre los paralelos 16° 23' 57" y 16° 56' 56" norte y los meridianos 90° 57' 41" y 91° 17' 95" oeste, sigue una dirección noroeste a sureste y recorre una distancia de alrededor de 120 Km desde su origen hasta su desembocadura en el río Lacantún; estos cauces forman parte de la cuenca del Usumacinta. El río Lacanjá sirve como límite a dos Reservas de la Biosfera, la de "Montes Azules" y la de "Lacantún", ambas en la región denominada Selva Lacandona, Estado de Chiapas, México, cerca de la frontera con Guatemala (Fig. 1).

La temperatura promedio anual en esta área, de acuerdo a los datos de la estación climatológica de Bonampak, es de 24.6°C, la máxima promedio corresponde a mayo con 27.2°C y la mínima promedio a enero con 21.8°C. La precipitación total anual es de 2,609 mm; la temporada de lluvias comienza en mayo (136 mm), tiene su máximo en agosto (486.8 mm) y termina en enero (111 mm). El mes más seco es marzo con 34.5 mm de precipitación. El clima que prevalece es de tipo Amw»(i)g, de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1973).

El curso del río Lacanjá está constituido por zonas intercaladas de remansos, rápidos, pozas y frecuentes caídas de agua. La mayor parte de la vegetación riparia es

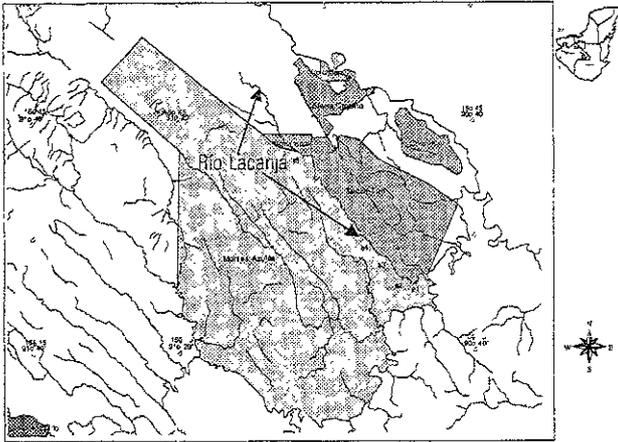


Figura 1. Ubicación de los sitios de colecta en el Río Lacanjá, Chiapas.

selva alta y mediana perennifolia, pero también existen comunidades vegetales conocidas como "jimbal" (*Bambusa longifolia* (Fourn.) McClure) (Castillo-Campos y Narave, 1992).

En el río Lacanjá, por localizarse en zonas de reserva, están restringidas las actividades de pesca y caza, de modo que las comunidades de peces presentan escasas alteraciones humanas; durante los meses de enero a mayo sus aguas son cristalinas, lo que permite el muestreo de peces y la observación subacuática, mientras que en la época de lluvias (mayo-noviembre) el arrastre de sedimentos dificulta e imposibilita tales actividades.

MÉTODOS

Se realizaron tres periodos de muestreo (marzo, abril y mayo de 1997) en cinco sitios del río Lacanjá. Este río presenta una cascada de aproximadamente 15 m de altura llamada "El Híppie" que divide el cauce en dos unidades, en la primera se ubicaron tres sitios de muestreo (s1, s2 y s3) que corresponden a la parte baja del río y son los más próximos a la desembocadura con el río Lacantún; la otra unidad, arriba de la cascada, comprende dos sitios (s4 y s5) de la parte media del río Lacanjá (Fig.1).

Cada sitio se ubicó geográficamente con un posicionador (GPS) y en cada uno de ellos se tomaron datos de altitud, profundidad, oxígeno disuelto, pH, sólidos disueltos totales, conductividad, temperatura, ancho del río, transparencia, tipo de corriente, presencia de caídas de agua y vegetación riparia dominante.

De forma sistemática se emplearon redes agalleras de 1.0', 2.25' y 3.0' de luz de malla, cada una con 3 m de altura

por 30, 35 y 40 m de largo respectivamente. Estas se colocaban al atardecer (6:00 p.m.) y se levantaban al amanecer (6:00 a.m.) con la finalidad de capturar peces diurnos y nocturnos. Así mismo, se utilizaron anzuelos durante una hora por la mañana (7:00 a 8:00 a.m.) principalmente para la captura de cíclidos. Paralelamente, y con el fin de obtener el inventario ictiofaunístico completo, se utilizaron, de manera no sistemática, una red de cuchara de 50 cm de diámetro y chinchorros playeros de 3 y de 84 m de largo. A todos los ejemplares colectados se les tomó la longitud patrón (mm) y el peso (g).

Los individuos colectados fueron preservados e identificados y posteriormente depositados en la Colección Ictiológica del Colegio de la Frontera Sur en San Cristóbal de las Casas, Chiapas, Mex. (ECO-SC-P). El listado sistemático se elaboró siguiendo la clasificación propuesta por Espinosa-Pérez *et al.*, (1993) y Nelson (1994).

Debido a que no siempre se realizó el mismo esfuerzo pesquero, los datos de las redes agalleras y los de anzuelo se estandarizaron empleando el método de rarefacción (Simberloff, 1972) que permite calcular el número de especies esperado en cada muestra, si todas las muestras fueran de un tamaño estandarizado. Con sus resultados se realizó el análisis de similitud cuantitativa, para lo cual se empleó el método de Morisita-Horn, que considera las abundancias por especie, a partir de la matriz resultante se aplicó el método de agrupación de medias no ponderadas (UPGMA) (Magurran, 1988 y Krebs, 1989). Asimismo para cada una de los sitios de colecta se calculó la diversidad y equidad empleando el índice de Shannon-Wiener (Magurran, 1988).

Dada la dificultad para el muestreo de la carpa herbívora con los métodos de captura utilizados, se hicieron tres observaciones subacuáticas en cada uno de los sitios y periodos de muestreo. Estas se realizaron en un tramo de río de 100 m de largo durante 30 minutos por dos observadores, uno en cada ribera, los cuales fueron previamente entrenados para estandarizar criterios de número y talla de los organismos avistados. Se utilizó el buceo libre a una profundidad promedio de 1.5 m, por ser este sector de la columna de agua donde se puede observar a *Ctenopharyngodon idella* y *Brycon guatemalensis*, la actividad se realizó a mediodía para aprovechar la mayor penetración de la luz; cada observador registró el número de individuos y estimó las tallas de ambas especies, al final de cada observación los valores fueron promediados. Se seleccionó a *B. guatemalensis* para compararlo con *C. Idella*, debido a que es la especie nativa más abundante y ampliamente distribuida, alcanza tallas considerables y tiene hábitos similares a la carpa (nada en gremios y a media

agua). Se evaluó la abundancia relativa de ambas especies, porcentaje de individuos observados y porcentaje de biomasa para cada sitio y muestreo realizado. La biomasa de los individuos observados se calculó a partir de los ejemplares colectados de ambas especies mediante una regresión lineal relacionando la longitud patrón (cm) con el peso (g).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ctenopharyngodon idella se encontró sólo en los tres sitios (s1, s2 y s3) de la parte baja del río Lacanjá. Esta zona se localiza en un intervalo altitudinal entre 109 y 128 msnm; presenta un mayor número de caídas de agua, todas ellas de aproximadamente un metro de altura, la vegetación riparia está frecuentemente constituida por "jimbal" *Bambusa longifolia* y "caña brava" *Gynerium sagittatum* (Aubl) Beauv., así como de selva alta perennifolia. La profundidad promedio del cauce es de 2.7 m y la temperatura promedio de 27.8 °C. En la parte inicial del sitio s1 existe un tributario conocido como "arroyo negro", el cual presenta un patrón diferente al resto de los sitios, es poco profundo (1.46 m) y con velocidad de corriente baja,

registró valores bajos de oxígeno disuelto (2.6 mg/l), de sólidos disueltos totales (332 mg/l) y de conductividad (481.3 ms); su fondo está constituido por detritus y abundantes troncos y aún cuando el sitio es somero no hay penetración total de la luz, debido al color oscuro del agua ocasionado por los procesos de descomposición de la materia orgánica (Tabla 1).

Los sitios ubicados arriba de la cascada (s4 y s5), van de 156 a más de 240 msnm, la condición dominante son los remansos y las pozas; predomina la selva alta perennifolia y no se observa *B. longifolia* ni *G. sagittatum*. La temperatura promedio de esta porción del río es de 25.6°C, menor que en la parte baja y la profundidad promedio es de 3.6 m, mayor que en la parte baja.

Los valores de oxígeno fueron similares en los cinco sitios (7.78 mg/l en promedio), idéntica situación se registró para la conductividad (335 mg/l) y los sólidos disueltos totales (667.13 ms) (Tabla 1).

COMUNIDAD DE PECES

Se colectaron un total de 1450 ejemplares pertenecientes a 37 especies (3 de ellas únicamente fueron observadas),

Tabla 1. Datos ambientales promedio para cada uno de los sitios de muestreo en el Río Lacanjá.

Condición ambiental	s1	A. negro	s2	s3	s4	s5	Promedio
Altitud (msnm)	109	109	119	128	156	240	-
Dist. desembocadura (Km)	6.0	6.1	7.3	8.5	11.4	47.7	-
Temperatura (°C)	28.37	27.40	27.43	27.70	25.80	25.40	26.94
Oxígeno disuelto (mg/l)	7.97	2.6	7.25	8.20	7.70		7.78
pH	7.38	7.16	7.68	7.38	7.32	7.35	7.42
S.T.D. (mg/l)	332.00	241.3	337.33	333.67	340.67	333.00	335.33
Conductividad (ms)	660.33	481.3	673.33	657.33	686.67	658.00	667.13
Ancho (m)	21.50	8.50	34.90	40.50	40.40	31.50	33.76
Profundidad (m)	2.80	1.46	4.00	3.75	2.72	4.50	3.55
Transparencia (m)	2.80	1.30	3.87	3.75	2.72	3.50	3.33
Fondo	arenoso rocoso	Arenoso detritus	arenoso limoso	arenoso limoso	arenoso limoso	arenoso arcilloso	
tipo de corriente	rápido somero	remanso	remanso	rápido c/pozas	rápido somero	remanso c/pozas	
presencia de caídas de agua	si	-	no	si	si	si	
<i>Bambusa longifolia</i>	si	si	si	no	no	no	
<i>Gynerium sagittatum</i>	si	si	si	no	no	no	
Selva Alta Perennifolia	si	si	si	si	si	si	

NOTA: El promedio total no considera la influencia del sitio denominado "Arroyo negro".

Tabla 2 Lista de especies del Río Lancajá con el número y porcentaje de individuos capturados en todos los sitios y con todos los métodos de muestreos.

Familia	Especie	número	porcentaje
LEPISOSTEIDAE	<i>Atractosteus tropicus</i> Gill, 1863	6	0.4
CLUPEIDAE	<i>Dorosoma anale</i> Meek, 1904	9	0.6
	<i>Dorosoma petenense</i> (Günther, 1868)	2	0.1
CYPRINIDAE	<i>Ctenopharyngodon idella</i> (Valenciennes)	42	2.9
CATOSTOMIDAE	<i>Ictiobus meridionalis</i> (Günther, 1868)	*	*
CHARACIDAE	<i>Astyanax</i> sp.	135	9.3
	<i>Hyphessobrycon compressus</i> (Meek, 1904)	13	0.9
	<i>Brycon guatemalensis</i> Regan, 1906	350	24
ICTALURIDAE	<i>Ictalurus meridionalis</i> (Günther)	33	2.3
ARIIDAE	<i>Cathorops aguadulce</i> (Meek 1904)	25	1.7
	<i>Arius assimilis</i> Günther, 1864	34	2.3
	<i>Potamarius nelsoni</i> (Evermann y Golsborough, 1902)	13	0.9
PIMELODIDAE	<i>Rhamdia guatemalensis</i> (Günther, 1864)	24	1.7
SILURIFORMES	Bagre (indescrito)	2	0.1
BATRACHOIDIDAE	<i>Batrachoides goldmani</i> Evermann & Golsborough, 1902	1	0.1
BELONIDAE	<i>Strongylura hubbsi</i> Collete, 1974	6	0.4
POECILIIDAE	<i>Gambusia yucatanana</i> Regan, 1914	49	3.4
	<i>Poecilia mexicana</i> Steindachner, 1863	69	4.8
	<i>Belonesox belizanus</i> Kner, 1860	*	*
SYNBRANCHIDAE	<i>Ophisternon aenigmaticum</i> Rosen & Greenwood, 1976	*	*
GERREIDAE	<i>Diapterus mexicanus</i> (Steindachner, 1863)	4	0.3
CICHLIDAE	<i>Cichlasoma argentea</i> (Allgayer, 1991)	24	1.7
	<i>Cichlasoma belone</i> (Allgayer, 1989)	3	0.2
	<i>Cichlasoma bifasciatum</i> (Steindachner 1864)	2	0.1
	<i>Cichlasoma friedrichsthalii</i> (Heckel) 1840	27	1.9
	<i>Cichlasoma helleri</i> (Steindachner 1864)	58	4.0
	<i>Cichlasoma intermedium</i> (Günther, 1862)	75	5.2
	<i>Cichlasoma lentiginosum</i> (Steindachner, 1864)	18	1.2
	<i>Cichlasoma meeki</i> (Brind, 1918)	36	2.5
	<i>Cichlasoma nourissati</i> (Allgayer, 1989)	82	5.7
	<i>Cichlasoma pearsei</i> (Hubbs, 1936)	53	3.7
	<i>Cichlasoma salvini</i> (Günther), 1862	35	2.4
	<i>Cichlasoma synspilum</i> Hubbs, 1935	115	7.9
	<i>Cichlasoma</i> sp. (indescrita)	26	1.8
	<i>Petenia splendida</i> Günther, 1862	77	5.3
	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1766)	1	0.1
ELEOTRIDAE	<i>Gobiomorus dormitor</i> Lacépède, 1800	1	0.1

NOTA: Las especies sólo observadas se señalan con un asterisco.

agrupadas en 24 géneros y 15 familias (Tabla 2). Treinta y cinco especies son nativas y dos introducidas, *C. idella* y *Oreochromis niloticus*, esta última se considera rara debido a que se colectó sólo un ejemplar.

La familia Cichlidae fue la más diversa, pues está representada por 15 especies (40.5%); las familias

Characidae, Ariidae y Poeciliidae mostraron tres especies cada una, Clupeidae e Ictaluridae dos y las otras nueve familias sólo un taxón específico. En lo que respecta a la abundancia, el 44% del total perteneció a los cíclidos, mientras que los carácidos nativos, representados por *Brycon guatemalensis*, *Astyanax* sp. e *Hyphessobrycon compressus*, fueron los segundos en importancia, ya que

participan con el 34%. Sin embargo, el taxón dominante el *Brycon guatemalensis*, que alcanza tallas de hasta 50 cm de longitud patrón, participa con el 24% (350 individuos) y se encontró en todos los sitios de colecta. La familia Cypripinidae representada por *C. idella*, que alcanza tallas hasta de 70 cm de longitud patrón, participa con el 3% del total con 42 ejemplares, se colectó sólo en la parte baja del río, en los tres sitios de muestreo, s1 = 38 (2.7%), s2 = 3 (0.2%) y s3 = 1 (0.07%) (Tabla 2).

Recientemente se han reportado para el Lacanjá seis especies más (43 en total distribuidas en 17 familias) en

muestreos realizados durante las dos estaciones del año (lluvias y secas) incluyendo la parte alta del río (Rodiles-Hernández *et al.*, 1999). Además de las dos especies exóticas se registra a *Cichlasoma urophthalmus* como especie rara y trasladada en la parte media del río, debido a siembras en estanques piscícolas. Las otras cinco especies son nativas pero visitantes estacionales de la parte baja como *Mugil curema*, o especies raras de la parte media y alta del río Lacanjá como *Atherinella sp.*, *Cichlasoma octafasciatum*, *Heterandria bimaculata* y *Xiphophorus helleri* (Rodiles-Hernández *et al.*, 1999).

Tabla 3. Número total de individuos capturados con redes agalleras y anzuelos en el Río Lacanjá.

Especies/estaciones	s1	s2	s3	s4	s5	Total
<i>Arius assimilis</i>	3	6	24			33
<i>Astyanax sp.</i>	8	14	3		110	135
<i>Atractosteus tropicus</i>	1	4				5
<i>Batrachoides goldmani</i>			1			1
<i>Brycon guatemalensis</i>	49	28	53	76	144	350
<i>Cathorops aguadulce</i>	14	3	8			25
<i>Cichlasoma argentea</i>	1	5	15	1		22
<i>Cichlasoma belone</i>			3			3
<i>Cichlasoma bifasciatum</i>	1					1
<i>Cichlasoma friedrichsthalii</i>	5		1		21	26
<i>Cichlasoma helleri</i>	40	1	4	1	12	58
<i>Cichlasoma intermedium</i>		4	21	36	14	75
<i>Cichlasoma lentiginosum</i>	7	2	3	1	4	17
<i>Cichlasoma meeki</i>	19				17	36
<i>Cichlasoma nourissati</i>	20	3	31	9	18	81
<i>Cichlasoma pearsei</i>	3	18	4	5	12	42
<i>Cichlasoma salvini</i>	3	7	14	4	5	33
<i>Cichlasoma sp.</i>	7		8		8	23
<i>Cichlasoma synspilum</i>	92	10	13			115
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	12	3	1			16
<i>Diapterus mexicanus</i>		3	2			5
<i>Dorosoma anale</i>	9		2			11
<i>Dorosoma petenense</i>	1					1
<i>Gobiomorus dormitor</i>			1			1
<i>Ictalurus meridionalis</i>	8	16	3			27
Bagre (indescrito)		1		1		2
<i>Oreochromis niloticus</i>	1					1
<i>Petenia splendida</i>	31	1	3	1	41	77
<i>Poecilia mexicana</i>					1	1
<i>Potamarius nelsoni</i>			11			11
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	2		5		16	23
<i>Strongylura hubbsi</i>	1	1	3			5
No. de individuos colectados	338	130	232	135	423	1258

NOTA: Los datos se obtuvieron de la estandarización por el método de rarefacción.

