



**INFORME HIDROBIOLÓGICO  
RESERVA NACIONAL TAMBOPATA Y  
PARQUE NACIONAL BAHUAJA-SONENE  
ÉPOCA SECA – 2010**  
Blgo. Msc. Julio M. Araújo Flores  
**AIDER**

Colaboran:



**INFORME HIDROBIOLÓGICO  
RESERVA NACIONAL TAMBOPATA  
Y PARQUE NACIONAL BAHUAJA-  
SONENE  
ÉPOCA SECA - 2010**

**Elaborado por:**

**Blgo. Msc Julio M. Araújo Flores**

[julioaflo@yahoo.es](mailto:julioaflo@yahoo.es)

Asociación para la Investigación y el Desarrollo Integral  
AIDER

Puerto Maldonado MDD, Diciembre 2010

## **INDICE**

<b>RESUMEN .....</b>	<b>5</b>
<b>I.- INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>II.- ANTECEDENTES .....</b>	<b>8</b>
<b>III.- UBICACIÓN E HIDROGRAFÍA .....</b>	<b>11</b>
<b>IV.- OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
<b>V. - MATERIAL Y MÉTODOS</b>	
<b>5.1 DATOS LIMNOLOGICOS.....</b>	<b>17</b>
<b>5.1.1 COLECTA DE PECES .....</b>	<b>18</b>
<b>5.1.2 COLECTA DE BENTOS (MACROINVERTEBRADOS) .....</b>	<b>18</b>
<b>5.1.3 COLECTA DE PLANCTON.....</b>	<b>19</b>
<b>5.1.4 ÍNDICES COMUNITARIOS. ....</b>	<b>19</b>
<b>VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>6.1 CUERPOS DE AGUA LÓTICOS (RIOS) .....</b>	<b>22</b>
<b>6.1.1 LIMNOLOGÍA .....</b>	<b>22</b>
<b>6.1.2 COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES</b>	
<b>HIDROBIOLÓGICAS.....</b>	<b>25</b>
<b>PECES .....</b>	<b>25</b>
<b>BENTOS .....</b>	<b>29</b>
<b>PLANCTON.....</b>	<b>32</b>
<b>FITOPLANCTON .....</b>	<b>32</b>
<b>ZOOPLANCTON .....</b>	<b>33</b>
<b>6.2 CUERPOS DE AGUA LÉNTICOS (LAGOS Y COCHAS) .....</b>	<b>38</b>
<b>6.2.1 LIMNOLOGÍA.....</b>	<b>38</b>
<b>6.2.2 COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES</b>	
<b>HIDROBIOLÓGICAS</b>	
<b>PECES .....</b>	<b>40</b>

<b>BENTOS .....</b>	<b>42</b>
<b>PLANCTON.....</b>	<b>45</b>
<b>FITOPLANCTON .....</b>	<b>45</b>
<b>ZOOPLANCTON .....</b>	<b>46</b>
<b>6.3 ESTUDIO DE LA COMUNIDAD DE PECES (CUERPOS LÉNTICOS Y LÓTICOS.....</b>	<b>48</b>
<b>6.3.1 ESTUDIO TAXONÓMICO .....</b>	<b>48</b>
<b>6.3.1 ESTUDIO TRÓFICO .....</b>	<b>51</b>
<b>6.4 CALIDAD DE AGUAS POR INDICADORES BENTÓNICOS .....</b>	<b>55</b>
<b>VII CONCLUSIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>VIII RECOMENDACIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>IX AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>63</b>
<b>X BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>65</b>
<b>XI ANEXOS .....</b>	<b>70</b>
• <b>MAPAS</b>	
• <b>COORDENADAS UTM</b>	
• <b>FOTOGRAFIA DE ECOSISTEMAS</b>	
• <b>LÁMINAS PECES</b>	
• <b>INDICES COMUNITARIOS (PECES DE RIO)</b>	
• <b>INDICES COMUNITARIOS (PECES DE LAGOS Y COCHAS)</b>	
• <b>LISTADO ESPECIES DE PECES</b>	
• <b>INDICES COMUNITARIOS (PLANCTON DE RIOS)</b>	
• <b>INDICES COMUNITARIOS (PLANCTON EN LAGOS)</b>	
• <b>INDICES COMUNITARIOS (BENTOS RIOS y LAGOS)</b>	

