

CAPÍTULO **XI**

Macroinvertebrados de las lagunas

FAVIANY LINO, ODILE FOSSATI, ROBERTO APAZA & EDGAR GOITIA

INTRODUCCIÓN

Los macroinvertebrados bénticos, también denominados “zoobentos”, son aquellos organismos que viven por lo menos parte de su ciclo de vida en el sustrato de una gran diversidad de ecosistemas acuáticos (lagos, lagunas, acuíferos intersticiales y ríos). Los macroinvertebrados pueden ser observados a simple vista (poseen dimensiones > 0.2 mm). Esta fauna se compone principalmente de anélidos (gusanos), moluscos (caracoles y almejas), crustáceos (camarones y cangrejos) y larvas de insectos. La gran mayoría de los macroinvertebrados tiene un ciclo de vida relativamente corto (generalmente inferior a un año), lo cual simplifica los estudios ecológicos para detectar patrones de distribución temporal (Cummins, 1992).

La fauna béntica coloniza diversos hábitats, desde finos sedimentos, trozos de madera, vegetación, hojarasca y algas filamentosas, hasta rocas y todo tipo de material inorgánico y orgánico que se encuentre en el medio acuático. Existe también una diferencia en la distribución y estructura de las comunidades entre las zonas litoral y profunda de los lagos y lagunas. En general, la distribución de los organismos está controlada por diversos factores como disponibilidad y calidad del alimento, tipo de sedimento, sustrato, temperatura del medio y concentración de oxígeno (Roldán, 1988).

Los invertebrados bénticos participan en procesos de descomposición de la materia orgánica y contribuyen a la liberación de nutrientes del sedimento hacia la columna de agua mediante procesos mecánicos (excavación y remoción de sedimentos). Además forman

parte de las redes tróficas en todos los ambientes acuáticos y en particular en la zona litoral de las lagunas. Son la base alimenticia para los primeros estadios de vida de los peces (Goulding, 1980, 1981; Roldán, 1988). Toleran diferentes grados de perturbación o contaminación y son considerados de gran importancia por su utilidad como bioindicadores de la calidad del agua y de alteraciones de los ambientes acuáticos (Roldán, 1988).

Las comunidades bénticas han sido objeto de varios estudios en la Amazonía central. En ambientes de “várzea” (llanura de inundación alimentada por aguas blancas), Nolte (1988) observó variaciones en la composición y estructura de la fauna en función de variables ambientales y del ciclo hidrológico. Por su parte, Irmiler (1975), Reiss (1977) y Nessimian *et al.* (1998) coinciden en que en sistemas de “igapó” (llanura de inundación alimentada por aguas negras) se notan las mismas variaciones. De igual manera, Poi de Neiff (1990) indica que en el Río Paraná los macroinvertebrados están sujetos a similares variaciones espacio-temporales.

En Bolivia existen pocos estudios relacionados a este tipo de ambientes. En la cuenca del Río Ichilo, se realizaron estudios de la estructura zoobentónica en sistemas lóticos (Maldonado *et al.*, 1996; Aguilera & Goitia, 1999). Otros estudios relacionados con las comunidades bénticas consideraron la tipología y caracterización de regiones ecológicas de Bolivia (Maldonado, 2002; Wasson *et al.*, 2002) o bioindicadores de contaminación (Solís *et al.*, 1998, Goitia *et al.*, 2001; Fossati *et al.*, 2002,

entre otros). A pesar del tamaño e importancia de los ambientes inundables en Bolivia y especialmente en la región del Beni, la información acerca de estos ecosistemas aún es incipiente (Pouilly *et al.*, 2003). Además para el norte de la Amazonía boliviana, solamente existe una evaluación rápida de las comunidades de macroinvertebrados en el Departamento de Pando (Barbosa *et al.*, 1999). Es por esto que existen todavía varias incógnitas en relación a la biología, ecología y dinámica de las poblaciones.

En este capítulo presentamos datos sobre la estructura espacio - temporal de las comunidades bénticas y la fauna asociada a la vegetación ribereña de las lagunas en la región de Trinidad. El propósito de este capítulo es presentar una aproximación a este tipo de ecosistemas que pueda servir de base para posteriores estudios en la región.

DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES GRUPOS TAXONÓMICOS

Los macroinvertebrados acuáticos observados en las lagunas de la zona de inundación de Trinidad pertenecen a cinco clases: Cnidaria, Annelida, Crustacea, Arachnida e Insecta (Fig. XI.1). A continuación se describen algunas de las principales características ecológicas de estos grupos.

Los Cnidaria o hidras viven adheridos a la vegetación acuática u otros sustratos o flotando en la superficie del agua, donde se alimentan de pequeños invertebrados. Están muy pobremente representados en agua continental, siendo *Hydra* el género más común. Su

contribución en la productividad béntica es reducida.

Los Annelida se componen de dos grupos, Oligochaeta e Hirudinea. Se alimentan de algas y de todo tipo de detritos, sedimentos o vegetación. Los Oligochaeta están conformados por tres familias: Alturoïdae y Tubificidae que están distribuidos verticalmente en el sedimento, mientras que Naididae se encuentra en la vegetación sumergida. La nutrición y disponibilidad del alimento son también factores que influyen en la distribución y abundancia de los oligoquetos. Además son indicadores de ambientes contaminados, ya que toleran condiciones muy bajas de oxígeno y se establecen en gran abundancia en estos ambientes. Los Hirudinae representados por la familia Glossiphoniidae (sanguijuelas) viven cerca del sustrato o de la vegetación sumergida, son principalmente predadores y toleran también bajas concentraciones de oxígeno.

Entre los moluscos de agua continental (Gastropoda y Pelecypoda), los caracoles y babosas (Ancyliidae, Hydrobiidae, Physidae y Planorbidae) se encuentran generalmente dentro de la vegetación y encima del sedimento de aguas estancadas. Estos organismos se alimentan de algas y residuos vegetales, mientras que los pelecípodos se alimentan principalmente de partículas detríticas y microzooplanctónicas de los sedimentos. La mayoría de los moluscos de aguas continentales tiene una biomasa instantánea relativamente baja, pero una alta tasa de renovación (debido a un corto ciclo de vida). Los moluscos son abundantes en ambientes lóticos y lénticos asociados al Río Mamoré.

Los pequeños crustáceos bivalvos (Conchostraca y Ostracoda) son depredadores o se alimentan de detritos y viven en casi todos los

hábitats acuáticos. Los Ostracoda habitan alrededor de la vegetación acuática o encima del sedimento, donde son muy abundantes, pero poco es conocido sobre su rol en el metabolismo de sedimentos. Los Amphipoda (Orchestidae) se encuentran entre la vegetación litoral. Los Decapoda (Natantia y Trichodactylidae) pueden llegar a dimensiones grandes (camarones y cangrejos) y son detritívoros. Los crustáceos en general y los

camarones en especial, juegan un rol muy importante en los ecosistemas acuáticos, ya que participan en el flujo de energía.