Los valores de diversidad y riqueza específica en cada uno de los sitios del río Lancajá (Fig. 2) indican que aquellos localizados por debajo de la cascada (s1, s2 y s3) fueron más diversos que los localizados arriba (s4 y s5), esto se explica por la influencia de las especies provenientes del río Lacantún que penetran a este río y enriquecen la comunidad de peces, tales como *Cathorops aguadulce*, *Gobiomorus dormitor*, *Dorosoma anale*, *Dorosoma petenense*, así como las dos exóticas *C. idella* y *O. niloticus* (Tabla 3).

El sitio con mayor diversidad fue s3 ($H' = 2.59$), en cambio el menos diverso de todos resultó s4 ($H' = 1.26$), donde tan sólo se colectaron 10 especies y el sitio más alejado de la desembocadura s5 registró un aumento ($H' = 1.99$). La disminución de la diversidad de s4 lo atribuimos a que es un sitio ubicado muy cerca de la cascada, lo cual probablemente es una condición desfavorable para las especies. En el caso de la equidad se observó un comportamiento similar a la diversidad, nuevamente los valores mayores se presentaron en los sitios de la porción baja del río (Fig. 2).

En el análisis de similitud cuantitativa entre especies y sitios se obtuvo un dendrograma con dos conglomerados mayores indicando diferencias entre la parte baja (s2 y s3) y media (s4 y s5) del río Lancajá (Tabla 3, Fig. 3) lo cual coincide con los patrones longitudinales reportados para este río (Rodiles-Hernández *et al.*, 1996 y Rodiles-Hernández, *et al.*, 1999). El sitio s1 presenta mayor segregación y escasa similitud con los demás, esto se explica debido a que el índice es muy sensible a la abundancia de las especies (Magurran, 1988), registrando el mayor número de ejemplares colectados ($N = 338$) en la parte baja y

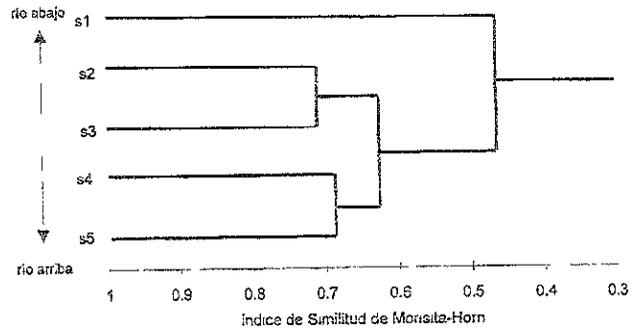


Figura 3 Dendrograma de similitud entre los sitios de muestreo. Río Lancajá.

destacando la abundancia de *Cichlasoma synspilum* (92 individuos). Por otro lado, es el sitio más cercano a la desembocadura del río y tiene influencia del "arroyo negro" el cual presenta condiciones ambientales diferentes a las registradas a lo largo del cauce (Tabla 1).

Los dos ensambles de la comunidad de peces corresponden claramente a la división que ocasiona la cascada, por lo que las barreras naturales, como las cascadas, sirven como límites reales a las poblaciones de peces (Gilliam *et al.*, 1993).

En este estudio sólo se evaluó la época de estiaje, sin embargo, los cambios estacionales del río Lancajá, descritos recientemente (Rodiles-Hernández *et al.*, 1999), se distinguen por su escasa diferencia en diversidad y composición de especies, así como variaciones menores en abundancia relativa.

ABUNDANCIA RELATIVA DE *Ctenopharyngodon idella*.

Esta especie de gran talla y velocidad de nado, rompe y escapa de la red agallera y sólo ocasionalmente es atrapada con anzuelos, a pesar de esto se lograron capturar 16 individuos en la parte baja del río ($s1 = 12, s2 = 3, s3 = 1$). Adicionalmente, en mayo coincidiendo con el menor nivel de agua del estiaje, se pescaron 26 ejemplares más con el uso de una red de arrastre en el sitio más cercano a la desembocadura (s1) lo que nos permitió tener un total de 42 ejemplares colectados.

Al analizar estos datos por zonas (Tabla 4), *Brycon guatemalensis* registra en la parte baja la mayor abundancia relativa (14.9%) en cuanto al número de individuos y la carpa herbívora el 7º lugar (4.81%); es decir, aproximadamente en una relación de tres macabiles por una carpa. Sin embargo, al comparar la abundancia relativa en cuanto a la biomasa registrada en esta zona, *B. guatemalensis* conserva el primer lugar (25.8%), pero seguido de *C. idella* con el

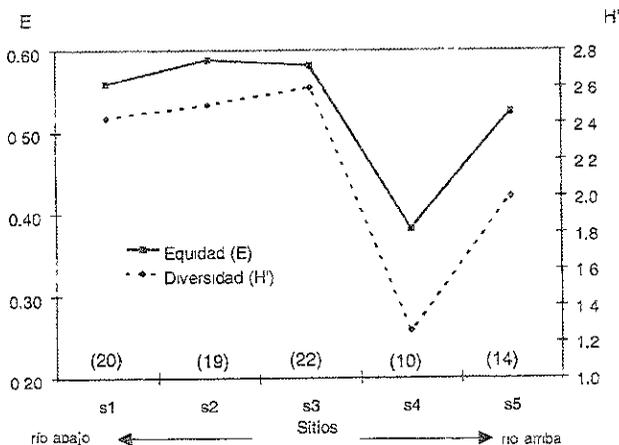


Figura 2. Índices de diversidad y equidad por sitio de muestreo. Río Lancajá. Nota: El valor entre paréntesis es el número de especies esperado para $N_i = 130$

Tabla 4. Abundancia relativa (%) de las especies capturadas (número de individuos y biomasa) con todos los métodos de pesca en la zona baja y media del Río Lacanjá.

especies	% de individuos		% de biomasa	
	Zona Baja	Zona Media	Zona Baja	Zona Media
<i>Arius assimilis</i>	3,89		9,71	
<i>Astyanax</i> sp.	2,86	19,1	0,22	1,87
<i>Atractosteus tropicus</i>	0,69		1,68	
<i>Batrachoides goldmani</i>	0,11		0,1	
<i>Brycon guatemalensis</i>	14,9	38,1	25,8	69,9
<i>Cathorops aguadulce</i>	2,86		1,77	
<i>Cichlasoma argentea</i>	2,52	0,35	1,03	0,22
<i>Cichlasoma belone</i>	0,34		0,03	
<i>Cichlasoma bifasciatum</i>	0,23		0,1	
<i>Cichlasoma friedrichsthalii</i>	0,69	3,64	0,34	1,57
<i>Cichlasoma helleri</i>	5,15	2,25	0,73	0,36
<i>Cichlasoma intermedium</i>	2,86	8,67	1,94	5,26
<i>Cichlasoma lentiginosum</i>	1,37	1,04	0,3	0,13
<i>Cichlasoma meeki</i>	2,18	2,95	0,17	0,24
<i>Cichlasoma nourissati</i>	6,3	4,68	3,62	2,42
<i>Cichlasoma pearsei</i>	4,12	2,95	4,47	2,43
<i>Cichlasoma salvini</i>	2,86	1,73	0,33	0,19
<i>Cichlasoma</i> sp.	1,83	1,73	0,91	0,52
<i>Cichlasoma synspilum</i>	13,2		6,56	
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	4,81		18,4	
<i>Diapterus mexicanus</i>	0,46		0,52	
<i>Dorosoma anale</i>	1,03		0,37	
<i>Dorosoma petenense</i>	0,23		0,08	
<i>Gambusia yucatanana</i>	5,61		0	
<i>Gobiomorus dormitor</i>	0,11		0,05	
<i>Hyphessobrycon compressus</i>	1,49		0	
Bagre (indescrito)	0,11	0,17	0,26	0,65
<i>Ictalurus meridionalis</i>	3,78		10,5	
<i>Oreochromis niloticus</i>	0,11		0,22	
<i>Petenia splendida</i>	4,01	7,28	5,15	12,3
<i>Poecilia mexicana</i>	6,19	2,6	0,01	0,05
<i>Potamarius nelsoni</i>	1,49		3,07	
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	0,92	2,77	0,95	1,95
<i>Strongylura hubbsi</i>	0,69		0,68	

18.4%, es decir, en una relación de 1.4:1. Otras especies importantes por su biomasa son *Ictalurus meridionalis* (10.5%), *Arius assimilis* (9.7%), *Cichlasoma synspilum* (6.6%) y *Petenia splendida* (5.2%) (Tabla 4).

En la zona media las especies numericamente más importantes son *B. guatemalensis* con el 38%, *Astyanax* sp., con 19 y *Petenia splendida* 7.3. En cuanto a biomasa *B.*

guatemalensis registra el 69.9%, *Petenia splendida* 12.3 y *Cichlasoma intermedium* 5.3% (Tabla 4).

Utilizando el método de observación subacuática la relación entre ambas especies en la parte baja se modifica, *B. guatemalensis* registra (s1=30, s2=5, s3=53) 88 individuos (62%) y *C. idella* (s1=26, s2=6, s3=21) 53 individuos (38%) es decir, en una relación de 1.6:1. Pero al

considerar la biomasa esta relación se invierte, *C. idella* registra 70.8 kilogramos y *B. guatemalensis* 43.8 kilogramos, es decir, 1.6 kilos de carpa por 1 de macabil (Tabla 5).

El primer registro de *C. idella* en la región fue realizado en el estiaje de 1996, pero los pescadores locales manifestaron haberla visto por primera vez hace aproximadamente 12 años (en 1987) pero de manera escasa en el río Lacantún (Rodiles-Hernández y Morales-Román 1997).

La carpa herbívora se capturó y se observó sólo en los sitios localizados en el cauce inferior del río Lacanjá, indicativo de que dicha especie ha penetrado por el río Lacantún, del cual es tributario el Lacanjá y si bien ha ascendido este último cauce, no puede remontar la cascada, debido a su altura, funcionando ésta como una barrera natural, de tal forma que el ensamble modificado hasta ahora es el ubicado en la parte baja del río.

Debido a la voracidad de *C. idella*, probablemente esté compitiendo con otras especies nativas, tales como, *Brycon guatemalensis*, *Cichlasoma pearsei*, *C. synspilum* y *C. Intermedium*, que tienen tendencia a ingerir alimentos de origen vegetal (Velázquez-Velázquez y Rodiles-Hernández 1998).

Por otro lado, *C. idella* se mueve en grupos numerosos consumiendo importantes cantidades de biomasa, por lo que probablemente, además de desplazar físicamente a las especies nativas, puede modificar los refugios cubiertos de macrófitas (*Bambusa longifolia* y *Gynerium sagittatum*) localizados en la parte baja del río Lacanjá.

Desconocemos si *C. idella* se reproduce de manera natural en la región, de las capturas realizadas sólo en un ejemplar se encontró desarrollo gonadal, pero no se registró la liberación de huevecillos, ni se observaron alevines o juveniles en el río Lacanjá. Sin embargo, 350 kilómetros río abajo, en los humedales de Playas de Catazajá, dentro de la misma cuenca hidrológica (Usumacinta) se colectaron en septiembre de 1998 juveniles de carpa herbívora, 45 ejemplares con una LP promedio de 5.7 cm (Rodiles-Hernández, 1999).

En el río Amur, China, la talla de madurez reproductiva de *C. idella* es de más de 70 cm de longitud y debido a que los huevos son pelágicos se han localizado alevines en sitios tan distantes del lugar de ovoposición, como son 500 km río abajo (Gorbach y Krykhtin 1988).

En los ríos Mississipi e Illinois, EUA, existen evidencias de la reproducción de esta especie, al registrarse la presencia de larvas, juveniles y adultos diploides (Raibley *et al.*, 1995). En México existe un antecedente de reproducción natural en un afluente del río Tepalcatepec, Michoacán (Rosas, 1976), sin embargo se desconoce su impacto actual.

Por la abundancia registrada en el río Lacanjá y en el río Lacantún (Rodiles-Hernández y Morales-Román, 1997) suponemos que esta especie esta migrando desde la parte baja del Usumacinta. El río Lacanjá presenta condiciones similares a otros cauces que atraviesan la reserva de la Biósfera de Montes Azules. Si se considera la riqueza biológica de estos ríos y el tiempo de colonización de *C. idella* en los ríos de la región, suponemos que esta especie

Tabla 5. Abundancia relativa (%) número de individuos y peso promedio del macabil (*Brycon guatemalensis*) y de la carpa (*Ctenopharyngodon idella*) con el método de observación subacuática Río Lacanjá.

Sitio/muestreo	macabil individuos	carpa individuos	macabil porcentaje	carpa porcentaje	macabil Peso (gr)	carpa Peso (gr)	macabil porcentaje	carpa porcentaje
s1/1	0	0			0	0		
s1/2	28	25	52,83	47,17	11666,3	28482	29,1	70,94
s1/3	2	1	66,67	33,33	1912,96	1139,3	62,7	37,33
s2/1	3	4	42,86	57,14	478,12	4557,2	9,5	90,5
s2/2	1	2	33,33	66,67	63,44	4902,2	1,28	98,72
s2/3	1	0	100	0	63,44	0	100	0
s3/1	3	20	13,04	86,96	478,12	30250	1,56	98,44
s3/2	50	1	98,04	1,961	29192,3	1512,5	95,1	4,926
s3/3	0	0			0	0		
total	88	53	62,41	37,59	43854,6	70844	38,2	61,77

NOTA: El peso fue estimado por medio de una regresión lineal.

se encuentra en una fase de establecimiento para su reproducción natural.

Si tomamos en cuenta, además, la probable competencia alimenticia con las especies locales, existe la posibilidad de que se modifique drásticamente la estructura de la comunidad de peces en la región.

En México, se han introducido especies desde hace cuatro décadas, sin ninguna evaluación o reglamentación oficial que norme el impacto que pueden causar en la diversidad íctica del país (Contreras-MacBeath *et al.*, 1998). Dada la información generada en este trabajo y mientras se comprueba el impacto de esta especie, es necesario que se desarrollen planes de manejo donde se reglamente la introducción de especies y si ésta se justifica, exclusivamente deberán ser individuos estériles. Por otro lado, es recomendable monitorear periódicamente la comunidad de peces de los ríos de la región, así como, el desarrollo de las poblaciones de *C. idella* para evaluar los efectos que puedan tener sobre las especies nativas, más aún si se considera la alta diversidad biológica de las Reservas de la Biósfera de Montes Azules y de Lacantún.

CONCLUSIONES

Los resultados corresponden únicamente a la época de estiaje. El río Lacanjá tiene una considerable diversidad íctica (37 especies) a pesar de su corta longitud (120 km). El análisis de similitud mostró dos conglomerados o ensambles. El primero, localizado en la parte baja, tiene una mayor diversidad (34 especies) y 18 de estas sólo se presentan en esta zona. Sin embargo el ensamble 2, en la porción media del río, registró menor riqueza (16 especies) pero ninguna especie introducida. El macabí *Brycon guatemalensis* es la especie dominante numéricamente en los dos ensambles.

Ctenopharyngodon idella se registró en los tres sitios de la parte baja del río Lacanjá, una cascada de 15 metros de altura, localizada aproximadamente a 11 Km de la desembocadura, impide el paso de esta especie a la porción media del río.

El método de observación subacuática resultó ser el más adecuado para estimar cuantitativamente la presencia de la carpa herbívora, dada la dificultad para colectarla debido a la alta transparencia de este tipo de ríos durante los meses de estiaje. Con este método se registraron 88 individuos de *B. guatemalensis* y 53 individuos de *C. idella*, lo que en biomasa representa 70.8 kilogramos de *C. idella* por 43.8 kilogramos de *B. guatemalensis*.

