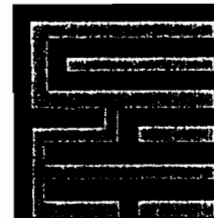




**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE BIOLOGÍA**



**UTILIZACIÓN DE MONOGENEA (ECTOPARÁSITOS DE BRANQUIAS)  
PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LAS POBLACIONES DE  
*Serrasalmus rhombeus* EN LA CUENCA AMAZÓNICA DE BOLIVIA**

**TESIS DE GRADO PARA OBTENER  
EL DIPLOMA ACADÉMICO DE  
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA**

**POR: LESLIE MAUREN CÓRDOVA CLAVIJO**

**COCHABAMBA – BOLIVIA**

**Marzo, 2004**

***Dedicatoria:***

*A Dios por todo lo que tengo en la vida*

*A mi admirable abuelita Maria (f) por haberme dado  
todo su amor y enseñado a subsistir en la vida*

*A mis padres, por su apoyo incondicional e incentivo*

*A mi encantador sobrino Rodrigo  
por llenar de alegría mis días.*

## ***AGRADECIMIENTOS***

A mi papá Vitaliano, mi mamá Bethy, por sus sacrificios durante la culminación de mis estudios y la realización del presente trabajo. A mis hermanos Karina y Danny por su constante apoyo.

Por el apoyo brindado a la unidad de investigación (Interacciones genoma / población / medio ambiente entre los peccs tropicales) del Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD, Francia). A la Unidad de Limnología y Recursos Acuáticos, por la constante colaboración para la culminación de este trabajo.

A mi tutor Dr. Antoine Pariselle (Investigador del IRD) por su confianza, constante apoyo, experiencia transmitida, sugerencias, aporte al enriquecimiento de la tesis y darme la oportunidad de realizar investigación.

A Lic. Dilyan Castellón, por su apoyo condicional durante la realización de la tesis.

A Dr. Paul Van Damme y M. Sc. Ricardo Zahonero por su colaboración y aporte al presente trabajo.

A Dr. Fabrice Duponchelle (Investigador del IRD), M. Sc. Mabel Maldonado y Lic. Fernando Carvajal por haberme brindado la oportunidad de adquirir conocimientos y experiencias sobre los peces en el campo y laboratorio.

A todos los docentes de la Carrera de Biología por la enseñanza impartida.

A mis amigos: Gabriela Jiménez, Jimena Camacho, Alejandra Serrano, Gustavo Cano, María Ramírez, José Valderrama, Huascar Muñoz y a todas las personas que de una u otra manera siempre estuvieron ahí impulsándome a seguir adelante y aunque no sean nombradas, muchas gracias.

## FICHA DE RESUMEN

Los ambientes acuáticos de la Amazonia Boliviana tienen una amplia diversidad de fauna íctica, y solamente recién se está empezando a obtener una imagen completa. A pesar del importante incremento en el conocimiento de esta ictiofauna de la cuenca amazónica, existen aún grandes vacíos de información sobre la distribución, biología, ecología y parasitología de los peces (Sarmiento & Barrera, 2003).

El estudio se llevó a cabo en seis ríos de la cuenca amazónica (San Martín, Madre de Dios 1 – 2 y 3, Beni e Ichilo), el río Madre de Dios 2 no tuvo presencia de parásitos. Se tomaron 31 branquias en 12 *Serrasalmus rhombeus* (piraña blanca), de las cuales se extrajeron un total de 858 parásitos.

Estos parásitos se agruparon morfológicamente en distintos grupos, con ayuda de artículos con descripciones taxonómicas de Monogenea, se hizo una comparación de cada grupo, por lo que se identificaron a cinco géneros con posibles 17 especies: *Anacanthorus* (grupo 1), *Notohecium* (grupo 2), *Notozothecium* (grupo 3), *Mymarothecium* (grupo 4) y el género *Amphithecium* (grupo 5)

Utilizando datos de genética se tiene a tres grupos (A, B y C) que pertenecen a *Serrasalmus rhombeus*, estos no están distribuidos en los 6 lugares de muestreo, lo que implica que genéticamente existen por lo menos tres poblaciones diferentes de *S. rhombeus*. Se realizó un análisis de componentes factoriales (AFC), donde se obtuvo a cinco grupos (Grupo I: río Beni y San Martín, grupo II: río Ichilo, grupo III: río Madre de Dios 1 y 3; grupo IV río Madre de Dios 2 y grupo V río Madre de Dios 10) diferentes de huésped, agrupados con presencia y ausencia de parásitos. Estos grupos parecen tener una lógica distribución geográfica y no así una lógica genética (poblaciones de huéspedes) porque se puede encontrar al grupo “B” en los lugares I, II y III o el grupo “C” en los lugares I y IV. El grupo V está formado de un solo pez que debería pertenecer al grupo III, pero como este huésped presenta dos especies (18 y 5a) de Monogenea es muy particular, hace que se separe de los demás grupos.

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b> .....	<i>i</i>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<i>ii</i>
<b>RESUMEN</b> .....	<i>iii</i>
<b>ÍNDICE DE GENERAL</b> .....	<i>iv</i>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<i>vii</i>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<i>viii</i>
<b>1. INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
1.1 Objetivos .....	4
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Aspectos generales del huésped ( <i>Serrasalmus rhombeus</i> ) .....	7
➤ Ubicación taxonómica .....	7
➤ Descripción de la Sub-familia Serrasalminae .....	7
➤ Descripción de <i>Serrasalmus rhombeus</i> .....	8
2.2 Aspectos generales del el Parásito .....	10
➤ Parasitismo – Parásito .....	10
➤ Evolución de los parásitos .....	12
➤ Especificidad .....	13
➤ El parásito y su medio ambiente .....	14
➤ Interacción entre parásito – huésped .....	14
➤ Propagación a nuevos hospedadores .....	15
2.3 Monogenea (ectoparásito).....	15
➤ Distribución de Monogenea .....	17
➤ Ubicación Taxonómica de Monogenea .....	18
➤ Características del Phylum Platemintos .....	18
➤ Anatomía de Monogenea .....	19
➤ Ciclo Biológico de Monogenea .....	21

<b>3. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
3.1 Área de estudio.....	23
➤ Descripción de la Cuenca Amazónica Boliviana .....	23
3.2 Descripción de las zonas de estudio .....	25
➤ Río Iténez o Guaporé .....	27
➤ Río Beni .....	29
➤ Río Manuripi .....	30
➤ Río Madre de Dios .....	31
➤ Río Ichilo .....	32
3.3 Obtención de muestras .....	33
3.4 Identificación de parásitos .....	35
3.5 Análisis Estadístico <sup>1</sup> .....	38
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
4.1 Abundancia y distribución de ectoparásitos (Monogenea) .....	39
4.2 Grupos y diferencias morfológicas de Monogenea .....	40
➤ Parásitos con ausencia de ganchos grandes .....	43
➤ Parásitos con presencia de ganchos grandes .....	43
4.3 Descripción taxonómica de Monogenea .....	45
4.4 Análisis de componentes principales (ACP)	
de los grupos de Monogenea .....	46
➤ Género <i>Anacanthorus</i> (Grupo 1) .....	46
➤ Género <i>Notothecium</i> (Grupo 2) .....	47
➤ Género <i>Notozothecium</i> (Grupo 3) .....	49
➤ Género <i>Mymarothecium</i> (Grupo 4).....	49
➤ Género <i>Amphitecium</i> (Grupo 5) .....	51
4.5 Fauna parasitológica en las seis regiones de la cuenca amazónica .....	53
4.6 Análisis de componentes factoriales (AFC)	
de presencia y ausencia de parásitos.....	54

<b>5. DISCUSION .....</b>	<b>56</b>
5.1 Abundancia y Distribución de ectoparásitos (Monogenea).....	56
5.2 Descripción taxonómica de Monogenea .....	57
5.3 Análisis de componentes principales.....	58
5.4 Análisis de componentes factoriales (AFC) de presencia y ausencia de parásitos genético.....	58
5.5 Análisis de componentes Factoriales (AFC) .....	60
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>61</b>
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>64</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación geográfica de Bolivia. ....	5
Figura 2: <i>Serrasalmus rhombeus</i> .....	9
Figura 3: Anatomía de Monogenea .....	20
Figura 4: Ciclo de vida de Monogenea .....	21
Figura 5: Mapa de Bolivia con puntos de muestreo .....	26
Figura 6: Rio Iténez (San Martín) .....	28
Figura 7: Rio Béni .....	30
Figura 8: Rio Ichilo .....	32
Figura 9: Muestra de branquias .....	33
Figura 10: Parásito (Monogenea) adherida a un arco branquial .....	34
Figura 11: Extracción de parásitos .....	35
Figura 12: Equipo para la identificación y medidas de los parásitos .....	36
Figura 13: Formas de medición de las partes escleróticas de Monogenea .....	37
Figura 14: Clave taxonómica de parásitos con ausencia de ganchos grandes .....	41
Figura 15: Clave taxonómica de parásitos con presencia de ganchos grandes.....	42
Figura 16: Análisis de Componentes Principales de los Grupos 2, 3, 4 y 5.....	45
Figura 17: Género <i>Anacanthorus</i> .....	75
Figura 18: Género <i>Notothecium</i> .....	77
Figura 19: Género <i>Notozothecium</i> .....	79
Figura 20: Género <i>Mymarothecium</i> .....	81
Figura 21: Género <i>Amphithecium</i> .....	83
Figura 22: ACP total Grupo 1 ( <i>Anacanthorus</i> ) .....	47
Figura 23: ACP total del grupo 2 ( <i>Notothecium</i> ) .....	48
Figura. 24: ACP del grupo 3 ( <i>Notozothecium</i> ) .....	49
Figura 25: ACP del grupo 4 ( <i>Mymarothecium</i> ) .....	50
Figura 26: ACP del grupo 5 ( <i>Amphitecium</i> ) .....	52
Figura 27: Análisis de componentes factoriales, de presencia y ausencia de parásitos..	54
Figura 28: Hipótesis de la gran riqueza de Monogenea sobre <i>Serrasalmus rhombeus</i>	59



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación geográfica de puntos de muestreo.....	27
Tabla 2: Abundancia y distribución de los parásitos .....	40
Tabla 3: Presencia y ausencia de las especies de Monogenea por río .....	53

## 1. INTRODUCCION:

Los ambientes acuáticos de la Amazonia Boliviana tienen una amplia diversidad de fauna íctica, y solamente recién se está empezando a obtener una imagen completa. Puesto que, a partir de 1980 se empezó a realizar trabajos sobre sistemática y taxonomía (Parenti, 1984) en diferentes cuencas de Bolivia. A pesar del importante incremento en el conocimiento de esta ictiofauna de la cuenca amazónica, existen aún grandes vacíos de información sobre la distribución, biología y ecología de los peces (Sarmiento & Barrera, 2003).

En la guerra del Pacífico, Bolivia perdió su acceso al Océano, de tal modo que sus recursos pesqueros ahora son solamente de aguas continentales, y están limitados en comparación con los del mar. Los peces constituyen un recurso de subsistencia importante para la humanidad, los ríos Amazónicos (Ichilo, Mamoré, Iténez, Beni y Madre de Dios) también sostienen una pesca comercial (Sarmiento & Barrera, 2003; Van Damme, 2002).

La importancia de estos recursos pesqueros es variable en los distintos países del mundo (Lauzanne *et al.*, 1990). En Bolivia a pesar de existir una producción pesquera tanto en la Amazonía como en el Altiplano, el consumo de pescado está entre los más bajos en América Latina y en el mundo (1 kg/persona/año, muy inferior a lo recomendado por la FAO, 12 kg/persona/año) (Van Damme, 2002).

En Bolivia podría existir un incremento inevitable de la población, por lo que estos recursos serían aun más limitados, este incremento podría causar un problema de sobreexplotación de las especies de peces. Alisson (1998), Reinert y Winter (2002), suponen que el recurso pesquero está subexplotado, aunque algunas especies (como pacú) en algunas áreas específicas (por ejemplo en la cuenca del río Mamoré) muestran los primeros signos de sobre-explotación (Van Damme, 2002). Goulding (1981) considera que a consecuencia de una elevada pesca durante varios años consecutivos, es posible que las poblaciones de peces vayan disminuyendo considerablemente.

Para esto, se tiene dos posibilidades: iniciar una gestión sostenible de la pesca para llegar a una explotación equilibrada; y/o empezar con la piscicultura de especies nativas. Para iniciar cualquiera de estas posibilidades, se debe de conocer antes, la situación de las poblaciones de peces como ser: la biología, ecología, genética y sistemática.

La Unidad de investigación (Interacciones genoma / población / medio ambiente entre los peces tropicales) del Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD, Francia) ha iniciado un programa multidisciplinario (genética, ecología, fisiología de la reproducción y parasitología) sobre los peces de la cuenca Amazónica de Bolivia, en colaboración con la Universidades de La Paz, Cochabamba, Santa Cruz (UMSA, UMSS y UAGRM ), la Mancomunidad del Trópico, y la Prefectura Departamental de Cochabamba.

Este programa ha seleccionado (en los ríos de Bolivia), entre las numerosas especies de peces autóctonas, las que presentan una excelencia comercial (pacú, tambaqui), aquellos que son utilizados para la sustentabilidad en la piscicultura (surubí, tucunaré) (revisados por Saint Paul, 1984; Boujard *et al.*, 1988; Araujo-Lima & Goulding, 1977; Barthem & Goulding, 1997; Kapetsky & Nath, 1997), o también especies que actualmente tienen un valor mayor en los mercados locales (FAO Vert 1992; Kubitza *et al.*, 1998).

En representación a estas especies seleccionadas por el programa, se tiene a *Serralmus rhombeus*, ya que esta es abundante y está distribuida sobre toda la cuenca Amazónica (Géry, 1972; Machado – Allison, 1990). Debido a la gran extensión de esta cuenca, pueden existir poblaciones que están geográficamente aisladas desde hace tanto tiempo que, con la inevitable deriva genética, se haya producido una divergencia entre estas poblaciones; esto es suficiente para concluir en especiación, y la posible creación de un complejo de especies.

Para investigar este probable complejo de especies, y como complementación de los estudios de morfología y genética, se tomó, como carácter independiente, a los parásitos (Clase Monogenea). Ya que estos parásitos son bastantes específicos del huésped y muy

diversos (Poulin, 2002) más parecen estar influenciados, durante la evolución, por los cambios en el medio externo como los genes de la población del huésped (Pariselle *et al.*, 2003).

Dentro del modelo de la evolución es más eficiente la especiación de los parásitos que la de los peces, porque tienen un ciclo de vida más rápido, entonces podemos encontrar mayores diferencias entre las faunas de parásitos que entre las poblaciones del huésped (Paugy *et al.*, 1990). Por esta razón es que los parásitos se utilizan como carácter independiente de la genética.

Pero poca importancia se le ha dado a los parásitos, recientemente en la última década recibió considerable atención el estudio de la ecología de los parásitos de peces. La expansión del campo de la investigación fue la base de la reciente comprensión del significado de los parásitos influenciados por la biología y evolución de sus huéspedes (Crawley, 1993).

## **1.1 OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

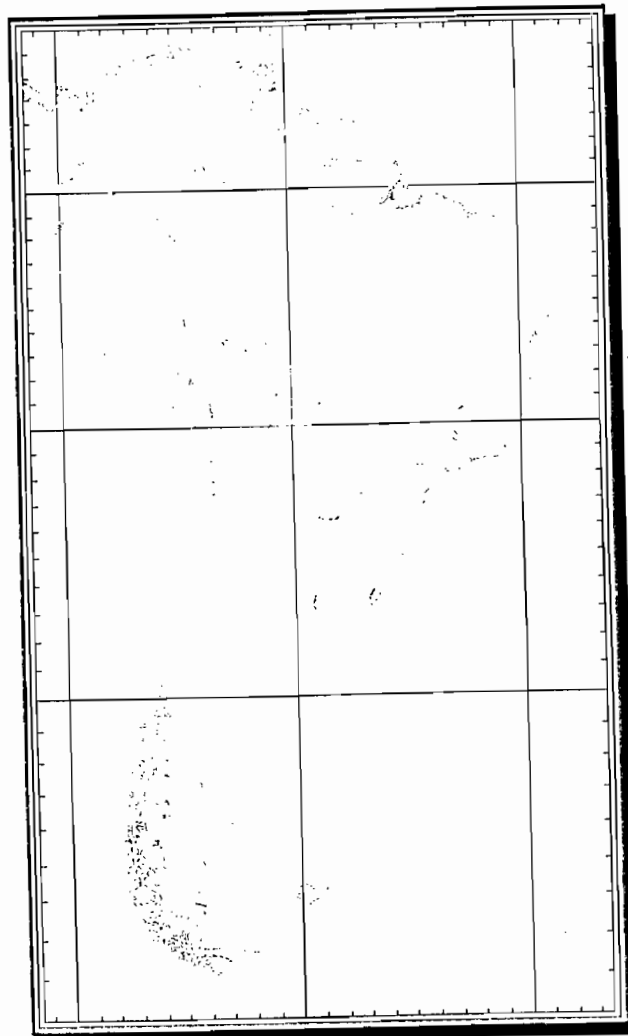
- Establecer las diferencias morfológicas entre los parásitos (Monogenea) presentes en las poblaciones *Serrasalmus rhombeus* en seis regiones de la Cuenca Amazónica de Bolivia.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir taxonómicamente los parásitos de la familia Monogenea en *Serrasalmus rhombeus*.
- Comparar la fauna parasitológica de las poblaciones de *Serrasalmus rhombeus* en las seis regiones de la Cuenca Amazónica de Bolivia.
- Analizar juntamente los datos de parasitología y de genética para identificar a las poblaciones o especies de parásitos que utilizan como huésped las poblaciones de *Serrasalmus rhombeus*.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Bolivia está situada en el centro de Sud América (Fig. 1), limitada al norte y este con Brasil, sur-este con Paraguay, sur-oeste con Chile y al oeste con Perú. Hidrográficamente estos países aportan a Bolivia con distintos afluentes, como el más importante de estos ríos es el Amazonas que está ubicada en Brasil, ingresa a Bolivia por los departamentos de Pando y Beni, esta gran cuenca presenta una alta diversidad ictica (Atlas geográfico Universal y de Bolivia, 2002), debido a la entrada de estos afluentes a Bolivia, la riqueza de los peces es aun más diversa.



**Figura 1: Mapa de ubicación geográfica de Bolivia.**

Stiassny & Raminosa (1994), observaron que los peces de agua dulce representan aproximadamente de 20 a 25 % de la biodiversidad de vertebrados. Actualmente la fauna de peces de agua dulce en América del Sur, son descritos 2.500 a 3.000 especies, pero Böhlke *et al.* (1978), comentaron que tal vez al menos 30 a 40% más, restan por ser descritas.

Dentro de las especies de peces descritos de aguas dulces Neotropicales, los órdenes más importantes son: Characiformes (Vari & Weitzman, 1990), Siluriformes (Pinna, 1998), Gymnotiformes (Albert & Campos da Paz, 1998) y Cyprinodontiformes (Costa, 1998).

Estos órdenes presentan problemas sistemáticos y filogenéticos. Además de estos cuatro órdenes principales de la fauna Neotropical, encontramos una serie de grupos, que a pesar de presentar individualmente una baja diversidad, en conjunto, agregan un gran número de especies, por la que surgen hipótesis filogenéticas alternativas que se basan en diferentes sistemas característicos.

Ibish & Mérida (2003) reportaron que la riqueza de peces registradas en Bolivia es aproximadamente 600, el Lago Titicaca (compartido por las Repúblicas de Perú y Bolivia) probablemente es uno de los centros acuáticos de endemismo más importantes de Sudamérica, con más del 80 % de su ictiofauna exclusiva.

Con el tiempo este número seguirá incrementando a medida que se clarifique la sistemática de grupos que fueron poco estudiados y se descubrirán nuevas especies (con la utilización de nuevas herramientas como por ejemplo la genética) en Bolivia.

El modelo *Serrasalmus rhombeus* que se investigó en este trabajo, pertenece al orden Characiformes, Familia Characidae (= Serrasalminidae) y a la Subfamilia Serrasalminae. Esta especie esta distribuida sobre toda la cuenca amazónica, y como esta es extensa, no se puede precisar si esta especie es la misma sobre toda la cuenca amazónica o si es un complejo de especies.

## 2.1 Aspectos generales del huésped (*Serrasalmus rhombeus*)

### ➤ Ubicación taxonómica

**PHYLUM:** CHORDATA

**SUBPHYLUM:** GNATOSTOMATA

**SUPERCLASE:** PISCIS

**CLASE:** OSTEICHTHYES

**SUBCLASE:** ACTINOPTERYGII

**SUPERORDEN:** OSTARIOPHYSI

**ORDEN:** CHARACIFORMES

**FAMILIA:** Characidae (= Serrasalminidae)

**SUBFAMILIA:** Serrasalminae

**GENERO:** *Serrasalmus*

**ESPECIE:** *Serrasalmus rhombeus* (Linnaeus, 1766)

**NOMBRE COMUN:** Piraña (Bolivia)

Piranha branca o preta (Brasil)

Caribe pinche (Venezuela)

### ➤ Descripción de la Sub-familia Serrasalminae

Los Serrasalminae son peces Caracoideos (Characiformes), exclusivamente de aguas dulces (Orinoco, Amazonas, San Francisco y Paraná – Paraguay).

La familia tiene 51 especies repartidas en 3 subfamilias: los Myleinae (30 especies) que incluyen a los Pacuses; los Serrasalminae (20 especies); y los Catoprioninae con una sola especie. Son caracterizados por poseer cuerpos comprimidos y profundos con una serie de sierras a lo largo del perfil ventral de cuerpo. Aleta dorsal generalmente con una espina predorsal dirigida anteriormente. Dientes especializados del tipo molariformes e incisivos los



cuales pueden ser: bi, tri o multicúspides como en *Acnodon*, *Colossoma*, *Metynnis*, *Myleus*, *Mylesinus*, *Piaractus* y *Utiaritichthys*, o tricúspides modificados con bordes altamente cortantes y afilados como en *Pygocentrus*, *Pristobrycon* y *Serrasalmus*. Todos los Serrasalminae son altamente fecundos variando desde la producción de numerosos cientos y miles de huevos. Algunas especies incluyendo las de los géneros *Serrasalmus* y *Metynnis*, son territoriales y defienden las áreas de reproducción, las cuales pueden ser raíces de plantas flotantes como “Boras” (*Eichhornia crassipes*) (Machado Allison, 1995).

La característica peculiar del género *Serrasalmus* es la presencia de una cierra en la parte ventral, tiene una fila de dientes cortantes, triangulares y presentan una articulación entre ellos por la cúspide posterior, estos dientes son adaptados para arrancar carne (Planquette, 1996).

➤ **Descripción de *Serrasalmus rhombeus* (Linneaus, 1766)**

Actualmente Fish Base (2003) lo llama “*Red eye piranha*” por la presencia de los ojos de color rojo. (Fig. 2)

**Distribución**

Esta especie está distribuida en Sud América (Cuenca Amazónica), Amazonía de Orinoco, Noreste del escudo de las Guianas, Noreste de Brasil, tiene una importancia comercial, viven en climas tropicales donde la temperatura oscila entre 23 – 27°C, en pH de 5.8 – 7.0 (Robins *et al.*, 1991).

Las preferencias de hábitat cambian con la edad; los juveniles prefieren las áreas inundadas de sabanas y lagunas de rebalse; los adultos viven en el canal principal. Son de hábitos predatorios, con preferencia por aletas de otros peces, usualmente solitarios y exhiben una marcada territorialidad. (Machado - Allison, 1995).