Los insectos acuáticos son organismos que se desarrollan en varias fases muy distintas, siendo el cambio más importante el paso entre la última fase larval y la fase adulta que suele ser en muchos casos un cambio entre la vida acuática y la terrestre.

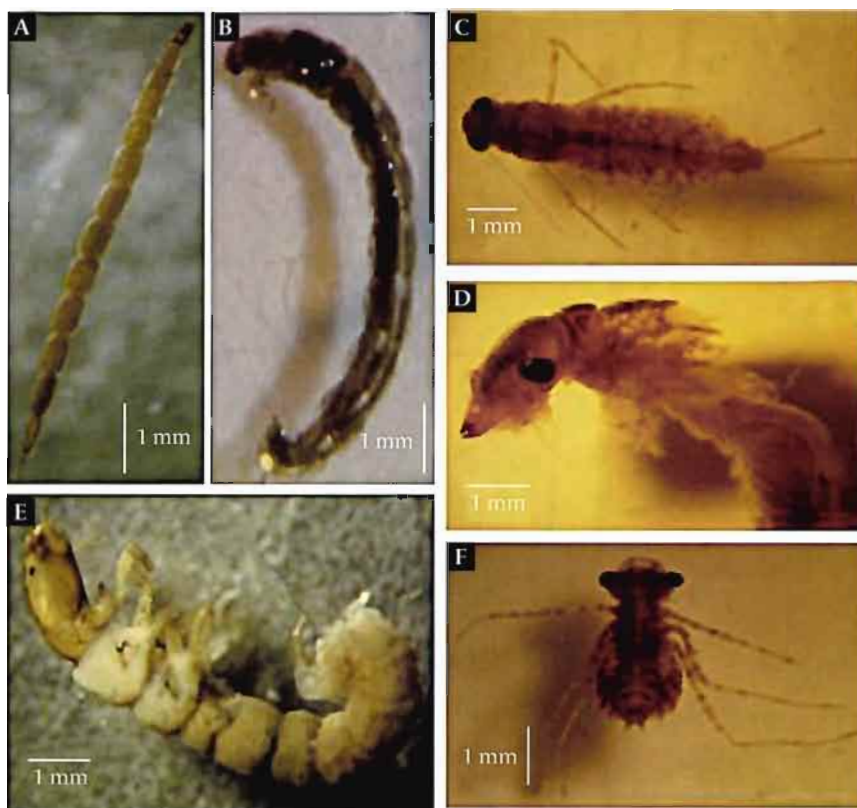


Figura XI.1 Insectos acuáticos de la llanura de inundación del Río Mamoré. | Faviany Lino y Unidad de Limnología, IE La Paz

Orden Diptera: **A.** Ceratopogonidae; **B.** Chironomidae
 Orden Ephemeroptera: **C.** Baetidae; **D.** Polymitarcyidae
 Orden Trichoptera: **E.** Polycentropodidae
 Orden Odonata: **F.** Libellulidae

Se distinguen los siguientes órdenes taxonómicos: Ephemeroptera (moscas de mayo), Odonata (libélulas y caballitos del diablo), Hemiptera (chinchas de agua), Lepidoptera (mariposas), Coleoptera (escarabajos), Orthoptera (saltamontes), Neuroptera, Trichoptera y Diptera (moscas y mosquitos, entre otros).

Las ninfas de Ephemeroptera viven en el sedimento o en la vegetación y son generalmente fitófagos. Algunas de ellas (Baetidae y Leptohyphidae, entre otros) nadan velozmente, otras (Caenidae y Polymitarcyidae) viven dentro de la capa superficial de sedimentos finos. Los Polymitarcyidae son predadores y su desarrollo puede durar hasta tres años.

Las ninfas de Odonata (Coenagrionidae) nadan velozmente y otros, como Libellulidae y Gomphidae, caminan alrededor del sustrato o se entierran. Las ninfas capturan presas, incluso pequeños peces, con su mandíbula protractil. La mayor parte de los Hemiptera ingieren materia orgánica líquida y se encuentran con mucha frecuencia en aguas quietas con abundante vegetación acuática. Algunos Hemiptera nadan con ayuda de sus patas posteriores en forma de remo (Corixidae, Naucoridae, Notonectidae y Pleidae), mientras que otros caminan sobre la superficie del agua. Los Lepidoptera (Pylalidae) tienen ninfas acuáticas que viven en aguas muy o poco oxigenadas.

Los Coleoptera pueden vivir en el agua en forma larval y/o en estado adulto. Las ninfas son predatoras o detritívoras, mientras algunos adultos como los Curculionidae son herbívoros. Los adultos viven principalmente en la zona litoral de aguas estancadas, nadando entre la vegetación (Dytiscidae, Helodidae, Hydrophilidae, Noteridae y Scirtidae) o suje-

tos al sustrato (Elmidae), los Staphylinidae son numerosos en el suelo.

Los Neuroptera tienen grandes ninfas predatoras que ocurren en la vegetación ribereña. Las ninfas de Trichoptera (Glossosomatidae, Leptoceridae, Odontoceridae y Polycentropodidae) viven en todo tipo de aguas, en lugares donde existe material vegetal acumulado del que se alimentan. Algunas de estas ninfas de Trichoptera viven libres, mientras que otras viven en estuches de madera o de sedimentos que construyen y utilizan como protección.

Los Diptera tienen ciclos de vida muy variables, adaptados a diversos ambientes, desde aguas limpias y oxigenadas hasta aquellas con abundante materia orgánica. Los Ceratopogonidae y Chironomidae se encuentran en todo tipo de ambientes acuáticos desde aguas claras hasta las más contaminadas, donde los Chironominae pueden desarrollar poblaciones muy numerosas. Los Chaoboridae no pertenecen verdaderamente al bentos, porque migran verticalmente en las aguas estancadas y se encuentran en el sedimento únicamente durante el día para escapar de los depredadores. Por otro lado, los Culicidae (mosquitos) nadan cerca de la superficie del agua, generalmente dentro de la vegetación acuática. Finalmente las ninfas de Tipulidae se encuentran en aguas rápidas o estancadas o dentro de materia orgánica en descomposición.

Todos estos grupos y algunos otros más son de mucha importancia en el flujo de energía en los ecosistemas acuáticos, por lo que conforman el nivel intermediario de los productores secundarios en la red trófica. Por eso es importante estudiar estos organismos para aclarar aún más su rol en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos de la llanura de inundación del Río Mamoré.