Por los resultados de este trabajo, podemos argumentar que la *C. idella* se está estableciendo en este río y probablemente en otros similares. Lo cual puede ocasionar modificaciones sustanciales en el hábitat ribereño y en las poblaciones de peces nativos, principalmente en aquellas que consumen vegetales, y perturbar drásticamente la integridad biótica que aún se mantiene en algunas zonas de estos sistemas hidrológicos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores deseamos expresar nuestro reconocimiento por la asesoría de Edmundo Díaz Pardo, Eloy Sosa Cordero y José G. Álvarez Moctezuma. El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) proporcionó becas para la realización de estudios de maestría y doctorado. Los Convenios celebrados con El Fideicomiso del Sistema de Investigación Benito Juárez (FOSIBEJ-CONACYT/RNMA-09) y La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) contribuyeron a la realización de esta investigación. Delfino Méndez del Laboratorio de Información Geográfica de ECOSUR elaboró el mapa de la zona de estudio. Agradecemos especialmente a Sara E. Domínguez Cisneros, Ernesto Velázquez Velázquez y Celedonio Chan por su valiosa colaboración en el trabajo de laboratorio y de campo; así como, los comentarios críticos de John Lyons, Salvador Contreras y Pedro Quintana.

LITERATURA CITADA

- BAREL C. D. N., R. DORIT, P. H. GREENWOOD, G. FRYER, N. HUGHES, P. B. N. JACKSON, H. KAWANABE, R. H. LOWE-MCCONNELL, M. NAGOSHI, A. J. RIBBINK, E. TREWAVAS, F. WITTE y K. YAMAGKA, 1985. Destruction of fisheries in Africa's lakes. *Nature* 315 (2): 19-20.
- CASTILLO-CAMPOS, G. y H. NARAVE F., 1992. Contribución al conocimiento de la vegetación de la Reserva de la Biósfera Montes Azules, Selva Lacandona, Chiapas, México. En: M. A. VÁSQUEZ-SÁNCHEZ y M. A. RAMOS (eds.) *Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona: Investigación para su conservación*. Publ. Esp. Ecosfera 1: 51-85.
- CONTRERAS B. S. y M. A. ESCALANTE, 1984. Distribution and Known Impacts of Exotic Fishes in México. pp 102-130 En: W. R. COURTENAY, JR. y J. R. STAUFFER, JR. *Distribution, Biology, and Management of Exotic Fishes*. The Johns Hopkins University Press/ Baltimore.
- CONTRERAS-MACBEATH T., H. MEJÍA-MOJICA y R. CARRILLO-WILSON, 1998. Negative impact on the aquatic ecosystems of the state

- of Morelos, Mexico from introduced aquarium and other commercial fish. *Aquarium Sciences and Conservation* 2 (2): 67-78.
- ESPINOSA-PÉREZ, H. M. T. GASPÁR-DILLANES y P. FUENTES-MATA, 1993. *Listados Faunísticos de México. III. Los peces dulceacuicolas mexicanos*. Instituto de Biología. UNAM. 99 p.
- GARCÍA, E., 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köepen. (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. 4a. Ed. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F. 220 p.
- GILLIAM, J. F., D. F. FRASER y M. ALKINS-KOO, 1993. Structure of a tropical stream fish community: A role for biotic interactions. *Ecology* 74(6): 1856-1870.
- GORBACH E. I. y M. L. KRYHTIN, 1988. Migration of the White Amur, *Ctenopharyngodon idella* and Silver Carp *Hypophthalmichthys molitrix*, in the Amur River Basin. *Voprosy Ikhtiologii* 4: 619-625.
- KREBS, CH. J., 1989. *Ecological Methodology*. Harper & Row. New York. U.S.A. 654 pp.
- LYDEARD, CH. y M. BELK, 1993. Management of indigenous fish species by introduced mosquitofish: an experimental approach. *Southwestern Naturalist* 38 (4): 370-373.
- MAGURRAN, A. E., 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press. N.J. 179 p.
- MEFFE, K. G., 1985. Predation and Species replacement in American Southwestern fishes: A case study. *Southwestern Naturalist* 30 (2):173-187.
- MOYLE, P. B. y R.A. LEIDY, 1992. Loss of biodiversity in Aquatic Ecosystems: Evidence from Fish Faunas. pp. 127-169 In: P. L. FIEDLER y S. K. JAIN (eds.) *Conservation Biology. The theory and practice of nature conservation preservation and management* Chapman and Hall, NY.
- NELSON, J. S., 1994. *Fishes of the world*. Third edition. John Wiley & sons, Inc. New York 600 p.
- RAYBLEY P. T., D. BLODGETT y R. E. SPARKS, 1995. Evidence of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*) Reproduction in the Illinois and Upper Mississippi Rivers. *Journal of Freshwater Ecology* 10 (1): 65-74.
- RODILES-HERNÁNDEZ H. R., S. DOMÍNGUEZ. C. y E. VELÁZQUEZ V., 1996. Diversidad Íctica del Río Lacanjá, Selva Lacandona, Chiapas, México. *Zoología Informa* (34): 3-18.
- RODILES-HERNÁNDEZ H. R. y M. MORALES-ROMÁN R., 1997. La presencia de la carpa herbívora *Ctenopharyngodon idella* en la Reserva de la Biosfera de Montes Azules. Ponencia. Memorias del III Congreso Nacional sobre Areas Naturales protegidas "Dr. Miguel Alvarez del Toro".
- RODILES-HERNÁNDEZ R., E. DÍAZ-PARDO y J. LYONS, 1999. Patterns in the species diversity and composition of the fish community of the Lacanja River, Chiapas, Mexico. *Journal of Freshwater Ecology* 14(4): 455-468
- RODILES-HERNÁNDEZ R., 1999. Ictiofauna de la Selva Lacandona. Reporte técnico para la CONABIO. No publicado. 44 pp.
- ROSAS, M. M., 1976. *Peces dulceacuicolas que se explotan en Mexico y datos sobre su cultivo*. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo A.C. Instituto Nacional de Pesca. 135 p.
- SIMBERLOFF, D., 1972. Properties of rarefaction diversity measurements. *American Naturalist* 106: 414-415.
- STAUFFER, JR. J. R., 1984. Colonization Theory Relative to Introduced Populations. Pp. 8-21. En: W. R. COURTENAY, JR. y J. R. STAUFFER, JR. *Distribution, Biology, and Management of Exotic Fishes*. The Johns Hopkins University Press/ Baltimore.
- TAYLOR, J. N., W. R. COURTENAY, JR., y J. A. McCANN, 1984. Known impacts of Exotic Fishes in the Continental United State pp. 322—376. En: W. R. COURTENAY, JR. y J. R. STAUFFER, JR. *Distribution, Biology, and Management of Exotic Fishes*. The Johns Hopkins University Press/ Baltimore.
- VELÁZQUEZ-VELÁZQUEZ E. y R. RODILES-HERNÁNDEZ, 1998. Contribución a la Biología de diez especies ícticas del río Lacanjá, Selva Lacandona, Chiapas. Ponencia. Memorias del VI Congreso Nacional de Ictiología.
- WELCOMME, R. L., 1984. International Transfers of Inland Fish Species. pp 22-40 En: W. R. COURTENAY, JR. y J. R. STAUFFER, JR. *Distribution, Biology, and Management of Exotic Fishes*. The Johns Hopkins University Press/ Baltimore.

Recibido: 1 de junio de 1999.

Aceptado: 6 de diciembre de 1999.

CONOCIMIENTO Y PERCEPCIÓN DE LA ACUICULTURA.
SELVA LACANDONA, CHIAPAS, MÉXICO.
Tres Estudios de Caso

J. Gutierrez-Ochoa y R. Rodiles-Hernández

El Colegio de la Frontera Sur. (ECOSUR). Unidad San Cristóbal.
División de Conservación de la Biodiversidad. Carretera Pamericana y
Periférico Sur s/n, Apdo. Postal 63, San Cristóbal de las Casas 29290,
Chiapas. México. Teléfono (967)818-83 extensión 5103 Fax (967)823-
22. C.E. rrodiles@sclc.ecosur.mx

CONOCIMIENTO Y PERCEPCIÓN DE LA ACUICULTURA.

SELVA LACANDONA, CHIAPAS, MÉXICO.

Gutiérrez-Ochoa y Rodiles-Hernández

Conservación de la Biodiversidad

El Colegio de la Frontera Sur

Chiapas-México

RESUMEN.- Como influye la etnicidad y el tiempo de colonización en la adaptación de una tecnología como es la acuicultura, es una de las preguntas centrales de este trabajo que se realiza a partir de tres estudios de caso: un productor lacandón con estanques familiares y dos grupos organizados en el sistema de granjas integrales para el cultivo de peces, uno chol y otro tzeltal. Los tres tienen en común un origen étnico maya y culturalmente provienen de regiones diferentes a la Lacandona. Sin embargo el grupo lacandón, primer colonizador del siglo XVIII, tiene mayor información sobre la ictiofauna nativa y mantiene el cultivo a nivel familiar; los otros llegaron a la región durante las décadas de 1960 y 1970; el grupo chol, trabaja la acuicultura de forma colectiva y mantiene una granja de producción basada en una especie exótica para la venta y una nativa como control biológico; y por último, el grupo tzeltal logró el funcionamiento de una granja durante nueve años pero debido al crecimiento poblacional ésta fue cancelada.

PALABRAS CLAVE: , Acuicultura, Chiapas, maya, selva tropical.

INTRODUCCION

La Selva Lacandona ha sido lugar de constantes colonizaciones antiguas y recientes, principalmente por grupos étnicos de origen maya provenientes de Chiapas, Tabasco, Campeche y Yucatán en México y del Petén en Guatemala. Este proceso de colonización indígena puede explicarse por un deseo de escapar a un control político o económico y como una forma de toma de conciencia para mejorar y ocupar nuevas tierras (Revel-Mouroz, 1980).

Los hoy llamados "lacandones" llegaron a la región probablemente del Petén occidental a fines del siglo XVIII (De Vos, 1980); los tzeltales, tzotziles y choles colonizaron la selva más reciente, principalmente durante las décadas de 1960 y 1970 y provienen fundamentalmente de la región templada conocida como Los Altos de Chiapas (González-Pacheco, 1983; Arizpe *et al.*, 1993).

Por lo anterior, la región está habitada principalmente por población autóctona, como colonizadora, compartiendo un horizonte cultural mesoamericano con una tradición empírica de producción, agropecuaria y forestal, producto de una herencia antigua pero también, de un proceso de adaptación a nuevos elementos, oportunidades y dificultades que encuentran los pueblos en su historia azarosa (Nigh, 1997); sin embargo, el tiempo que requieren las etnias colonizadoras para la integración de sus conocimientos y técnicas aprendidas para desarrollar un manejo propio en una novedosa actividad como es la acuicultura, es un proceso muy variable e indefinido dependiendo de las condiciones sociales, influencia de actores externos y de la dinámica propia de las comunidades como sujetos sociales.

A pesar de la considerable diversidad fíctica en la Selva Lacandona (Rodiles-Hernández *et al.*, 1996 y 1999; Gaspar-Dillanes, 1996) escasas investigaciones se han realizado sobre el potencial piscícola de estas especies (Chávez-Lomeli *et al.*, 1989). Sin embargo, los efectos de las importaciones de especies vía fomento

de la acuicultura está provocando impactos sobre las especies autóctonas de la región (Rodiles-Hernández y Morales-Román, 1997; Morales-Román y Rodiles-Hernández, 2000).

La acuicultura rural o cultivo de organismos acuáticos (plantas y animales) tiene la finalidad de proporcionar proteína barata para el consumo humano, vía la producción de subsistencia (familiar) y/o semiintensiva, que puede generar excedentes mediante la comercialización del producto pesquero (Romanini, 1981; Chazari, 1984; De La Lanza-Espino *et al.*, 1991).

En México, desde el siglo pasado, se realizaron las primeras importaciones de peces exóticos, y hasta la fecha la actividad acuícola ha estado basada en la aplicación de paquetes tecnológicos para la producción de diferentes especies alóctonas (exóticas), principalmente, de carpas y tilapias (Morales, 1978; Cabrera-Jiménez y García-Calderón, 1986).

Más recientemente se ha desarrollado en México un modelo, inspirado en la acuicultura practicada en el sudeste asiático, de granja de producción integral que consiste en la articulación de actividades agropecuarias y acuícolas para optimizar el uso de los recursos acuáticos y del suelo, lo que incluye el empleo de los desechos de un sistema de producción para otro ya sea como alimento, abono o riego (Romanini, 1981; De La Lanza-Espino *et al.*, 1991).

En la región de la Selva Lacandona se impulsó la acuicultura desde la década de 1980 a través de diferentes instancias del Gobierno Federal y Estatal, destacando la participación del Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB) durante 1984-1986 que impulsó el modelo de granja integral basado en el cultivo de especies exóticas y del Instituto Nacional Indigenista (INI) que fomentó el Programa de Piscicultura Tropical con Especies Nativas durante 1986-1987 (Hernández-López, 1987).

Es en este contexto que documentamos y analizamos las formas de integración del conocimiento local con el desarrollo de la acuicultura rural, a través de

estudios de caso con tres grupos indígenas de origen maya: lacandón, tzeltal y chol, evaluando aspectos básicos en el cultivo de los peces y el manejo de los estanques.

Zona de estudio y Panorama cultural.— La región de la Selva Lacandona se encuentra ubicada en el sudeste del Estado de Chiapas y representa un mosaico cultural y biológico muy diverso a raíz de su conformación ambiental y social (Leyva y Ascencio, 1996). En ella se encuentran las Reservas de la Biosfera Montes Azules, Lacantún y las áreas naturales de Bonampak y Chan-kin (INECONABIO, 1995), así como la Comunidad Lacandona (Figura 1) .

Los grupos étnicos que integran actualmente la subregión de la Comunidad Lacandona se encontraban dispersos en pequeños poblados pero por iniciativa gubernamental, a partir de 1976, fueron agrupados en tres grandes centros de población: 1) los Lacandones en Lacanjá Chansayab, 2) los Tzeltales y tzotziles en Nueva Palestina y 3) los Choles en Frontera Corozal. Lo anterior significó una nueva colonización, aunque dentro de la misma región, pero ahora dirigida por el gobierno mexicano (Leyva y Ascencio, 1996; 1997).

Lacanjá Chansayab se localiza entre el paralelo 16° 56' 24" norte y el meridiano 91° 17' 51" oeste; Nueva Palestina entre 16° 47' 34" norte y 91° 33' 44" oeste y Frontera Corozal entre el paralelo 16° 49' 16" norte y el meridiano 90° 53' 25" oeste (Figura 1).

Diseño de investigación y métodos.— Durante 1995 y 1996 se realizó un diagnóstico sobre la pesca y la acuicultura en la región (Rodiles-Hernández *et al*, 1996; Domínguez-Cisneros y Rodiles-Hernández, 1998) a partir del cual se delimitó la zona de estudio.

En primer lugar se seleccionaron a las tres poblaciones étnicas que comparten un proceso sociocultural reciente, definido por la neocolonización (reagrupación)

dirigida, en un espacio delimitado, la subregión denominada Comunidad Lacandona. Proceso que desde su origen (hace más de dos décadas) está definido por el discurso y el financiamiento del gobierno federal en torno a las reservas de la biosfera y áreas protegidas de esta selva tropical húmeda de México.

Durante el mes de febrero de 1997 se realizaron estancias en cada una de las tres poblaciones de la Comunidad Lacandona y se aplicaron entrevistas a pobladores de ambos sexos, complementándose dicha información mediante la observación participante y la realización de un taller participativo en cada población (WRI y GEA, 1993) con la finalidad de elegir a los tres estudios de caso. Desde marzo y hasta diciembre de 1997 se realizó estancias en las tres comunidades seleccionadas. En las poblaciones chol (Frontera Corozal) y tzeltal (Nueva Palestina) se habían construido sólo una granja en cada una de ellas; en la población lacandona (donde existían 16 familias con estanques) se seleccionó al productor que presentaba un mayor manejo, más estanques y mayor número de especies en cultivo.

Para evaluar el desarrollo de la acuicultura, en cada uno de los estudios de caso, durante el periodo de marzo a diciembre de 1997 se tomaron directamente los datos técnicos de cuatro indicadores: 1) Características de los estanques: número, forma, área y uso. 2) Especies cultivadas: para engorda, locales e introducidas, incidentales en el cultivo, origen de los alevines, y nomenclatura local. 3) Alimentación de los peces: tipos de alimentos, origen y frecuencia. 4) Manejo del cultivo: fertilización, alevinaje, control del agua, mantenimiento de estanques y cosechas.

Con la información recabada se realizó una base de datos utilizando el sistema de catalogación Murdok (1997) clasificando, en cada caso, tanto los aspectos técnicos evaluados directamente en los estanques como la información o reconstrucción histórica obtenida a través de las entrevistas y talleres aplicados,

fundamentalmente cuando alguna actividad no podía verificarse porque se había abandonado o se había suspendido temporalmente.

Los peces colectados fueron identificados y depositados en la Colección Ictiológica de El Colegio de la Frontera Sur en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas (ECO-SC-P).

RESULTADOS

El modelo acuícola transferido.-- La mayoría de los entrevistados recuerdan que en 1984 el Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB) inició la promoción de la acuicultura a través de la capacitación para el establecimiento de granjas integrales.

Señalan que la granja se concebía a partir de la integración de cuatro unidades o módulos productivos: 1) milpa y hortalizas; 2) porquerizas para cerdos que se alimentan de maíz y producen fertilizante; 3) estanques de peces que se alimentan de las hortalizas y de la fertilización del agua; y 4) corrales de pollos contruidos sobre cada estanque para fertilizar el agua. La instalación de las granjas requería terrenos amplios de por lo menos dos hectáreas.