## Morfología

Cuerpo romboidal, muy profundo en ejemplares viejos. Hocico robusto en adultos, aguzado y comprimido en juveniles tempranos. Dientes mandibulares y ectopterigoideos bien desarrollados en juveniles y adultos. Dorsal no particularmente elevada con 12 – 14 radios ramificados. Aleta anal con 26 – 30 radios ramificados. Aleta adiposa corta (4.0 – 5.7 L.E). Patrón de coloración variable. Juveniles con los lados cubiertos por manchas oscuras. Adultos de un color oscuro azulado homogéneo. Iris rojo en adultos. Aleta caudal con una banda terminal evidente (Machado Allison, 1995).

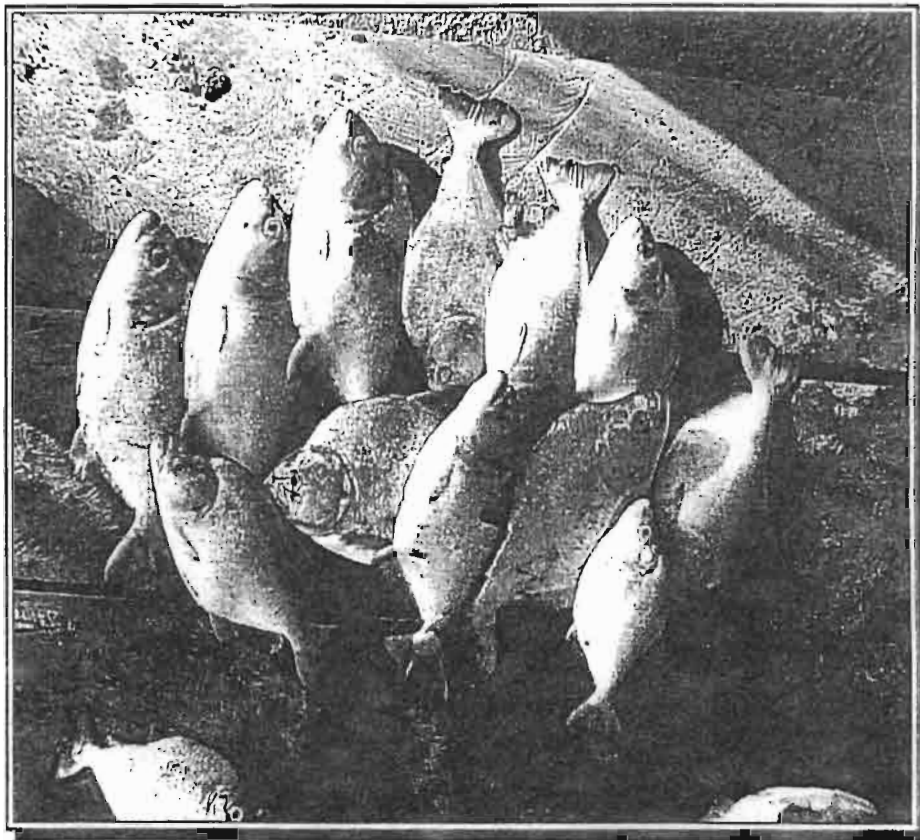


Figura 2: *Serrasalmus rhombeus*

## Alimentación

Sus hábitos alimentarios son variables: herbívora es común en especies como los *Mylinea*; los Serrasalminae son carnívoros con dientes cortantes y agudos; parecen alimentarse de animales muertos enfermos o heridos. Son llamados también “buitres de las aguas”. La única especie de C atoprioninae quita las escamas de las otras especies con su mandíbula inferior prominente armada de dientes exteriores (Machado - Allison, 1995).

## Formas complejas

Parecen existir varias formas complejas que varían en coloración y en la presencia de manchas en el cuerpo. El ojo rojo es un distintivo presente en todos los de esta especie, tienen un alcance de 1.5 centímetros o más grande en otros tamaños de peces, algunos podrían ser más pequeños en tamaño. Su color dominante varía de plata al negro, son variables de acuerdo a las edades. La aleta anal tiene un tinte rojizo, después o durante la ontogenia que tiende a ser hialino. Margen negro oscuro en la aleta anal, presente en especímenes jóvenes, después va desapareciendo en adultos. Con la madurez, el color de la barriga se pone negro o blanco, con el cuerpo superior el gris oscuro, una apariencia jaspeada. El color blanco atribuyó en su caracterización, de las especies *S. rhombeus*, pero basado en una forma juvenil.

## 2.2 Aspectos generales del el Parásito

### ➤ Parasitismo - Parásito

El término parásito procede del griego y significa "sentado al lado del alimento".

El parasitismo es una asociación inter-específico durable, en la cual uno solo de los socios, el parásito, utiliza al otro (el huésped) como su medio de vida y como recurso de nutrición.

Los parásitos pertenecen a los reinos animal y vegetal, la mayoría son microscópicos, mientras otros son visibles a simple vista y pueden medir centímetros o metros, están constituidos por agrupaciones moleculares (virus) o por una sola célula (bacterias, hongos, rickettsias, protozoos), o por millones de células agrupadas en órganos y sistemas (helmintos, artrópodos) (Atías, 1999).

Para poder causar daño, depende metabólicamente y evolutivamente del huésped, estableciendo contacto e intercambio macromolecular, los parásitos al sentir este cambio en su medio, empiezan a proliferar aun más, con lo cual de forma actual o potencial ocasiona acciones patógenas o modificaciones del equilibrio homeostático del hospedador y de la respuesta adaptativa de su sistema inmunitario.

Jones (1967) señala tres hipótesis como punto de partida del parasitismo:

- La ingestión del protozoario por su hospedador.
- La inyección mediante la intervención de algún tipo de artrópodo vector.
- La invasión activa por parte de los mismos protozoarios.

Existen tres tipos de parásitos en relación a la localización sobre el huésped: los “ectoparásitos” que son aquellos que viven en la superficie externa del hospedero, los “mesoparásitos” que viven en una cavidad natural (boca, vagina, tubo digestivo, etc.) del huésped y los “endoparásitos” son los que viven en el interior del hospedero (para salir deben pasar por barreras (piel, etc.)).

Existen dos tipos de parásitos en relación a la cantidad de huéspedes en el ciclo de vida: “holoxena” con un solo huésped (definitivo), y “heteroxena” con dos o más huéspedes (definitivo, intermedio, paratenico, vector).

➤ **Evolución de los parásitos**

Según Ayala (1999), el proceso de la evolución consiste en la transformación gradual de unos organismos en otros, lo que permite reconocer las relaciones de parentesco entre especies descendientes de un mismo antepasado. En definitiva, la evolución consiste en cambios en las frecuencias génicas y en su organización con la consiguiente adaptación al medio, lo cual supone un cambio en la composición genética de la población. Las variaciones genéticas hicieron que unos individuos estuvieran mejor adaptados que otros para sobrevivir y reproducirse en un determinado ambiente (Schopf, 1975), de esta forma los caracteres hereditarios de los organismos mejor adaptados estuvieron cada vez más representados en las generaciones siguientes. La aparición de nuevas formas de vida, a través de este principio de la selección natural, determinaron a su vez grandes cambios en el ambiente físico, alterando en consecuencia las condiciones de la evolución.

Según Cheng (1986), los orígenes y la evolución del parasitismo requieren que un gran número de parásitos potenciales deban tomar contacto con el posible hospedador con el fin de formar una asociación y conforme mayor es la frecuencia con la que toman contacto, mayores serán las probabilidades de asociarse.

Los endoparásitos han sido el resultado de formas de vida libre que se introdujeron accidentalmente en el organizador. En este nuevo medio ambiente la ocurrencia de las mutaciones espontáneas, y los mutantes más hábiles crecieron, ejemplificando el concepto de supervivencia del más apto. Entre los gusanos planos, la aparición de las continuas formas del mutante ha producido a las especies, la carencia de un tracto alimentario. Tales mutantes se vuelven muy exitosos obviamente, para el ambiente consistente en una matriz y parcialmente digirió nutrientes que pueden ser absorbidos. Así, la falta de un tracto alimentario, aunque aparentemente degenerado, realmente es una condición más avanzada y eficaz. Estos gusanos planos tienen sistemas enzimáticos, han adaptado más eficazmente modos de locomoción, digestión, y sensación al parasitismo (Cheng, 1986).

➤ **Especificidad**

La especificidad del huésped es universal entre parásitos, aunque esta especificidad varía ampliamente entre los diferentes taxos de parásitos (Rohde, 1982). Euzet & Combes (1980) difieren entre tres tipos de especificidad: **Estricta (oioxena)**, donde una sola especie de parásito puede vivir en una sola especie de huésped, **larga (stenoxena)**, donde una especie de parásito vive sobre especies de huésped relacionada filogenéticamente, y **tolerante (euryxena)**, donde el parásito se establece en numerosos taxos de huéspedes.

Cuando los parásitos infectan una sola especie de huésped o un grupo de huéspedes relacionados, entonces se puede decir que exhiben una especificidad filogenética del huésped. Esto puede implicar una coevolución entre los huéspedes y los parásitos (Andrew & Merenlender, 1979).

La coevolución o evolución concertada antagonista, es un proceso iterativo pero antagonico cuando se manifiestan las relaciones entre especies, por ejemplo entre una presa y su depredador, o un parásito y su hospedante. Incluye dos fenómenos (Brooks, 1979): “**coadaptación**”, que es la adaptación recíproca de cada taxa, lo cual incluye parámetros semejantes como patogenicidad (teoría de la Reina roja. Van Valen, 1973), la especificidad del huésped y sincronización de los estados de ciclos de vida; y la “**coespeciación**”, está referido a la especiación del huésped y parásito. La especificidad del huésped es más ecológica que filogenético, y es mayormente determinado por la ocurrencia de barreras ecológicas (Rohde, 1982).

Muchas veces, los parásitos viven como comensales (uno de los socios se beneficia – el hospedero no parece sufrir daño) en el hospedero y solo en determinadas ocasiones sufren daño.

De acuerdo con todas estas premisas, se puede concluir que el parasitismo es un estado de asociación biológica entre dos especies vivas diferentes, y el parásito como el ser

vivo que, de manera temporal o permanente, vive a expensas de otro organismo de distinta especie, obteniendo de éste su alimento (Atias, 1999).

➤ **El parásito y su medio ambiente**

Existen dos tipos de ambientes para los parásitos: el huésped como su ambiente inmediato constituye su microclima y el ambiente externo del huésped constituye el macro ambiente. Es necesario que se considere como un sistema la relación del parásito con su medio ambiente para poder controlarlo (Dobson, 1988).

En general la dependencia de los parásitos respecto a los factores del medio ambiente no es la expresión de un solo factor, sino de un grupo de factores combinados, tales como el clima, presencia o ausencia de huéspedes intermediarios, composición del suelo, vegetación, tipo de agua, etc. Muchas poblaciones parasitarias son altamente afectadas por factores independientes de la densidad, como temperatura y otras condiciones climáticas (Quiroz, 1994).

➤ **Interacción entre parásito – huésped**

Según Quiroz (1994) y Thatcher (1990), la piel de los peces puede actuar como barrera o vía para la invasión de tejidos internos por los parásitos, de los cuales algunos pueden penetrar por si solos. Muchos sitios de la piel y branquias son habitados por parásitos que causan lesiones localizadas. El daño que produce depende del grado de intimidad en la asociación evolutiva, muchos de estos parásitos se alimentan por medio de la dermis, viven en forma permanente o temporalmente, completando su alimentación en días o en pocos minutos.

Las interacciones filogenéticas entre el parásito y su hospedero a menudo conllevan cambios en el comportamiento del animal infectado. Dichos cambios usualmente son benéficos para el patógeno y a menudo detrimentales para el hospedero.

Los cambios inducidos para el hospedero tienen el efecto de aumentar la tasa de transmisión del parásito. Los mecanismos usados para este efecto tanto directa o indirectamente influyen en la supervivencia del hospedero y ocasionalmente afectan su fecundidad. Por lo tanto se presenta un conflicto de interés entre el parásito y el hospedero, el cual tiene efectos significativos sobre las escalas de tiempo ecológico y evolucionario. Existen muchos trabajos previos que consideran la importancia de la prelación y la competencia como factores que influyen tanto en el comportamiento individual y social de las diferentes especies de peces (Crofton, 1971).

➤ **Propagación a nuevos hospedadores**

En determinadas ocasiones un parásito puede adaptarse a un hospedador que no está filogenéticamente emparentado con su hospedador habitual. Para muchos parasitólogos esta diferencia en los hospedadores indica que **no se trata de la misma especie de parásito**, si no de especies diferentes, variedades o razas de una misma especie. Una situación semejante se produce con la existencia de subespecies o razas geográficas de animales de vida libre (Chandler, 1936)

Otros autores son de opinión contraria y rechazan la separación de especies por tener hospedadores diferentes. Estas razones y la no existencia de referencias suficientes hacen que la distribución geográfica de los parásitos sea todavía dudosa, no existiendo un mapa de localización de las especies.

### **2.3 Monogenea (ectoparásito)**

Los Monogenea son distinguidos dentro de los Platelminfos porque son holoxenicos (holo = uno, xenos = huésped). Las especies de esta clase Monogenea son todos parásitos de vertebrados poiquiloterms acuáticos (peces, anfibios, reptiles y sobre el ojo del hipopótamo: *Oculotrema hippopotami*; Thurston & Laws, 1965).



La mayoría de sus miembros que son ectoparásitos, se encuentran principalmente en branquias, piel, aletas y la cavidad bucal, algunas se encuentran en las vejigas urinarias, el estómago (mesoparásitos) y excepcionalmente en el corazón de un solo tipo de raya marina (endoparásito). Considerando que Digneos y Céstodos son todos meso o endoparásitos (aquellos que viven dentro de los cuerpos de sus hospederos).

Como ya se menciono antes, los parásitos (Monogénea) son muy específicos del huésped y muy diversos (Poulin, 2002). Dentro del modelo de la evolución es más eficiente la especiación de los parásitos que la de los peces, porque tien en un ciclo de vida más rápido. Se puede observar más diferencias morfológicas entre las poblaciones/especies de parásitos que entre las del pez (Paugy *et al.*, 1990).

La Taxonomía actual de Monogénea se delinea en una monografía clásica de Sproston (1946). Las formas británicas y Europeas han sido tratadas adecuadamente por Dawes (1946).

Más recientemente, Yamaguti (1963) ha contribuido un catálogo comprensivo de todo los Monogeneas conocidos. La clase Monogenea se divide en dos Subclases: Monopisthocotylea y el Polyopisthocotylea (Cheng, 1986). Las ultimas investigaciones cuestionan si la clase Monogenea es monophylogenético o no (Justine, 1991).

Existen muchos casos de infección con monogeneas que pueden causar pequeños daños a su huésped. Por ejemplo, algunos peces presentan la enfermedad llamada “persiana” *Benedenia mellini* que provoca daños en los ojos de los peces. Otros como *Microcotyle* y *Tetrancistrum*, entre otros, pueden ingerir la sangre de sus huéspedes, dando como resultado a una hipersecreción de mucosidad por otros que ya fueron infestados con monogeneas, esta condición se conoce como “estorbar de las agallas”. Esto causa asfíxie al hospedero (Nigerlli, 1937). Finalmente, *Gyrodactylus* sp. y *Dilectanum aequens* pueden causar mortalidad masiva

en acuicultura (de truchas en Scandinavia y *Dicentrarchus labrax* (lobito de mar) en el Mediterraneo (Silan & Maillard, 1986)).

➤ **Distribución de Monogenea**

El agua juega un papel importante en el mantenimiento de muchos tipos de fauna parasitaria. La ausencia del medio acuoso puede impedir el desarrollo de un gran número de especies parásitas, por ejemplo de los Trematodos, que utilizan los invertebrados acuáticos. Muchos estados larvarios e infectivos de parásitos son libres y nadadores, por lo que la ausencia del medio impide su ciclo (Oncomiracidios de Monogenea, Miracidios de Trematoda y formas infectivas de Nematodos).

Los factores físicos como ser: temperatura, oxígeno, concentraciones de dióxido de carbono, pH y salinidad, pueden también influir en la densidad de los parásitos. Además, estos factores afectan las fases acuáticas de mosquitos y otros parásitos como los artrópodos. Debido al movimiento internacional a que han sido sujetos los peces, los monogeneas han sido ampliamente dispersados; actualmente se encuentran distribuidas en todo el mundo (Marcoglise, 2001; Paltt, 2000 y Soleng, 1999).

Un gran número de especies se encuentran distribuidas en aguas tropicales y semitropicales de países africanos como Egipto, Ghana y Madagascar (Khildr, 2001 y Naggar, 2001).

Otros Monogeneas se encuentran en aguas templadas de países Europeos que cultivan carpas como Alemania, Hungría y Rusia, así como en países del Oriente medio como Israel y el del lejano Oriente como China y Japon (Xia, 2000; Stoltzet, 2001 y Ergens, 1992). Otros mas se encuentran diistribuidos en aguas frías de estos mismos países y del norte del continente americano como Estados Unidos y México, que cultivan salmonidos y otras importantes familias de peces (Cable, 2000; Simkova, 2001 y Bruno, 2001).

En Sud América, la primera especie descrita fue *Benedenia hendorffi* Linstow (1889) seguida por *Fridericianella ovicola* Brandes (1894) de Brasil y *Lophocotyle cyclophora* Braun (1896) de Chile. En 1938 fueron reportadas otras especies en Brasil por Price, a partir de 1965 hacia delante se tuvo el conocimiento de Monogenea en Sud América con predominancia en Brasil. En Bolivia fue descrita tan solo una especie *Unilatus anoculus* (Price, 1968) Suriano, 1985 (Dactylogyridae), el hospedero de esta especie fue *Hypostomus bolivianus* Pearson (Loricaridae), en los ríos de la amazonía Boliviana (Kohn & Cohen, 1998).

➤ **Ubicación Taxonómica de Monogenea**

**PHYLUM:** PLATELMINTOS

**CLASE:** MONOGENEA

**SUBCLASE:** MONOPISTOCOTYLEA

**ORDEN:** DACTYLOGYRIDEA

**FAMILIA:** ANCYROCEPHALIDAE

La clasificación de los Platelminotos, como los tantos otros grupos, es confusa. Hay consensos generales acerca de las clases Turbellaria y Céstoda, sin embargo Monogenea, Dignea y los Aspidobothrienea son un poco confusos.

La clasificación actual es: Phylum Platelminotos, Clase Turbellaria, Monogenea, Trematoda y Céstoda.

➤ **Características del Phylum Platelminotos**

Los científicos creen que los primeros turbelarios evolucionaron al rededor de 550 millones de años. Son antiguos, pero prácticamente nada es conocido de su historia evolutiva

porque presentan cuerpos muy suaves que no se conservan bien como fósiles. Presentan alrededor de 25,000 especies conocidas divididas en cuatro clases. La mayoría de los Platelmintos son parásitos de otros animales, sólo los turbelarios son principalmente no parasitarios.

Estos individuos carecen de sistema circulatorio y, normalmente, presentan protonefridios. La boca es el único orificio de su aparato digestivo, cuando éste existe y su aparato reproductor es, primitivamente, hermafrodita. De las cuatro Clases en la que está dividido el Filo, sólo la de los Turbelarios lleva existencia libre, mientras el resto de ellas: Monogeneos, Dígneos y Céstodos, son parásitos. Por estudios de secuenciación genética se han considerado a los Turbelarios como filogenéticamente más antiguos, aunque estas consideraciones son controvertidas, pues muchas de las características interpretadas como primitivas se deben a su pequeño tamaño. (Chandler-Clark, 1965)

### ➤ **Anatomía de Monogenea**

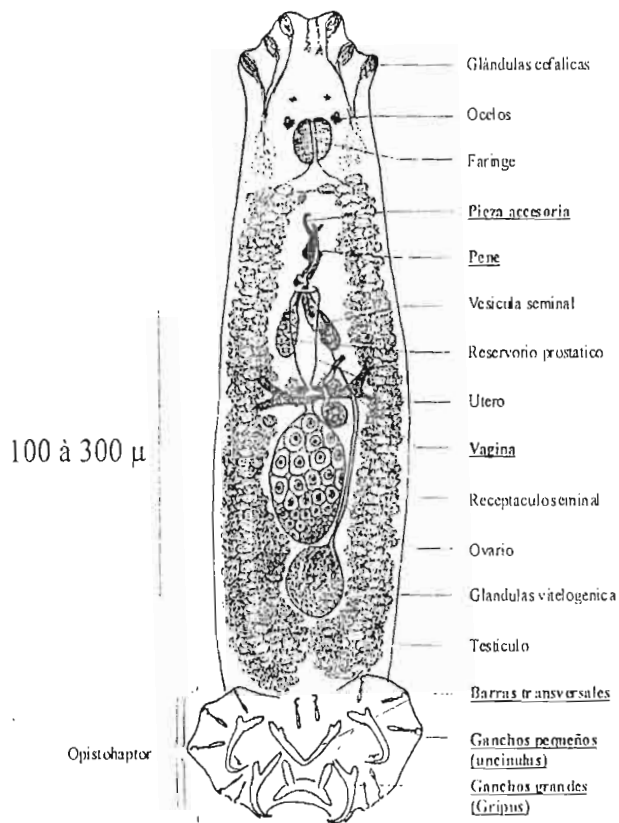
#### **Anatomía externa:**

- **Región cefálica:** Donde se localizan los ocelos, las glándulas adhesivas y la boca.
- **Tronco:** No presentan estructuras de fijación.
- **Opisthaptor:** Ubicada en la parte trasera, es una estructura de fijación de forma variable y puede estar dotada de ganchos grandes o pequeños, ventosas, grapas o varias a la vez. Son necesarios debido a su tipo de vida como parásitos externos de peces ya que deben soportar las corrientes que éstos crean en su movimiento.

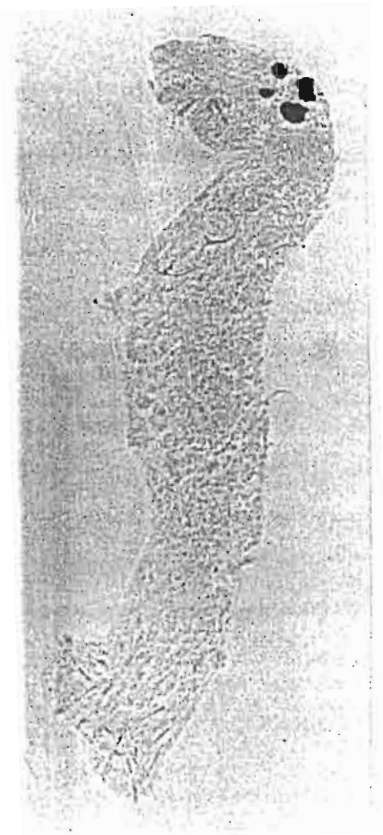
#### **Anatomía interna:**

- **Tegumento:** Epidermis de naturaleza sincitial, sin cilios pero con micro vellosidades, a menudo protuberancias. Se crean espinas en ella. Los núcleos se encuentran en el parénquima.

- Membrana basal, musculatura, parénquima
- Aparato digestivo: Boca, faringe, esófago y 2 ciegos intestinales (pueden llegar a unirse).
- Aparato reproductor: Son hermafroditas de reproducción interna y cruzada. Los ciclos vitales son directos, con un único hospedador. Los huevos (operculados o no, con o sin filamentos) eclosionan en una larva ciliada (oncomiracidium) que se fija activamente al hospedador mediante ganchos que acaban transformándose en el opisthaptor (Fig. 3).