MÉTODOS

Como en la mayoría de los sistemas fluviales amazónicos, la llanura beniana contiene numerosas lagunas que corresponden a antiguos meandros abandonados por el río y otras lagunas de presunto origen artificial, pero que forman parte fundamental del sistema amazónico. Estos ambientes, en función de las fluctuaciones del nivel hidrológico, están sujetos a considerables variaciones en sus características físicas, químicas y biológicas (Gutiérrez, 1999; Pouilly *et al.*, 1999; Ibañez, 2000; Orellana, 2001; Bourrel, 2002; Sanjinés, 2002; Cap. V). Además, en la planicie aluvial, se han desarrollado diversas formas de macrófitas relacionadas a diferentes biotopos formados por variaciones topográficas, duración del flujo de agua y características geomorfológicas del lugar (Caps. III y V). Se observó que las comunidades acuáticas de fitoplancton y zooplancton dependen de las características de cada laguna (Caps. IX y X), por lo tanto, algunos géneros son específicos de cada tipo de laguna. Además de éstos, se han observado también cambios cuantitativos. De la misma manera, las macrófitas varían según el tipo de laguna y según la estación (Caps. VI, VII y VIII).

Durante los años 1998 y 1999, se tomaron muestras en ocho lagunas que corresponden a cuatro tipos de ambientes, en función a la distancia al lecho principal del Río Mamoré (Cap. V). Cuatro lugares de muestreo se encuentran en el bosque de galería, dos (Verdun 1 y Tiuco) tienen una conexión directa con el río y dos (Verdun II y Siquero) se encuentran alejadas del curso principal del río, pero están conectadas indirectamente mediante otras lagunas y arroyos que provienen de la sabana. Dos lagunas están ubicadas en el límite entre el bosque

de galería y la sabana (Potrero y Florida) y otras se encuentran aisladas en la sabana (Coitarama y Suárez).

Se tomaron muestras durante cuatro épocas hidrológicas: época seca (julio 1998 y septiembre 1999), de crecida (octubre 1998), de inundación (marzo 1998 y 1999) y durante la época de drenaje (mayo 1999). Durante 1998 se produjo el fenómeno climático "El Niño" y se registró un ciclo hidrológico húmedo, caracterizado por elevados niveles de aguas durante cuatro meses. Entre febrero y mayo, la región de las llanuras orientales y sobre todo la zona noreste de Bolivia fueron afectadas por inundaciones (Cap. IV). En 1999, ocurrió el fenómeno climático inverso "La Niña", causando una época de lluvias de poca magnitud en la región oriental de Bolivia (Miranda, 1998; Ronchail, 1998; Navarro & Maldonado, 2002).

En cada laguna, el muestreo diferenció dos tipos de comunidades de invertebrados: la comunidad béntica asociada al sustrato en el centro de las lagunas y la comunidad asociada con la vegetación acuática en la zona litoral.

Las muestras de la fauna béntica fueron obtenidas mediante una draga tipo Eckman con un área de 0.025 m². En cada laguna, el muestreo se realizó en tres puntos de la parte profunda; de cada uno de estos puntos se extrajo una muestra constituida de tres dragas. Además se realizaron colectas en la zona litoral, con redes de mano durante 30 s (dos réplicas por cada punto). Este segundo muestreo permitió coleccionar la fauna asociada a la vegetación. Los resultados de cuatro lagunas muestreadas sólo en marzo 1999, son presentados posteriormente. Después de la colecta, las muestras fueron inmersas en formol al 4% y luego trasladadas al laboratorio, donde fueron limpiadas para posteriormente realizar la identificación

taxonómica de cada organismo hasta el nivel de familia.

Las diferencias de densidad de la fauna béntica (calculada en número de individuos por $m^2 \cdot 1\ 000$) y la abundancia relativa de cada grupo (en porcentaje de individuos, sin considerar a Chaoboridae) se analizaron espacialmente (comparación entre los cuatro tipos de lagunas) y temporalmente (comparación entre las cuatro épocas de muestreo y entre los dos años de estudio). Además para la fauna de la zona litoral, se compararon los resultados de cuatro lagunas en época de inundación de 1999.

RESULTADOS

Composición y riqueza de las comunidades bénticas

Se registraron 22 taxa en las comunidades bénticas (Cuadro XI.1). La riqueza específica varía entre 13 taxa en las lagunas de bosque, 14 en las de sabana y 16 en las demás lagunas. La presencia de los grupos puede variar según el tipo de laguna. Los Sphaeriidae y Polymitarcyidae se incrementan en lagunas más cercanas al río. Otros grupos como los Planorbiidae y Conchostraca únicamente se encuentran en ambientes de permanente conexión al Río Mamoré (lagunas). Los Hydrobiidae, Orchestidae, Gomphidae y Odontoceridae fueron observados en lagunas de límite y de sabana, a diferencia de los Dytiscidae que se observaron únicamente en las lagunas del bosque de galería.

La menor riqueza (número de taxa) fue registrada durante el drenaje (12 taxa), se incre-

mentaron durante la inundación y en la época seca (ambos con 13 taxa), alcanzando un máximo de 20 taxa durante la crecida. Los grupos más frecuentes durante el período de muestreo y que se encontraron en todas las lagunas fueron: Oligochaeta, Sphaeriidae, Ostracoda, Acarina, Polymitarcyidae, Ceratopogonidae, Chaoboridae y las tres subfamilias de Chironomidae. Algunos invertebrados aparecen sólo en épocas específicas, como los Hydrobiidae y Dytiscidae en época seca; los Planorbiidae, Conchostraca, Orchestidae, Libellulidae, Gomphidae y Tipulidae durante la crecida y los Baetidae durante la crecida y el drenaje. Por el contrario, los Trichoptera se registraron durante la mayor parte del muestreo, excepto en la época seca.

Patrón de distribución espacial y temporal

En las lagunas conectadas directamente al Río Mamoré (tipo Mamoré) y en las del bosque se registraron altas densidades de macroinvertebrados, debido especialmente a un alto porcentaje de Chaoboridae en las lagunas con conexión al río (Fig. XI.2). En época de crecida, la densidad de invertebrados fue mayor por el incremento rápido de Oligochaeta y Chaoboridae (51%) (Fig. XI.2). También se observó una alta densidad durante las épocas de inundación, drenaje y seca del año 1999, cuando se dio un período predominantemente seco, por lo que se observaron porcentajes elevados de Chaoboridae (Fig. XI.2).

Durante 1998, la mayor abundancia de macroinvertebrados se explica por la presencia de Oligochaeta en las lagunas con conexión (Mamoré, 62%), sin conexión directa (bosque, 65%) y de límite (40%). Estos valores disminu-

Cuadro XI.1 Fauna béntica colectada durante cuatro épocas: seca (julio 1998, septiembre 1999), crecida (octubre 1998), inundación (marzo 1998, 1999) y drenaje (mayo 1999), en cuatro tipos de lagunas de la llanura de inundación del Río Mamoré.