Las tres experiencias iniciaron bajo un proceso de capacitación y en cada una de ellas se destinaron terrenos, aproximadamente de 3 hectáreas, para la construcción de la granja. En Frontera Corozal (chol) y en Nueva Palestina (tzeltal) los terrenos se encontraban en sitios alejados (trabajaderos) del núcleo poblacional y en Lacanjá Chansayab se ubicó dentro de la propia comunidad. Sólo en los dos primeros casos (Frontera Corozal y Nueva Palestina) las granjas fueron instaladas y lograron iniciar la experiencia de acuerdo al modelo arriba descrito (los módulos de puercos se construyeron pero sólo en una ocasión operaron); mientras que los lacandones iniciaron la construcción de la granja pero por diferencias personales nunca la terminaron, a pesar de esto, algunas familias

lacandonas retomaron la idea de la acuicultura, pero bajo la forma de estanques familiares en sus traspatios.

Características de los Estanques.— En Frontera Corozal el terreno donde se encuentra el acuicultivo fue otorgado en concesión a los socios que constituyeron la “Granja Integral de Arroyo Naih-té”, encontrándose a orillas de la carretera Fronteriza de Palenque-Comitán y alejada del centro de población.

El área total de la estanquería es de 10,200 m² (Tabla 1), nueve estanques son dedicados a la engorda de los peces y tres pequeñas piletas son destinadas para el alevinaje y la reversión sexual de la tilapia (*Oreochromis niloticus*). Los estanques son rústicos (arcilla compactada) y de forma rectangular con un área de 1050 m², la profundidad varía entre los 0.6 m y 1.30 m y en promedio presentan dimensiones de 70 m de largo por 15 de ancho, cada estanque tiene monjes de concreto en las entradas y salidas de agua. Las tres piletas de alevinaje están construidas con mampostería y revestidas con cemento, una es circular y dos son rectangulares, cubriendo las tres una área aproximada de 750 m² (Tabla 1).

Existe un sistema de abasto de agua individual para cada estanque proveniente de un canal, así como un conducto para el drenaje que vierte sobre los terrenos para la siembra agrícola. Sobre cada estanque de engorda se elaboraron corrales rústicos de madera en los cuales se crían pollos.

La granja en Nueva Palestina se organizó de manera similar a la anterior, sin embargo, de acuerdo a los entrevistados, después de dos años de funcionamiento, a pesar de solucionar algunos problemas administrativos, la comunidad acordó retirar la concesión sobre el terreno en el año de 1993, debido al crecimiento poblacional y con el objeto de anexarlo a su zona habitacional, por lo que, con ello se originó el fin de toda la actividad.

En el tiempo que funcionó la granja, se construyeron un total de ocho estanques

(Tabla 1), de forma rectangular con un ancho de 15 m, con una longitud menor de 50 m, representando un área por estanque de 750 m² y un total de 6,000 m². La profundidad de los estanques era entre 0.6m y 1.3m, existiendo monjes de concreto, así como canales para la toma de agua y drenaje; también se documentó la existencia de corrales de aves sobre los estanques y el uso final de las aguas era para los cultivos de la granja. En este caso nunca se construyó un estanque para el alevinaje o para la reversión sexual.

El acuicultivo de Lacanjá Chansayab (Figura 3) se encuentra ubicada en el traspatio de la casa familiar del jefe de familia. Son tres estanques (Tabla 1) de forma circular irregular y con la profundidad tienen un volumen cónico. La superficie representa en conjunto 264 m², sin embargo cada estanque varió en dimensiones: uno de 88.3 m² y profundidad máxima de 1.60 m, otro de 96 m² y profundidad máxima de 1.10 m, y un tercero con 80 m² y profundidad de 0.8 m. El sistema de abastecimiento de agua es eslabonado entre dos de los estanques (Figura 3), el primero de ellos es usado para mantener a los peces de tallas pequeñas y su drenaje esta conectado al segundo estanque que mantiene individuos de mayor talla, el tercero es independiente (abasto de agua y drenaje) y se utiliza exclusivamente para la engorda de peces.

Especies Cultivadas.—El grupo de Frontera Corozal inició el acuicultivo con la especie exótica comúnmente conocida como ‘tilapia’ (*Oreochromis niloticus*), de acuerdo al modelo transferido y las obtuvieron a través de una solicitud que realizaron al Gobierno del Estado; posteriormente, por la promoción de otros paquetes tecnológicos, les proporcionaron otras dos especies la ‘mojarra paleta’ (*Cichlasoma synspilum*) y la ‘mojarra castarrica’ (*C. urophthalmus*), ambas translocadas, la primera proveniente del río Lacantún y la segunda de la parte baja del Usumacinta. Posteriormente, los alevines de estas tres especies se obtenían a través de la reproducción natural en los estanques (Tabla 2).

Los socios de esta granja seleccionaron del medio natural a una mojarra nativa *chüy* (*C. salvini*) para introducirla en los estanques con el objeto de que sirviera como control biológico de las crías de la 'tilapia', esta especie es sumamente prolífica y presenta atrofia del crecimiento al no tener control de la reproducción y de la densidad de población. Así de forma intencional, en esta granja se cultivan un total de cuatro cíclidos, mientras que incidentalmente se encuentra en los estanques el 'bagre juil o bobo' (*Rhamdia guatemalensis*), el cual cuando se realizan las cosechas también es consumido, dando como resultado la presencia regular de cinco especies en los estanques (Tabla 2).

De forma similar el grupo de Nueva Palestina cultivó las tres especies introducidas. En un inicio, sólo la 'mojarra tilapia' (*Oreochromis niloticus*) y posteriormente la 'mojarra paleta' (*C. synspilum*) y la 'mojarra castarrica' (*C. urophthalmus*). El grupo tzeltal denomina como *kokoy* a estas dos últimas 'mojarras', así como para dos especies nativas más de 'mojarras' que no tienen en sus estanques (Tabla 2).

El productor lacandón cultiva tres especies nativas que obtienen del río Lacanjá: el 'macabil' *ch'äk ar* (*Brycon guatemalensis*), la 'mojarra del petén' o 'mojarra negra' *wax käy* (*Cichlasoma intermedium*), y la 'tenguayaca' *ts'a aw'* (*Petenia splendida*). Adicionalmente cultivan las tres especies introducidas por los programas de acuicultura: dos sin nombre lacandon: la 'mojarra tilapia' (*Oreochromis niloticus*), la 'mojarra castarrica' (*C. urophthalmus*) y una más la 'mojarra paleta' que denominan *soskij* y *sibi käy* (*C. synspilum*) (Tabla 2).

De forma accidental, tres especies nativas, provenientes del arroyo más cercano entran a formar parte de este cultivo: el 'topote' *puta'* (*Poecillia mexicana*), la 'sardina' *säktan* (*Astyanax* sp) y el 'juil' *ru'* (*Rhamdia guatemalensis*). Las nueve especies son consumidas (Tabla 2).

Las tres primeras especies son las más apreciadas y obtienen los alevines (las 'mojarras' en abril-mayo y el 'macabil' en el periodo de lluvias) en los ríos y

arroyos más cercanos un par de semanas después de la reproducción. Utilizan maíz molido, termitas o pedazos de tortilla para atraer a los peces y las capturan con trampas de calabazas secas o, recientemente, con bolsas de plástico, en las cuales se transportan hasta los estanques. De estas tres sólo la 'mojarra' *wax käy* (*Cichlasoma intermedium*) logra reproducirse en los estanques.

Los alevines de 'tilapia' y de las 'mojarras paleta y castarrica' fueron proporcionados al inicio del cultivo por los centros acuícolas del Estado de Chiapas, sin embargo, la primera fue consumida casi en su totalidad y al momento de concluir el trabajo la presencia de esta especie en los estanques era rara. En cambio, las otras dos 'mojarras' (*C. synspilum* y *C. urophthalmus*) se encontraban en exceso, debido a que fueron introducidas sin ningún control de densidad. Estas dos especies más bien eran extraídas de los estanques (cada vez que se hicieron muestreos o cosechas parciales), sin embargo, ambas se reproducen naturalmente, provocando un exceso de población.

La 'mojarra santa isabel' (*C. salvini*) no es cultivada en los estanques de los lacandones, aunque la conocen como *murx käy* (Tabla 2).

Alimentación de los peces.-- Las dos granjas integrales trabajaron en un inicio de acuerdo a la alimentación sugerida por el modelo promovido por el INIREB, el cual consistía en proporcionar, después del primer mes de la siembra de peces, maíz molido para suplementar la dieta de los peces.

En ambos casos la alimentación con maíz fue de forma irregular dado que su producción fue insuficiente y tampoco se contó con recursos monetarios para su compra. La producción de cerdos tuvo éxito y temporalmente eran alimentados también con maíz.

Por lo que, la principal forma de alimentación de los peces, en estas dos granjas, era por medio de la fertilización orgánica (gallinaza de los pollos) e inorgánica (fertilizantes químicos); adicionalmente en la granja de Frontera Corozal se

complementaba la alimentación con la 'yuca' (*Manihot* sp) que sembraban los socios, en la milpa y para los alevines utilizaban alimento de pollos durante algunas semanas antes de llevarlos a los estanques de engorda.

El productor lacandón alimenta a los peces con insumos que obtiene de la selva y en menor proporción de la milpa. Los principales alimentos son: frutos de árboles de la selva sembrados a la orilla de los estanques, nidos de termitas recolectados en la zona y puestos en estacas dentro de los estanques; caracoles de río sembrados, restos de alimentos no consumidos por la familia, restos de animales de caza y maíz molido.

La frecuencia en que se proporcionan estos alimentos es variada. Los frutos de los árboles se encuentran durante dos épocas del año: en abril-mayo y agosto-septiembre; las hojas caen durante todo el año al igual que las excretas de las aves, gallinas y patos, que habitan a orillas de los estanques. Los caracoles se encuentran disponibles durante todo el año. Las termitas se proporcionan cada dos o tres meses, según la frecuencia con que se encuentren nidos en la selva. Mientras que los restos de los animales cazados, restos de alimentos de la casa y el maíz molido se intercalan de tal manera que se proporcionan cada dos días, variando según la disponibilidad de cada uno de los insumos.

Manejo del cultivo acuícola.—El grupo de Frontera Corozal realiza la fertilización con base en las excretas de los pollos que caen directamente en los estanques. A pesar de que al inicio de la granja fertilizaban con abonos inorgánicos, para acelerar la productividad del agua al momento de sembrar los alevines, no fue posible mantenerla debido al costo.

La técnica de alevinaje consistió en un inicio en la separación y alimentación de los alevines de 'tilapia' con alimento balanceado mezclado con hormonas para llevar a cabo la reversión sexual, técnica utilizada en el cultivo de la tilapia para producir individuos de un solo sexo, ésta se aplicó mientras se contaba con

recursos para comprar los insumos o cuando se los proporcionaba algún promotor, sin embargo, no fue posible mantenerla. Por lo que, se introduce la 'mojarra de santa Isabel' (*Cichlasoma salvini*) que con base en las observaciones de los productores, la seleccionaron por que consume en el medio natural pequeños peces. La siembra en los estanques se realizó arbitrariamente sin considerar una proporción determinada y exclusivamente para controlar la densidad de los alevines de la 'tilapia' (especie sumamente prolífica).

El control del flujo de agua se efectúa frecuentemente dado que los estanques tienen las estructuras adecuadas para regular el volumen y la calidad del agua. Esta actividad la realizan cuidadosamente durante la época de lluvias para evitar el desbordamiento de los estanques.

La limpieza de los estanques se realizaba regularmente cuando las cosechas totales eran frecuentes y consistía en secar al sol el estanque vacío, sin embargo, esta actividad disminuyó en la medida que cada vez había menos cosechas. El encalado para desinfección de los estanques vacíos se efectuó sólo en un par de ocasiones, no siendo una actividad regular en el manejo; a diferencia del mantenimiento de los bordos que se hacía frecuentemente para evitar que la maleza creciera en exceso.

Las cosechas parciales eran una actividad frecuente ya que los socios vendían el producto cada seis o siete meses, principalmente de la tilapia, por lo cual disminuían el nivel del agua al mínimo para que los peces no se murieran y con una red de cerco los extraían, seleccionando ejemplares arriba de los 250 gr., dejando a los más pequeños continuar con su desarrollo.

El grupo de Nueva Palestina impulsó actividades similares a las que desarrolló el grupo de Frontera Corozal principalmente en: fertilización, control del agua, mantenimiento de estanques y formas de cosechas, ya que ambas granjas sufrieron el mismo proceso de quedarse sin recursos económicos para poder continuar con las actividades originales del paquete tecnológico. La única

diferencia fue que no se realizó un alevinaje, ya que se sembraron directamente las crías en los estanques y sin reversión sexual.

El productor lacandón no efectúa una fertilización inducida, por lo que la fertilización del estanque es incidental proveniente de la materia orgánica que cae de los árboles que se encuentran sembrados alrededor de los estanques, y las excretas de los pájaros que los habitan y de las gallinas y patos que se encuentran en un gallinero ubicado entre dos de los estanques (Figura 3).

Una de las actividades más importantes de este acuicultivo es el alevinaje de dos especies nativas, el macabil *ch'äk ar* (*Brycon guatemalensis*) y la 'tenguayaca' *ts'a aw'* (*Petenia splendida*), que consiste en capturar los alevines en los arroyos y ríos cercanos y separarlos en un estanque exclusivo hasta que alcancen una talla adecuada (aproximadamente 4 cm) para poder pasarlos en los estanques de engorda y así evitar que sean consumidos por los individuos de tallas mayores.

El control del agua se efectúa de manera regular dado que los estanques cuentan con sistemas de control de entrada y salida de agua, éste se hace más para mantener el volumen de agua que para controlar la calidad de la misma, debido a que el agua se toma directamente de un arroyo y el flujo puede provocar el desbordamiento de los estanques. El mantenimiento de los estanques se efectúa con la limpieza de bordos y cortes de las ramas grandes de los árboles sembrados alrededor de ellos. Se evita el crecimiento excesivo de la maleza y se mantiene pasto bien cortado, lo que permite mayor resistencia y evita la erosión de los bordos. En este caso el mantenimiento también obedece a la necesidad de tener un lugar cómodo para el trabajo y para habitar, ya que los estanques se encuentran dentro del espacio familiar.

Las cosechas parciales, principalmente del macabil, se realizan irregularmente en función de los tiempos que marcan las necesidades de la familia para consumo o venta de los peces. Se cosechan con redes de mosquitero que arrastran en el fondo del estanque y seleccionan a los individuos de talla mayor para consumir o

vender y dejan a los más pequeños para que continúen su desarrollo. Así mismo regresan al río los que incidentalmente se introducen y que no son deseados. Las cosechas totales son muy escasas y sólo la realizan cuando deciden vaciar algún estanque.

EL SISTEMA ACUÍCOLA DE PRODUCCIÓN MAYA

Estos grupos han implementado en sus acuicultivos principios de diseño que buscan reproducir la estructura y función del ecosistema ya sea a través de la imitación directa, logrando una analogía estructural al reproducir las características del sistema natural (Nigh, 1997) y un manejo adaptativo de la técnica acuícola.

En los tres casos, a pesar del tiempo de la colonización, existe un conocimiento local sobre las especies de peces que habitan los ríos de la selva tropical húmeda, que han incorporado paulatinamente al sistema de producción acuícola (Tabla 2). Si bien los grupo de Frontera Corozal y Nueva Palestina, no tienen un manejo de las especies nativas como el que realiza el productor lacandón, sí están creando un proceso de manejo adaptativo por imitación o por su propia tradición cultural, donde se intenta reducir riesgos y mantener opciones para poder decidir las tendencias en el desarrollo de sus acuicultivos. Construyendo paulatinamente policultivos y sistemas de producción integral, retoman y seleccionan prácticas aprendidas a través de los paquetes tecnológicos, así como, elementos de los ecosistemas naturales en que viven.

El productor lacandón presenta una mayor diversidad de elementos del medio natural que incorporaron al desarrollo de la acuicultura familiar, realizando un cultivo de tres especies nativas en combinación con tres especies introducidas (Kohler, *et al.*, 1997; Teichert, 1996; Lovshin *et al.*, 1986); utilizando insumos locales para la alimentación (Shelton, 1994), árboles frutales, caracoles de río,

termitas, etc., así como, la captura de alevines en los ríos y arroyos, su manejo en los estanques para la separación de tallas y especies.

El grupo de Frontera Corozal prioriza la alimentación de la 'tilapia' por medio de la incorporación de la yuca, fertilización del agua y la introducción de un depredador nativo (*C. salvini*), para el control de los alevines de la 'tilapia'. Ambos procedimientos están dirigidos a mantener la producción de las especies de su interés, adaptando a sus condiciones locales, las técnicas aprendidas, para complementar la alimentación de los peces y para el control biológico de la densidad de carga de los estanques (Lovishin *et al.*, 1986). El grupo de Nueva Palestina partió de un sistema de cultivo similar al de Frontera Corozal, pero no tuvo el tiempo necesario para realizar innovaciones.