A) Esquema de la anatomía de Monogenea



B) Monogenea vista al microscopio óptico

Figura 3: Anatomía de Monogenea

- Aparato excretor: tipo protonefridial. Nefridios repartidos por todo el cuerpo, vierten a dos nefridioductos que desembocan en un ensanchamiento que funciona como una vejiga. Desemboca en el poro excretor.
- Sistema nervioso de tipo escaleriforme con un glóbulo cerebroideo bilobulado y 6 cordones longitudinales unidos por comisuras transversales. No existen estatocistos, los órganos de los sentidos son papilas sensoriales en la superficie del cuerpo y ocelos variables en la región cefálica.

➤ **Ciclo Biológico de Monogenea**

Los parásitos adultos se localizan principalmente en branquias, piel, aletas y cavidad bucal de los peces (Fig. 4) lugares donde ovipositan; después del desarrollo de los huevos se realiza directamente en el medio ambiente, estos huevos dan origen a formas larvianas que nadan libremente para buscar su huésped y alcanzar en éste la madurez sexual (Cable, 2002 y Wittington, 2002).

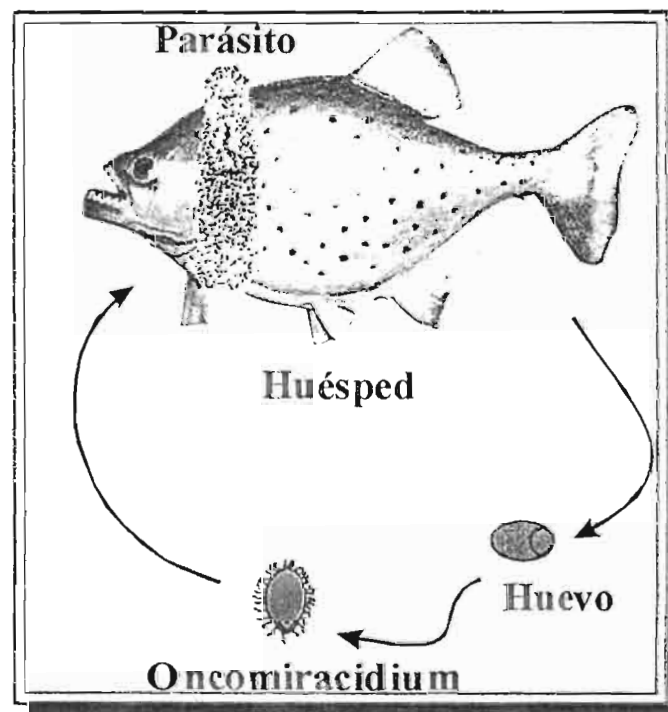


Figura 4: Ciclo de vida de Monogenea.

En temperaturas elevadas el ciclo biológico puede realizarse en varios días. La distribución y porcentaje de infección de parásitos, varía de acuerdo a la especie y época del año; hay especies que presentan una marcada fluctuación, estrechamente relacionada con la temperatura del agua. Hay especies que producen huevos que soportan temperaturas cercanas a los 6°C; estos huevos permanecen en el fondo de los estanques para eclosionar en la primavera siguiente y así continuar su ciclo (Flores-Crespo, 1993 y Chisholm, 2000).

Otros monogéneos como los Girodactilidos son vivíparos con embriogénesis muy especial, pues tienen un mecanismo de secuencia poliembriónica, con cuatro individuos encajados. El parásito recién salido de la madre puede producir inmediatamente su propio descendiente, requiriendo de un solo día para que la larva madure, incluso antes del nacimiento y origen de otra larva, razón por la cual las infecciones con estos tipos de monogéneos, llegan a proliferar en forma explosiva especialmente cuando las condiciones ecológicas son favorables (Cable, 2002 y Flores-Crespo, 1995).

La identificación de las familias de Monogenea se realiza mediante comparaciones morfológicas de la anatomía interna (ovario, oviducto, testículos, etc.). La identificación a nivel de orden o de especie se realiza haciendo comparaciones morfométricas de la anatomía de las partes escleróticas (ganchos del haptor, pene y vagina).

### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1. Área de estudio.**

##### **➤ Descripción de la Cuenca Amazónica Boliviana**

#### **Formación geológica**

Actualmente la cuenca Amazónica desemboca en el Océano Atlántico; hubo un tiempo que lo hacía en el Océano Pacífico. Hace 12 millones de años (época Mioceno); la cordillera de los Andes sufrió la violenta elevación de sus montañas en un proceso denominado “Revolución de las Larámides”. Esta elevación brusca cortó el acceso que el río tenía hacia el Pacífico obligando a sus aguas a buscar salida hacia el Este. Dicho cambio tuvo lugar cuando la capa tectónica Oeste de Sudamérica chocó con la plataforma Nazca (situada al Este). La colisión entre ambas provocó elevación del terreno creando la actual cordillera de los Andes y manteniendo un proceso aún activo hoy en día. Por ésta causa toda la región andina es sacudida por terremotos y gran actividad volcánica.

#### **Generalidades de la Cuenca Amazónica**

La cuenca amazónica, se extiende desde el suroeste de Venezuela, Guayanas y este de Colombia, hasta el norte de Bolivia y centro de Brasil, la mayor parte de esta gran área tiene un termotipo infratropical, a excepción del pie de monte amazónico de los Andes de norte y centro de Bolivia, donde el termotipo es termotropical inferior. Sólo en el oeste de la región, el bioclima es pluvial, desde Venezuela a Bolivia, mientras que en el sur, casi todo el centro y en el este, el bioclima predominante es el pluviestacional (Navarro & Maldonado, 2002).

La amazonía Boliviana cubre una superficie de 746.000 km<sup>2</sup> sobre 1.185.000 para todo el país, formando casi enteramente la cuenca del alto río Madeira (851.000 km<sup>2</sup>), cuatro sub cuencas, de caudal más o menos semejante: Beni, Madre de Dios, Mamoré e Iténez, se



unen para formar el Madeira, uno de los afluentes mayores del río Amazonas (Lauzanne *et al.*, 1990 y C.E.E.D.I, 1989).

Se sitúa entre los 10° S y 20° S, siendo una zona de transición entre la amazonía central y la zona tropical, es variada en cuanto relieve. Se conforma por una planicie de terrenos recientes; la cadena de los andes y el escudo brasileiro (Sarmiento, 1992 y Boero, 1993). La parte central de la planicie está formada por la llanura de inundación de aproximadamente 200.000 Km<sup>2</sup>, se extiende por todo el departamento de Beni, sus límites: al Oeste el río Beni, al Norte con una parte del río Iténez, al Este con el río Blanco y al Sud Oeste con los Andes (Loubens *et. al.*, 1992).

El relieve de esta región amazónica permite el desarrollo de diversa vegetación estructurada por unidades de vegetación: sábanas, pantanos, y zonas boscosas, entre estos últimos se caracterizan los bosques de galería que forman cordones a lo largo de los cursos del río y se caracterizan por tener mayor humedad (Lauzanne & Loubens, 1985).

Los suelos de textura franco-arcillosa en la superficie y mayor cantidad de arcilla en el suelo, provocan en época de inundación, acumulación rápida de agua en la superficie que no puede infiltrar (Hanagarth, 1993).

La llanura central es inundada más de 4 meses al año (Roche *et al.*, 1988; Bourrel *et al.*, 1999 y Pouilly *et al.*, 1999). Las precipitaciones en la llanura adyacente a los Andes, crecen desde 600 mm año<sup>-1</sup> en el sur hasta 2000 mm año<sup>-1</sup> en el norte y las precipitaciones aumentan en dirección del Escudo Brasileño y los Andes (Roche *et al.*, 1992).

### **Tipos de agua**

- **Aguas blancas:** Presentan coloración roja-cobrizo. Nacen en los Andes trayendo consigo elevadas cantidades de sólidos suspendidos y disueltos, llegan hasta las llanuras aluviales. Su aspecto turbio es el resultado del gran arrastre de lodo, barro y

sedimentos. Estas aguas tienen muchos nutrientes y presentan un pH neutro entre 6,2 y 7.

- **Aguas negras:** Son originadas en la misma llanura, por lo que su contenido de sólidos es muy reducido, poseen coloración muy parecida al té. Se originan en suelos arenosos con altos contenidos en aluminio sobre los que se desarrollan bosques inundables. El color marrón o té se debe a la ausencia de arcillas y presencia de material húmico y fúlvico disuelto; el pH es inferior a 4,5. En el caso de las aguas negras en Bolivia, aparentemente no presentan las características típicas de aguas negras definidas para el Amazonas Central, lo cual hace notar la necesidad de una tipificación regional.
- **Aguas claras o azules:** Proviene de zonas planas, cubiertas de bosques que sirven para atenuar el efecto erosivo de las lluvias, que penetran en el suelo sin producir escorrentía (los sedimentos permanecen quietos y son lavados por el agua). Tienden a enturbiarse durante la época de lluvias y el pH se sitúa entre 4,5 y 7,8.

En términos generales, la química de las aguas depende del tipo de suelos por donde atraviesan los ríos. Las aguas blancas son carbonatadas, y las otras no. Mientras que el canal principal puede tener un pH de alrededor de 5,5, en los ríos de bosque y de áreas inundadas se sitúa dos unidades por debajo. Claramente la unión más llamativa entre ríos de estos tipos ocurre cerca de Manaus, donde el Río Negro une su caudal al Amazonas lodoso. A lo largo de muchos kilómetros las aguas blancas y negras fluyen de forma paralela y separada, aunque por el mismo cauce, hasta que finalmente se mezclan.

Los peces son diversos, presentan una comunidad de composición similar a la de casi todos los ambientes de llanuras aluviales en Sud América, dominan en diversidad y abundancia los Characiformes y Siluriformes, particularmente los Characidae, Pimelodidae y Loricairidae. (Navarro & Maldonado, 2002).

### 3.2 Descripción de las zonas de estudio

El trabajo se realizó en la cuenca amazónica de Bolivia, donde se tomaron muestras de arcos branquiales de *Serrasalmus rhombeus* en cuatro cuencas: Iténez (río San Martín - California), Beni (río Beni - Laguna Fernández), Madre de Dios 1. Madre de Dios 2. Madre de Dios 3 (ríos Manuripi 1, 2 y 3), e Ichilo (Laguna Tambaqui) (Fig. 5 y Tabla 1)

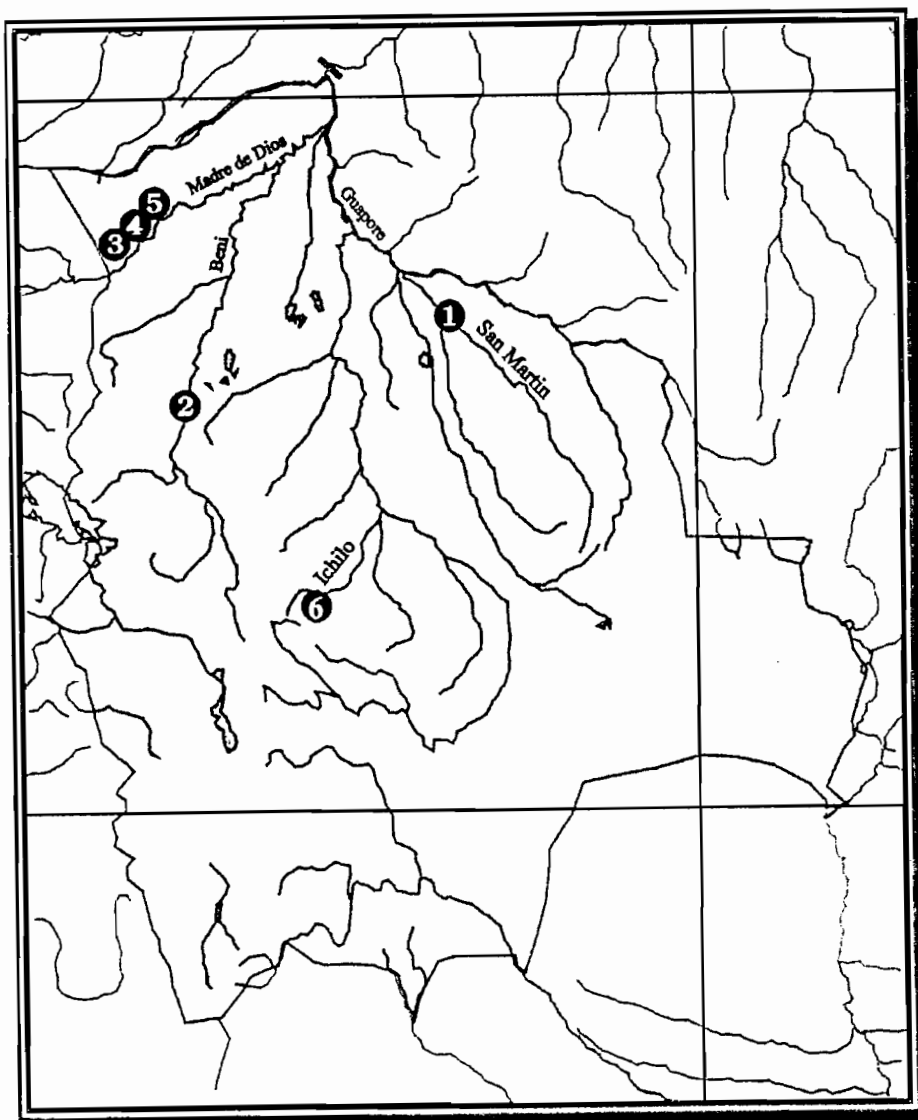


Figura 5: Mapa de Bolivia con puntos de muestreo.

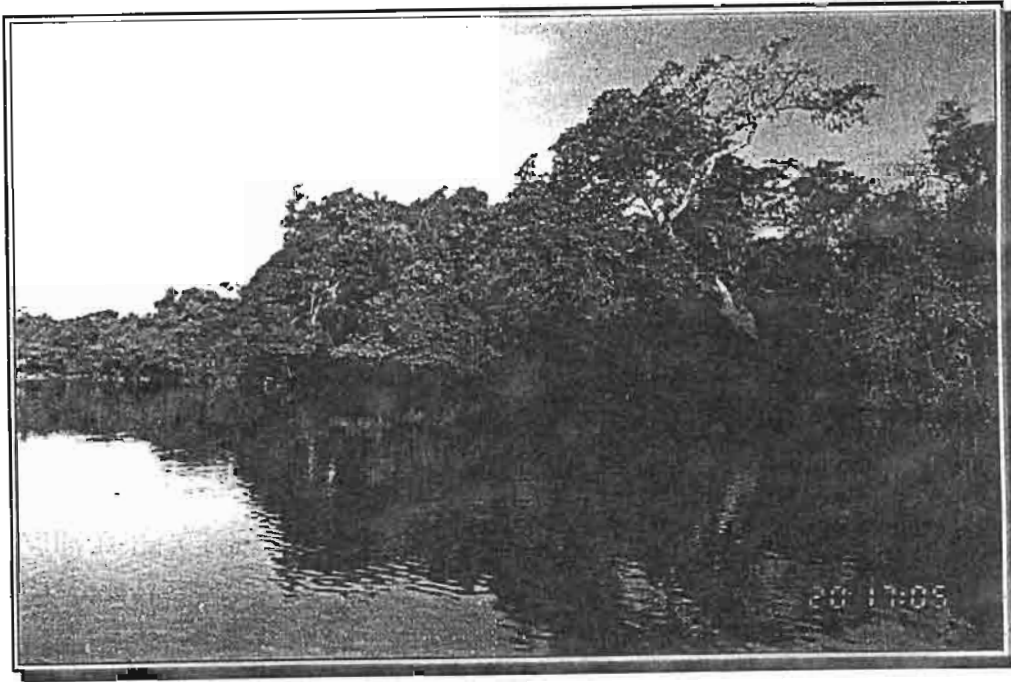
Tabla 1. Ubicación geográfica de puntos de muestreo

CUENCA (cf. Fig. 4)	RIO	LOCALIDAD	EPOCA	COORDENADAS
Itenez (1)	San Martín	San Martín	10/2002	S 13°17'45''/W 0.63°33'21''
Beni (2)	Beni	Laguna Fernande	11/2002	S 14°16'36''/W 0.67°28'32''
Madre de Dios 1 (3)	Manuripi 1	Lago Bay	11/2002	S 11°57'18''/W 0.68°39'35''
Madre de Dios 2 (4)	Manuripi 2	Manuripi 2	12/2002	S 11°48'37''/W 0.68°29'23''
Madre de Dios 3 (5)	Manuripi 3	Manchester	12/2002	S 11°28'28''/W 0.67°59'45''
Ichilo (6)	Ichilo	Laguna Tambaqui	04/2002	S 17°02'00''/W 0.64°33'00''

➤ **Río Iténez o Guaporé**

El río Iténez o Guaporé, es uno de los afluentes más importantes del río Mamoré y en el contexto de su cuenca comprende una extensión de 207901 Km<sup>2</sup>. Es de carácter internacional y de curso contiguo, puesto que se constituye en el límite natural, entre las repúblicas de Brasil y Bolivia, a lo largo de 850 Km. Nace en la serranía de Dos Parecis, en el estado de Matto Grosso de la República Federal del Brasil, ingresa en territorio Boliviano por las inmediaciones de la población de Catamarca, escurriendo de Este a Noroeste, y en territorio boliviano hasta desembocar en el río Mamoré, en las proximidades de la capitania de Puerto Avaró, frente a la población brasileña de Sorpresa. (Servicio de Hidrografía Naval, 1998).

Este río se caracteriza por sus dimensiones, con un cause principal superior a los 30 m de ancho y con profundidades mayores a los 10 m en muchas partes. Existen numerosas bahías que son antiguos cursos del río (Sarmiento & Killeen, 1998) (Fig. 6).



**Figura 6: Rio Iténez (San Martín) cerca de San Joaquín**

Geológicamente la cuenca esta ubicada en la formación denominada llanura Beniana, encerrada por la Cordillera Oriental y la antigua Guyana Brasileira desarrollándose principalmente en el escudo Brasileiro. La altura media de la cuenca esta entre 200 y 300 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) en la zona de llanura, con 750 m.s.n.m en la serranía Huancacha y 667 m.s.n.m en la de San José, destacándose la máxima en el cerro de Chochis con 1290 m.s.n.m en la serranía de Santiago. El punto geográfico inicial para su desarrollo en territorio nacional hasta la confluencia con el Río Mamoré a los 11°52' S (C.E.E.D.I., 1989).

Los ambientes acuáticos del Iténez presentan características físico-químicas de aguas claras, de pH casi neutro y muy bajo contenido de sólidos (Sarmiento & Killen, 1998 y Navarro & Maldonado, 2002).

Respecto a la Ictiofauna, la mayoría de las especies registradas para el río Iténez tienen una distribución en toda la Amazonía y se han encontrado en otros ríos de Bolivia, principalmente en la cuenca del Mamoré.

➤ **Río Beni**

La cuenca hidrográfica del río Beni se encuentra ubicada entre los 10°30' y 17°30' de latitud Sud y los 65°30' y 69° de longitud Oeste, comprendiendo gran parte de los departamentos de La Paz y Beni, así como de Cochabamba. Por el Sur y el Este por la cuenca del río Mamoré y por el Norte la del Abuná (C.E.E.D.I, 1989).

Comprende una extensión de 122380 Km<sup>2</sup> en confluencia con el río Madre de Dios y una longitud de 1.010 Km., hasta su confluencia con el río Mamoré, próximo a la población de Villa Bella y consecuentemente pasa a formar el río Madera (Servicio de Hidrografía Naval, 1998).

El río Beni es uno de los grandes afluentes del río Madera (Fig. 7) y también uno de los más importantes del territorio nacional, tanto por su navegabilidad, como por su riqueza ictiológica. Es importante destacar que a lo largo de su curso medio presenta pronunciadas pendientes, que juntamente con la conformación geológica, dan lugar a "cachuelas" los llamados angostos o cañones. Las nacientes del río Beni se remontan a las estribaciones de la Cordillera Central, de donde surge con el nombre de río Tallija, en la provincia Tapacarí del departamento de Cochabamba, a 4.000 m.s.n.m, el mismo que luego de escurrir a lo largo de 20 Km, confluye con el río Khalauta, formando el Leque, el cual al unirse a su vez, con el río Amutara forman el Sacambaya. De la unión del río Sacambaya con el Negro, surge el Cotacajes, el mismo que al confluir con el río Santa Elena, en las proximidades de la población de Santa Elena, forman el río Alto Beni, el cual al unirse con el río Kaka, en las inmediaciones de Puerto Pando, forman el Beni (C.E.E.D.I, 1989).



**Figura 7: Rio Béni (Navarro y Maldonado, 2002)**

Las características físico-químicas de este río son: temperatura máxima de 32°C y mínima de 19,5°C, caudal máximo de 9300 m<sup>3</sup>/s y una mínima de 3000, la alcalinidad oscila entre un máximo de 890 mg/l y con una mínima de 360 mg/l (sólidos totales suspendidos) y 92 mg/l como máximo y como mínimo 76 mg/l (sólidos totales suspendidos) (Navarro & Maldonado, 2002).

➤ **Río Manuripi.**

El río Manuripi nace en la República del Perú, ingresando a territorio nacional por las inmediaciones del Hito 32, en la provincia Manuripi del departamento de Pando, constituyéndose en consecuencia en un río internacional con el río Tahuamanu, en las proximidades de la población de Puerto Rico, comprende una longitud de 225 Km. Sus principales afluentes por el margen derecho son: arroyo Curichón, arroyo Florida, arroyo Bay, arroyo Malecón; por la margen izquierda: el río Buyuyo y el arroyo Manurime (Servicio de Hidrografía Naval, 1998).

Este presenta aguas negras de acuerdo a Barbosa *et al.* (1999 a, b), presentan aguas no mineralizadas con muy poco contenido de sólidos suspendidos, presentan aguas del tipo bicarbonato cálcico-potásico.

### ➤ **Río Madre de Dios**

La cuenca del Río Madre de Dios se desarrolla en una superficie de 124.900 Km<sup>2</sup> desde los 11°00' y 14°37' de latitud sur y los 66°10' y 72°20' de longitud oeste hasta su confluencia con el Río Beni. Políticamente la cuenca tiene carácter binacional, correspondiendo a la República del Perú 95.180 Km<sup>2</sup> (76.2 %) y a la República de Bolivia con 20.720 Km<sup>2</sup> (26.8 %) Comprendiendo gran parte de los departamentos de Puno, Cuzco, Ucayali, Pando y la frontera norte del departamento de La Paz. En general, la parte alta de la cuenca se desarrolla en el sistema andino, abarcando aproximadamente el 34 % del área total. El 66 % restante ocupa los llanos de la selva baja de la amazonía (C.E.E.D.I, 1989).