Épocas Tipos de laguna	Seca				Crecida				Inundación				Drenaje			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Annelida																
Hirudinea																
Glossiphoniidae	•	•	.	.	•	•	•	.	.	•	•	.	.	.	•	.
Oligochaeta	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	.
Mollusca																
Gastropoda																
Hydrobiidae	.	.	.	•	.	.	.	.	.	.	•	.	.	.	.	.
Planorbiidae	.	.	.	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pelecypoda																
Sphaeridae	.	.	•	•	.	.	•	•	.	•	•	•	•	.	•	.
Arachnoidea																
Acarina	•	•	.	•	•	.	.	•	.	.	.	•	•	.	.	.
Crustacea																
Conchostraca	.	.	.	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ostracoda	.	.	.	•	•	.	.	.	•	•	•	•	.	.	•	.
Amphipoda																
Orchestidae	.	.	.	.	.	.	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.
Insecta																
Ephemeroptera																
Baetidae	.	.	.	.	.	.	.	•	.	.	.	.	.	•	.	.
Polymitarcyidae	•	.	•	•	.	•	•	•	.	•	•	•	.	•	.	•
Odonata																
Libellulidae	.	.	.	.	.	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Gomphidae	.	.	.	.	.	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Coleoptera																
Dytiscidae	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	•	.	.	.
Trichoptera																
Leptoceridae	.	.	.	.	.	.	.	•	.	.	.	.	•	.	.	.
Odontoceridae	.	.	.	.	.	.	.	.	•	.	.	•	.	.	.	.
Diptera																
Ceratopogonidae	•	.	.	•	•	•	.	•	•	•	•	•	.	.	.	.
Chaoboridae	•	•	•	•	•	•	.	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Tipulidae	.	.	.	.	.	.	.	•	.	.	.	.	.	.	.	.
Chironomidae																
Chironominae	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	.	•	•	•
Orthocladiinae	.	.	•	•	.	•	•	•	•	•	.	•	.	.	.	.
Tanypodinae	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	.	.	•
Número de taxa	8	7	7	11	10	8	10	12	8	10	10	11	7	5	6	4

A= Mamoré

B= bosque

C= límite

D= sabana

yeron en 1999. Los Diptera también fueron ampliamente representados en todas las lagunas y durante ambos años de muestreo (Fig. XI.3). Los Diptera seguidos de Oligochaeta e Insecta fueron los macroinvertebrados más abundantes, tanto en 1998 como en 1999. La densidad de los Crustacea aumentó significativamente en la época de inundación de 1999. Los demás taxa fueron observados con menor frecuencia.

Macroinvertebrados de la región litoral

Los taxa comunes en los cuatro tipos de lagunas durante el período de drenaje de 1999 fueron Conchostraca, Baetidae, Libellulidae, Corixidae, Pleidae y Chironomidae (Cuadro XI.2). Algunos grupos fueron observados únicamente en un tipo de laguna, como los Leptoceridae que se encuentran en las lagunas de sabana y los Glossosomatidae que coloni-

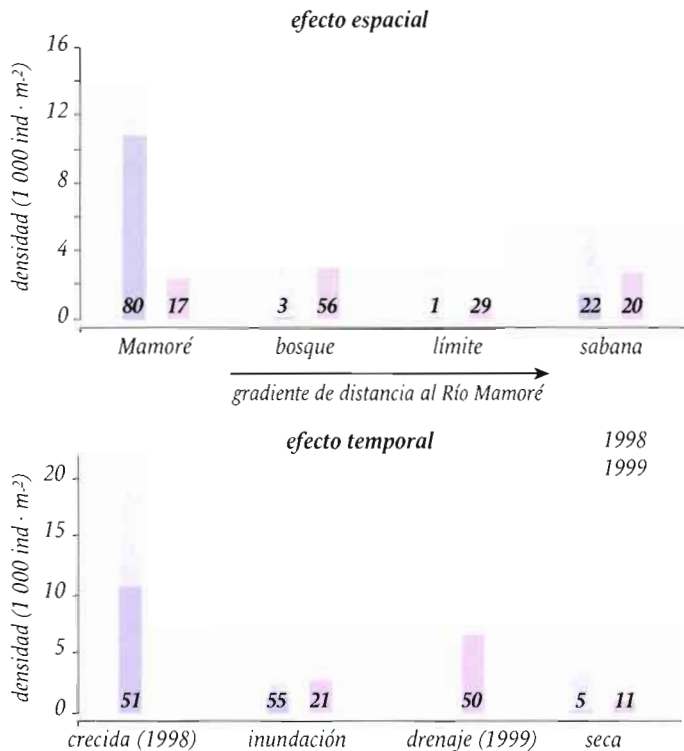


Figura XI.2 Densidades totales (en $1\,000 \cdot m^{-2}$) de invertebrados bénticos y porcentajes de Chaoboridae (números en las barras) en cuatro tipos de lagunas y cuatro épocas hidrológicas, durante dos años de muestreo.