En cada uno de los casos fueron incorporadas al acuicultivo las tres especies introducidas, la 'tilapia' (especie exótica) y las 'mojarras paleta y castarrica' (especies translocadas), éstas dos últimas llevadas por las instituciones de fomento con la intención de sustituir el cultivo de la Tilapia (Hernández-López, 1987). Sin embargo, dicho reemplazo no se llevó a cabo y resultó en una incorporación en ocasiones, complementaria y en otras excesiva; principalmente por la falta de asesoría técnica y seguimiento del cultivo por las instituciones promotoras, lo que provoca una incertidumbre sobre el cambio tecnológico que se les propuso a los tres grupos.

Al no existir certeza en lo que se va a obtener, el sistema de decisiones del productor (colectivo o individual) desecha u opta por alternativas con el menor riesgo para asegurar la producción (Christensen, 1995), es decir, el productor no abandonó el cultivo de la 'tilapia' (tal como era el objetivo), sino que aceptó la introducción de las dos nuevas especies pero con reservas y bajo un proceso de prueba hasta que tuvieran elementos de decisión para aceptarlas o desecharlas. La aceptación de una tecnología implica un proceso de manejo adaptativo basado en el conjunto de conocimientos básicos que permitan reproducir la técnica

introducida. Puede darse el caso de adopción a condiciones específicas de los sitios en donde se desarrolla (Foster, 1988). Para concretar la adaptación de una tecnología es necesario poner en juego un conjunto de decisiones en donde los sujetos involucrados eligen cuales elementos de la técnica conservan, modifican y agregan, de acuerdo a sus condiciones particulares. Para la toma de decisiones se requiere un entorno adecuado y conocimientos previos que permiten hacer una elección determinada (Bonfil, 1996).

La toma de decisiones comunitarias puede llegar a contraponerse a los intereses de grupos, llegando a limitar su desarrollo productivo, como en el caso del grupo tzeltal en donde se negó por parte de la asamblea comunitaria la continuidad del uso de los terrenos en donde se estableció la granja, debido al crecimiento poblacional y del núcleo urbano. Por lo cual, al no existir una seguridad sobre los elementos del sistema original, la adaptación técnica termina por fracasar o por ser limitada en el tiempo (Bonfil, 1996; De Olivera y Rougeule, 1990), hasta que existan condiciones específicas para volver a retomar la actividad productiva.

Los lacandones por su parte no permitieron la construcción de una granja colectiva y sólo algunos productores retomaron la idea y desarrollaron sistemas familiares de acuicultura (Noble, 1996; Dowall, 1996); puede ser que este tipo de organización se debe probablemente a las características culturales de los lacandones que giran en torno al clan familiar, tales como, la forma de asentamientos en grupos pequeños, aislados y pasajeros y la falta de gobierno estructurado (De Vos, 1991).

Los grupos de Frontera Corózal y Palestina aceptaron el modelo de granja integral y la organización colectiva para la producción y la capacitación técnica. El contacto entre técnicos y productores permitió una socialización del conocimiento técnico que se hace necesaria para combinar de manera más eficiente la técnica con los conocimientos locales (Dowall, 1996; Martínez-Torres y Ayala, 1991; Ortiz de Montellano, 1985).

De las tres poblaciones étnicas, estudiadas a través de casos particulares, la población lacandona es la más antigua en la zona de la Comunidad Lacandona, habiendo tenido un espacio temporal más largo para acumular mayor conocimiento sobre los peces y el ambiente acuático, permitiéndoles tener una gama más amplia de opciones para modificar y adaptar la acuicultura al medio local (Dowall, 1996; Noble, 1996; De Olivera y Rougeulle, 1990). Sin embargo, la población chol, con menor tiempo de establecimiento en la región, está incorporando conocimientos locales en el acuicultivo al experimentar con una especie nativa, como control biológico, para mantener la densidad de carga de la 'tilapia' y obtener mejores rendimientos, así como, en la incorporación de la yuca como alimento adicional para esta especie. Los tzeltales al no poder darle continuidad al cultivo vieron truncado el desarrollo local de la acuicultura y por lo tanto, la incorporación de experimentación indígena.

En este sentido podemos afirmar que el desarrollo de la acuicultura en la selva lacandona está siendo objeto de un manejo adaptativo e innovador, al imitar al ecosistema acuático local, y reproducirlo a diferentes escalas (familiar y colectiva) para desarrollar un policultivo de peces.

Con base en la información de este trabajo se abre la posibilidad de un desarrollo sostenible de la acuicultura rural en la Comunidad Lacandona, partiendo del conocimiento local y de la adaptación de una técnica. Este proceso desarrollado, principalmente en dos estudios de caso (Frontera Corozal y Lacanjá Chansayab) pueden ser utilizados, por los promotores de paquetes tecnológicos, como marco de referencia para la adopción de técnicas de cultivo que utilicen más eficientemente los recursos naturales y el conocimiento local, que permita entender y alentar la toma de decisiones de los productores y evitar, en la medida de lo posible, los problemas derivados de la falta de socialización e intercambio de información que han llevado frecuentemente al fracaso de los proyectos productivos impulsados en la región.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos las facilidades y el apoyo que nos brindaron los pobladores y autoridades de la Comunidad Lacandona, especialmente con los señores Vicente Kin Paniagua, Miguel López Cruz y Lucio Arias, así como sus familias. De gran ayuda resultaron las revisiones críticas realizadas por Miguel Chávez Lomelí, Reyna Moguel Viveros, Kristen Nelson y Brent Berlin. Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por las becas proporcionadas para la realización de estudios de maestría y doctorado, respectivamente. El convenio celebrado con El Fideicomiso del Sistema de Investigación Benito Juárez (FOSIBEJ-CONACYT/RNMA-09) y la Fundación Ford brindaron el soporte económico para la elaboración del estudio.

LITERATURA CITADA

- ARIZPE, L.; F. PAZ y M. VELÁZQUEZ. 1993. Cultura y cambio global: Percepciones Sociales sobre la Deforestación en la Selva Lacandona. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Universidad Nacional Autónoma de México y Grupo Editorial Miguel Ángel Porrúa. México.
- BONFIL-BATALLA, G. 1996. La teoría del control cultural en el estudio de los procesos étnicos. *Acta Sociológica* 18:11-54.
- CABRERA-JIMENEZ, J. y J. L. GARCÍA-CALDERÓN. 1986. Estado que guarda la acuacultura en México al término de 1982. *Separata*. Pp. 721-741. En: Bardach J. E., J. H. Ryther y W. O. McIarney. 1986. *Acuacultura. Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce*. AGT, Editor, S.A. México.
- CHAZARI, E. 1984. *Piscicultura en agua dulce 1884*. Secretaría de Pesca. México.
- CHÁVEZ-LOMELÍ, M. O., A. E. MATTHEUWS y M. H. PÉREZ-VEGA. 1989.

Biología de los peces del río San Pedro en vista de determinar su potencial para la piscicultura. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Veracruz, México.

CHRISTENSEN, M. S. 1995. Small-scale aquaculture in Africa does it have future?. *World Aquaculture*, 2:30-32.

DE LA LANZA-ESPINO, G., R. DE LARA-ANDRADE y J. L. GARCÍA-CALDERÓN. 1991. *La Acuicultura en Palabras*. AGT Editor, S.A. México.

DE OLIVEIRA CUNHA, L. H., y M. D. ROUGEULLE. 1990. Usos del espacio y de los recursos naturales en el litoral de Guaraqueçaba, Paraná, Brasil. pp. 489-549. En: *Cultura y manejo sustentable de los recursos naturales Vol. II.*, Eds. Leff E. y J. Carabias L. México. Universidad Nacional Autónoma y Grupo Editorial Miguel Angel Porrúa.

DE VOS, J. 1991. *La paz de Dios y del Rey. La conquista de la Selva Lacandona (1525-1821)*. Secretaría de Educación y Cultura de Chiapas y Fondo de Cultura Económica, México.

DOMÍNGUEZ-CISNEROS S. y R. RODILES-HERNÁNDEZ 1998. *Guía de Peces del Río Lacanjá, Selva Lacandona, Chiapas, México*. El Colegio de la Frontera Sur. 68 pp.

DOWALL, S.H. F. 1996. Farmer research builds capacity for small-scale integrated aquaculture development. *ILEA Newsletter For Ecologically Sound Agriculture*, 2:14-15.

FOSTER, G. M. 1988. *Las culturas tradicionales y los cambios técnicos*. Fondo de Cultura Económica; México, Distrito Federal.

GASPAR-DILLANES, M. T. 1996. Aportación al conocimiento de la ictiofauna de la selva Lacandona, Chiapas. *Zoología Informa (México, Distrito Federal)* 33:41-54.

GONZÁLEZ-PACHECO, C. 1983. *Capital extranjero en la selva de Chiapas 1963-1982*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

WRI-GEA. 1993. *El proceso de evaluación rural participativa. Una propuesta*

- metodológica. Coedición del Instituto de los Recursos Mundiales (WRI) y Grupo de Estudios Ambientales (GEA, A.C.). Programa de Manejo Participativo de Recursos Naturales. Cuaderno Núm. 1. México.
- KOHLER, C., S T. KOHLER, F. ALCANTARA y E. RIOS I. 1997. Development of Sustainable Pond Aquaculture Practices for *Piaractus brachypomus* in the Peruvian Amazon. RP: 1 August to 31 July 1997.
- KWEI LIN, C. y D. JAMES S. 1996. Co-culture of catfish (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*) in ponds. CRSP Research Reports 96-93.
- HERNÁNDEZ-LÓPEZ , A. La Piscicultura Tropical en la Selva Lacandona. Revista Mexicana de Acuicultura. ACUAVISION 1987. No. 9: 2-31.
- INE-CONABIO. 1995. Reservas de la Biosfera y otras áreas naturales protegidas de México. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). Coedición: Instituto Nacional de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, Distrito Federal.
- LEYVA, S. X., y G. ASCENCIO F. 1996. Lacandonia al filo del agua. Ed. Fondo de Cultura Económica en coedición con CIESAS, CIHMECH-UNAM y UNICACH. México, Distrito Federal.
- LEYVA, S. X., y G. ASCENCIO F. 1997 El estudio de la colonización: Algunos Enfoques. Pp. 13-33. En: Colonización, Cultura y Sociedad. Universidad de Ciencias y Artes del Estado de Chiapas, Leyva S. X., y G. Ascencio F. (editores).
- LOVSHIN, L.L., N.B. SCHWARTZ, V.G. DE CASTILLO, C.R. ENGLE and U.L HATCH. 1986. Cooperatively Managed Rural Panamian Fisch Ponds: The integrated approach. ICARD Series No. 33. Alabama Agr. Experimental Station; Auburn Univ. Alabama. pp.3-12.
- MARTÍNEZ-TORRES, Z., y A. AYALA. 1991. Modelo Mexicano de Policultivo: Una alternativa de desarrollo rural. Fideicomiso Fondo nacional para el desarrollo Pesquero. México, D.F. pp.11-71.

- MORALES, H. L. 1978. ¿La revolución azul?. Acuacultura y ecodesarrollo. Editorial Nueva Imagen. México.
- MORALES-ROMÁN, M., y R. RODILES-HERNÁNDEZ. (en prensa). Implicaciones de la carpa herbívora *Ctenopharyngodon idella* en la Comunidad de Peces del Río Lacanjá, Chiapas. Hidrobiológica.
- MURDOK. 1997. Sistema de Catalogación para actividades agropecuarias y productivas.
- NIGH, R. 1997. Implicaciones Regionales y Globales de la Colonización agropecuaria de las selvas tropicales del sureste de México. Pp. 173-234, in: Colonización, Cultura y Sociedad. Universidad de Ciencias y Artes del Estado de Chiapas, Leyva S. X., y G. Ascencio F. (editores).
- NOBLE, R. 1996. Wetland managment in Malawi: A focal point for ecologically sound agriculture. ILEA Newsletter For Ecologically Sound Agriculture, 2:9-11.
- ORTIZ DE MONTELLANO, A. 1985. Tecnologías pesqueras en el trópico húmedo de México. Centro de Ecodesarrollo. México.
- REVEL-MOUROZ, J. 1980. Aprovechamiento y colonización del trópico húmedo mexicano. La vertiente del Golfo y del Caribe. Fondo de Cultura Económica. México.
- RODILES-HERNÁNDEZ, R., S. DOMÍNGUEZ-CISNEROS y E. VELÁZQUEZ-VELÁZQUEZ. 1996. Diversidad íctica del río Lacanjá, Selva lacandona, Chiapas, México. Zoología Informa (México, Distrito Federal) 34:3-18.
- RODILES-HERNÁNDEZ, H. R. y M. MORALES-ROMÁN R. 1997. La presencia de la carpa herbívora *Ctenopharyngodon idella* en la Reserva de la Biósfera de Montes Azules. Ponencia. Memorias del III Congreso Nacional sobre Areas Naturales protegidas "Dr. Miguel Alvarez del Toro".
- RODILES-HERNÁNDEZ, R., E. DÍAZ-PARDO and J. LYONS. 1999. Patterns in the species diversity and composition of the fish community of the Lacanja River, Chiapas, Mexico. Journal of Freshwater Ecology Vol. 14(4):455-468.

ROMANINI, C. 1981. Ecotécnicas para el trópico húmedo. Centro de Ecodesarrollo. México.

TEICHERT, C. D. R. 1996. Effect of stocking ratio on semi-intensive polyculture of *Colossoma macropomum* and *Oreochromis niloticus* in Honduras, Central America. PD/A CRSP.

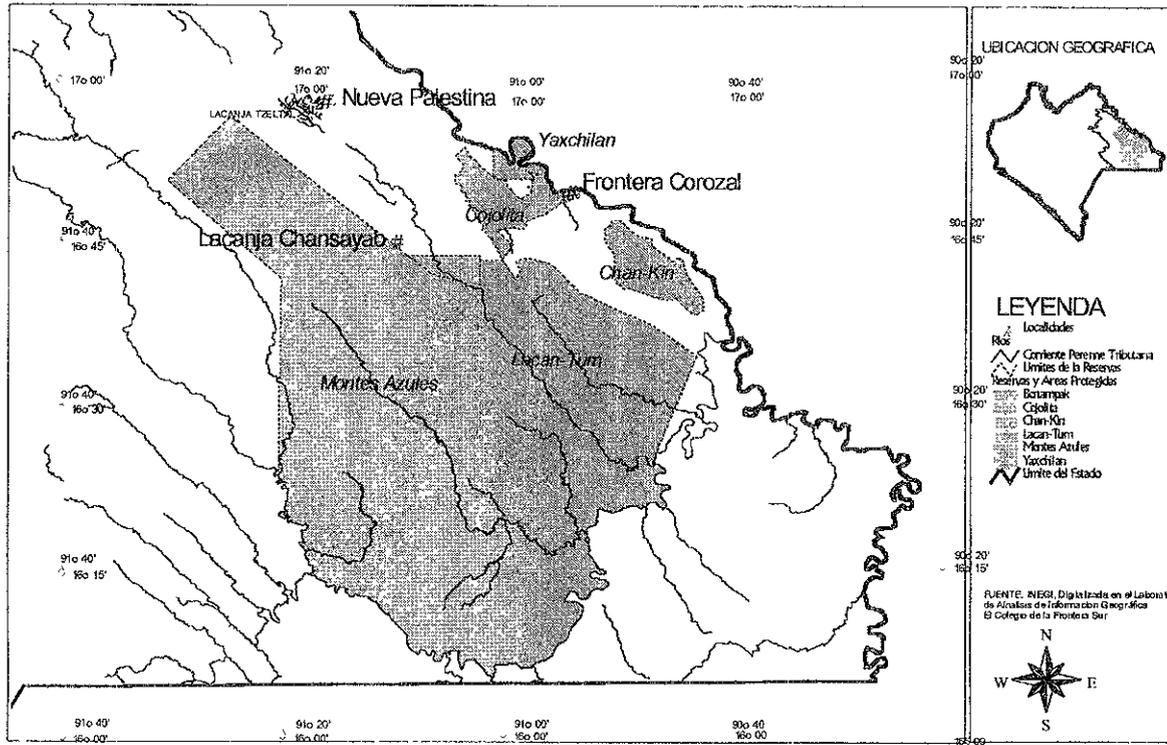
SHELTON, W. L., K. D. HOPKINS; A. SOLIMAN, and A. L. E. GAMAL. 1994. Bioconversion of Gastropods by Black Carp in Egyptian Fish Culture Ponds. PD/A CRSP.