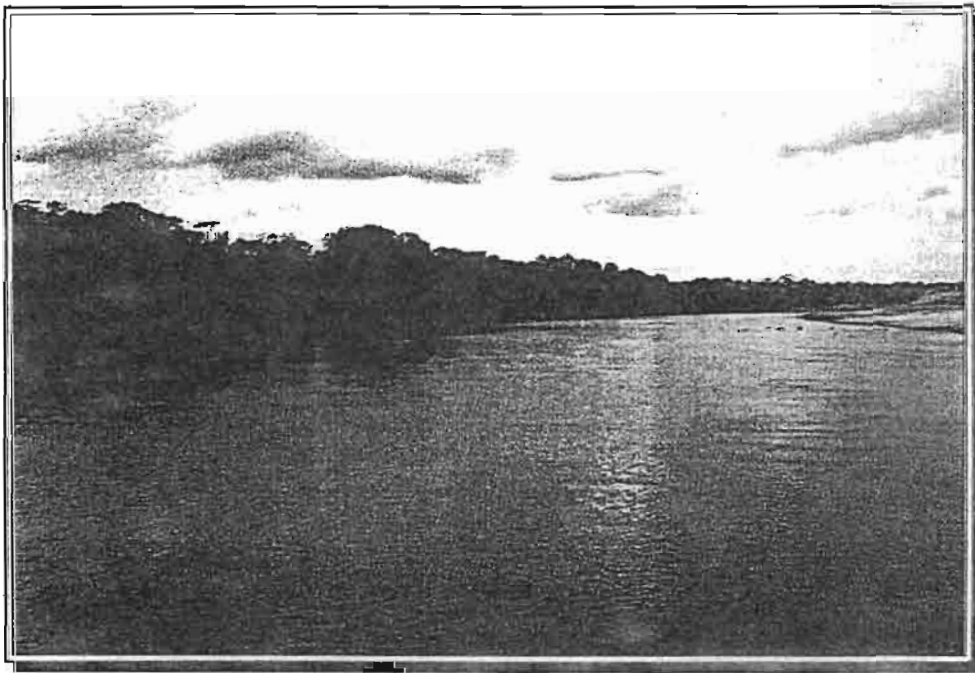
Este río fue llamado antes Amaru-Mayu, nace en territorio peruano y surge como consecuencia de la confluencia de los ríos: Manu, Tacuatimanu o de las Piedras, Inambari y río Tambopata, en las proximidades de la ciudad de Puerto Maldonado (Perú). Este río se caracteriza por su enorme riqueza en oro aluvional asentado en su lecho. (Servicio de Hidrografía Naval, 1998).

Son de origen de aguas blancas, poseen contenidos de sólidos más elevados tanto suspendidos como disueltos y son no mineralizados hasta hipomineralizadas con un pH cercano a la neutralidad. Sobresale el contenido de Sílice presente (Navarro & Maldonado, 2002).



➤ **Río Ichilo**

El río Ichilo esta ubicada en el centro mismo, del territorio nacional, entre los 15 ° 17' y 17° 50' de latitud sur y los 65° 21' y 63°56' de longitud oeste. Abarca gran parte de la provincia Carrasco en el departamento de Cochabamba y la provincia Ichilo del departamento de Santa Cruz, limita al sur y al oeste con la cuenca del Río Grande, al oeste con la cuenca del Río Chapare. La dirección predominante que sigue es hacia el norte hasta su unión con los ríos Chapare y Grande dando origen al río Mamoré. Esta cuenca cuenta con 3 zonas claramente definidas, dependiendo esencialmente de la altitud a la que se encuentra (Fig. 8). La zona alta ubicada aproximadamente a 3000 m.s.n.m. esta representada por la serranía de Mozetenes para dar luego paso a la zona media con alturas desde los 2000 a 1000 m.s.n.m. y finalmente las zonas bajas de las llanuras benianas con alturas alrededor de 200 m.s.n.m.



**Figura 8: Río Ichilo (Navarro y Maldonado, 2002)**

Los nacientes del río Ichilo lo constituyen pequeños cursos de agua como el Maile, Vibori, San Mateo, Alizar, Chikuali, Blanco; que nacen en el sector oriental de la cordillera para formar cursos con alta pendiente hasta su desembocadura en el Ichilo (C.E.E.D.I, 1989).

En general, las aguas del río Ichilo son ligeramente alcalinas, tiene menores contenidos de sólidos disueltos, esto porque el río está ubicado sobre el bioclima pluvial y como resultado, sus aguas son más diluidas, estas aguas son bicarbonato-sulfatado cálcico-sódicas, la temperatura se encuentra entre 34 y 22°C y un pH de 8,5-5,0 (Navarro & Maldonado, 2002).

### 3.3. Obtención de muestras

Los peces son atrapados con redes agalleras y anzuelos, en los ríos mencionados anteriormente, las muestras son tomadas al azar (a lo menos tres peces por lugar).

La obtención de las muestras para la parasitología se realizó haciendo un corte de arcos branquiales de cada pez, estas fueron empaquetadas en papel estañado con sus respectivos códigos y posteriormente congeladas en Nitrógeno líquido (Fig. 9).

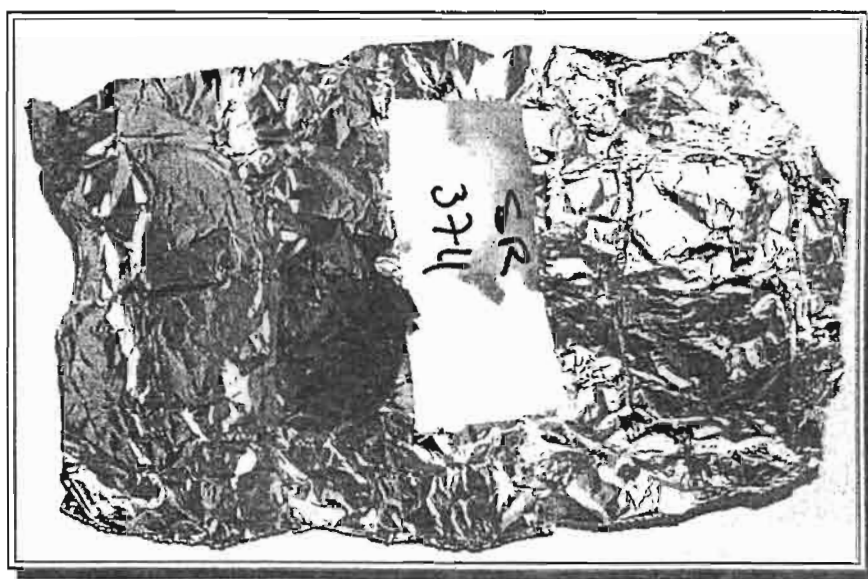


Figura 9: Muestra de branquias

Estas muestras fueron trasladadas al laboratorio, donde se realizaron las extracciones de los parásitos de los arcos branquiales, ya que estas están sujetas fuertemente en las branquias (Fig. 10), se utilizó una pizeta y a presión se hizo un lavado sobre una caja de Petri (Fig. 11).

Una vez extraídos los parásitos se observaron en el estereomicroscopio con ayuda de agujas enmangadas muy finas, y se depositaron junto a una gota de medio de Malmberg sobre un portaobjetos. Finalmente, fueron cubiertas con cubreobjetos y selladas (ver más detalles: Pariselle & Euzet, 1994).

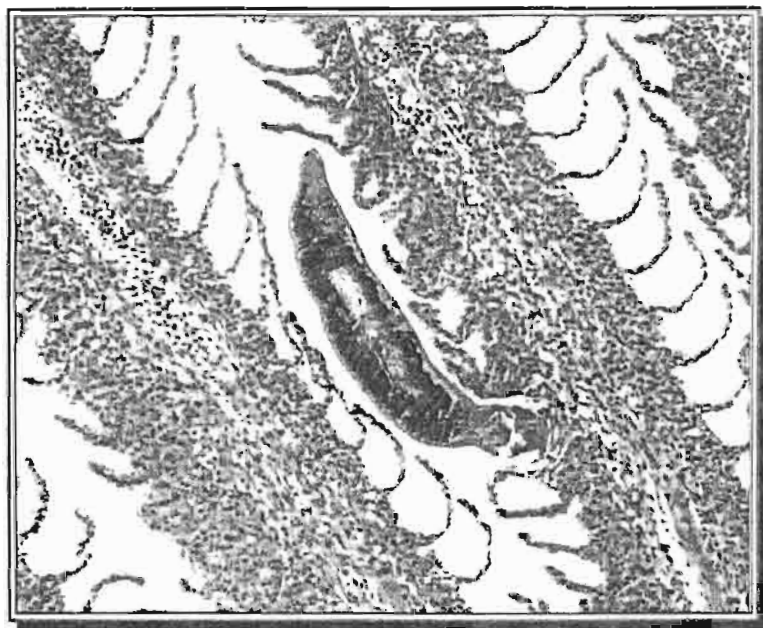
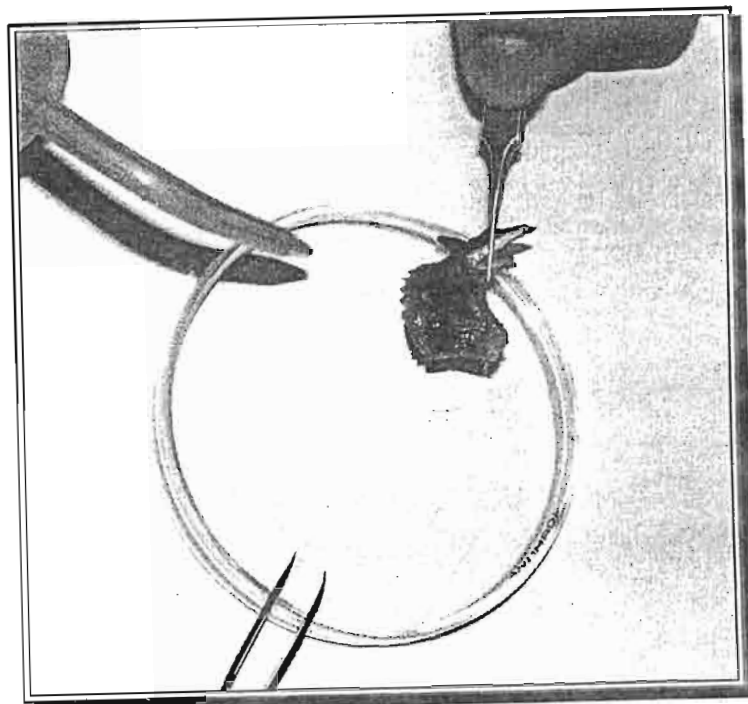


Figura 10: Parásito (*Monogenea*) adherida a un arco branquial

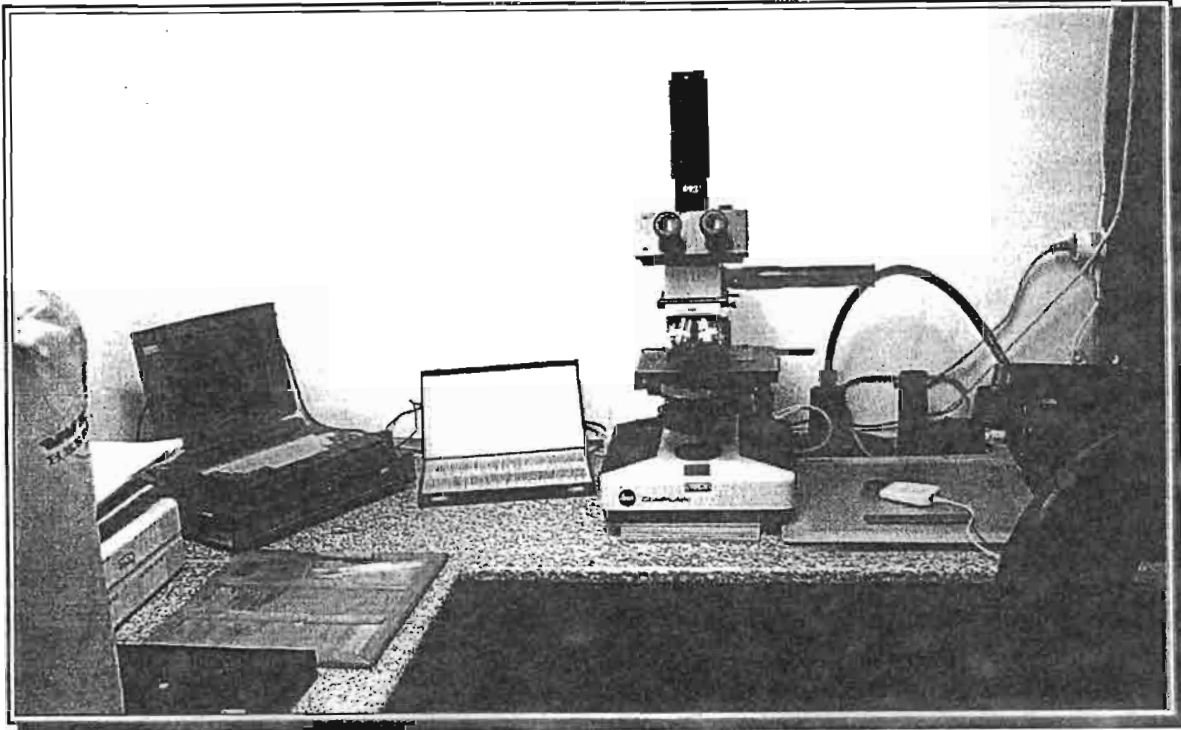


**Figura 11: Extracción de parásitos.**

### **3.4 Identificación de parásitos**

Para la identificación de los parásitos primero se hicieron dibujos de las partes escleróticas (ganchos dorsales y ventrales, aparato reproductor) para la morfología del parásito, y también se tomaron medidas de estas partes escleróticas utilizando un microscopio óptico con una cámara lucida sobre un digitalizador (Fig. 12).

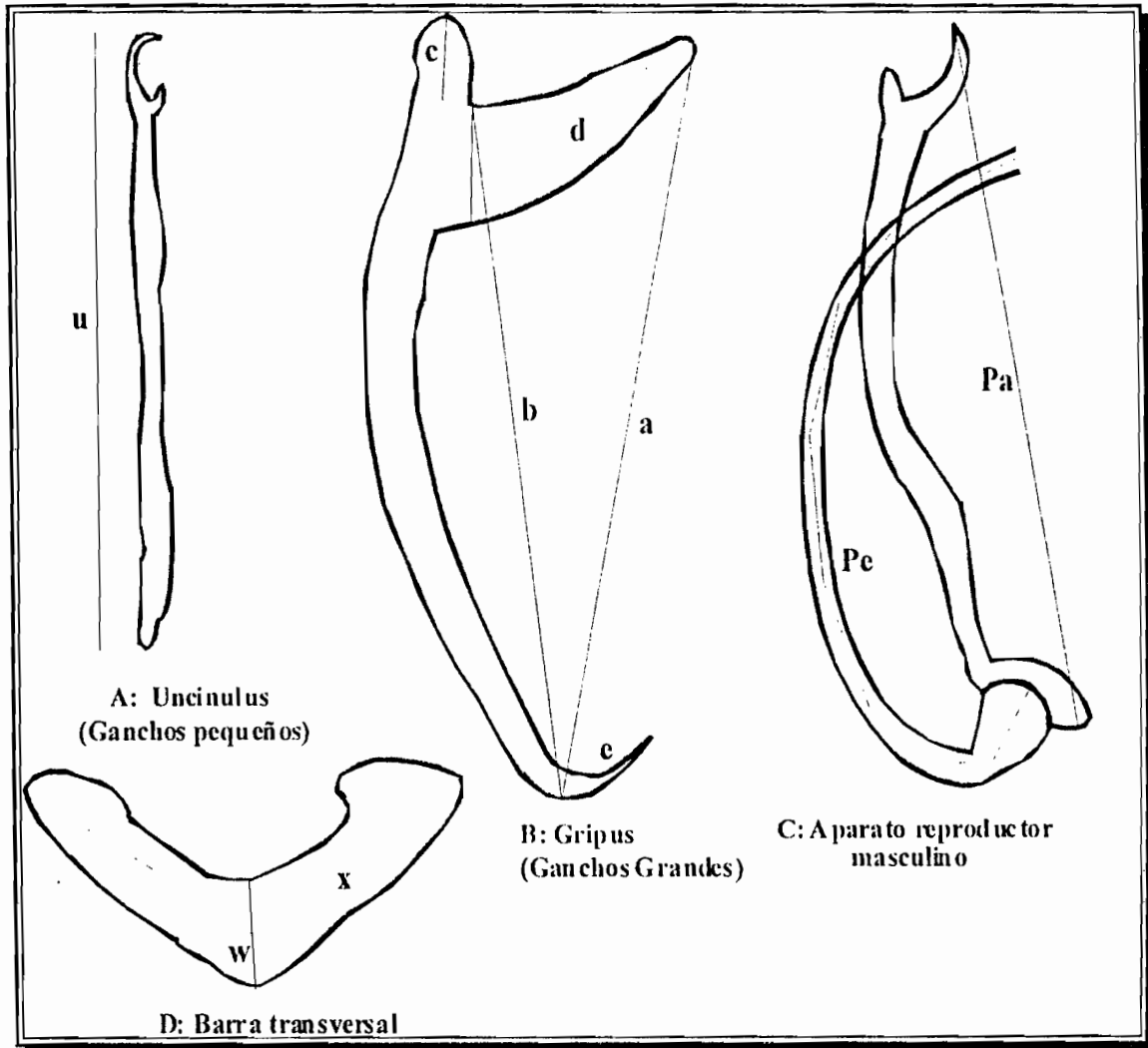
Los dibujos de cada especie son comparados entre ellos y con los de las especies publicadas (por ejemplo Van Every & Kritsky, 1992).



**Figura 12: Equipo para la identificación y medidas de los parásitos.**

La denominación y la numeración de las piezas escleróticas del haptor están definidas en ICOPA IV (Euzet & Prost, 1981), con modificaciones de Pariselle & Euzet (1995) por los ganchos dorsales y ventrales.

Las medidas son, con modificaciones, propuestas por Gussev (1962) (Fig. 13).



**Figura 13: Formas de medición de las partes escleróticas de Monogenea**

A: *Uncinulus*: u (longitud de gancho pequeño); B: *Gripus*: a, b, c, d, e (distancias del gancho grande); C: *Aparato Reproductor Masculino*: Pa (longitud de la pieza accesoria), Pe (longitud del pene); D: *Barra transversal*: w (ancho), x (largo).

### **3.5 Análisis Estadístico**

Para la evaluación de los resultados de sistemática se construyeron tablas de inventariación de los parásitos, como también la utilización de un Análisis multivariable PCA (Análisis de Componentes Principales) (cf. Philippeau, 1986). Para este análisis se utilizaron 18 variables (medidas de altura, ancho, ganchos dorsales y ventrales, ganchos pequeños, faringe y aparato reproductor del parásito) y para otros parásitos solo se utilizaron 4 variables, porque no presentaban las mismas características que los otros parásitos (ausencia de ganchos grandes).

Este análisis sirve para agrupar a las poblaciones de parásitos (Monogenea) de acuerdo a las medidas respectivas que se realizaron con cada uno de los parásitos de cada pez y de cada lugar.

El análisis de componentes factoriales "AFC" se utilizó para agrupar a los huéspedes geográficamente con presencia y ausencia de Monogenea.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Abundancia y distribución de ectoparásitos (Monogenea)

Se registraron 858 parásitos en 12 *Serrasalmus rhombeus*, de los cuales 286 se registraron en el río San Martín (3 peces), 73 en el río Beni (2 peces), 139 en Madre de Dios 1 (2 peces), 103 en Madre de Dios 3 (3 peces) y en Ichilo 257 parásitos (2 peces); en el río Madre de Dios 2 no se evidenció presencia de parásitos (2 peces), por lo que este río no se toma en cuenta para ningún tipo de análisis posterior.

Por cada lugar se utilizaron dos a tres peces, y por cada pez se revisaron de uno a cinco arcos branquiales, dependiendo de la abundancia de los parásitos. Para hacer la diferencia de abundancia de parásitos es mejor calcular datos teóricos; es decir la cantidad teórica de parásitos existentes sobre un pez (número de parásitos recolectados entre el número de arco branquial efectivamente examinado, esto multiplicado por el número total de arcos branquiales (8) y la media del número de parásitos por lugar).

Con estos datos teóricos podemos ver que existen cuatro niveles de abundancia de parásitos: muy abundante ( $> 500$ ), donde el río San Martín presenta (670 parásitos/pez) y el río Madre de Dios 1 (556 parásitos/pez); abundante ( $\approx 200$ ) río Madre de Dios 3 (197 parásitos/pez), río Ichilo (246 parásitos/pez), normal ( $\approx 100$ ) río Beni (97 parásitos/pez) y nada (0) río Madre de Dios 2.

La abundancia y distribución de ectoparásitos colectados en *Serrasalmus rhombeus* en los diferentes lugares se detallan en la Tabla 2.



Tabla 2: Abundancia y distribución de los parásitos

Cuenca	San Martín			Beni		Madre de Dios 1		Madre de Dios 3			Ichilo		Total
	3244	3245	3247	3714	3715	3751	3795	3885	3886	3922	20430	20433	
Código del pez													12
Abundancia	113	127	46	48	25	10	129	22	17	64	180	77	858
Número de arcos branquiales	1	1	4	3	3	1	1	4	4	1	5	3	31
Abundancia teórica	904	1016	92	128	67	80	1032	44	34	512	288	205	4402
Abundancia teórica media	671			97		556		197			247		1768

#### 4.2 Grupos y diferencias morfológicas de Monogenea

Como ya se mencionó antes (cf. material y métodos), la sistemática de los Monogenea está basada en la morfología y las medidas de las partes escleróticas de los parásitos (ganchos dorsales y ventrales, aparato reproductor) y no así con las partes blandas (faringe, tamaño, ancho, vagina, etc.), ya que estas al realizar las placas, cambian de forma y tamaño, provocando una confusión con la medida real, por lo que no se toman en cuenta.

Mediante la morfología de los parásitos se pudieron separar en 5 diferentes grupos, para esta agrupación se realizó una pequeña clave taxonómica (Fig. 14 y Fig. 15), cada grupo tiene su respectiva "especie" que fue nominado al azar, ya que no se utilizaron claves taxonómicas para llegar hasta especie, las especies con denominación *a* y *b*, son las que se encuentran muy cercanas a una sola especie y presentan escasas diferencias entre la morfología del parásito.