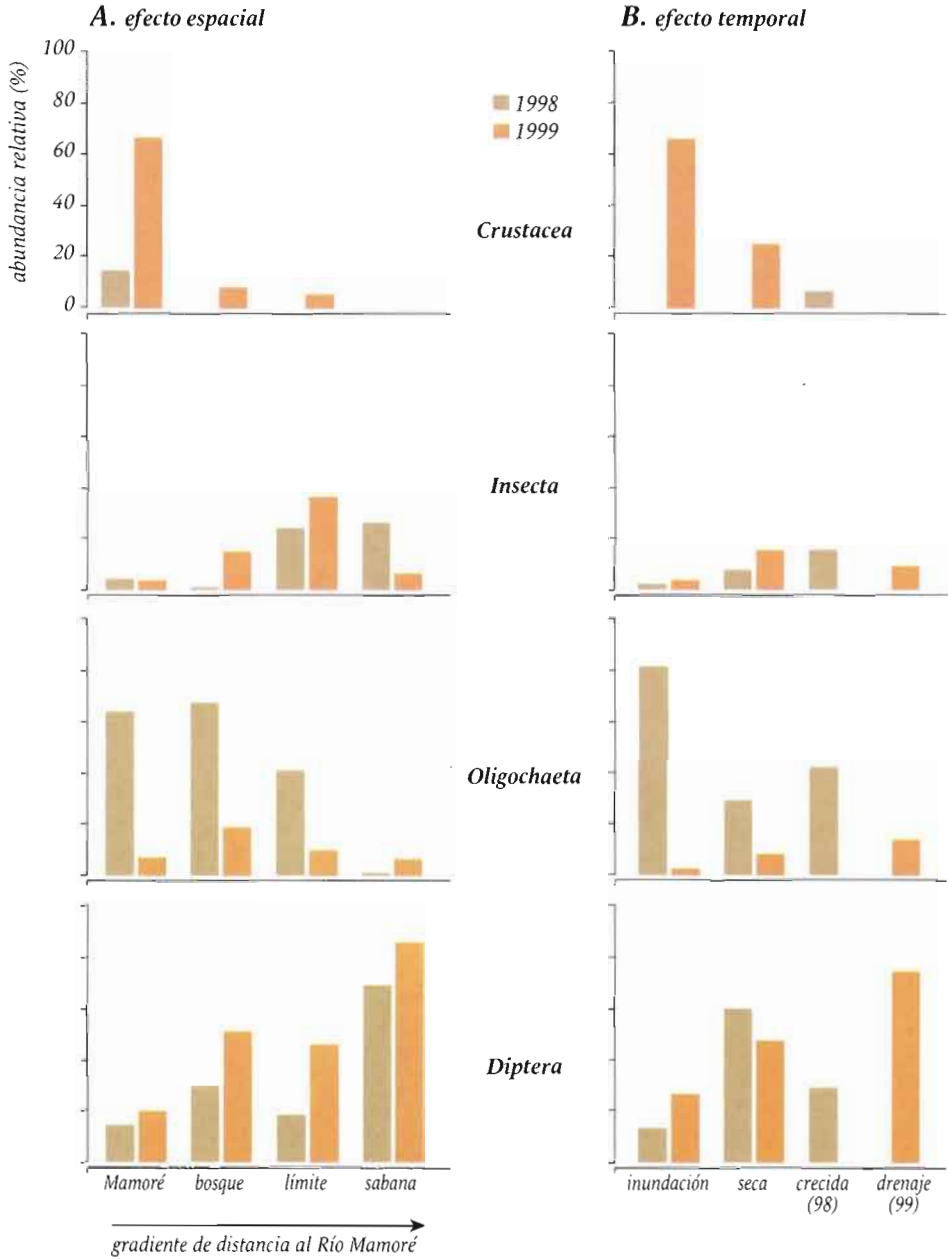


Figura XI.3 Abundancia relativa de los invertebrados bénticos en 1998 y 1999. **A.** en los cuatro tipos de lagunas y **B.** según la época hidrológica.

Cuadro XI.2 Fauna de la región litoral durante la época de drenaje de 1999 en cuatro tipos de lagunas.

Tipo de laguna		A	B	C	D
Annelida	Hirudinea				
	Glossiphoniidae	•	•	•	•
Mollusca	Oligochaeta	•	•	.	.
	Gastropoda				
Arachnoidea	Planorbiidae	.	.	•	.
	Hydracarina	.	•	•	•
Crustacea	Conchostraca	•	•	•	•
	Decapoda				
Insecta	Natantia	.	.	•	.
	Ephemeroptera				
	Baetidae	•	•	•	•
	Polymitarcyidae	.	•	.	•
	Leptohephidae	.	.	•	•
	Caenidae	.	.	•	.
Odonata	Libellulidae	•	•	•	•
	Coenagrionidae	.	.	•	.
	Aeshnidae	.	.	•	.
Hemiptera	Corixidae	•	•	•	•
	Naucoridae	.	•	•	•
	Pleidae	•	•	•	•
	Notonectidae	.	•	•	.
	Belostomatidae	.	•	•	•
	Coleoptera				
	Dytiscidae	.	•	•	.
	Hydrophilidae	.	•	•	.
	Curculionidae	.	•	•	•
	Helodidae	.	.	•	.
	Elmidae	.	.	•	.
Trichoptera	Leptoceridae	.	.	.	•
	Glossosomatidae	.	•	.	.
	Polycentropodidae	.	•	.	•
Chironomidae	Chironominae	•	•	•	•
	Orthoclaadiinae	.	.	.	•
	Tanypodinae	•	•	•	•
Ceratopogonidae	Ceratopogonidae	•	•	.	•
	Culicidae	.	•	•	.
Blepharoceridae	Blepharoceridae	.	.	.	•
	Pyralidae	.	.	•	.
Número de taxa		10	21	25	19
A= Mamoré		B= bosque		C= límite	
				D= sabana	

zan las lagunas del bosque de galería. Por otro lado, las lagunas de límite contenían un gran número de invertebrados que no estaba presente en las demás lagunas: Planorbiidae, Natantia, Leptohiphidae, Caenidae, Coenagrionidae, Aeshnidae, Helodidae, Elmidae y Pyralidae (Cuadro XI.2). La mayoría de los invertebrados bénticos se encuentra también en la vegetación acuática, donde la riqueza es mayor en comparación a la fauna del sustrato. En la región litoral, se encontraron Natantia y numerosas especies de Insecta de todos los órdenes y sobre todo Ephemeroptera, Heteroptera y Coleoptera.

DISCUSIÓN

Composición y riqueza de las comunidades bénticas

La distribución espacial y temporal de los invertebrados acuáticos está determinada principalmente por factores físico-químicos, tipo de sustrato, alimento disponible y ciclo hidrológico (Welcomme, 1979; Vannote *et al.*, 1980). Numerosos organismos bénticos fueron observados en la mayoría de las lagunas, probablemente porque el fondo de las lagunas es relativamente uniforme y compuesto por sedimentos finos (limo y arcilla), comportándose como una variable constante en todos los cuerpos de agua que acogen a una fauna característica de estos sustratos. Ward (1992) menciona que en zonas profundas, el sedimento es generalmente más uniforme en comparación al de la zona litoral, generando condiciones de hábitat homogéneas para el zoobentos. Se ha observado que el fondo de los cuerpos de agua no es muy favorable para la colonización de

diversos grupos y son pocos los grupos que están asociados a estas zonas profundas (Takeda *et al.*, 1997).

Tomando en cuenta estas observaciones, la zona profunda en las lagunas estudiadas podría presentar ciertas condiciones que permitan caracterizarlas de manera espacial y temporal. Sin embargo, para determinar estas condiciones es necesario conocer algunos aspectos biológicos y ecológicos de los organismos. El estudio de la estructura de las comunidades indica que los grupos más frecuentes y abundantes son Oligochaeta, Chironomidae, característicos del bentos, y Chaoboridae. Goitia (1997^a) y Aguilera & Goitia (1999) indican que los grupos más representativos en las lagunas de las llanuras de inundación son Polymitarcyidae, Chaoboridae, Chironomidae y Oligochaeta, mencionando que Chaoboridae (*Chaoborus* sp.) muestra un comportamiento migratorio vertical y que durante el día se encuentra entre el sedimento.

Los Chaoboridae, aunque pueden corresponder a la mayor proporción de organismos en comunidades colectadas con draga, no pertenecen verdaderamente al bentos y fueron excluidos de las siguientes descripciones. Menos abundante que los Chaoboridae, pero pertenecen verdaderamente al bentos son Sphaeriidae y Polymitarcyidae. Estas observaciones concuerdan con los resultados preliminares en estas lagunas (Pouilly *et al.*, 2002) y con las descripciones en la cuenca del Río Ichilo (Goitia, 1997^a; Aguilera & Goitia, 1999).