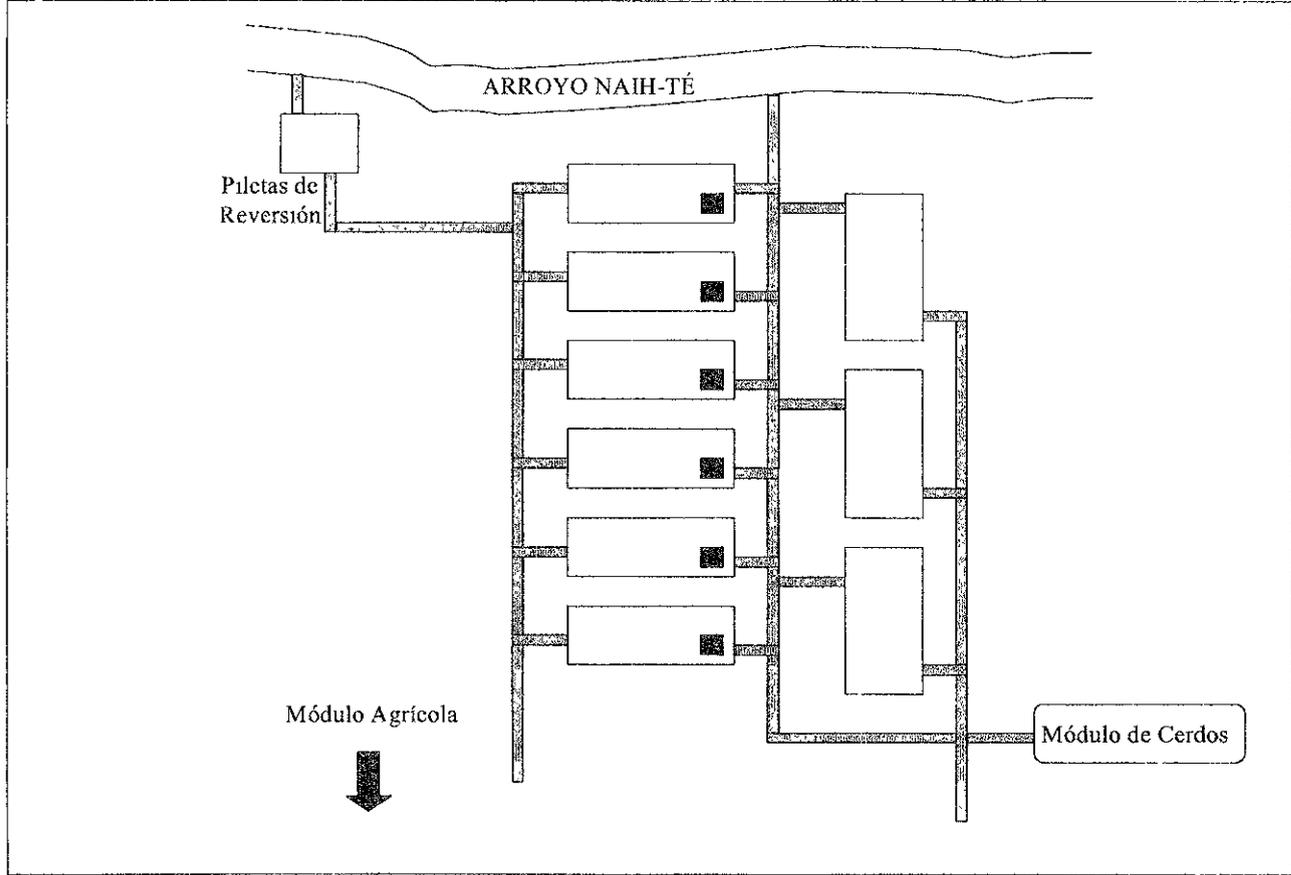
YIN, K. R. 1994. Case Study research desing and methods. Applied Social Research Methods Series Vol 5. SAGE Publications. pp. 18-125.

Figura 1.- Mapa de la Zona de Estudio. Selva Lacandona, Chiapas.

Figura 2.- Diagrama del acuicultivo chol y tzeltal.

Figura 3.- Diagrama del acuicultivo lacandón.





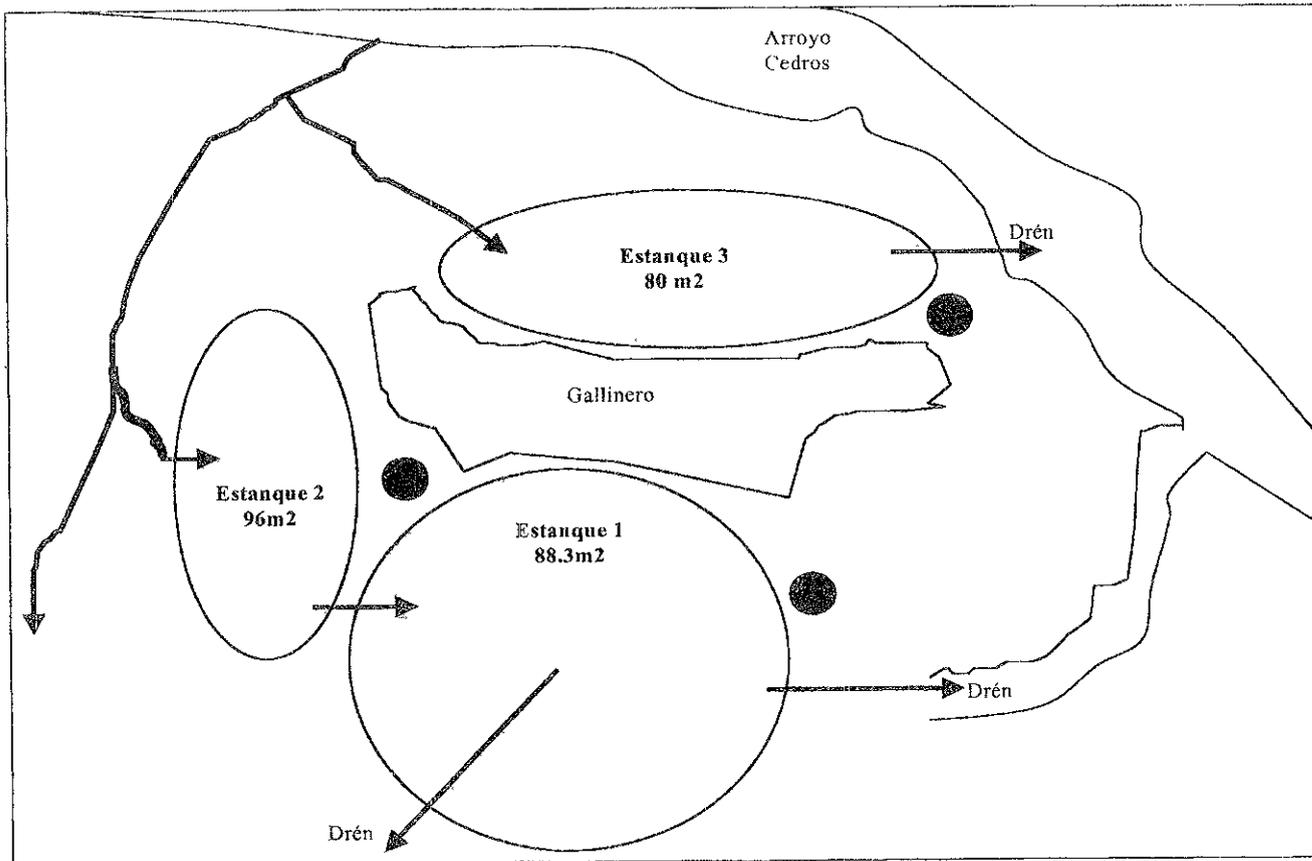


Tabla 1.- Características de los estanques en los tres estudios de caso

ESTANQUE	chol	tzeltal	lacandón
Número total	13	8	3
Forma	Rectangular y circular*	Rectangular	Circular
estanques para engorda	9	8	2
pileta para alevinaje	3*	-----	1
Superficie promedio por estanque (m ²)	1050 750*	750	88
Superficie total (m ²)	10,200	6,000	264

* piletas de alevinaje (pequeños estanques revestidos) una de ellas es circular, las otras dos son rectangulares

Tabla 2. - Nombres locales para las especies nativas e introducidas en los tres estudios de caso

Nombre científico	Nombre común	chol	tzeltal	iacandón
<i>Oreochromis niloticus</i> (1)	Mojarra Tilapia	Chüy**	**	**
<i>Cichlasoma synspilum</i> (2)	Mojarra Paleta	Chüy **	Kokoy **	soskij, sibi käy **
<i>C. urophthalmus</i> (2)	Mojarra castarrica	Chüy **	Kokoy **	**
<i>Astyanax</i> sp (3)	Sardina		Zats	Säktan **
<i>Brycon guatemalensis</i> (3)	Macabil, Macagüil	chak'ul	ch'ak'al	ch'äk ar **
<i>Cichlasoma intermedium</i> (3)	Mojarra del petén mojarra negra	chüy	kokoy	wax käy **
<i>Cichlasoma salvini</i> (3)	Mojarra de Santa Isabel	**	Kokoy	murx käy
<i>Petenia splendida</i> (3)	Tenguayaca			ts'a aw **
<i>Poecillia mexicana</i> (3)	Topote		B'uch	Putá' *
<i>Rhamdia guatemalensis</i> (3)	Juil, juile, bobo	*	Isim	ru' *

(1) especie introducida-exótica

(2) especie introducida-traslocada

(3) especie nativa

** especie cultivada

* especie incidental, pero que se consume

Tabla 3. - Alimentos proporcionados a los peces

Tipo de Alimento	chol	tzeltal	lacandón
Alimento balanceado *	x		
Caracoles de río			x
Gallinaza	x	x	
Fertilización inorgánica	x	x	
Frutos			x
Maíz molido	x	x	x
Yuca	x		
Restos de alimentos para humanos			x
Restos de animales silvestres			x
Termitas			x

* sólo se proporcionaba a los alevines.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este estudio realizado en el Río Lacanjá aporta elementos fundamentales sobre la importancia ictiológica, evolutiva y ecológica de los ecosistemas acuáticos del trópico húmedo de México.

Así mismo, también se demuestra que es posible un aprovechamiento sustentable del recurso pesquero a partir del impulso de tecnologías amigables con el medio acuático, mediante el cultivo extensivo de especies autóctonas refutando la tesis generalizada de que las especies locales no pueden ser utilizadas en programas para el desarrollo de la acuicultura rural.

Las características hidrológicas del Río Lacanjá (Fig. 1) y su diversidad de hábitats han permitido a lo largo de su historia geológica y evolutiva, la actual y compleja convivencia de 18 familias y más de 40 especies de peces. Conformando una estructura de comunidad, composición y abundancia, determinada fundamentalmente por los cíclidos, carácidos y silúridos. Las dos primeras familias se distribuyen ampliamente en todo el sistema, y por el contrario los silúridos y otros taxa se encuentran sólo en la parte baja del río y modifican la estructura de la comunidad, aumentando la riqueza y diversidad íctica del Río Lacanjá (**Rodiles-Hernández et al. 1999**).

El descubrimiento de una nueva familia de Siluriformes acontecimiento extraordinario, considerando el nivel mundial actual del conocimiento científico, revela la importancia biogeográfica de esta región y la urgente necesidad de conservarla, debido fundamentalmente al vertiginoso deterioro ambiental de la zona. Y contrario a lo que consideran las instituciones normativas mexicanas son sistemas muy diversos y frágiles con urgente necesidad de proteger y legislar en materia de fauna acuática silvestre, hasta hoy ausente (INE, 2000).

1. Importancia ictiológica del río Lacanjá.

El Río Lacanjá forma parte de la provincia íctica del Usumacinta (vertiente del Atlántico desde Veracruz hasta Nicaragua) a pesar de formar parte de la región neotropical esta provincia tiene, debido a su prolongado aislamiento respecto de América del sur, pocas familias primarias. Tres de ellas, Lepisostidae, Catostomidae e Ictaluridae, llegaron sin duda de Norteamérica la primera se encuentra hasta Costa Rica y Nicaragua y las otras dos hasta el sur de México y Guatemala.

La invasión de peces proviene principalmente de Sudamérica (después del rompimiento de las barreras geográficas al sur de la región); esta fauna ha penetrado mas hacia el norte que los grupos neárticos hacia el sur (Miller 1966; Bussing 1976; Nelson 1994). Muchas formas de carácidos, silúridos, poecílidos y cíclidos invadieron un territorio (recientemente) abierto y no encontraron barreras climáticas para su dispersión, lo que probablemente no ocurrió con los taxa provenientes de Norteamérica, lo que ha propiciado la generación de importantes endemismos.

La comunidad de peces del Río Lacanjá está conformada por 46 especies pertenecientes a 17 familias además, de una familia más recientemente descubierta que pertenece a los Siluriformes. La familia dominante es Cichlidae representada por más del 40% (**Rodiles-Hernández et al. 1999**) del total de especies (Tabla 1), una nueva especie *C. usumacintae*, descubierta por Hubbs en 1936 (Norris *com. pers.*), está siendo descrita por Miller (*in prep.*) con material recientemente colectado en esta región.

El 90% de las especies son nativas; dos son traslocadas (*Cichlasoma urophthalmus* y *C. synspilum*) y tres son exóticas (*Ctenopharyngodon idella*, *Oreochromis niloticus* y *C. managüense*), estas especies fueron introducidas

en los ríos y cuerpos de agua de forma no intencional por actividades de acuicultura. *C. synspilum* (traslocada) y *C. bifasciatum* (especie nativa) son especies ecológica y morfológicamente similares e incluso existen dificultades en su separación taxonómica.

La nueva familia perteneciente a los Siluriformes fue colectada por primera vez durante 1996 en la parte baja del Río Lacanjá, colectándose en total ocho ejemplares, por lo que se considera una especie rara en la comunidad de peces de este Río.

Por su talla (325 mm LP) y morfología aparenta cercanía con la familia Ictaluridae, pues presenta barbillas nasales en la narina posterior. Sin embargo, el análisis preliminar de la osteología del bagre (Hendrickson y Rodiles-Hernández *in prep.*) confirma la presencia (detectada en el conteo merístico) de un invariable carácter primitivo de los silúridos: el conteo de 6 radios en la aleta pélvica, plesiomórfico y similar a *Hypsidoris*, especie extinta y primitiva (Nelson 1994); y está ausente en la familia Ictaluridae y es completamente diferente al que presenta *Astephus* (Rodiles-Hernández *et al.* 2000) grupo hermano primitivo de los ictalúridos vivientes; que presentan 7 o más radios en la aleta pélvica.

El dendrograma resultado del análisis preliminar de la secuencia mitocondrial de ADN (12s y 16s) muestra una cercanía de este bagre con la familia sudamericana Cetopsidae y con Malapteruridae, familia africana; y con Schilbeidae del sur de Asia y África (Rodiles-Hernández *et al.* 2000), aunque aún es insuficiente el análisis molecular se puede afirmar que este bagre es una nueva familia que se originó en la Gondwana; ya que no se encuentra agrupada con los Ictalúridos (de origen neártico) y probablemente con mayor cercanía con los bagres africanos y con los cetópsidos de sudamericana.

Es una especie poco abundante, pero común, bentónica, de zonas profundas con considerable velocidad de corriente y frecuentemente se encuentra en sitios donde se forman remolinos. Se le ha encontrado en la

parte media del Río Lacanjá debido a que probablemente cruza las barreras físicas en las profundas cuevas de las cascadas o bien porque ya existía antes de la formación de estas cascadas. Algunos pobladores de la región la denominan como **madre juile** debido a su aparente parecido con *Rhamdia guatemalensis* y por su gran musculatura y gruesa piel, boca muy grande y ancha. Es apreciada en el consumo humano por el agradable sabor de su carne.

2. Principales atributos biológicos de la comunidad de peces.

A pesar de que la comunidad de peces se encuentra en un estado de integridad biótica relativamente bueno, las tres especies exóticas (*Ctenopharyngodon idella*, *Oreochromis niloticus* y *Cichlasoma managuense*), se encuentran establecidas en la parte baja del Río Lacanjá (y en otros ríos de la región) ocupando diferentes hábitats (Rodiles-Hernández *et al.* 1996 y 1999). La carpa herbívora se encuentra principalmente en los cauces de los ríos, por el contrario la tilapia y la molula (*C. managüense*), aunque su colecta fue ocasional, ocupan ambientes lénticos como son las zonas de inundación y pantanos.

C. idella resultó ser una especie con considerable biomasa (Morales-Román y Rodiles-Hernández 2000), lo que a futuro puede traer una modificación sustancial en las condiciones de integridad de la comunidad de peces, no solo en el Lacanjá sino en todo el sistema hidrológico del Usumacinta, dado que es una especie que se distribuye en todos los ríos de la región (*obs. pers.*).

Por lo anterior, es recomendable realizar un monitoreo biológico a partir de la comunidad de peces y de sus atributos biológicos, que permita establecer en el mediano plazo un índice de integridad biótica para la Cuenca del Usumacinta.

En la Tabla 1 se señalan los principales atributos biológicos (abundancia o dominancia, origen, posición en la columna de agua, tolerancia, tendencia alimentaria y características en la reproducción) de la comunidad de peces. Dicha información es producto del trabajo de investigación a través de observaciones subacuáticas, análisis preliminares de dieta, así como colectas realizadas en la cuenca del Usumacinta (1998-1999) en ríos cercanos al Lacanjá en condiciones ecológicas similares y en la parte baja del río Usumacinta en los humedales de Chiapas donde las condiciones de perturbación ecológica son mayores (Rodiles-Hernández *et al.* 2000). Sin embargo, estos atributos y otros más deberán ser objeto de verificación sistemática en campo, así como, en laboratorio.