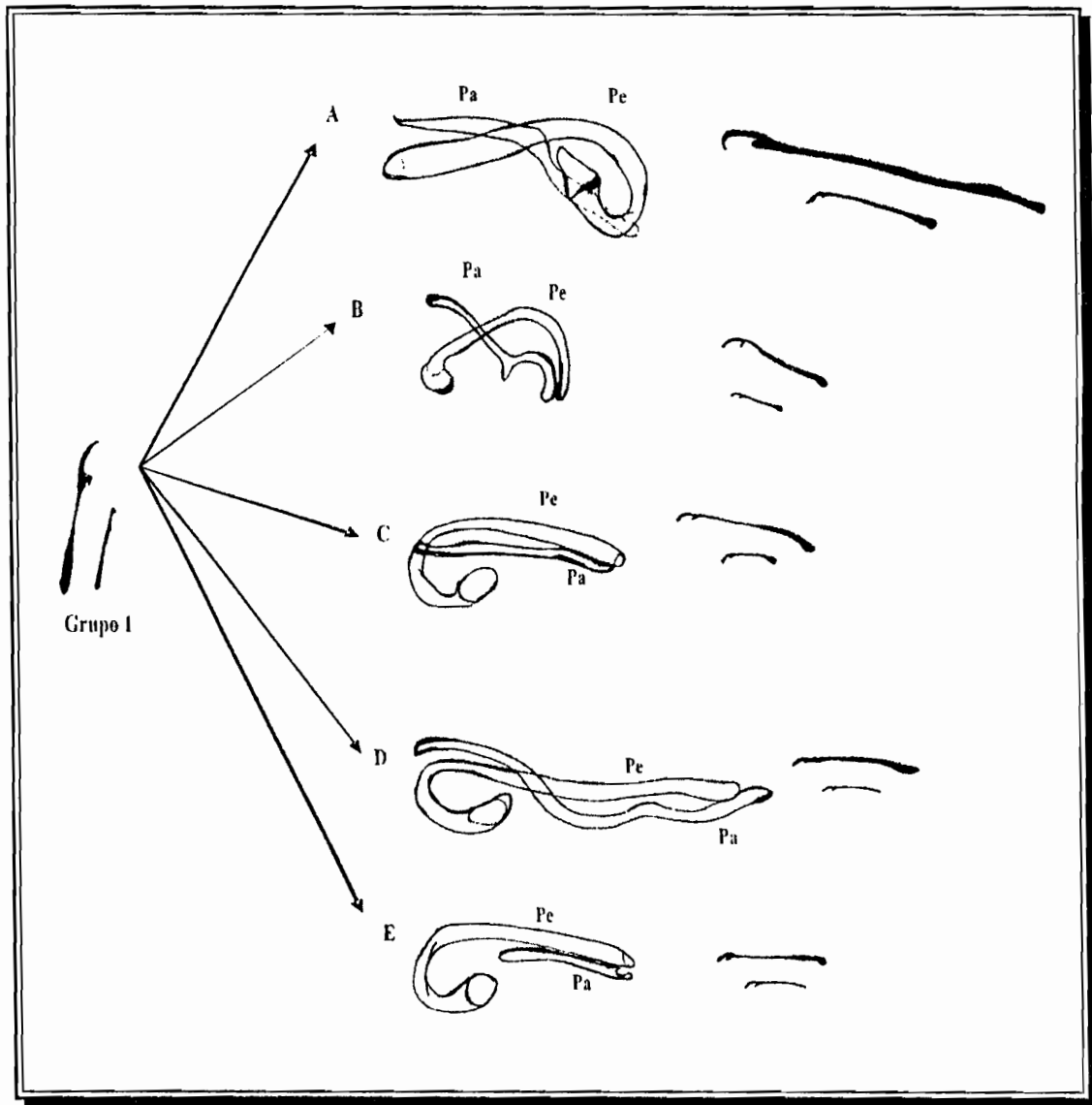


Figura. 14: Clave taxonómica de parásitos con ausencia de ganchos grandes: *Pa* = Pieza accesoria, *Pe* = Pene

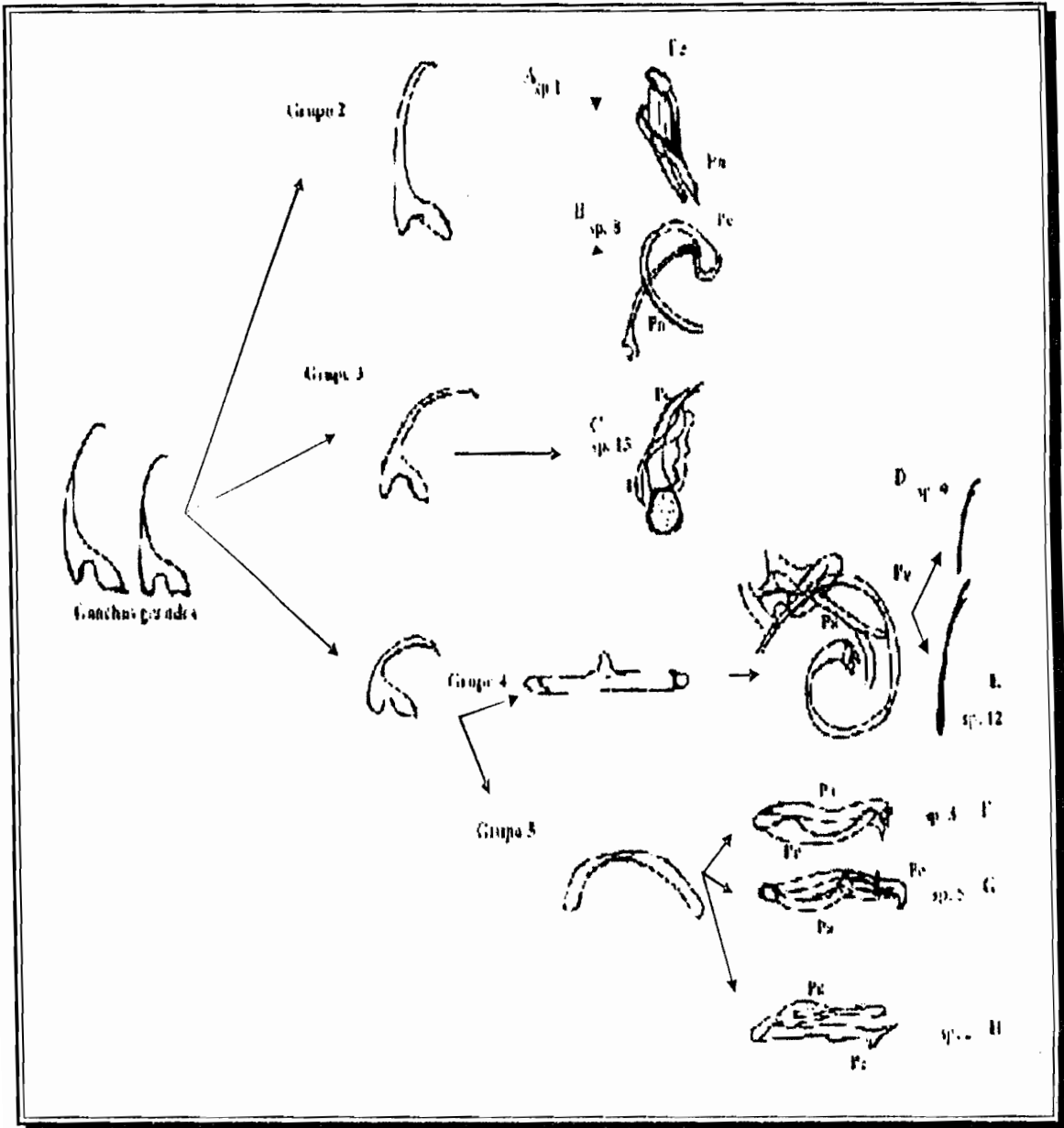


Figura 15: Clave taxonómica de parásitos con presencia de ganchos grandes: *Pa* = Pieza accesoria, *Pe* = Pene

La totalidad de especies son 17 (sp1, 2, 3, 4a, 4b, 5a, 5b, 9, 12, 13, 15a, 15b, 16, 17 y 18), esta nominación no es ordenada, ya que al identificar a las especies a simple vista se los agrupan como sp1 sp2, sp3, etc. Pero realizando una comparación morfológica se fueron

descartándose algunas especies ya que eran las mismas y permanecieron las nombradas anteriormente.

Las características más sobresalientes para la realización de esta clave, fue la presencia, ausencia de ganchos grandes, forma de estos ganchos, longitud y forma del aparato reproductor y barras dorsales ventrales.

➤ **Parásitos con ausencia de ganchos grandes**

Estos parásitos no presentan ganchos grandes, como también las barras dorsales y ventrales, conforman el grupo 1 (Fig. 14), está conformada por cinco especies (sp18, 17, 16, 13 y 4), la especie 18 presenta los ganchos pequeños más largos en relación a las demás especies de este grupo, la longitud de la pieza accesorio y la del pene son aproximadamente del mismo tamaño (Fig. 14A), la especie 17, tiene los ganchos pequeños cortos, la longitud de la pieza accesorio y la del pene son aproximadamente iguales, la parte terminal de la pieza accesorio presenta una forma de "C" grande (Fig. 14B), los ganchos pequeños de la especie 16 son cortos, la longitud de la pieza accesorio es similar a la del pene, la parte terminal de la pieza accesorio tiene forma de un pequeña "c" (Fig. 14C), la especie 13 presenta ganchos pequeños cortos, la pieza accesorio es mucho más larga que la del pene (Fig. 14D) y por último la especie 4, esta también tiene los ganchos pequeños cortos, pero la pieza accesorio es mucho más corta que la del pene y su parte terminal presenta la forma de una pequeña "c" (Fig. 14E).

➤ **Parásitos con presencia de ganchos grandes**

Estos parásitos presentan los ganchos grandes, algunas bastante grandes y puntiagudas, otras pequeñas y curvadas, conforman a cuatro grupos (grupo 2, 3, 4 y 5) (Fig. 15). El grupo 2 esta constituida por las especies 1, 8 y 15, estas tres especies presentan ganchos grandes alargados y puntiagudos, solo se diferencian en el aparato reproductor, la especie 1 presenta la pieza accesorio en forma de "V" y el pene un poco curvado (Fig. 15A), la especie 8 tiene a la pieza accesorio alargada, la parte terminal de estas tiene forma de una

pequeña “c” y le pene alargado y bastante curvado (Fig. 15B) y la especie 15, su aparato reproductor es muy diferente a las descritas anteriormente (sp1 y 8), esta es pequeña y tiene la forma de gancho o anzuelo (Fig. 15C).

El grupo 3 esta constituida por ganchos grandes pero cortos y curvados además de la presencia de una pequeña protuberancia en la barra dorsal y el aparato reproductor grande y en forma circular, en este grupo se ubican a las especies 9 y 12, la especie 9 presenta los ganchos pequeños cortos (Fig. 15D) y la especie 12 tiene los ganchos pequeños mas largos que la especie 9 (Fig. 15E).

La agrupación 4 presenta ganchos cortos y curvados, las barras dorsal y ventral son mas alargadas que curvadas, en esta agrupación se encuentran las especies 3 y 5, la especie 3 presenta el aparato reproductor con la pieza accesoria de la misma longitud que del pene, la pieza accesoria tiene aspecto de tentáculos en la parte terminal y el pene tiene la forma de un gancho (Fig. 15F). La especie 5 es bastante similar a la especie 3 la única diferencia es que inicio del pene presenta un orificio (Fig. 15G).

Finalmente se tiene a la agrupación 5 que también presenta a los ganchos cortos y curvados, pero las barras dorsal y ventral son bastantes curvadas en relación a las otras ya descritas, esta constituida por la única especie 2, el aparato reproductor tiene forma alargada, donde la pieza accesoria y el pene son aproximadamente del mismo tamaño y forma (Fig. 15H).

Para asegurar la agrupación morfológica de estos parásitos se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con las medidas de cada especie, ya que la morfología en algunas especies son semejantes, pero no se realizó con el grupo 1 ya que presenta claras diferencias a nivel de la morfología (y mas no tienen el mismo numero de variables), según este análisis se obtuvo, que cada grupo se superponen entre ellas, por lo que hay grupos en las que existen semejanzas morfológicas muy cercanas (Fig. 16).

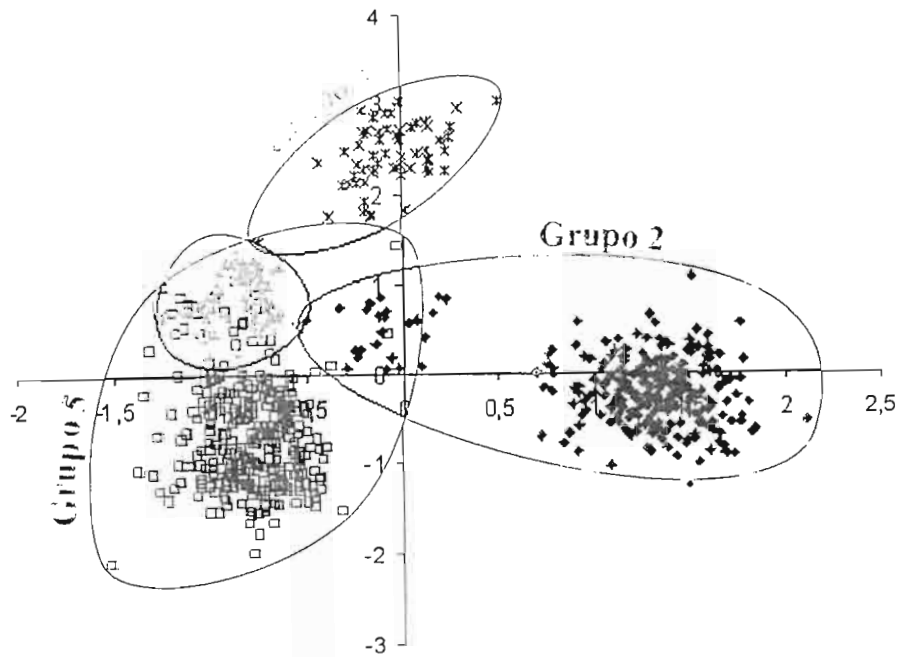


Figura 16: Análisis de Componentes Principales de los Grupos 2, 3, 4 y 5

#### 4.3 Descripción taxonómica de Monogenea

Utilizando artículos con descripciones taxonómicas de Monogenea, se hizo una comparación de cada grupo con estas publicaciones por lo que cada uno de estos pertenecen a diferentes géneros, el género *Anacanthorus* Mizelle & Price, 1965 representa al grupo 1 (Fig. 17, apéndice 1), este presenta diferencias morfológicas claras, no presenta ganchos dorsales, ventrales y barras dorsales, ventrales (ver mas detalles en apéndice 1); género *Notothecium* (Boeger & Kritsky, 1988) representa al grupo 2 (Fig. 18, apéndice 2), presentan ganchos grandes y barras grandes respecto a los demás parásitos; género *Notozothecium* (Boeger & Kritsky, 1988) representa al grupo 3 (Fig. 19, apéndice 3) estos presentan los ganchos, barra dorsal (con pequeña protuberancia) y ventral pequeños y el aparato reproductor de diferente morfología a las demás; género *Mymarothecium* (Kritsky, Boeger & Jégu, 1996) representa al grupo 4 (Fig. 20, apéndice 4), este grupo también pertenece al grupo de los ganchos pequeños, pero la diferencia de este grupo, es que algunos presentan protuberancias

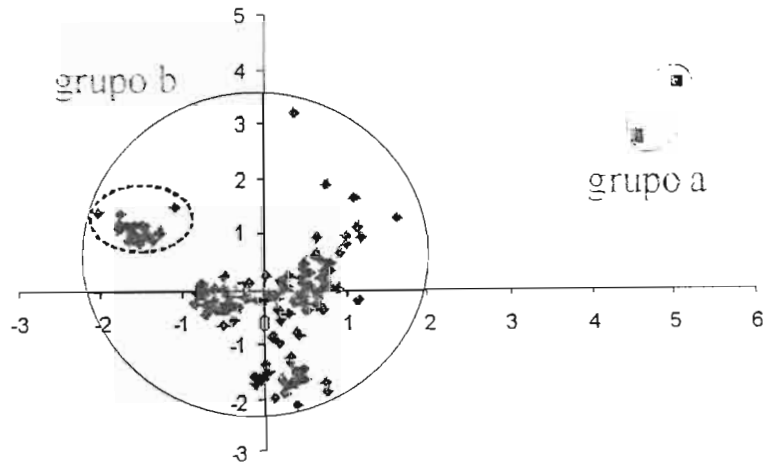
sobresalientes en los ganchos dorsales y otros no y el género *Amphithecium* (Boeger & Kritsky, 1988) pertenece al grupo 5, la morfología de este género es similar al grupo que presentan ganchos y barras pequeños, pero su aparato reproductor se diferencia a los demás grupos (Fig. 21, apéndice 5).

#### 4.4 Análisis de componentes principales (ACP) de los grupos de Monogenea

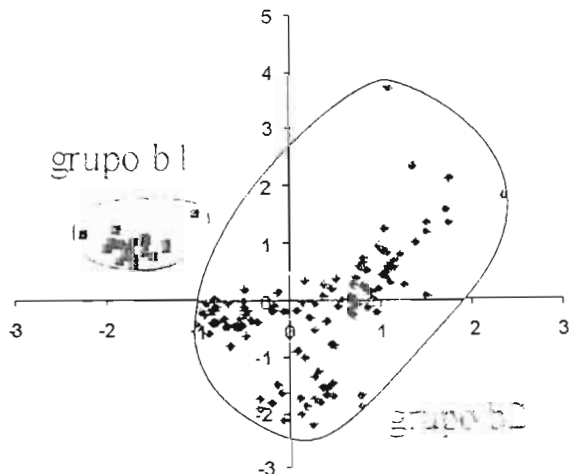
Mencionado anteriormente en métodos se utilizó el “ACP” (análisis de componentes principales) para cada grupo de parásito

##### ➤ Género *Anacanthorus* (Grupo 1)

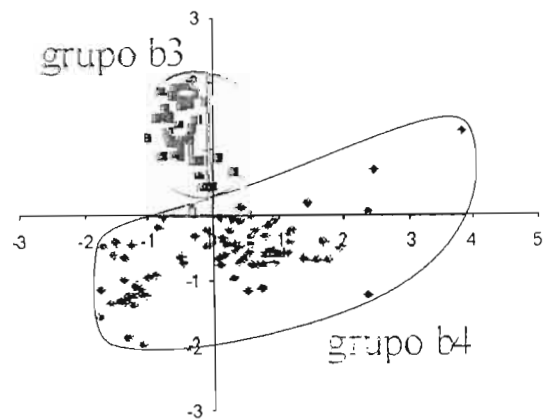
A este género representan las especies 18a, 13, 17, 16, 4a y 4b, estas presentan características morfológicas semejantes, realizando el análisis de componentes principales (Fig. 22) se obtuvieron a dos grupos bien separados (a y b) (Fig. 22a), el grupo *a* pertenece a la especie 18, estos presentan sus ganchos bastantes grandes en relación a los demás, el grupo *b* esta constituida por las especies restantes, estas especies presentan pequeñas agrupaciones, por lo que se realizó una nueva ACP (Fig. 22b), se obtuvieron dos agrupaciones *b1* y *b2*, la agrupación *b1* esta constituida por las especies 13, el aparato reproductor de este grupo es mas grande que las otras; el grupo *b2* es una mezcla de las especies 16, 4a, 4b y 17, por lo que se realiza una nueva ACP, en este se obtuvieron a otras dos agrupaciones *b3* y *b4*, estas presentan poca superposición, *b3* representa a las especies 16 que se diferencian muy poco de las especies *b4*, en este último grupo se ubican a las especies 4a y 4b, ya que estas dos especies son casi desagrupables se deja de realizar una nueva ACP, por que se tendrían dos nuevas agrupaciones.



a: ACP Grupo 1



b: ACP Grupo b



c: ACP Grupo b2

Figura 22: ACP total Grupo 1 (*Anacanthorus*)

➤ Género *Notothecium* (Grupo 2)

Este género está conformado por las especies 1, 8, 15a y 15b. Estas especies están presentes en los cinco ríos, la morfología de estas especies presenta solo una pequeña diferencia que es, el aparato reproductor, las demás son idénticas. Realizando el análisis





(ACP) (Fig. 23), se obtuvieron a tres grupos claramente diferenciados *a*, *b* y *c* (Fig. 23a), el grupo *a* pertenece a la especie 15a, *b* esta asociada a la especie 15b, y el grupo *c* presenta una agrupación de dos especies 8 y 1, estas dos se asemejan bastante morfológicamente y sus medidas respectivas, para poder separar a estas dos especies, se realizó una nueva ACP (Fig. 23b), pero no se obtuvieron claras separaciones, ambas están superpuestas *c1* y *c2*, el grupo *c1* posiblemente pertenece a la especie 8 y el otro grupo *c2* a la especie 1, ya que ambas son tan parecidas, esto implica tener una sola agrupación de las dos.

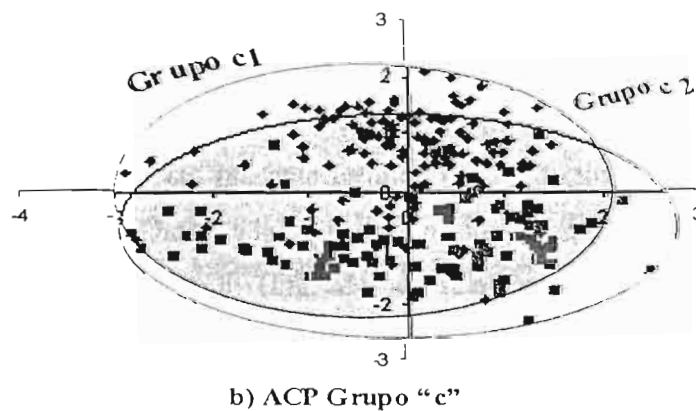
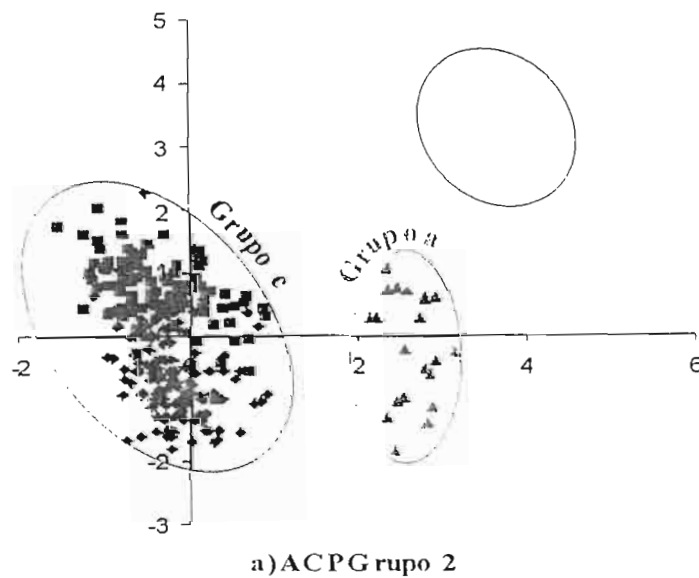


Figura 23: ACP total del grupo 2 (*Notothecium*)

➤ **Género *Notozothecium* (Grupo 3)**

Conformada por las especies 9 y 12, morfológicamente estas dos especies, presentan gran similitud, no están distribuidas en todos los ríos como las anteriores especies, realizando el análisis (ACP) (Fig. 24) se tiene a dos grupos *a* y *b*, estos presentan una pequeña superposición, por lo que da como resultado a dos grupos diferentes.