Algunos grupos como Chironomidae y Oligochaeta son organismos tolerantes a condiciones extremas, como por ejemplo las concentraciones bajas de oxígeno, pero necesitan factores tróficos particulares. La abundancia de Chironomidae y Oligochaeta es siempre eleva-

da en las lagunas del Río Mamoré. Por lo tanto, las diferencias en abundancia de estos grupos pueden servir para detectar contrastes de funcionamiento trófico entre los diferentes tipos de lagunas. Sin embargo, ya que cada uno de estos grupos incluye numerosas especies que difieren en sus exigencias ambientales, una mejor identificación es necesaria para lograr una información más precisa sobre su rol funcional.

Patrón de distribución espacial y temporal

El régimen hídrico ejerce influencia sobre los factores físico-químicos del agua que consecuentemente afectan a las comunidades bénticas. Por ello existen grandes variaciones de densidades entre las épocas de aguas bajas y altas, lo que concuerda con los resultados de otros estudios (Reiss, 1977; Nolte, 1988; Junk & Robertson, 1997; Goitia, 1997^a) que indican que los ciclos de vida de los invertebrados están regidos por la duración de los períodos hídricos. Pouilly *et al.* (2002) indican que la fauna béntica de las lagunas del Río Mamoré en la región de Trinidad también se estructura en función a la variación estacional hídrica y que existe un aumento general de su riqueza durante la época de drenaje. Estos resultados sugieren que en estas regiones un rápido desarrollo de la fauna de macroinvertebrados puede ocurrir cuando se presentan condiciones favorables.

Luego del período de perturbación producto de la inundación, los organismos llegan a su máximo desarrollo antes del nuevo período de aguas altas, cuando son reducidos de nuevo drásticamente. De tal forma que las poblaciones de organismos con ciclos cortos de desarro-

llo y altas tasas reproductivas se incrementan rápidamente cuando el nivel de las aguas comienza a subir (Fittkau *et al.*, 1975; Irmiler, 1975; Nessimian *et al.*, 1998).

Por otro lado, en la época seca se observa mayor concentración de la fauna, pero también un desarrollo menor de algunos grupos de macroinvertebrados. Por ello, puede resultar compleja la interpretación de las densidades totales de la fauna según la época. Aunque la densidad total varió considerablemente, la riqueza de la fauna béntica se mantuvo casi constante durante el período de muestreo y únicamente en época de crecida se observó una mayor riqueza.

Como se mencionó anteriormente, la abundancia de la fauna béntica varió significativamente en función a las épocas hidrológicas (inundación, transición y época seca) y parece responder también a las fluctuaciones climáticas, como al fenómeno de "El Niño". Este fenómeno ocurrió en el verano 1997 - 1998, cuando toda la región de las llanuras orientales y sobre todo la zona noreste de Bolivia fue afectada por grandes inundaciones (Ronchail, 1998). Estas inundaciones probablemente causaron la baja densidad de la fauna béntica, detectada durante la época de inundación de 1998. Por ello, los resultados respaldan la hipótesis que al incrementarse el nivel de agua existe menor densidad de la fauna béntica y al disminuir el nivel del agua, aumenta esta densidad (Fittkau *et al.*, 1975; Irmiler, 1975; Nessimian *et al.*, 1998).

Sin embargo, en la época seca del año 1998 disminuyó la abundancia de la fauna béntica, posiblemente por el fenómeno climático de "El Niño" que inició un ciclo hidrológico húmedo con niveles elevados de agua durante más de cinco meses. Por el contrario, en 1999

cuando ocurrió el fenómeno de “La Niña” se registraron densidades mayores de la fauna béntica en épocas de inundación y seca, porque existieron condiciones de aguas bajas. Posteriormente, en la época de drenaje del 1999 disminuyeron drásticamente los niveles de agua, reduciéndose la superficie acuática y por tanto los ambientes colonizables para los invertebrados.

Macroinvertebrados de la región litoral

Existe una gran diversidad de macroinvertebrados en la zona litoral, donde se desarrolla la vegetación acuática y semiacuática, la cual favorece a las comunidades macrobénticas en la disponibilidad de diferentes tipos de alimentación y de microhábitats (Zolocar de Domitrovic, 1992; Rivero, 2000). Por otro lado, se conoce que la influencia de la vegetación sobre las comunidades bénticas difiere en cada fase del pulso hidrológico (Goitia, 1997b). Otros estudios como el de Ibañez (2000), indica que junto a la fluctuación del nivel hidrológico que incrementa la superficie acuática de las lagunas, la presencia de vegetación circundante genera un aumento en la diversidad de hábitats. Este aumento de hábitats permite intercambios entre la zona litoral y la región central de las lagunas, los cuales son aprovechados por invertebrados herbívoros y predadores (Ibañez, 2000).

Junto a la fluctuación del nivel hidrológico, que incrementa la superficie acuática de las lagunas, generalmente la presencia de vegetación circundante aumenta la diversidad de hábitats y por lo tanto también la densidad y diversidad de invertebrados. No se observó este fenómeno en nuestro estudio, porque los

datos fueron obtenidos durante un solo período hídrico (drenaje). Para explicar en detalle el comportamiento de la distribución y colonización de los invertebrados en los diferentes hábitats, son necesarios estudios más detallados que pueden diferenciar cada nicho (hábitat) de posible colonización. Este enfoque es todavía más importante, por lo que la fauna de invertebrados asociados a los macrófitos aparece más diversa que la fauna bentónica. En las lagunas de Trinidad, se registraron 27 taxa en el bentos durante 1998 y 1999 y posteriormente fueron identificados 55 taxa en la fauna asociada a los macrófitos durante marzo de 1999 (Pouilly *et al.*, 2002).

Importancia del estudio de los invertebrados

En las últimas décadas, los ecosistemas acuáticos continentales lóticos y lénticos han sido impactados por la actividad humana. De tal forma que la fauna de muchos ríos ha desaparecido o se ha reducido. Además la agricultura con el uso de abonos químicos y pesticidas ha contribuido a la eutrofización y degradación de ecosistemas acuáticos. Hoy en día, el uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua es cada vez más aceptado y es uno de los métodos más empleados en la evaluación de los impactos ambientales sobre ecosistemas acuáticos por la construcción de represas, minas, carreteras, entre otros (Edmund, 1984; Roldán, 1988).