Trece especies (principalmente silúridos) son carnívoras generalistas (larvas de insectos, peces, crustáceos) y especialistas (ictiófagas); cinco son detritófagas (poecílicos); dos principalmente herbívoras (*Ctenopharyngodon idella* y *Mugil curema*); quince especies de cíclidos son omnívoros generalistas (desde microherbívoros hasta carnívoros de larvas de insectos, moluscos, crustáceos y peces); cuatro son zooplantófagas y el resto de las especies se consideran omnívoras (Tabla 1).

La familia Cichlidae en la zona de estudio es ejemplo de una sofisticada y especializada diversidad en la reproducción y la alimentación, aunque no tan importante como la que se presenta en los lagos africanos (Roberts 1973; Lowe-McConnell 1991; Liem 1991; Keensleyside 1991).

La reproducción de los cíclidos se presenta dos veces al año, pero fundamentalmente durante los meses de marzo y abril y se caracteriza por la construcción de nidos (forma y tamaño); así como, en los cuidados parentales de alevines y cría. En los diversos microhábitats de arroyos, lagos y ríos y en los diferentes sustratos como troncos, rocas, arena-grava y vegetación acuática sumergida y flotante, los nidos pueden encontrarse longitudinalmente distribuidos en el fondo del cauce hasta una distancia mínima de 40 cm y

verticalmente en toda la superficie interna y externa de los troncos huecos de árboles sumergidos y de las estructuras margosas, de origen calcáreo, que actúan de forma similar a los arrecifes de coral.

La alimentación de los cíclidos, se observa en los diversos microhábitats de las zonas de corriente, someras y remansos y debido a las adaptaciones funcionales y morfológicas del aparato bucal consumen toda el espectro de material alóctono y autóctono del sistema acuático, desde detritus, algas, hojas, frutos y semillas hasta larvas de insectos, moluscos, crustáceos y peces (Tabla 1).

3. Importancia del ecosistema acuático.

La red hidrológica del Lacanjá es sumamente compleja, con una superficie de aproximadamente 800 km², con un estrecho intervalo altitudinal (100-420 msnm), el cauce principal muestra una curva de pendiente suave recorriendo 120 km hasta su desembocadura (Figura 1) (Rodiles-Hernández *et al.* 1996 y 1999). Presenta numerosos tributarios (24 micro cuencas) en dirección noroeste-sureste que determinan una compleja diversidad de hábitat: lagos, ríos y arroyos, zonas de inundación, o combinación con lagos de agua oscura o clara y/o amplias zonas de inundación, etc. (Rodiles-Hernández *et al.* 1998).

En los cauces de las principales corrientes es frecuente la formación de pequeñas cascadas de aproximadamente un metro de altura, generalmente originadas por fallas tectónicas y/o por la caída de grandes troncos de árboles (muertos) a lo ancho del cauce, donde se va depositando material aluvial (de areniscas y calizas) que contribuye a la formación de suelo y vegetación hidrófila, llegando a constituir verdaderas estructuras margosas, que actúan de forma similar a los arrecifes y donde cohabitan diferentes especies de peces; fracturas transversales al Río Lacanjá provocadas por las fallas estructurales

se manifiestan en forma de caídas de agua de 8-12 metros de altura y dividen al río en secciones e impiden el movimiento de los peces corriente arriba. Y en el cauce de la parte baja, cercana a la desembocadura del Lacanjá, es frecuente la combinación de sinuosidades y tramos rectos (Rodiles-Hernández *et al.* 1996 y 1999).

La cuenca del Lacanjá tiene una elevada densidad de drenaje (8-33 km de corrientes /km²-área), con un orden de corriente entre 2 y 4, que propician una respuesta rápida a la alta precipitación pluvial. Los ocho meses del periodo de lluvias y la precipitación total influyen de manera estacional en la hidrología, modifican el orden de corriente, la anchura del cauce y el aforo, aumentan considerablemente las zonas de inundación y propician cambios en las características fisicoquímicas del agua (Rodiles-Hernández *et al.* 1998).

Las zonas de anegamiento o de inundación se manifiestan en dos componentes: a) la zona que estacionalmente se inunda y permanece seca durante unos meses y b) la zona que puede permanecer inundada, incluso en la estación seca; ambas se pueden unir por una red de cauces al río principal y a su vez comunicarse con otras zonas pantanosas, depresiones, meandros o lagos que constituyen el camino principal para los peces durante los meses iniciales de las crecientes de los ríos y durante su retroceso.

Las áreas de inundación se encuentran en: a) la ribera o zona lateral inundable que se ensancha por los cambios en el nivel y flujo del río siguiendo la pendiente, y b) en los deltas internos que constituyen derramamientos en abanico o formación de brazos del cauce principal y que se distribuyen sobre extensas zonas que posteriormente se vuelven a reunir (parte media del río Cedros y nacimiento del Río Lacanjá) .

En la parte media y alta de la cuenca del Lacanjá se localiza un complejo de lagos y cuerpos de agua de diferente tamaño (Lacanjá, Carranza Jalisco, Ocotal, Ojos Azules, El Suspiro y Yanqui) de origen cárstico y dolinas de disolución y colapso en forma de depresiones de forma ovalada con

contorno a veces sinuosos (Arreola 1999; SEMARNAP, 2000) alimentados por agua subterránea y superficial. En algunos casos los lagos se encuentran asociados a arroyos y en otros se encuentran aislados, sin embargo, cada una de ellos proporciona hábitats y sitios específicos para la reproducción de varios los taxa, fundamentalmente de cíclidos.

4. Conservación y uso sustentable del recurso

A pesar de que es un río relativamente en buen estado de conservación (Rodiles-Hernández *et al.* 1999); la parte alta de la cuenca se encuentra considerablemente poblada y en las décadas de 1970 y 1980 se realizaron intensos aprovechamientos forestales por parte de compañías madereras. Posterior a la deforestación se impulsaron, por iniciativa de las instituciones de gobierno, proyectos de ganadería extensiva y de cultivos intensivos (García-Gil 1995), por lo que aunado a los graves incendios (destacando el de 1998) se ha modificado considerablemente la vegetación original, provocando la erosión de algunos ríos y arroyos, así como, la disminución del recurso pesquero.

Por otro lado, el Río Lacanjá desemboca al río Lacantún el cual se extiende por una importante planicie aluvial, en la zona conocida como el Marqués de Comillas, la cual ha sido deforestado casi en su totalidad para el establecimiento de pastizales, provocando una modificación sustancial del paisaje natural (García-Gil 1995) por lo que el Río Lacanjá, así como otros ríos que se encuentran en la Reserva de Montes Azules, representa un refugio para la mayoría de las especies acuáticas.

A pesar de ser una zona protegida, la presión demográfica, la tala de los bosques y selvas, así como, las actividades agropecuarias no sustentables están ocasionando paulatinamente cambios en la estructura del hábitat acuático y en la calidad fisicoquímica del agua (detergentes, insecticidas y fertilizantes químicos), en el régimen fluvial y en la aportación de alimento y

nutrientes al ecosistema acuático; modificando lentamente la dinámica hidrológica estacional y espacial, lo que influye directamente en la conformación y estabilidad de la comunidad biológica del sistema, adicionalmente, a todos estos factores, la introducción de especies exóticas, debido a la promoción de la acuicultura, está afectando la salud del ecosistema acuático.

Más de veinte taxa son importantes en la dieta de las comunidades cercanas al Río Lacanjá, dado que frecuentemente se capturan para autoconsumo (**Rodiles-Hernández et al. 1996; Domínguez-Cisneros y Rodiles-Hernández, 1998**) pues por tratarse de una zona protegida se prohíbe la pesca comercial. Sin embargo, la frecuencia de pesca y la talla promedio de las principales especies comestibles es menor en comparación con la que se lograba hace algunos años (información de pescadores locales). Las especies exóticas y trasladadas empiezan a tener mayor presencia en los diferentes hábitats; debido a su mayor tolerancia a condiciones de estrés, falta de oxígeno, etc., así como a la contaminación; lo cual probablemente se debe a la deforestación, reducción y fragmentación del hábitat.

En este sentido es prioritaria la conservación y preservación del ecosistema acuático y la protección de la comunidad de peces que deberá de ir acompañado de la promoción de una educación ambiental, restauración del hábitat ribereño, cubierta forestal (reforestación con especies nativas) y protección en general del ambiente acuático, entendido este no sólo como la garantía de agua limpia, sino contemplado la integridad biológica de estos importantes remanentes de ecosistemas tropicales de México.

En indispensable promover y normar un aprovechamiento sustentable del recurso pesquero en los sistemas lóticos debido a su diversidad y fragilidad así como, por constituir un producto que se utiliza directamente en la alimentación humana con alto contenido proteínico, de excelente calidad y de bajo costo.

Un grupo de acuicultores en Frontera Corozal, ha cultivado especies con fines de comercialización (de acuerdo a un paquete tecnológico), manejando a la tilapia *Oreochromis niloticus* mediante la técnica de reversión sexual y cuando tuvieron problemas económicos para conseguir la hormona que la induce, introdujeron por decisión propia a la mojarra nativa *Cichlasoma salvini*, con tendencia alimentaria hacia la carnivoría, para controlar la alta tasa de reproducción de la especie exótica. Sin embargo, este cultivo ha tenido que enfrentar mayores dificultades, debido a la escala de trabajo, mayor dependencia en la compra de insumos, mayor requerimiento en mano de obra y mantenimiento de instalaciones (**Gutiérrez-Ochoa y Rodiles-Hernández somet.**).

Por lo anterior, es posible afirmar que los pobladores de la zona indígenas, mestizos y colonos que practican la pesca y la acuicultura desde hace mucho tiempo, desarrollan sistemas locales complejos y eficientes de manejo de recursos adaptados al medio, a partir de su experiencia y conocimiento tradicionalmente acumulado por su cercanía y manejo con el medio natural.

La acuicultura con base en la reproducción y crianza de especies nativas puede ser una alternativa para el manejo y uso sustentable del recurso. Las comunidades locales que pescan con fines de subsistencia o comercialización local en general consideran que las reservas y áreas protegidas restringen sus derechos a utilizar los recursos naturales (Novaro et al. 1999).

Por lo que es recomendable que a partir de estas experiencias se perfeccione la técnica con apoyo de la ciencia moderna, diseñando paquetes tecnológicos locales y eficientes.

La participación comunitaria y el uso sustentable del recurso, así como, la protección de la salud de los ecosistemas acuáticos son posibles y

deseables si lo que se busca es la conservación de las Reservas de la Biosfera y áreas naturales protegidas.

SUGERENCIAS Y PERSPECTIVAS DE ESTUDIO

Nuevas exploraciones ictiológicas deberán realizarse no solo en el Río Lacanjá sino en toda la región del Usumacinta. Hasta ahora se están conociendo nuevas taxa, incluso a nivel familia, evento ictiológico inusitado aún con el nivel científico actual, lo que significa que el desarrollo de la ciencia mundial no ha llegado a muchas regiones en los países en vías de desarrollo.

Estudios de sistemática y filogenia con los principales taxa de Cichlidae, Characidae, Poeciliidae y Siluriformes, son imprescindibles para entender la importancia ictiológica de esta región neotropical.

Algunos atributos biológicos de la comunidad de peces se desprenden de este trabajo, sin embargo, será necesario probarlos; así como, realizar un monitoreo permanente en diferentes sitios de la Cuenca del Usumacinta-Grijalva con la finalidad de proponer un índice de integridad biológica para esta región del sureste de México que permita a los tomadores de decisiones realizar acciones periódicas y pertinentes para la preservación y conservación de los sistemas acuáticos.

Es necesario que los responsables de impulsar programas de desarrollo en la región, que persistentemente introducen paquetes tecnológicos para "el desarrollo de la acuicultura" con especies exóticas, tomen en cuenta la biodiversidad del sistema y a partir de la experiencia y percepción de los pobladores, se diseñen los lineamientos y políticas de desarrollo, en lugar de seguir provocando daños ecológicos irreversibles a la salud de los ecosistemas acuáticos.

Las sugerencias de esta tesis pretenden, también, provocar una mayor participación de investigadores y técnicos para diseñar líneas de investigación

acordes con la problemática ecológica y social, así como, y a partir de las experiencias locales perfeccionar con mas estudios de desarrollo científico y tecnológico lo que desde hace tiempo se viene practicando exitosamente en la región de la Lacandona.

FIGURA 1

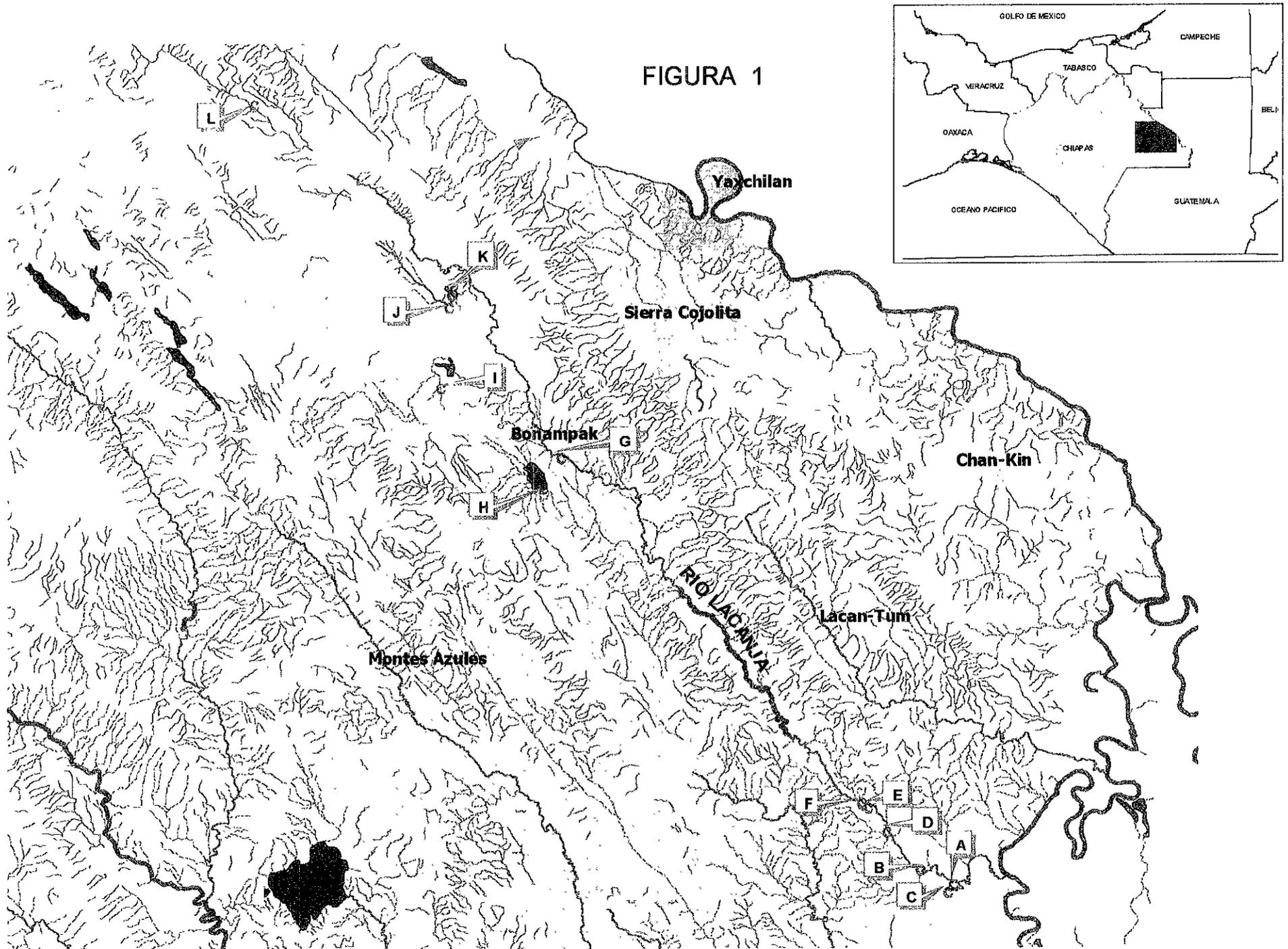


TABLA 1. ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DE LA COMUNIDAD DE PECES