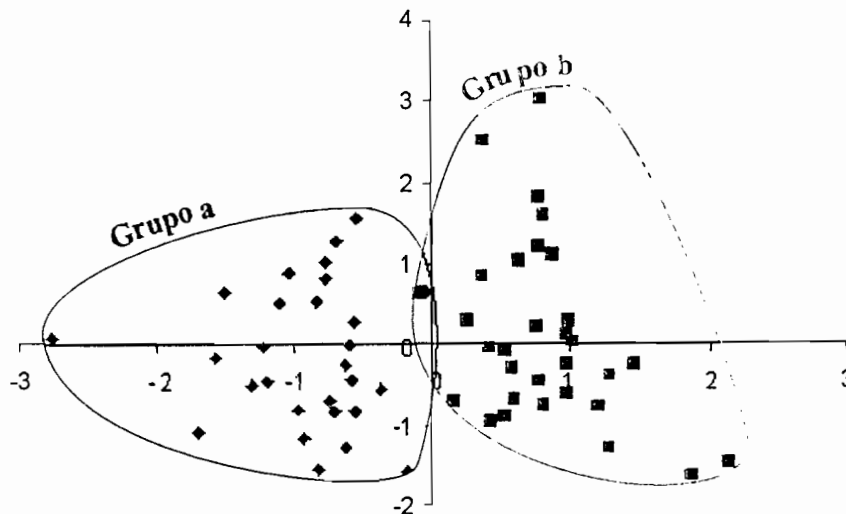
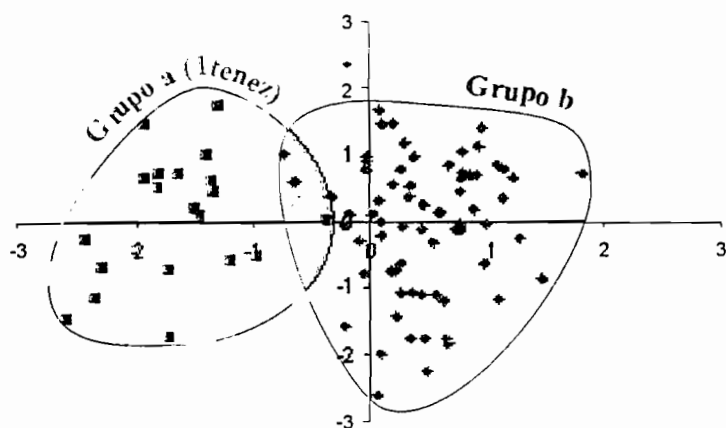


Figura. 24: ACP del grupo 3 (*Notozothecium*)

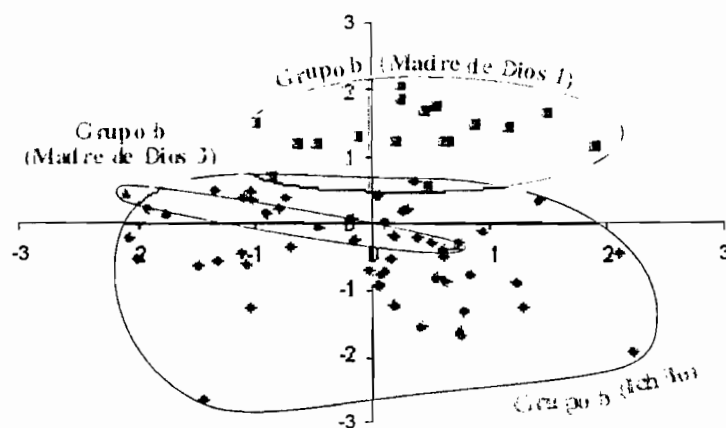
➤ **Género *Mymarothecium* (Grupo 4)**

Constituida por las especies 3, 5a y 5b, estas especies no están distribuidas en las seis regiones, la especie 3 solo esta presente en el río San Martín (Iténez), la especie 5, esta presente en el río Madre de Dios 1 y la especie 5b están presentes en los ríos Madre de Dios 3 e Ichilo, realizando el análisis (ACP) (Fig. 25), separa a dos grupos *a* y *b* (Fig. 25a), presentan una pequeña superposición, el grupo *a* pertenece a la especie 3 que solo esta presente en el río (Itenez) San Martín, referente al grupo *b*, se separa de este, agrupando al resto de las especies 5a y 5b en uno solo.

Utilizando la presencia de las especies 5a y 5b en los tres ríos mencionados anteriormente, se realiza una ACP para poder agrupar a estas especies, los resultados que se obtuvieron de este análisis fueron los siguientes (Fig. 25b), la especie 5a (río Madre de Dios 1) se mantiene como una sola especie, ya que se separa de los demás grupos teniendo una pequeña superposición, en cambio la especie 5b de los ríos Madre de Dios 3 e Ichilo están bastantes superpuestos, lo que implica, que podrían pertenecer a la misma especie.



a) ACP Grupo 4



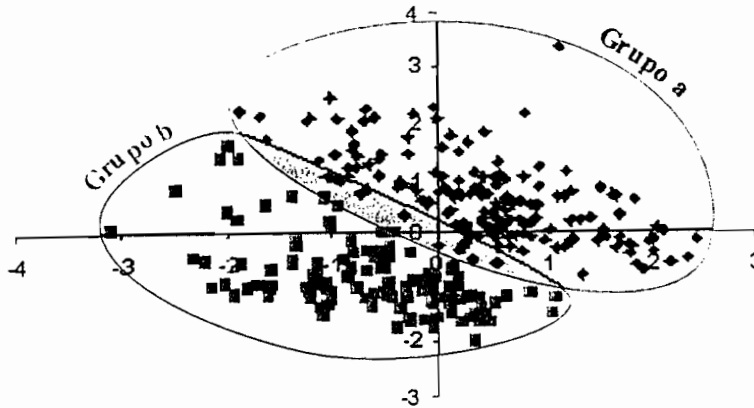
b) ACP Grupo b

Figura 25: ACP del grupo 4 (*Mymarothecium*)

➤ **Género *Amphitecium* (Grupo 5)**

Este género está conformado por las especies 2a y 2b, morfológicamente son bastantes similares, realizando un ACP de estas dos especies presentes en todos los ríos (Fig. 26) se tiene claramente a dos grupos *a* y *b*, el grupo *a* pertenece a la especie 2a y el grupo *b* pertenece a la especie 2b, estas presentan una pequeña superposición, donde, algunas especies del grupo *b* se asemejan al grupo *a* (Fig. 26a, b).

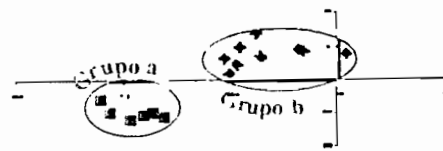
Realizando un ACP por cada río, de igual manera se tiene a dos grupos, siempre presentando una pequeña superposición, el río Beni (Fig. 26c), Madre de Dios 1 (Fig. 26d), Madre de Dios 3 (Fig. 26e) e Ichilo (Fig. 26f), sus grupos de especies están claramente separadas, en cambio en el río San Martín (Itenez) (Fig. 26b) presentan una pequeña superposición.



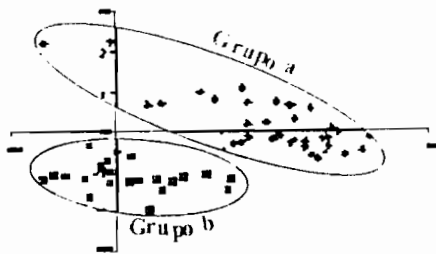
a) ACP Grupo 5



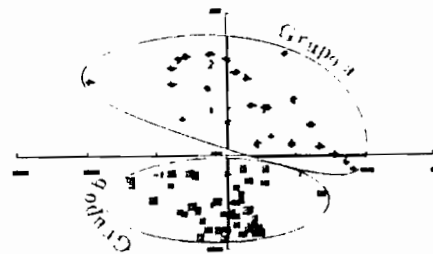
b) ACP Grupo 5 río Itenez



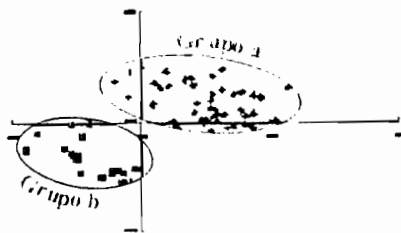
c) ACP Grupo 5 río Beni



d) ACP Grupo 5 río Madre de Dios 1



e) ACP Grupo 5 Madre de Dios 3



f) ACP Grupo 5 río Ichilo

Figura 26: ACP del grupo 5 (*Amphitecium*)

## 4.5 Fauna parasitológica en las seis regiones de la cuenca amazónica

La mayoría de los ríos presenta diversidad de parásitos, pero hay ríos en que se realizó dos muestreos en diferentes puntos del mismo lugar y se obtuvo presencia de parásitos en un solo sitio, por ejemplo la sp18 solo esta presente en el río Madre de Dios 1 (3795) y no así en el otro sitio (3751), también existen parásitos que están presentes en todos los puntos de cada río, por ejemplo el grupo 5 (sp 2) (Tabla 3).

Tabla 3: Presencia y ausencia de las especies de monogenea por río

Grupo	Ríos	San Martín			Beni		Madre de Dios 1		Madre de Dios 2		Madre de Dios 3			Ichilo	
	Especies	3244	3245	3247	3714	3715	3751	3795	3872	3874	3885	3886	3922	20430	20433
Genética	?	B1	H1	C2	C2	B3	C3	?	C4	B5	B5	B5	A6	B6	
GRUPO 1	sp 18						2								
	sp 13		3	11	3		2						2	1	
	sp 17						1	1		2		5			
	sp 16	2	5	3	7	3	4	3					7	4	
	sp 4 a	8	7	2	7	1	1	21			1	1		2	8
	sp 4b				3		1	4				1	2	2	
GRUPO 2	sp 1	23	27	2	19	2		6				7	35	19	
	sp 8	26	22					9			3		30	13	
	sp 15 a	2	3	7	2	1						3		3	
	sp 15 b		2			1	1	21			11	8	23	10	8
GRUPO 3	sp 9	8	4	7	7	2									
	sp 12						2	5			2	1	5	8	8
GRUPO 4	sp 3	14	6												
	sp 5 a						17								
	sp 5 b										1	1	45	7	
GRUPO 5	sp 2 a	16	15	7		6	1	21			11	8	23	10	8
	sp 2 b	14	33	7		9		38			6	2	17	39	6

#### 4.6 Análisis de componentes factoriales (AFC) de presencia y ausencia de parásitos

Utilizando datos de genética realizadas en el laboratorio de la Universidad Mayor de San Andrés por el Dr. Nicolas Hubert se tiene a tres grupos genéticamente que pertenecen a *Serrasalmus rhombeus* (A, B y C), estos no están distribuidos en los 6 lugares de muestreo. Realizando un análisis de componentes factoriales (AFC) de presencia y ausencia de parásitos (Fig. 27), se puede observar a cinco grupos (I, II, III, IV y V), cada grupo está representado por las distintas agrupación genéticas de *Serrasalmus rhombeus*, respecto a las localidades de muestreo, las nominaciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6 son el código del lugar (Tabla 3 ), el símbolo “?” significa que el uno de los peces muestreados de el río San Martín y del Madre de Dios no se tiene dato de genética y “H” que se encuentra en el río San Martín no es *Serrasalmus rhombeus*, es *Serrasalmus humeralis*.

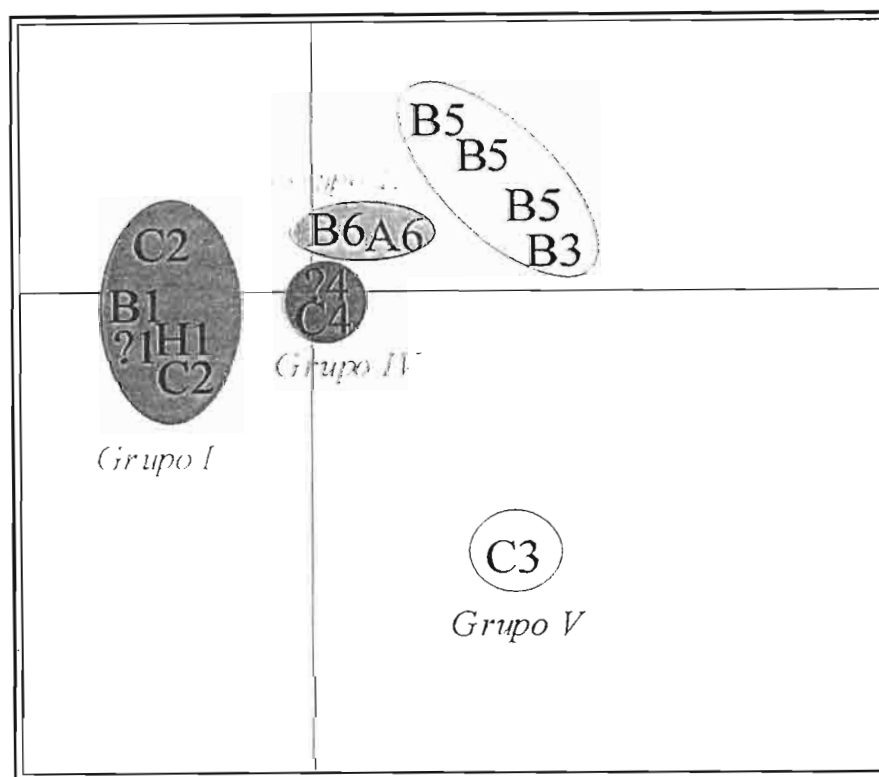


Figura 27: Análisis de componentes factoriales (AFC), de presencia y ausencia de parásitos: A, B, C, H, ? = grupo genético de peces; 1, 2, 3, 4, 5 y 6 = código de localidad

El grupo I, esta representado por peces de los ríos San Martín y Beni.

El grupo II representados por los peces del río Ichilo.

El grupo III, representada por los peces del río Madre de Dios 1 y Madre de Dios 3.

El grupo IV, representado por los peces del Madre de Dios 2 (que no tienen parásitos).

El grupo V, representado solo por un pez del Madre de Dios 1. Este pez es particular que las demás, ya que solo presenta dos especies, sp 18 y sp 5a de Monogenea.



## 5. DISCUSIÓN

Para la distribución de las poblaciones de peces, existen factores ambientales (inundación, cambios de temperatura, calidad del agua de los ríos y lagunas, etc.) por ejemplo una de las características más importante de la cuenca del río Mamoré y de su afluente mayor, del río Iténez, es que una gran parte se inunda periódicamente, estimándose entre 100,000 y 150,000km<sup>2</sup> de áreas inundadas en el período de creciente (Roche & Fernández Jáuregui, 1988; en Lauzanne *et al.*, 1990), formando un medio muy favorable para la producción íctica.

Este factor tiene influencia en la reproducción de los peces, lo cual, la estructura de poblaciones de *Serrasalmus rhombeus* puede ser diferente a otras zonas.

### 5.1 Abundancia y Distribución de ectoparásitos (Monogenea)

En Bolivia no se llevo a cabo estudios sobre Monogenea, Kohn & Cohen (1998) elaboran una lista de la distribución de Monogenea en Sud América, donde mencionan a una sola especie registrada y descrita en la amazonía Boliviana *Unilatus anoculus* (Price, 1968) Suriano, 1985 (Dactylogyridae) en el hospedero *Hypostomus bolivianus* (Loricariidae). (Kohn & Cohen, 1998). Los resultados obtenidos en este trabajo, colaboran a estos autores, en el sentido de nuevos registros de Monogenea, ya que se encontraron a cinco géneros con posibles 17 especies, distribuidas en cinco regiones de la cuenca amazónica de Bolivia.

En *Serrasalmus rhombeus* se registraron 858 parásitos, distribuidas en cinco regiones de las seis que se investigaron. Los hospederos del río Madre de Dios 2 no presentaron parásitos, pero pertenece al grupo genético "C" (de los tres grupos "A, B y C" analizadas genéticamente que pertenecen a las poblaciones de *Serrasalmus rhombeus*). Este grupo "C" de peces está presente con parásitos en los demás lugares muestreados. Entonces la ausencia de los parásitos en el río Madre de Dios 2, podría explicarse, por las condiciones físico-químicas del río (calidad de agua, polución), ya que los peces que llegaron a habitar este lugar pudieron adaptarse, pero, para la subsistencia de los parásitos, las condiciones no son adecuadas.

La abundancia de parásitos puede depender de la biología del huésped y/o de la especificidad del parásito, Pariselle (2003) en estudios realizados con peces de aguas dulce tropicales, de la familia Cichlidae (*Tilapia guineensis* (Bleeker, 1862) en África, presentan como máximo 17 especies de Monogenea, teniendo una media de 6 especies por huésped) y en Pangasiidae (*Pangasius polyuranodon* (Bleeker, 1852) Sudeste de Asia, con máximo de 13 especies de Monogenea y una media de 3 especies por huésped). En el presente trabajo se encontró a 17 posibles especies (posibles, porque no se utilizó claves taxonómicas para la identificación a nivel de especie, se agruparon según el parentesco morfológico) en *Serrasalmus rhombeus*, es bastante abundante respecto a otros huéspedes, entonces podemos hipotetizar que la riqueza tiene una media de 4 a 6 especies de parásitos por cada especie de huésped de Serrasalmidae.

## 5.2 Descripción taxonómica de Monogenea

Los cinco diferentes grupos encontrados se las clasifíco en cinco géneros: género *Anacanthorus*, se agrupo por la diferencia clara que tiene en relación a las demás “no presentan ganchos grandes solo pequeños”. Van Every & Kritsky (1992) realizan una descripción de este género, en 10 especies de la familia Serrasalmidae, en la amazonía central de Brasil. De estas especies, *Serrasalmus rhombeus* presenta 7 especies de parásitos que pertenecen al género *Anacanthorus*: *A. amazonicus*, *A. jegui*, *A. serrasalmi*, *A. gravihamulatus*, *A. mesocondylus*, *A. prodigiosus*, *A. sciponophallus*.

Parásitos que presentan ambos tipos de ganchos (pequeños y grandes) pertenecen a los géneros *Notothecim*, *Notozothecium*, *Mymarothecium* y *Amphithecium*.

Género *Notothecim*, Kritsky, Boeger & Jégu 1998, realizaron una descripción de este género en *Serrasalmus rhombeus*, donde se tubo a las especies: *Notothecim cyphophallum*, *N. deleastum*, *N. phyleticum*.

Género *Notozothecium*, Kritsky, Boeger & Jégu 1996 realizaron estudios sobre *Serrasalmus rhombeus*, en la amazonía de Brasil, donde encontraron, a solo dos especies,

*Notozothecim minor*, *N. teinodendrum*. Estos mismos autores en el mismo pez encontraron al género *Mymarothecium*, con tres especies: *Mymarothecium dactylosum*, *M. galeolum* y *M. whittingtoni*.

Por último se tiene al género *Amphithecium*, este se encuentra registrado sobre *Serrasalmus nattereri*, en la amazonía Brasileña, y parece que existe una especie de este género sobre *S. rhombeus* en la cuenca amazónica de Bolivia.

### 5.3 Análisis de componentes principales

Este análisis es utilizado, de acuerdo a las medidas respectivas de las partes escleróticas, para la confirmación de la agrupación morfológica de estos parásitos. Pariselle *et al.* (2002), realizaron una investigación en Sud este de Asia con Monogenea de peces de la familia Pangasiidae, donde encontraron a cinco nuevas especies del género *Thaparocleidus* Jain, 1952 (Monogenea): *Thaparocleidus humerus*, *T. meburus*, *T. culter*, *T. culteroides*, *T. phuongi*, para esto realizaron un análisis de componentes principales (ACP) de cada parásito, ya que la morfología de estos son similares. Por lo que según este análisis se puede observar a *Thaparocleidus culter* y *T. culteroides*, *T. humerus* y *T. meburus* son claras especies y que *T. Phungi* esta compuesta por tres sub especies.

En el estudio realizado se tiene a cinco grupos de Monogenea, que parece corresponder a los cinco géneros descritos en la literatura ya mencionada sobre los hospederos de la familia Serrasalmidae. La continuación de este análisis muestra que existen 17 subgrupos que pueden representar a especies o subespecies.

### 5.4 Análisis de componentes factoriales (AFC) de presencia y ausencia de parásitos genético

La presencia de 17 especies o subespecies de parásitos en *Serrasalmus rhombeus*, como en *Tilapia guineensis*, es bastante abundante en comparación a otros estudios realizados

sobre peces de aguas tropicales. Pariselle *et al.* (2003) explican este hecho como resultado de la historia y de la evolución del huésped, donde estas poblaciones se han dividido en otras diferentes poblaciones, sobre lo cual los parásitos han realizado especiaciones, por lo que la riqueza en especies de parásitos va a aumentar (Fig. 28).

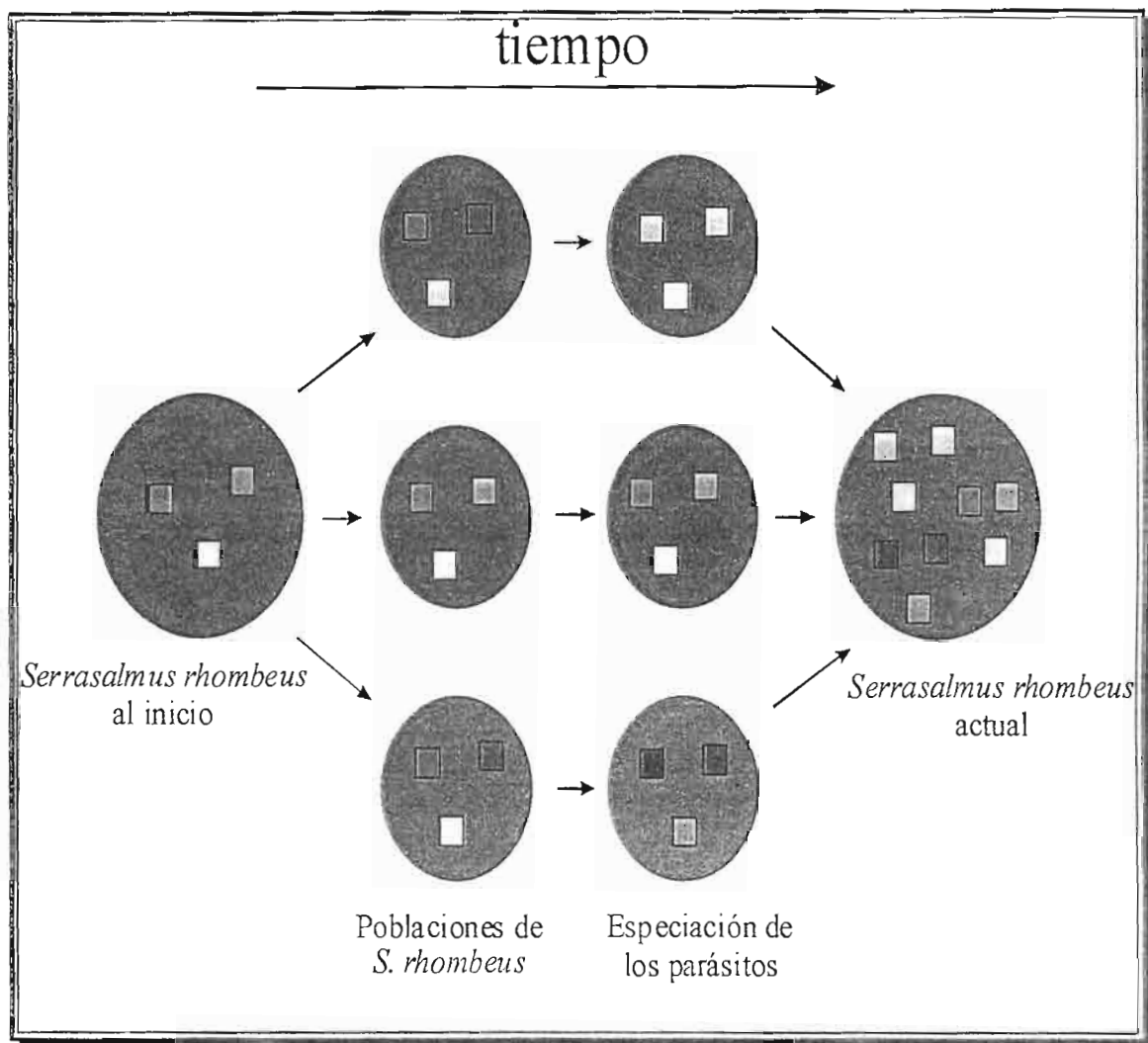


Figura 28: Hipótesis de la gran riqueza de Monogenea sobre *Serrasalmus rhombeus*

Esta hipótesis parece ser confirmado por los resultados de genética que se realizó sobre *Serrasalmus rhombeus*, esta compuesta de tres grupos A, B y C, pero estos están

distribuidos en todos los ríos, lo que implica que genéticamente existen por lo menos tres poblaciones diferentes de *S. rhombeus*.

### 5.5 Análisis de componentes Factoriales (AFC)

Mediante este análisis se pudo obtener cinco grupos diferentes de huésped, agrupados con presencia y ausencia de parásitos. Estos grupos (I, II, III, IV y V) parecen tener una lógica distribución geográfica (Grupo I: río Beni y San Martín, grupo II: río Ichilo, grupo III: río Madre de Dios 1 y 3; grupo IV río Madre de Dios 2 y grupo V río Madre de Dios 10) y no así una lógica genética (poblaciones de huéspedes) porque se puede encontrar al grupo “B” en los grupos I, II y III o el grupo “C” en los grupos I y IV. El grupo V esta formado de un solo pez que debería pertenecer al grupo III, pero como este huésped presenta dos especies (18 y 5a) de *Monogenea* es muy particular, hace que se separe de los demás grupos.