Por otra parte, los macroinvertebrados acuáticos son importantes para los ecosistemas, tanto para la producción como en el transporte de energía. Los grupos que se alimentan de algas y otros microorganismos posiblemente son el alimento básico para peces y otros vertebrados,

siendo intermediarios en la cadena trófica (Waters, 1988). Sin embargo, resulta difícil estimar la importancia del macrobentos como fuente alimenticia de peces en las llanuras de inundación. En base a estudios del régimen alimenticio de 40 especies de peces de la Amazonía central, Marlier (1967) concluyó que dos son exclusivamente insectívoras. Similarmente, de las 24 especies de peces más abundantes en las lagunas de la llanura de inundación del Río Mamoré central, Pouilly *et al.* (2003) indican que solo *Entomocorus benjamini* es un consumidor exclusivo de invertebrados. Sin embargo sobre 102 especies clasificadas, 35 consumen mayormente invertebrados (Cap. XII; Pouilly *et al.* en prensa). Estos autores notan también que existe un número más elevado de especies omnívoras que consumen invertebrados (diez en la Amazonía central y siete en el Río Mamoré). Por lo tanto, las especies que consumen el macrobentos no son consideradas especialistas; más bien son especies omnívoras que consumen de manera oportunista el macrobentos terrestre o acuático. Por lo anteriormente descrito, los macroinvertebrados acuáticos son importantes para las redes tróficas de las lagunas de Trinidad y deberían ser estudiados más detalladamente.

CONCLUSIÓN

La abundancia relativa de cada grupo de invertebrados bénticos varía según el tipo de lagunas y épocas hidrológicas. La fauna asociada a la vegetación acuática aparece más diversa y además presenta una alta abundancia de organismos en zonas litorales, razón por la cual, estas zonas son de gran importancia para el funcionamiento ecológico de las lagunas.

En el caso de los invertebrados de la región litoral, en este estudio solamente se pudo obtener datos durante una época de drenaje. Para explicar más detalladamente el rol de los invertebrados en distintos hábitats, son necesarios estudios adicionales para aislar épocas hidrológicas contrastadas y estudiar diferentes tipos de vegetación. También para detectar los fenómenos ecológicos con mayor precisión, es necesaria una identificación taxonómica más detallada.

Para proteger la biodiversidad de Bolivia sobre la base de valoraciones económicas, son esenciales estudios acerca de recursos disponibles en diferentes ecosistemas. Por lo tanto, además de iniciar estudios taxonómicos complementarios, también se debe realizar estudios para determinar el rol ecológico de cada grupo de organismo. En especial, en el caso de la fauna de invertebrados, los estudios podrían enfocarse en aspectos tróficos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, X. & E. Goitia. 1999.** Estructura de la comunidad zoobentónica de la laguna Bufeos (Cochabamba, Bolivia). *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 6: 55-64.
- Barbosa, F.A., F. Villarte, J.F. Guerra, G.C. Prates-Renault, P.M. Barbosa, R. Menéndez, M.C. Faria-Pereira & J. Abreu-Vianna. 1999.** Water quality, zooplankton, and macroinvertebrates of the Río Tahuamanu and the Río Nareuda. *En: Chernoff, B. & P.W. Willink (eds.). A biological assessment of the aquatic ecosystems of the upper Río Orthon basin, Pando, Bolivia. Conservation International (Washington, USA), Bulletin of Biological Assessment* 15. 27-34 pp.

- Bourel, L. 2002.** Dynamique des zones humides. Etude par télédétection de la dynamique hydrologique de la zone d'inondation centrale du Río Mamoré. *En: Projeet BIOBAB. Biodiversité du bassin amazonien bolivien: facteurs de contrôle, dynamique et usages.* IRD Edition, Paris, France. 57-76 pp. (página Web: www.ird.fr/drv).
- Cummins, K.W. 1992.** Invertebrates. *En: Callow, P. & G.E. Petts (eds.). The River Handbook. Hydrological and ecological principles.* Blackwell Scientific, Oxford, UK. 234-250 pp.
- Edmund, G.F. 1984.** Ephemeroptera. *En: Merrit, R. & K. Cummins (eds.). An introduction to the aquatic insect of North America.* Kendall Hunt, Second Edition. 94-125 pp.
- Fittkau, E., U. Irmeler, W.J. Junk, F. Reiss & W. Schmidt. 1975.** Productivity, Biomass, and Populations Dynamics in Amazonian Water Bodies. Springer-Verlag, New York, USA, 20. 289-311.
- Fossati, O., J.G. Wasson, C. Hery, G. Salinas & R. Marin 2002.** Impact of sediment releases on water chemistry and macroinvertebrates in clear water andean streams (Bolivia). *Archiv für Hydrobiologie* 151 : 33-50.
- Goitia, E. 1997^a.** Comunidad zoobentónica. *En: Bases para el manejo de los recursos hidrobiológicos en el Departamento de Cochabamba. Informe final.* FONAMA-UMSS, Cochabamba, Bolivia. 229-242 pp.
- Goitia, E. 1997^b.** Fauna asociada a la vegetación acuática. *En: Bases para el manejo de los recursos hidrobiológicos en el Departamento de Cochabamba Informe final.* FONAMA-UMSS, Cochabamba, Bolivia. 243-252 pp.
- Goitia, E., R. Ayala, M. Rossberg & A.M. Romero. 2001.** Comunidad bentónica del Río Rocha en relación a la entrada de poluentes. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 10: 3-16.
- Goulding, M. 1980.** The fishes and the forest. *Exploration in Amazonian Natural History.* University of California Press, Berkeley, USA. 280 p.
- Goulding, M. 1981.** Man and fisheries on an Amazon frontier. *Junk Publishers, Boston, USA.* 136 p.
- Gutierrez, M. 1999.** Composición de la comunidad de fitoplancton en ocho lagunas de la zona central del Río Mamoré. *Distribución espacio-temporal en relación a los parámetros físico-químicos e hidrológicos.* Tesis de licenciatura, UTB, Trinidad - IRD, La Paz, Bolivia. 55 p.
- Ibañez, C. 2000.** Composición de la comunidad de zooplancton en ocho lagunas de la planicie de inundación del Río Mamoré: variación espacio-temporal con relación a los parámetros físico-químicos y al ciclo hidrológico. *Tesis de licenciatura, UMSA - IRD, La Paz, Bolivia.* 85 p.
- Irmeler, U. 1975.** Ecological studies of the aquatic soil invertebrates in three inundation forest of Central Amazonian. *Amazoniana* 5: 337-409.
- Junk, W.J. & B. Robertson. 1997.** Aquatic Invertebrates. *En: Junk, W.J. (ed.). The Central Amazon Floodplain.* Springer, Berlin, Germany, *Ecological Studies* 126. 286-294 pp.
- Maldonado, M. 2002.** Hidroecoregiones y ambientes acuáticos. *En: Navarro, G. & M. Maldonado. Geografía Ecológica de Bolivia - Vegetación y Ambientes Acuáticos.* Centro de Ecología Simón I. Patiño, Cochabamba, Bolivia. 501-719 pp.