Familia	Especie	presencia	origen	posición	tolerancia	dieta/tendencia	otros datos
LEPISOSTEIDAE	<i>Atractosteus tropicus</i>	media	nativa	pelágica	moderada	carnívoro/ictiófago	
CLUPEIDAE	<i>Dorosoma anale</i>	media	nativa	pelágica	tolerante	zooplanctófaga	
	<i>Dorosoma petenense</i>	media	nativa	pelágica	tolerante	zooplanctófaga	
CYPRINIDAE	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	mucha	exótica	pelágica	tolerante	herbívoros	
CATOSTOMIDAE	<i>Ictiobus meridionalis</i>	poca	nativa	béntica	moderada	omnívoros	
CHARACIDAE	<i>Astyanax fasciatus</i>	mucha	nativa	superficie	tolerante	omnívoros	
	<i>Hyphessobrycon compressus</i>	media	nativa	superficie	sensible	zooplanctópaga	
	<i>Bramocharax sp. (undescribed)</i>	media	nativa	superficie	moderada	omnívoros	
	<i>Brycon guatemalensis</i>	mucha	nativa	pelágica	moderada	omnívoros/frugívora	
ICTALURIDAE	<i>Ictalurus meridionalis</i>	media	nativa	béntica	sensible	carnívora	
SILURIFORME	<i>Catfish (undescribed)</i>	poca	nativa	béntica	sensible	carnívora	
ARIIDAE	<i>Cathorops aguadulce</i>	media	nativa	béntica	moderada	carnívora/insectívoro	incubación bucal
	<i>Ariopsis assimilis</i>	media	nativa	béntica	sensible	carnívora generalista	
	<i>Potamarius nelsoni</i>	media	nativa	béntica	sensible	carnívora/insectívoro	
PIMELODIDAE	<i>Rhamdia guatemalensis</i>	mucha	nativa	béntica	moderada	carnívora/generalista	
BATRACHOIDIDAE	<i>Batrachoides goldmani</i>	poca	nativa	béntica	sensible	carnívora	
MUGILIDAE	<i>Mugil curema</i>	poca	nativa	pelágica	sensible	herbívoros	migratoria
ATHERINIDAE	<i>Atherinella sp.</i>	poca	nativa	superficie	moderada	zooplanctófaga	
BELONIDAE	<i>Strongylura hubbsi</i>	media	nativa	pelágica	sensible	carnívora	
POECILIIDAE	<i>Gambusia yucatanana</i>	media	nativa	superficie	moderada	detritófaga	
	<i>Heterandria bimaculata</i>	media	nativa	superficie	moderada	detritófaga	
	<i>Poecilia mexicana</i>	media	nativa	superficie	tolerante	detritófaga	
	<i>Belonesox belizanus</i>	media	nativa	superficie	moderada	detritófaga	
	<i>Xiphophorus helleri</i>	media	nativa	superficie	moderada	detritófaga	
SYNBRANCHIDAE	<i>Ophisternon aenigmaticum</i>	media	nativa	béntica	sensible	carnívora	
GERREIDAE	<i>Eugerres mexicanus</i>	media	nativa	pelágica	moderada	omnívoros	
CICHLIDAE	<i>Cichlasoma argentea</i>	media	nativa	pelágica	sensible	omnívoros/carnívora/frugívora	nido y cuidados p.
	<i>Cichlasoma belone</i>	media	nativa	pelágica	sensible	omnívoros/carnívora	nido y cuidados p.
	<i>Cichlasoma bifasciatum</i>	media	nativa	pelágica	moderada	omnívoros/microherbívoros	nido y cuidados p.
	<i>Cichlasoma friedrichsthalii</i>	media	nativa	pelágica	sensible	carnívora generalista	constr. Nido
	<i>Cichlasoma helleri</i>	media	nativa	pelágica	moderada	omnívoros/carnívora	nido y cuidados p.
	<i>Cichlasoma intermedium</i>	mucha	nativa	pelágica	sensible	omnívoros/herbívoros	nido y cuidados p.
	<i>Cichlasoma lentiginosum</i>	media	nativa	pelágica	sensible	omnívoros/carnívora	nido y cuidados p.
	<i>Cichlasoma managuense</i>	media	exótica	pelágica	tolerante	omnívoros/carnívora	
	<i>Cichlasoma meeki</i>	media	nativa	pelágica	moderada	omnívoros	nido y cuidados p.
	<i>Cichlasoma nourissati</i>	mucha	nativa	pelágica	moderada	omnívoros/carnívora/herbívoros	nido y cuidados p.
	<i>Cichlasoma pasionis</i>	media	nativa	pelágica	sensible	omnívoros	nido y cuidados p.
	<i>Cichlasoma octofasciatum</i>	media	nativa	pelágica	moderada	omnívoros/carnívora	nido y cuidados p.
	<i>Cichlasoma pearsei</i>	mucha	nativa	pelágica	moderada	omnívoros/herbívoros	nido y cuidados p.
	<i>Cichlasoma salvini</i>	mucha	nativa	pelágica	tolerante	omnívoros/carnívora	nido y cuidados p.
	<i>Cichlasoma synspilum</i>	media	traslocada	pelágica	tolerante	omnívoros/microherbívoros	nido y cuidados p.
	<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	media	traslocada	pelágica	tolerante	omnívoros/carnívora	nido y cuidados p.
<i>Cichlasoma usumacintae</i>	media	nativa	pelágica	sensible	omnívoros/herbívoros	nido y cuidados p.	
<i>Petenia splendida</i>	media	nativa	pelágica	moderada	carnívora/ictiófago	nido y cuidados p.	
	<i>Oreochromis niloticus</i>	mucha	exótica	pelágica	tolerante	omnívoros	nido y cuidados p.
ELEOTRIDAE	<i>Gobiomorus dormitor</i>	poca	nativa	béntica	sensible	carnívora	

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Allan, J. D. 1995. Stream Ecology. Structure and function of running waters. Chapman & Hall. London. U.K.
- Aparicio Mijares F. J. 1989. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Ed. Limusa. México.
- Arreola A., 1999. Cambio del Uso y Marginación en tres fronteras de Chiapas. Universidad de Chapingo. San Cristóbal de las Casas.
- Athié Lambarri M. 1987. Calidad y cantidad del agua en México. Ed. Universo XXI.
- Bardach, J. Ryther y W. McLaren. 1982. Acuicultura. Crianza y Cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT Editor S.A. 741 pp.
- Brack E. A. 1997. Biodiversidad amazónica y manejo de fauna silvestre. En: Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonia. Ed. T. G. Fang, R. E. Bodmer, R. Aquino y M. H. Valqui. La Paz, Bolivia. Pp. 3-14.
- Bussing W. A. 1976. Geographic Distribution of the San Juan Ichthyofauna of Central America with Remarks on its Origin and Ecology. In: T. B. Thorson, Investigations of the Ichthyofauna of Nicaraguan Lakes. Ed. School of Life Sciences, University of Nebraska-Lincoln. Pp. 157-175.
- Cairns Jr. J. 1999. Exemptionalism vs environmentalism: the crucial debate on the value of ecosystem health Aquatic Ecosystem Health and Management 2:331-338.
- Castillo-Campos y H. Narave F. 1992. Contribución al conocimiento de la vegetación de la Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona, Chiapas, México. En: Vázquez-Sánchez, M. A. y M. A. Ramos (eds.). Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona: Investigación para su Conservación. Publ. Esp. Ecosfera. México. 1:51-85.
- Cházaro M. 1986. La vegetación. Medio ambiente en Coatzacoalcos. Centro de Ecodesarrollo, México.
- Cody M. L. & J. M. Diamond 1975. Ecology and Evolution of Communities. Ed.. Harvard University Press. London. P
- Cole G. A. 1988. Manual de Limnología. Ed. Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires Argentina.
- Crampton W. G. R. & H, O, Viana. 1999. Conservacao e Diversificacao Economica Da Pesca Nas Várzeas do Alto Rio Amazonas: Uma Breve Revisao e Sugestoes Para Um Futuro Sustentavel. En: T. G. Fang, O.L. Montenegro y R. E. Bodmer. Manejo y Conservación de Fauna Silvestre en América Latina. La Paz, Bolivia. Pp. 209-226.
- Descola, P. 1989. La Selva Culta. Simbolismo y praxis en la ecología de los Achuar. Ed. Abya-Yala, MLAL. Ecuador. 468 pp.

- Domínguez-Cisneros S. y R. Rodiles-Hernández. 1998.** Guía de Peces del Río Lacanjá, Selva Lacandona, Chiapas, México. ECOSUR. Serie Guías Científicas. 68 pp.
- Fausch K. D., J. Lyons, J. R. Karr, P. L. Angermeier. 1990.** Fish Communities as Indicators of Environmental Degradation. American Fisheries Society Symposium 8:123-144.
- García-Gil J. G. 1995.** La Conservación de los Paisajes en la Selva Lacandona, Chiapas, México. Tesis de Maestría de Geología. UNAM.
- Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAP). 2000.** Protegiendo al ambiente. Políticas y Gestión Institucional. México. 406 pp.
- Karr J. R. 1993.** Measuring Biological Integrity: Lessons from Streams. . *In:* Ecological integrity and the management of ecosystems. Ed. Woodley S.; J. Kay & G. Francis. USA. St. Lucie Press. Pp. 83-104.
- Karr J. R., K. D. Fausch, P. L. Angermeier, P. R. Yant, and I. J. Schlosser. 1986.** Assessment of biological integrity in running water: a method and its rationale. Illinois Natural history Survey Special Publication No. 5, Champaign., IL. 28 pp.
- Keenleyside M. H. A. 1991.** Parental care. *In:* M.H.A. Keenleyside (Ed.) Cichlid Fishes. Behaviour, ecology and evolution. Chapman & Hall. Pp. 191-208.
- King A. W. 1993.** Considerations of Scale and Hierarchy. *In:* Ecological integrity and the management of ecosystems. Ed. Woodley S.; J. Kay & G. Francis. USA. St. Lucie Press. Pp. 19-45.
- Kortmulder K. 1987.** Ecology and behaviour in tropical freshwater fish communities. Arch. Hidrobiol. Beih. 28: 503-513.
- Krebs C. J. 1989.** Ecological Methodology. University of British Columbia. New York.
- Liem K. F. 1991.** Functional morphology. *In:* M.H.A. Keenleyside (Ed.) Cichlid Fishes. Behaviour, ecology and evolution. Chapman & Hall. Pp 129-150.
- Lot-Helgueras A. y A Novelo R. 1988.** El pantano de Tabasco y Campeche: la reserva más importante de plantas acuáticas de Mesoamérica. *En* Memorias del Simposio Internacional sobre Ecología y Conservación del Delta de los ríos Usumacinta y Grijalva. INIREB y Gobierno del Estado de Tabasco. México. Pp. 537-547.
- Lowe-McConnell R.H. 1987.** Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge University Press. Great Britain.
- Lowe-McConnell. R. H. 1991.** Ecology of cichlids in South American and African waters, excluding the African great Lakes. *In:* M.H.A. Keenleyside (Ed.) Cichlid Fishes. Behaviour, ecology and evolution. Chapman & Hall. Pp 60-95
- Lyons J.; S. Navarro-Pérez; P. A. Cochran; E. Santana C.; & M. Guzmán-Arroyo. 1995.** Index of Biotic Based on Fish Assemblages for the Conservation of Streams and Rivers in West-Central Mexico. Conservation Biology 9(3):569-584.

- Lyons, J. 1992.** Using the Index of Biotic Integrity (IBI) to measure environmental quality in warmwater streams of Wisconsin. United States Department of Agriculture. General Technical Report NC-149. USA.
- Lyons, J. and D.W. Schneider. 1990.** Factors influencing fish distribution and community structure in a small coastal river in southwestern Costa Rica. *Hidrobiología*. 203: 1-4. Belgium.
- MacDaniel, 1997.** Manejo de Pesca comunal en la Amazonia Peruana: La conexión entre propiedades ecológicas y el sistema de manejo. En: Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonia. Ed. T. G. Fang, R. E. Bodmer, R. Aquino y M. H. Valqui. La Paz, Bolivia. Pp. 245-253.
- Magurran A. E. 1988.** Ecological Diversity and Its measurement. Princeton University Press. New Jersey.
- Miller R. R. 1966.** Geographical Distribution of Central American Freshwater Fishes. *Copeia* 4:773-802 pp.
- Miller R. R. 1986.** Composition and derivation of the freshwater fish fauna of Mexico. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.* 30:121-153.
- Miller R. R. 1988.** Peces Mesoamericanos de la cuenca del Río Usumacinta: Composición, derivación y conservación. *In:* G. H. Dalrymple, W. F. Loftus & F. S. Bernardino, Jr. (Eds.) Abstracts of the Proceedings of the First. Everglades National Park Symposium. Florida International University.
- Navarro P. J. M. y F. M. Rodríguez Z. 1988.** ¿Desarrollo sustentable? La problemática ambiental en las Cuencas Hidrológicas. Ingeniería Hidráulica. México.
- Nelson J. S. 1994.** Fishes of the World. John Wiley & Sons, INC. Canada.
- Newbold, J. D., J. W. Elwood, R. V. O'Neill, y W. Van Winkle. 1981.** Measuring nutrient spiraling in streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 38: 860-863.
- Novaro A. J., R. Bodmer & K. H. Redford. 1999.** Sustentabilidad de la caza en el Neotrópico: ¿Cuán comunes son los sistemas de fuente y sumidero?. En: Manejo y Conservación de Fauna Silvestre en América Latina. Ed. T. G. Fang, O. L. Montenegro, R. E. Bodmer. La Paz, Bolivia. Pp. 27-31.
- Novelo R. A y A. Lot H. A. 1988.** Importancia de la vegetación acuática en los ecosistemas naturales. *En* Memorias del Simposio Internacional sobre Ecología y Conservación del Delta de los ríos Usumacinta y Grijalva. INIREB y Gobierno del Estado de Tabasco. México. Pp. 5-9.
- Patrick R. 1975.** Stream Communities. *In:* Ecology and Evolution of Communities. Ed. Cody M. L. & J. M. Diamond. Harvard University Press. London. Pp. 445-459.
- Ramírez-García, P. y A. Lot-Helgueras., 1992.** Vegetación acuática de la Reserva de la Biosfera Montes Azules, Chiapas. *En:* Vázquez-Sánchez, M. A. y M. A. Ramos (eds.). Reserva de la Biosfera Montes Azules,

- Selva Lacandona: Investigación para su Conservación. Publ. Esp. Ecosfera. México. 1:87-99.
- Reid G.K. & Wood R. D. 1976.** Ecology of Inland Waters and Estuaries. D. Van Nostrand Company. New York.
- Ricklefs R. E. 1998.** Ecología. Ed. Médica Panamericana, S.A. Argentina.
- Ringuelet, R. A. 1962.** Ecología acuática continental. Ed. Eudeba. Argentina.
- Roberts T. R. 1973.** Ecology of Fishes in the Amazon and Congo Basins. *In:* Meggers B. J., E. S. Ayensu, And W. D. Duckworth (Eds). Tropical Forest Ecosystems in Africa and South America: A Comparative Review. Smithsonian Institution Press. Washington. 239-254.
- Robinson J G. & Bennett E. L. 2000.** Carrying Capacity Limits to Sustainable Hunting in Tropical Forests. *In:* Hunting for sustainability in Tropical Forests. Ed. J. G. Robinson & E. L. Bennett. Columbia University Press. New York. Pp. 13-30.
- Robinson J. G. & R. E. Bodmer. 1999.** Hacia el manejo de la vida silvestre en los bosques tropicales. *En:* Manejo y Conservación de Fauna Silvestre en América Latina. Ed. T. G. Fang, O. L. Montenegro, R. E. Bodmer. La Paz, Bolivia. Pp.15-26.
- Rodiles-Hernández R., E. Díaz-Pardo y A. Arreola. 1998.** Caracterización limnológica del Río Lacanjá, Selva Lacandona, Chiapas. Memoria del Primer Congreso Nacional de Limnología. Pp. 9. Morelia Michoacán.
- Rodiles-Hernández R., M. A. Castillo S., J. Cruz M. y A. González D. 2000.** Alternativas para el ordenamiento pesquero del Sistema Lagunar de Playas de Catazajá, Chiapas. Informe técnico ECOSUR-SEMARNAP.
- Rzedowski J. 1981.** Vegetación de México. Ed. Limusa. México.
- Schluter D. & R. E. Ricklefs. 1993.** Species Diversity: An Introduction to the problem. *In:* R. E. Ricklefs and D. Schluter (Ed.). Species Diversity in Ecological Communities. Historical and Geographical Perspectives. The University of Chicago Press. Chicago and London. 1-10 pp.
- SEMARNAP, 2000.** Programa de Manejo. Reserva de la Biosfera Montes Azules. 250 pp.
- SEMARNAP, 2000.** Proyecto de Norma Oficial Mexicana. PROY-NOM-059-ECOL-2000. Diario Oficial 16-octubre-2000. México.
- Simonson T. D., J. Lyons and P. D. Kanehl. 1994.** Guidelines for Evaluating fish Habitat in Wisconsin Streams. United States Department of Agriculture. Minnesota.
- Toledo M., V.M. y M., J. Carabias L., C. Toledo M. y C. González Pacheco. 1989.** La producción rural en México: alternativas ecológicas. Colección Medio Ambiente. Num. 6. México. Fundación Universo XXI.
- Toledo, V.M. y M. de J. Ordoñez. 1998.** El panorama de la diversidad de México: una revisión de los hábitats terrestres. *En* T. P. Ramamoorthy; R. Bye; A. Lot y J. Fa (Ed.) Diversidad Biológica de México, Origenes y Distribución. Instituto de Biología, UNAM. México, 26: 739-757.

- Vannote, R. L., G. W. Minshall y K. W. Cummins. 1980.** The river continuum concept. *Canadian Journal of Fishery and Aquatic Science* **37**: 130-137.
- Welcomme R.L. 1992.** Pesca Fluvial. FAO Documento técnico de Pesca No. 262. Roma, FAO.
- Wetzel R. G. & Likens G. E. 2000.** *Limnological Analyses*. 3rd ed. Springer-Verlag New York, Inc., 429 pp.