## 6. CONCLUSIONES

Los parásitos de la clase Monogenea halladas en los cinco ríos, presentan variaciones de distribución y abundancia. El río Madre de Dios 2, es un río particular, ya que no presenta parásitos en su huésped *Serrasalmus rhombeus*, esto puede explicarse por la calidad de agua u otros factores que puede presentar el río y no así, por las barreras geográficas presentes en la zona, ya que este río se encuentra en la misma cuenca que los puntos Madre de Dios 1 y Madre de Dios 3, estos dos ríos junto al río San Martín, Beni e Ichilo son abundantes en Monogenea, a pesar de sus respectivas ubicaciones geográficas.

Las diferencias morfológicas entre los parásitos (Monogenea), presentes en las poblaciones de *Serrasalmus rhombeus* en los cinco ríos de la cuenca amazónica de Bolivia, son complejas, ya que, con la realización de una pequeña clave taxonómica se separó a dos grandes grupos (presencia de ganchos grandes y ausencia de estos), dentro de estos se encontraron a cinco grupos (géneros) con 17 posibles especies, algunos semejantes y otras con pequeñas diferencias morfológicas.

Junto con la descripción taxonómica de los parásitos se encontraron 5 géneros: *Anacanthorus* Mizelle & Price, 1965, la característica principal de este género es la ausencia de ganchos y barras dorsales y ventrales, *Notothecium* Boeger & Kritsky, 1988, *Notozothecium* Boeger & Kritsky, 1988, *Mymarothecium* Boeger & Jégu 1996, *Anphithecium* Boeger & Kritsky, 1988.

Por los resultados obtenidos en este trabajo, se puede probar que sobre *Serrasalmus rhombeus* se tiene una fauna parasitológica rica, con 17 especies de parásitos (Monogenea). La abundancia de estos parásitos es elevada, realizando una comparación con el número de Monogenea por huésped en las familias Chliclidae y Pangasiidae (mencionado anteriormente en discusión), el número de Monogenea por huésped en *Serrasalmus rhombeus* es bastante elevado por lo que puede existir o ya existió un complejo de especies o poblaciones aisladas.

En el ámbito de familia, existen más o menos 20 especies dentro de la familia Serrasalminae, por lo que se espera que existan más de 100 especies aproximadamente de Monogenea sobre solamente esta familia de huésped.

La identificación de los parásitos es muy compleja, *Serrasalmus rhombeus* presenta a 17 “especies” que se asemejan, pero no se puede hacer una comparación segura con otras investigaciones (semejantes a este trabajo). Ya que el material y las condiciones de identificación de los parásitos, son diferentes a otros trabajos realizados. Por lo que para la identificación de “posibles especies” se debe trabajar en las mismas condiciones (toma de muestras, fijación, medidas, etc.). Esto se está planificando mediante una pasantía en el laboratorio del Prof. Walter Boeger en la Universidad de Curitiba (Brasil).

En este estudio se puede ver que los parásitos no pueden ser utilizados como marcadores de poblaciones genéticas del huésped, sino como marcador del lugar. Esto parece estar en contradicción con la literatura, ya que los Monogenea están descritos como una gran especificidad del huésped. Pero en estos estudios (Poullin, 2002 y Pariselle, 2003), la especificidad está investigada a nivel de las especies y no de las poblaciones del huésped. Finalmente se puede decir que si se quiere trabajar a este nivel (poblaciones), se debe cambiar la sensibilidad de la técnica de estudio (utilización de la genética de los parásitos y no solamente la morfología).

Otra contradicción, es la especificidad del pez muestreado en el río Madre de Dios 1, perteneciente al grupo genético “C3” (de los tres grupos genéticos de *Serrasalmus rhombeus* “A, B y C”) que constituye el grupo V del análisis “AFC”, este pez es único para los parásitos, ya que presenta a dos especies peculiares (sp18 y sp5a), en cambio los otros peces no las tienen, además de pertenecer al grupo “C” genéticamente como otros peces muestreados en la zona de estudio. Por lo que parece, por los parásitos, es otra especie o población nueva de huésped.

Con estos resultados obtenidos en este trabajo, se puede ver la importancia de estudiar a los parásitos sobre los peces de la cuenca amazónica de Bolivia. Por ejemplo, tener más conocimiento de la fauna parasitológica en diferentes poblaciones de huéspedes de la amazonia Boliviana, para así conocer las composiciones de poblaciones de peces (existencia de complejo de especies o no), teniendo un apoyo de la genética (confirmación de nuevas especies).



## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Albert J. S. & R. Campos-da-Paz. 1990. *Phylogenetic systematics of gymnotiformes with diagnoses of 58 clades: a review of available data.*
- Andrew D. & A. Merenleder. 1979. *Coevolution of macroparasites and their hosts.* p. 83-98.
- Ayala G. 1999. *La teoría de la evolución.* Edit. Temas de Hoy
- Boeger, W. A. & D. C. Kritsky. 1988. Neotropical Monogenea. 12. Dactylogyridae from *Serraslmus nattereri* (Cypriniformes, Serrasalmidae) and aspects of their morphologic variation and distribution in the Brazilian Amazon. *Proceeding of the Helminthological Society of Washington.* 55: 188-213.
- Böhlke J. E., S. H. Weitzman & N. A. Menezes. 1978. Estado atual da sistemática dos peixes de agua doce de América do Sul. *Acta Amazon.* 8 (4): 657-677.
- Bruno D. W., C. M. Collins & C. O. MacKenzie. 2001. *Gyrodactylus bychowskii* (Monogenea: Gyrodactylidae) from seacaged Atlantic salmon *Salmo salar* in Scotland: occurrence and ribosomal RNA sequence analysis. *Dis. Aquat. Organ.* (3): 191-196.
- Cable J., E.C. Scott, R.C Tinsley & P.D Harris. 2002. Behaviour favouring transmission in the viviparous monogenean *Gyrodactylus turnbulli*. *J. Parasitol.* 1: 183-184.
- C.E.E.D.I (Centro de Estudios Ecológicos y de Desarrollo Integral), 1989. *Diagnostico del Estado actual de los recursos pesqueros de la cuenca Amazónica Boliviana.* La Paz - Bolivia. 143pp.

- Chandler C. 1972. *Introducción a la Parasitología*. Edit. Omega
- Cheng T. C. 1986. *General Parasitology* Second Edition. Academic Press College, 827 p.
- Chisholm L.A. & I. D. Whittington. 2000. Egg hatching in 3 species of monogenean parasites from the shovelnose ray *Rhinobatos typus* at Heron Island, Australia. *Parasitology*. 3: 303-313.
- Claver J. P. D. & T. A. Harris. 2000. Population growth *Gyrodactylus salaricus* ( Monogenea) on Norwegian and Baltic Atlantic salmon (*Salmo salar*) stocks. *Parasitology*. 6: 621-629.
- Costa W. J. E. M. 1990. *Phylogeny and classification of the Cyprinodontiformes (Euteleostei: Atherinomorpha)*: a reappraisal.
- Crofton H. D. 1971. A model of host – parasites relationships. *Parasitology*. 63: 343-364
- Dawes B. 1946. *The Trematoda*. Cambridge University Press, London.
- Dobson A. P. 1988. The population Biology of parasite – induced changes in host behaviour. *The Quarterly review of Biology*. 63 (2): 139-159.
- Euzet L. & C. Combes. 1980. Les problèmes de l'espèce chez les animaux parasites. In : Les problèmes de l'espèce dans le règne animal. *Mém. Soc. Zool.* 239-285 pp.
- Euzet L. & M. Prost. 1981. Report of the meeting on Monogenea: problems of systematics, biology and ecology. In: Slusarski, W. (Eds) *Review of advances in parasitology*. Warsaw: P.W.N. Polish Scientific Publishers. pp. 1003-1004.

- Ergens R. 1992. *Cichlidogyrus bahemicus* sp. n. (Monogenea: Gyrodactylidae) from *Oncorhynchus mykiss* (Walbaun) and *Salvelinus fontinalis* (Mitchill) (Clupeiformes: Salmonidae) in Czechoslovakia. *Folia Parasitol (Praha)*. 39(4): 391-394.
- Fink W. L. & S. V. Fink. 1979. Central Amazonia and its fishes. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 62A: 13-29.
- Flores-Crespo J. & C. R. Flores. 1993. Principales Trematodos y Cestodos de importancia económica en acuicultura. En: *Temas de parasitología animal Cestodos y Trematodos*. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. II: 13-36.
- Flores-Crespo J., C. R. Flores, V. F. Ibarra, M. Y. Vera & P. C. Vasquez. 1995. Evaluación de quimioterapéuticos contra la Cichlidogiriasis de la Tilapia (*Oreochromis hornorum*) en México. *Rev. Lat. De Microbiol.* 37(2): 179-187.
- Géry J. 1964. Contributions a l'étude des poissons characoïdes - 27: systématique et évolution de quelques piranhas («*Serrasalmus*»). Recueil d'observations de zoologie. Dans l'ocean. *Vie Milieu (Ser. C) Biol. Terr.* 14(3): 597-617.
- Goulding M. 1980. *The Fishes and the Forest. Exploration in Amazonian Natural History*. University of California Press, Los Angeles. 280 pp
- Goulding M. 1981. *Man and fisheries on an Amazon frontier*. Junk Publishers. Boston-London. 136pp.
- Gussev A.V. In: Bychovskaya-Pavlovskaya, I.E. et al. (Eds) [*Key to parasites of freshwater fish of the USSR*.] Moscow-Leningrad: Academiya Nauk SSSR, 1962, 919 pp. (In Russian: English translation IPST, Ser. No. 1136, Jerusalem, 1964).

- Hanagarth W. 1993. *Acerca de la geoecología de las sábanas del Beni en el Noreste de Bolivia*. Instituto de Ecología. La Paz. 186p.
- Jones A. W. 1967. *Introduction to Parasitology*. Addison-Wesley Pub. Co. Reading. London.
- Justine J.- L. 1991. Phylogeny of parasitic Platyhelminthes: a critical study of synapomorphies proposed on the basis of the ultrastructure of spermiogenesis and spermatozoa. *Canadian Journal of Zoology*. 69: 1421-1440.
- Khider A. A. & O. A. Samak. 2001. Spermiogenesis in the monogenean gill parasite, *Cichlidogyrus halli* typicus (Monopithocotylea, ancyrocephalidae). *J Egyptian-German. Soc. Zool.* 35(D): 17-24.
- Kohn A. & S. C. Cohen. 1998. South American Monogenea – list of species, hosts and geographical distribution. *International Journal for Parasitology*. 28 (1): 1517-1554.
- Kritsky D. C., W. A. Boeger & M. Jegú. 1996. Neotropical Monogenoidea. 28. Ancyrocephalinae (Dactylogyridae) of Piranha and Their Relatives (Teleostei, Serrasalminidae) from Brazil and French Guiana: Species of *Notozothecium* Boeger and Kritsky, 1988, and *Mymarothecium* gen. n. *Journal of the Helminthological Society of Washington*. 63: 153-175.
- Kritsky D. C., W. A. Boeger. & M. Jegú. 1998. Neotropical Monogenoidea. 31. Ancyrocephalinae (Dactylogyridae) of Piranha and Their Relatives (Teleostei, Serrasalminidae) from Brazil: Species of *Notozothecium* Boeger and Kritsky, 1988, and *Enallozothecium*. gen. n. *Journal of the Helminthological Society of Washington*. 65: 31-49.

- Kritsky D. C., W. A. Boeger & L. R. Van Every. 1992. Neotropical Monogenoidea. 17. *Anacanthorus* Mizelle and Price, 1965 (Dactylogyridae, Anacanthorinae) from Characoid Fishes of the Central Amazon. *Journal of the Helminthological Society of Washington*. 59: 25-51.
- Lauzanne L., G. Loubens & B. Le Guennec. 1991. Liste Commentée des Poisson de L'Amazonie Bolivienne. *Rev. Hydrobiol. Trop.* 24 (1): 61-76.
- Lauzanne L., G. Loubens & B. Le Guennec. 1990. Pesca y Biología pesquera en el río Mamoré Medio (Región de Trinidad, Bolivia). *Interciencia*. 15 (6): 452-460.
- Lauzanne L. & G. Loubens. 1985. *Peces del río Mamoré*. Collection Travaux et Documents, Orstom. París. 192. 65p.
- Loubens G., L. Lauzanne & B. Le Guennec. 1992. Les milieux aquatiques de la région de Trinidad (Beni, amazonie bolivienne). *Hydrobiologie Tropical*. 25 (1) : 3-21
- Machado-Allison A. & W. Fink. 1995. *Sinopsis de las especies de la Subfamilia Serrasalminae presentes en la cuenca del Orinoco*. Claves, Diagnosis e Ilustraciones. LITO COLOR R.I., C.A. Caracas – Venezuela. 90p.
- Machado-Allison A. 1983. Estudios sobre la sistemática de la subfamilia Serrasalminae (Teleostei, Characidae). Parte II. Discusión sobre la condición monofilética de la subfamilia. *Acta Biológica Venezuelica*. 11: 45-195.
- Malmberg G. 1957 [On the occurrence of *Gyrodactylus* on Swedish fishes.] *Skrifter utgivna av Södra Sveriges Fiskeriforening*, (1956). Pp: 19-76. (In Swedish, with description of species and a summary in English).

- Marcoglise D.J, M. Ball & M. W. Lankester. 2001. Potencial impacts of clearcutting on parasites of minnows in small boreal lakes. *Folia Parasitol (Praha)*. 48(4): 269-274.
- Martínez A. 1999. El parasitismo y otras asociaciones biológicas. Parásitos y hospedadores. *Parasitología Veterinaria*. Mc Graw-Hill. *Interamericana*. 22-38.
- Mizelle J. D. & C. E. Price. 1965. Studies on monogenetic trematodes. XXVIII. Gill Parasites of the piranha with the proposal of *Anacanthorus* gen. n. *Journal of Parasitology*. 51: 30-36.
- Myers G. S. 1972. Supplementary notes on the classification of piranhas. Pages 58 – 63 in G. S. Myers, ed. *The Piranha Book*. T. F. H. Publication, Inc., New Jersey.
- Navarro G. & M. Maldonado. 2002. *Geografía Ecológica de Bolivia: Vegetación y Ambientes Acuáticos*. Ed. Centro de Ecología Simón I. Patiño-Departamento de Difusión. Cochabamba. Bolivia. 719 pp.
- Naggar M. M., A. E. Hagra & K. Hussein. Attachment of *Cichlidogyrus* Monogenean species to the gills of the Nile fish *Oreochromis niloticus* and their local pathological impact on them. *J Egyptian-German. Soc. Zool.* 35(D): 143-156.
- Nigerlli R. F. 1937. Further studies on the susceptibility and acquired immunity of marine fishes to *Epibdella melleni*, a monogenetic trematode. *Zoologica*. 22: 185-191.
- Pariselle A., S. Morand, M. Deveney & L. Pouyaud. 2003. Parasite species richness of closely related hosts: historical scenario and “genetic” hypothesis. In: *Taxonomie, écologie et évolution des métazoaires parasites. Taxonomy, ecology and evolution of metazoan parasites. (Livre hommage à Louis Euzet)*. Tome II. Combes C & Jourdan J. (eds), PUP Perpignan. p. 147-166.

- Pariselle A. & L. Euzet. 1995. Gill parasites of the genus *Cichlidogyrus* Paperna, 1960 (Monogenea, Ancyrocephalidae) from *Tilapia guineensis* (Bleeker, 1862), with descriptions of six new species. *Systematic Parasitology*. 30: 187-198.
- Pariselle A. & L. Euzet. 1994. Three new species of *Cichlidogyrus* Paperna, 1960 (Monogenea, Ancyrocephalidae) parasitic on *Tylochromis jentinki* (Steindachner, 1895) (Pisces, Cichlidae) in West Africa. *Systematic Parasitology*. 29: 229-234.
- Parenti L. R. 1984. A taxonomic revision of the Andean Killifish genus *Orestias* (Cyprinodontiformes, Cyprinodontidae). *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 178: 107 – 214.
- Paugy D., J.- F. Guégan & J.- F. Agnèse. 1990. Three simultaneous and independent approaches to the characterization of a new species of *Labeo* (Teleostei, Cyprinidae) From West Africa. *Canadian Journal of Zoology*. 68: 1124-1131.
- Pinna M. C. C. 1990. *Phylogenetic relationships of Neotropical Siluriformes: historical overview and synthesis of hypotheses.*
- Planquette P., Keith P. & Le Bail P.-Y. 1996. Atlas des poissons d'eau douce de Guyane. Collection du Patrimoine Naturel, vol. 22. IEGB – M.N.H.N., INRA, CSP, Min. Env., Paris, 429p.
- Platt T. R. 2000. *Neopolystoma fentoni* n. sp. (Monogenea: Polystomatidae) a parasite of the conjunctival sac of freshwater turtles in Costa Rica. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 95(6): 833-837.
- Poulin R. 2002. The evolution of Monogenean diversity. *International Journal for Parasitology*. 32: 245-254.

- Pouilly M., Ibáñez C., Gutierrez M. & T. Yunoki. 1999. Funcionamiento ecológico de las lagunas de inundación del río Mamoré (Beni – Bolivia). *Rev. Boliviana de ecología y conservación*. 6: 41-54.
- Quiroz R. 1994. *Parasicología y enfermedades parasitarias en los animales domésticos*. Noriega Editores. 5° Ed. Santa Cruz – Bolivia. 111p.
- Roche M. A. & C. Fernandez Jáuregui. 1988. Water resources, salinity and Salt yields of the rivers of the bolivian Amazone. *J. Hidrol.* 101: 305-331.
- Roche. M. A., C. Fernandez Jáuregui, A. Aliaga, J. Peña, E. Salas & J. L. Montaña. 1992. *Balance Hídrico Superficial de Bolivia*. ORSTOM. Bolivia. 29p.
- Rohde K. 1982. *Ecology of marine parasites*. University of Queens land Press. St Lucio Australia. 202 - 205 pp.
- Robins C. R., R. M. Bailey, C. E. Bond, J. R. Brooker, E. A. Laclner, R. N. Lea & W. B. Scott. 1991. World fishes important to North Americans. Exclusive of species from the continental waters of the United States and Canada. *Am. Fish. Soc. Spec. Publ.* 21: 243 p.
- Sarmiento J. & T. Killen. 1998. Hidrología de la meseta de Huanchaca y sus alrededores. In: Pillen, T. S. Schulenberg (Eds.). *A biological assessment of Parque Noel Kempff Mercado, Bolivia*. RAP Working Papers 10, Conversation International, Washintong D.C. p. 55-57.
- Sarmiento J. & S. Barrera. in: Ibish & Mérida. 2003. *La Riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación*. Ed. F. A. N. Santa Cruz de la Sierra - Bolivia.



- Servicio Nacional de Hidrografía Naval, 1998. *Hidrografía de Bolivia*. 1° Edición. La Paz - Bolivia. 359pp.
- Silan P. & C. Maillard. 1986. Modalités de l'infestation par *Diplectanum aequans*, Monogène ectoparasite de *Dicentrarchus labrax* en aquiculture. Eléments d'épidémiologie et de prophylaxie. *European Aquaculture Society, Special Publications*. 9. 139-152.
- Simkova A., Y. Desdevisse, M. Gelmar & S. Morand. 2001. Morphometric correlates of host specificity in *Dactylogyrus* species (Monogenea) parasites of European Cyprinid fish. *Parasitology*. 123: 169-177.
- Soleng A., A. B. Poleo, N. E., Alstad & T. A. Bakke. 1999. Aqueous aluminium eliminates *Gyrodactylus salaris* (Platyhelminthes, Monogenea) infections in Atlantic Salmon. *Parasitology*. 119: 19-25.
- Sproston N. G. 1946. A Synopsis of Monogenetic trematodes. *Trans. Zool. Soc. London*. 25: 185-600.
- Stiassny M. L. J. & N. Raminosoa. 1994. The fishes of the inland waters of Madagascar. in: G. G Teugels, J.- F. Guégan & J.- J. Albaret (eds). Biological Diversity of African Fresh – and Brackish Water Fishes. *Ann. Mus. r. Afr. Centr., Tervuren, Sci. Zool*. 275: 133-149.
- Stoltze K & K. Buchman. 2001. Effect of *Gyrodactylus derjavini* infections on cortisol production in rainbow trout fry. *J Helminthol*. 75(3): 291-294.
- Schopf J.W. 1979. *La evolución de las células primitivas*. Ed. Labor. p. 49-68.
- Thurston J. P. & Laws R. M. 1965. *Oculotrema hippotami* (Trematoda: Monogenea) in Uganda. *Nature*. 205: 1127.

- Vari R. P. & S. H. Weitzman. 1990. A review of the freshwater fishes of South America. in: Peters, G. & R. Hutterer, (eds), *Vertebrates in the tropics*. Museum Alexander Koenig, Bonn. p. 381-393
- Van Damme P. 2002. Disponibilidad, so y calidad de los recursos hídricos en Bolivia. *Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, Johannesburgo*.
- Van Every L. R. & D. C. Kritsky. 1992. Neotropical Monogenoidea. 18. *Anacantorus* Mizelle and Price, 1965 (Dactylogyridae, Anacanthorinae) of Piranha (Caracoidea, Serrasalmidae) from the Central Amazon, their phylogeny, and aspects of host-parasite coevolution. *Journal of the Helminthological Society of Washington*. 59: 52-75.
- Van Valen L. 1973. A new evolutionary law. *Evolutionary Theory*. 1: 1-30.
- Wittington I. D., B. W Cribb, T. E Hamwood & J. A Halliday. 2000. Host specificity of monogenean (Platyhelminth) parasite: a role for anterior adhesive areas? *Int J Parasitol*. 30(3): 305-320.
- Xia X. Q, W. J. Wang & C. P. Lu. 2000. The distribution of Monogenean parasites on aquatic vertebrate inhabiting Chinese inland waters. *Syst Parasitol*. 46(2): 151-155.
- Yamaguti S. 1963. *Systema Helminthum*. Vol. 4: Monogenea and Aspidocotylea. Wiley. New York.

## Apéndice 1

### ➤ Género *Anacanthorus* (sp18, 13, 17, 16, 4a y 4b)

Kritsky, Boeger y Van Every 1992, realizan la descripción de este género; pertenece a la familia Dactylogyridae, Sub familia Anacanthorinae, cuerpo fusiforme, divisible dentro de la región cefálica, tronco, pedúnculo, haptor.

Tegumento delgado, liso; región peduncular plegado en arrugas, cuatro lóbulos cefálicos, 2 terminal, 2 bilateral, órgano de la cabeza presente, glándulas cefálicas comprimidas 2 bilaterales, grupos de celdas falsas posterolateral, faringe dorsal muscular glandular, ojos, esófago presentes, intestino con 2 cecas, confluyente posterior con testículo, carente diverticulata. Gónadas ligeramente cubiertas intercecal, genital superpuesto medio ventral. Testículos postováricas, vasos eferentes expandiéndose dentro de una vesícula seminal fusiforme, con un previo enroscamiento antes del tubo del pene, envolviendo la parte izquierda de la ceca o no. Cirrus presentes esclerotizados, pieza accesoria presente o ausente. Ovario cerca de media longitud, oviducto pequeño, útero desenvuelto, con la región terminal constituye una zona esclerotizada, vagina ausente.