- Maldonado, M., E. Goitia, F. Acosta, M. Cadima & D. Castellón. 1996.** Caracterización limnológica de lagunas en la llanura aluvial del Río Ichilo de Cochabamba (Bolivia). *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 1: 3-20.
- Marlier, G. 1967.** Ecological studies on some lakes of the Amazon valley. *Amazoniana* 1: 91-115.
- Miranda, G. 1998.** La influencia del fenómeno "El Niño" y del índice de oscilación del sur en las precipitaciones de Cochabamba, Bolivia. *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines (IFEA-IRD, Paris)* 27 (3): 709-720.
- Navarro, G. & M. Maldonado. 2002.** Geografía ecológica de Bolivia. Vegetación y ambientes acuáticos. Centro de Ecología Simón I. Patiño, Cochabamba-Bolivia. 719 p.
- Nessimian, J.L., L.F.M. Dorvillé, A.M. Sanseverino & D.F. Baptista. 1998.** Relation between flood pulse and functional composition of the macroinvertebrate benthic fauna in the lower Rio Negro, Amazonas, Brazil. *Amazoniana* 15: 35-50.
- Nolte, U. 1988.** Small water colonizations in pulse stable (várzea) and constant (terra firme) biotopes in the Neotropics. *Archiv für Hydrobiologie* 113: 541-550.
- Orellana, M.R. 2001.** Relaciones entre las unidades de vegetación y la dinámica hidrológica de las sabanas en la llanura de inundación del río Mamoré. Departamento Beni, Bolivia. Tesis de licenciatura, UMSA, La Paz, Bolivia. 96 p.
- Poi de Neiff, A. 1990.** Caracterización funcional de los invertebrados en ríos de llanura del Chaco Oriental (Argentina). *Revista Brasileña de Biología* 50: 875-882.
- Pouilly, M., C. Ibañez, M. Gutierrez & T. Yunoki. 1999.** Funcionamiento ecológico de las lagunas de la zona de inundación del Río Mamoré (Beni-Bolivia). *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 6: 641-654.
- Pouilly, M., S.G. Beck, O. Fossati, J. Pinto & L. Torrez. 2002.** Fonctionnement hydrobiologique du Mamoré central dans la région de Trinidad. *En: Projet BIOBAB. Biodiversité du bassin amazonien bolivien: facteurs de contrôle, dynamique et usages.* IRD, La Paz, Bolivia. 57-76 pp. (página Web: www.ird.fr/drv).
- Pouilly, M., F. Lino, J.G. Bretenoux & C. Rosales. 2003.** Dietary-morphological relationships in a fish assemblage of the Bolivian Amazonian floodplain. *Journal of Fish Biology* 62: 1137-1158.
- Pouilly, M., T. Yunoki, C. Rosales & L. Torres. En prensa.** Trophic structure of fish assemblages from Mamoré floodplain lakes (Bolivia). *Ecology of Freshwater Fishes.*
- Reiss, F. 1977.** Qualitative and quantitative investigations on the macrobenthic fauna of Central Amazon lakes. I- Lago Tupé, a black water lake on the lower Rio Negro. *Amazoniana* 6: 203-235.
- Rivero, F. 2000.** Artropodofauna asociada a la macrofitia lacustre de la várzea del río Ichilo (Cochabamba). Tesis de licenciatura, UMSS, Cochabamba, Bolivia. 102 p.
- Roldán, G. 1988.** Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. 217 p.
- Ronchail, J. 1998.** Variabilité pluviométrique en Bolivie lors des phases extrêmes de l'oscillation australe du Pacifique (1950-1993). *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines (IFEA-IRD, Paris)* 27(3): 687-698.

- Sanjinés, A. 2002.** Caracterización de los tipos de vegetación ribereña de las lagunas en la zona central del Río Mamoré (Beni, Bolivia). Tesis de licenciatura, UMSA, La Paz, Bolivia. 92 p.
- Solís, D., A.M. Romero, L. Bervoets, P. Van Damme & S. Mendieta. 1998.** Acumulación de metales pesados en los sedimentos y en larvas de quironómidos del Río Caine (Cochabamba, Bolivia). *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 3: 25-34.
- Takeda, A.M, G. Yuka & J. Higutil. 1997.** Variações espaço-temporais da comunidade zoobentica. *En: Vazzoler, A.E.A.M., A.A. Agostinho & N.S.A. Hahu (eds.). Planície de inundação do Alto Río Paraná: Aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos.* Universidade Estadual de Maringa, Brasil. 157-177 pp.
- Vannote, R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell & C.E. Cushing. 1980.** The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130-137.
- Ward, J.V. 1992.** Aquatic insect ecology. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. 438 p.
- Wasson, J.G., S. Barrera, B. Barrere, D. Binet, D. Collomb, I. Gonzales, F. Gourdin, J.L. Guyot & G. Rocabado. 2002.** Hydro-ecoregions of the Bolivian Amazonian Basin. Physical, chemical, and biological characteristics. *En: McClain, M.E. (ed.). The ecohydrology of South American rivers and wetlands.* IAHS Special Publication 6: 69-91.
- Waters, T.F. 1988.** Fish production - benthos production relationships in trout streams. *Polish Archives of Hydrobiology* 35: 548-561.
- Welcomme, R.L. 1979.** Fisheries ecology of floodplain rivers. Longman, London, UK. 310 p.
- Zolocar de Domitrovic, Y. 1992.** Estudio comparativo entre áreas libres y vegetadas. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale* 25: 177-188.

Diversidad biológica en la llanura de inundación del

Río Mamoré

Marc Pouilly | Stephan G. Beck | Mónica Moraes R. y Carla Ibañez (Editores)



*Importancia
ecológica de la
dinámica fluvial*

Diversidad biológica en la llanura de inundación del

Río Mamoré

Importancia ecológica de la dinámica fluvial

Marc Pouilly | Stephan G. Beck | Mónica Moraes R. y Carla Ibañez (Editores)



FUNDACIÓN SIMÓN I. PATIÑO

Título original	Diversidad biológica en la llanura de inundación del Río Mamoré. Importancia ecológica de la dinámica fluvial.
Editores científicos	Marc Pouilly, Stephan G. Beck, Mónica Moraes R. y Carla Ibañez
Cita bibliográfica	Pouilly M., S.G. Beck, M. Moraes R. y C. Ibañez 2004. Diversidad biológica en la llanura de inundación del Río Mamoré. Importancia ecológica de la dinámica fluvial. Centro de Ecología Simón I. Patiño, Santa Cruz, Bolivia. 383 p.
Primera edición en español	No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión en ninguna forma ya sea electrónica, mecánica, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares de derechos de autor.
Derechos reservados	2004 Centro de Ecología Simón I. Patiño | <i>Departamento de Difusión</i>
ISBN	99905-0-564-0
Depósito Legal	8-1-962-04
Editorial	Centro de Ecología Simón I. Patiño- <i>Departamento de Difusión</i>
Coordinación y revisión	Carmiña Montoya Köster y Christian Bomblat
Diagramación	María Gracia Sarabia Alanis
Fotografía cubierta	Meandro abandonado cerca del Río Mamoré | <i>Marc Pouilly</i>
Impresión	Imprenta Sirena, Santa Cruz - Bolivia