Dos bandas vitelarias bilaterales, vitelo comisura anterior del ovario ventral. Haptor bilobulado, armado con 7 pares de ganchos (4 ventral y 3 dorsal), 2 pares (1 dorsal y 1 ventral), barras ausentes.

# **APENDICE**

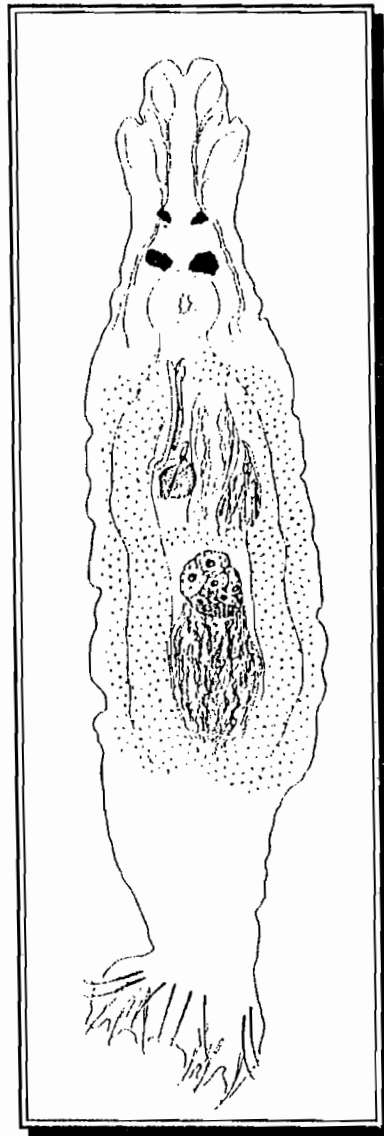


Figura 17: Género *Anacanthorus* Mizelle y Price, 1965

## Apéndice 2

### ➤ Género *Notothecium* (sp1, 8, 15a y 15b)

El género *Notothecium* Boeger y Kritsky, 1988, la sistemática de este grupo es mas compleja y complicada.

Boeger & Kritsky, 1988 realizan la descripción de este género; pertenece a la familia Dactylogyridae. Este género presenta un cuerpo divisible dentro de la región cefálica, tronco, pedúnculo, haptor. Tegumento delgado escalado. Dos terminal, 2 lóbulos cefálicos bilaterales, órgano de la cabeza presente, glándulas cefálicas unicelulares, faringe lateral o postlateral, muscular y glandular, ojos ausentes. Boca subterminal, medioventral; esófago pequeño o ausente; intestino con 2 cecas, confluyente posterior de gónadas, no son diverticulados.

Gónadas intercecales, testículos dorsales postováricas, vasos eferentes expandiéndose por la izquierda del caecum, vesícula seminal dilatada por los vasos eferentes, órgano copulador complejo comprimiendo la articulación de los ganchos, y pieza accesoria. Receptáculo seminal presente, vagina dorsal, dilatado, enroscandose a la izquierda del caecum; poro genital medioventral cerca de la bifurcación caecal.

Haptor armado con pares de ganchos dorsales y ventrales, barra ventral y dorsal, 7 pares de ganchos con la distribución de Ancyrocephalinae. Ganchos con piernas de dos partes distintas.

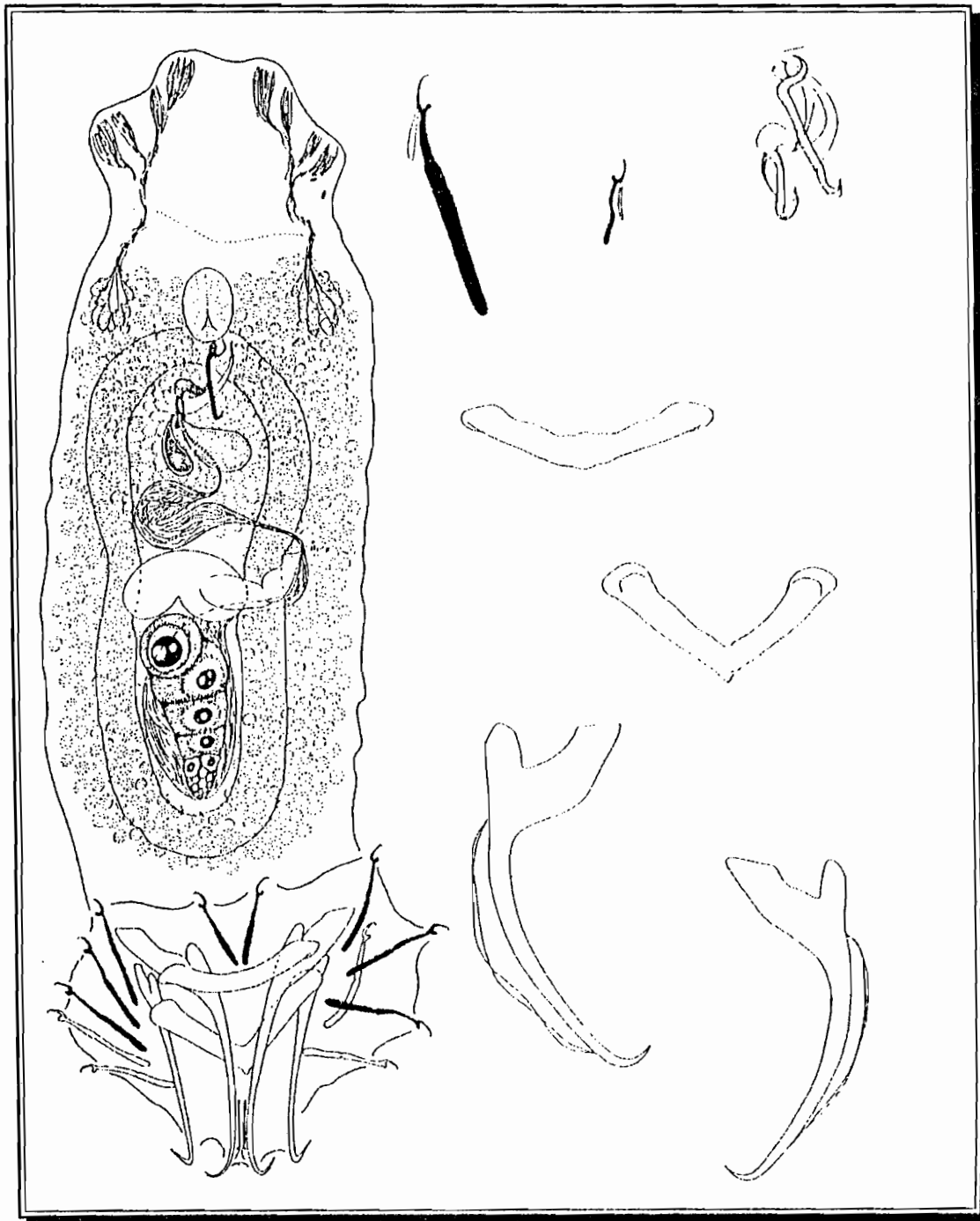


Figura 18: Género *Notothecium* Boerger y Kritsky, 1988.

### Apéndice 3

#### ➤ Género *Notozothecium* (sp9, sp12)

Respecto a este grupo, la morfológica (ganchos, barra dorsal y ventral) son pequeños, en relación a los demás grupos, además las barras dorsales presentan protuberancias sobresalientes y el aparato reproductor es también diferente al de los demás grupos de parásitos.

Este grupo 3 corresponde al género *Notozothecium* Boeger & Kritsky, 1988. Kritsky, Boeger & Van Every 1992, realizan la descripción de este género; pertenece a la familia Dactylogyridae, Sub familia Ancyrocephalinae, proviene del griego (*notos* = atrás + *theke* = caja) el cuerpo es divisible dentro de la región cefálica, tronco, pedúnculo, haptor. Tegumento delgado, suave escalonado, dos lóbulos terminal bilateral cefálico, presencia de órganos de la cabeza, glándulas cefálicas unicelulares lateral o posterolateral hasta la faringe, presencia de ojos, boca subterminal medioventral, intestino con 2 caecias, confluyente posterior hasta las gónadas sin divertículo. Gónadas intercecales superpuestas, testículos dorsales, vasos eferentes, enroscados en el caecum, vesícula seminal con dilatación sigmoideal de los vasos eferentes, copulador complejo con cirrus articulado, pieza accesoria. Cirrus enrollado con anillos contra el sentido del reloj.

Pieza accesoria con terminación ornamental. Receptáculo seminal inmediatamente en la parte anterior del ovario. Vagina en la parte dextrodorsal, con túbulos poco esclerotizado y enrollado alrededor del caecum. Poro genital medio ventral cerca del nivel de la bifurcación del caecum. Vitelio coextensivo con caecum. Haptor armado con pares de ganchos dorsales y ventrales, barras dorsales y ventrales, 7 pares de ganchos con distribución de ancyrocephaline. Base del gancho en dos partes distantes.



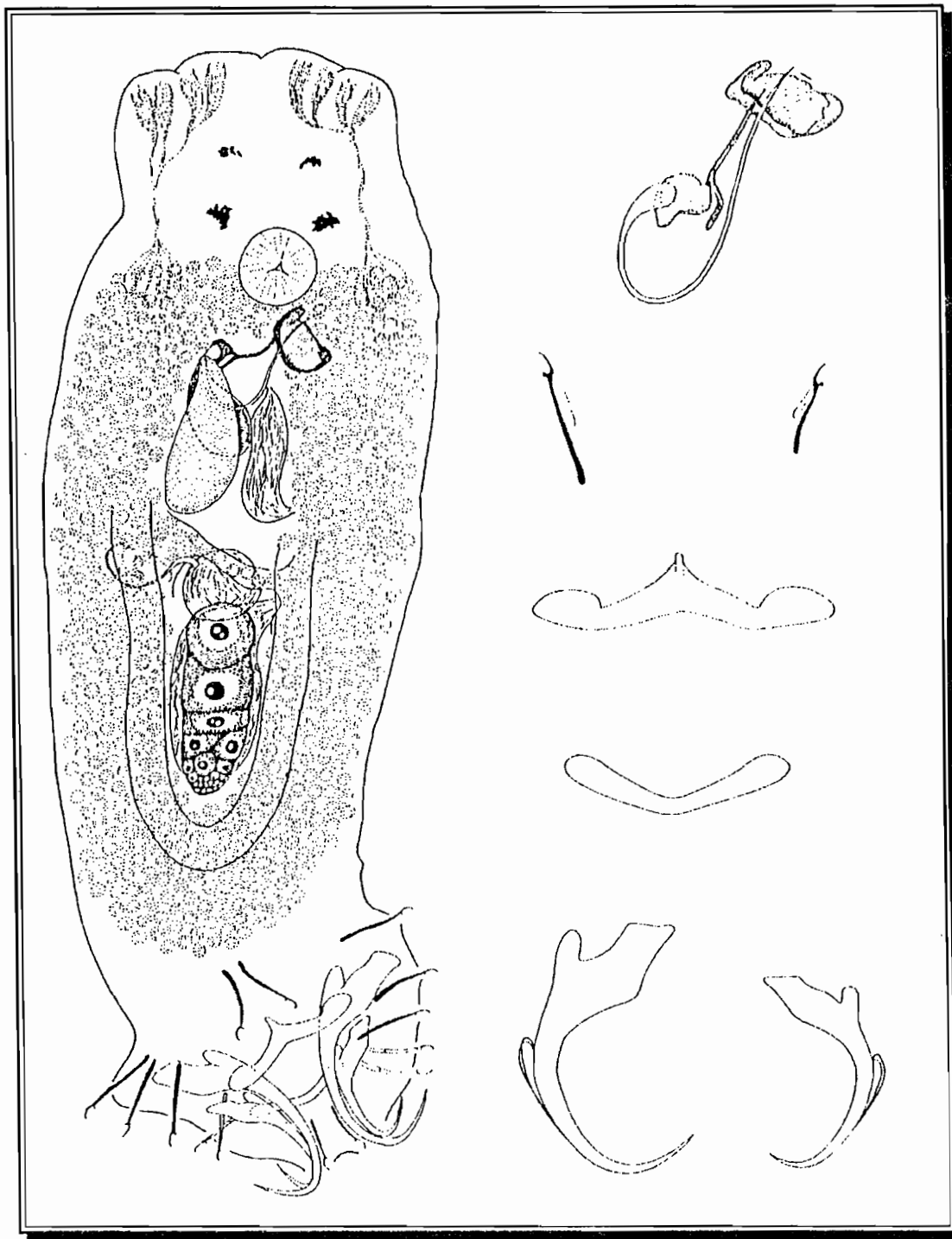


Figura 19: Género *Notozothecium* Boeger y Kritsky, 1988.

---

## Apéndice 4

### ➤ Género *Mymarothecium* (sp3, sp 5a, sp 5b)

Estas especies según Kritsky, Boeger y Jégu 1996, pertenece al género *Mymarothecium* sus características son: el cuerpo fusiforme comprimido en la región cefálica, tronco, pedúnculo, haptor. Tegumento delgado, suave con anulaciones escalonadas, dos terminal, 2 lóbulos bilateral cefálicos, presencia de órganos de la cabeza, glándulas unicelulares cefálicas, 4 ojos, gránulos ovales. Boca subterminal medio ventral, faringe muscular, glandular, esófago corto, 2 cecas intestinales confluentes posteriores de los testículos carente de diverticulata. Gónadas intercecales superpuestos, testículos dorsales del ovario, vasos eferentes aparentemente enroscados en la izquierda del intestino del cecum, vesícula seminal con dilatación sigmoideal de los vasos eferentes, 2 próstatas reservorias, glándulas de la próstata comprimidas, áreas dorsales se encuentran en porciones anteriores de la ceca. Poro genital medio ventral cerca del nivel de la bifurcación cecal. Órgano copulador complejo, articulación comprimida. Pieza accesoria, órgano copulador fuera del tubo, pieza accesoria con pequeña articulación proximal distal del gancho, parte subterminal con terminación ornamental. Vagina dilatada no esclerotizado, cerrado en el medio dorsal, dextrodorsal o dextroventral, superficie cerca de la longitud media del tronco, receptáculo seminal ausente.

Haptor subhexagonal con dorsal, ancho ventral compleja, 7 pares de ganchos similares a la distribución de ancyrocephaline. Barra ventral con proyección anteromedial. Ganchos similares cada uno con una delicada punta, tronco protegido con el pulgar, expandido comprimido con dos subunidades; subunidad proximal variable en longitud después de los ganchos pares; FH extendiendo la unión de los brazos de gancho.

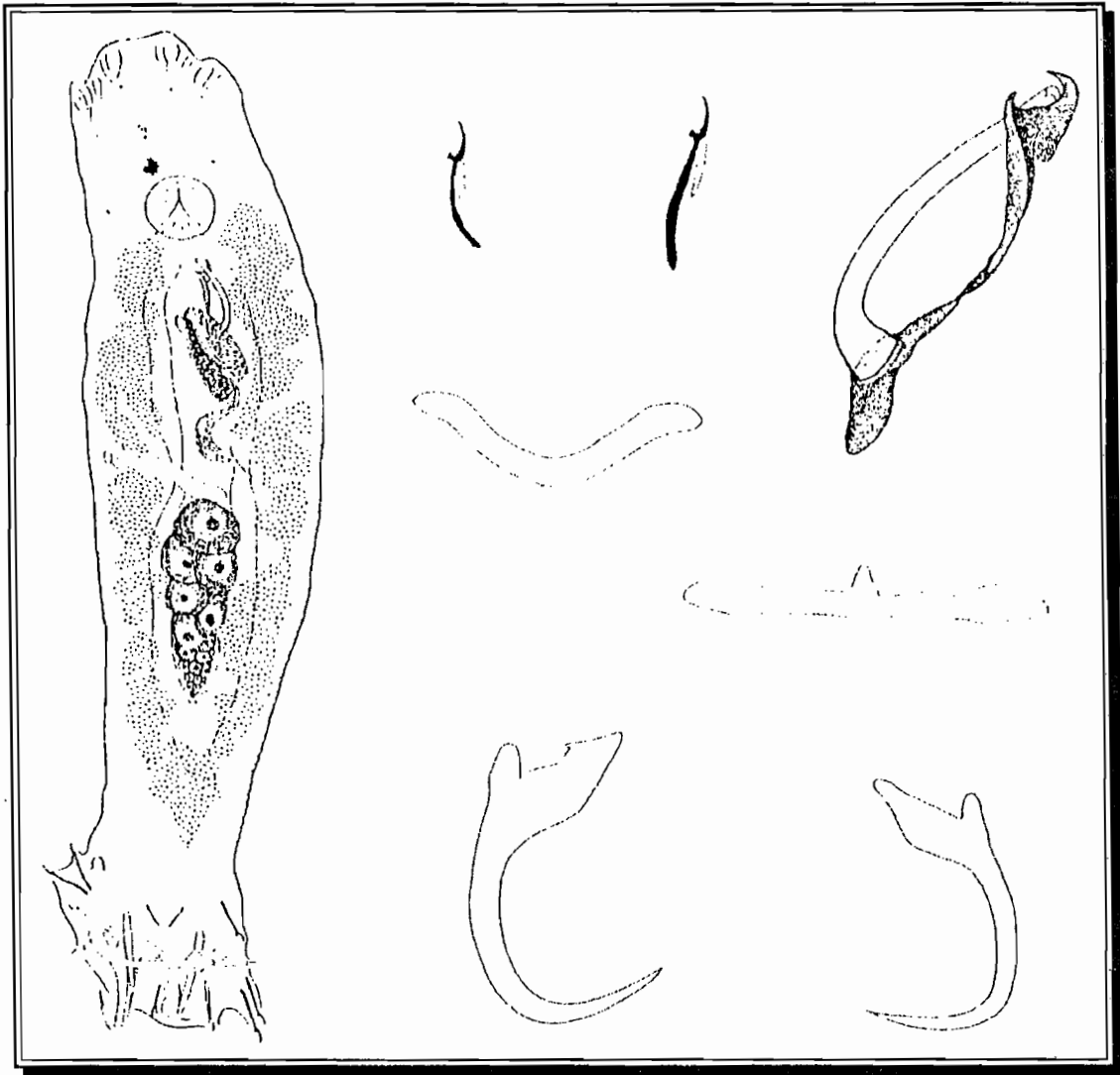


Figura 20: Género *Mymarothecium* Kritsky, Boeger y Jégu, 1996.

## Apéndice 5

### Género *Amphithecium* (sp2 a, sp 2b)

El nombre genérico viene del griego (*amphis* = ambos lados + *theke* = caja), la referencia de la vagina dorsal bilateral.

El género *Amphithecium* Boeger & Kritsky, (1988), cuyas características son: presentan un cuerpo divisible dentro de la región cefálica, tronco, pedúnculo, haptor. Tegumento delgado, suave escalonado, dos lóbulos terminal bilateral cefálico, presencia de órganos de la cabeza, glándulas cefálicas unicelulares presentes. Cuatro ojos, boca subterminal medioventral, faringe muscular glandular, esófago presente, intestino con 2 caecas confluyente posterior de los testículos, sin divertículo. Gónadas intercecales superpuestas, testículos dorsales al ovario. Vasos eferentes, enroscados en el caecum izquierdo, vesícula seminal con simple dilatación de los vasos eferentes. Dos próstatas reservarías comprimidas, 2 glándulas laterales en áreas dorsales de la caeca. Poro genital medio ventral cerca del nivel de la bifurcación cecal.

Organo copulador complejo comprimido, pieza accesoria articulado en la base del Cirrus. Dos dorsal bilateral, vagina unido en la parte media, conducto no esclerotizado. Receptáculo seminal ausente. Vitelio coextensivo con caeca, comisura anterior del ovario. Haptor armado con pares de ganchos dorsales y ventrales, barras dorsales y ventrales, 7 pares de ganchos con distribución de Ancyrocephalinae. Base del gancho en dos partes distantes.

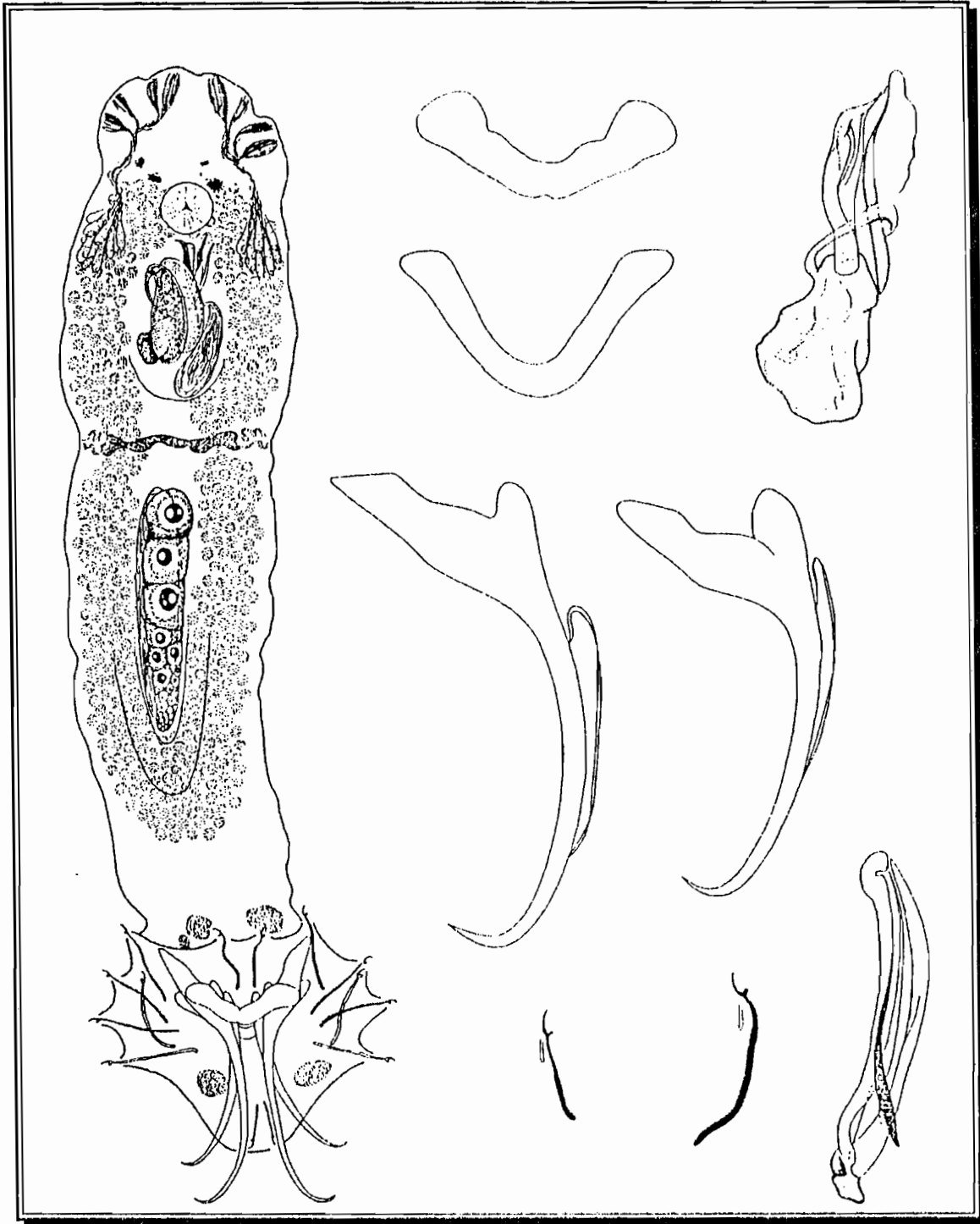


Figura 21: Género *Amphithecium* Boeger & Kritsky, 1988.