## **RESUMEN**

El presente estudio resume los trabajos de campo realizados en diferentes cuerpos de agua durante la época seca, dentro de las áreas naturales protegidas Reserva Nacional Tambopata y Parque Nacional Bahuaja-Sonene en la selva suroriental de Perú (departamentos de Madre de Dios y Puno). Mediante un inventario biológico rápido, entre los meses de julio y noviembre del 2010 se describen la diversidad y el estado de conservación de las dos principales cuencas que surcan el área, los ríos Tambopata y Heath. Se colectaron datos y muestras en 18 estaciones ubicadas entre los 159 y 267 m de altitud considerando el canal de los ríos, las cochas y un reducido número de quebradas. Los peces fueron colectados con redes de arrastre a la orilla, agalleras y anzuelos, el bentos (macroinvertebrados) con red "Surber", y el plancton con red estándar (40 micras). En cada estación, se anotaron coordenadas (UTM) y se describió la limnología de los hábitats (pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y transparencia).

La riqueza de especies en peces fue de 148, 105 en ríos y 89 en lagos donde predominaron los órdenes *Characiformes* y *Siluriformes*. Para peces los ríos mostraron en general una mayor riqueza de especies que los lagos. En relación a la Cantidad de Pesca por Unidad de Esfuerzo (CPUE), que recoge el número de capturas por arrastre, fueron los ríos Heath y Azul los más productivos y Malinowski y Chuncho los menos. A su vez las cochas Cocococha y Sandoval mostraron los mayores índices de diversidad a diferencia de Treschimbadas que resulto ser la más abundante y la menos diversa mostrando una situación similar a Sachavacayoc. La especie *Moenkhausia dichroua* "sardina cola amarilla" fue la más abundante en lagos suponiendo el 48% de todas las capturas, mientras que en ríos fue la *Knodus* sp1 la más abundante con un 15% del total de capturas.

Para los resultados del fitoplancton se contabilizaron 114 especies, 73 especies correspondieron a los cuerpos lóticos (ríos) mientras que para lagos se registraron 52 especies. En total se registraron 59 especies de zooplancton, 37 en los lagos, y 30 especies en ríos. El bentos registró 30 familias o taxas, para ríos fueron reportadas 18 taxas, pertenecientes en su mayoría a la Clase Insecta. Los lagos registraron 20 familias.

De acuerdo a la composición del bentos se podría demostrar que la calidad de agua de La Torre y Azul presentaron el mejor grado de conservación y el río Malinowski el más bajo de todos los ríos. Referente a los lagos, Lagartococha (La Torre), presentó los mayores índices de calidad de agua y Condénado los más Bajos. Los índices de plancton en general indican buen estado de conservación de Palma Real y el curso bajo de Tambopata siendo Malinowski el más perjudicado. Los lagos que presentaron mejor grado de conservación fueron Lagartococha (La Torre) y Guacamayo (Heath) mientras Condénado y Sachavacayoc fueron los peor situados.

## **I.- INTRODUCCIÓN**

Los ecosistemas acuáticos se encuentran actualmente entre los más amenazados del planeta debido a la actividad humana (Saunders et al., 2002). Estos ecosistemas están sufriendo una enorme pérdida de biodiversidad (Harding et al., 1998). En este contexto, los peces continentales, el grupo más diverso de vertebrados, es también el que presenta la mayor proporción de especies amenazadas (Duncan y Lockwood, 2001).

La distribución de las especies y géneros de peces de agua dulce es de 4035 especies (705 géneros) en la región Neotropical a la que pertenece la Amazonía, considerada como la zona con mayor diversidad y endemismo de peces, y es señalada como una región de alta prioridad para la conservación (Lévêque et al. 2008, Lowe-McConnell, 1987; Olson et al., 1998). No en vano la cuenca

amazónica alberga la mayor diversidad de peces de agua dulce en el mundo, con aproximadamente 2.400 especies válidas (Leveque et al. 2008, Lowe-McConnell, 1987; Gery 1990; Schaefer, 1998).

La ictiofauna peruana es considerada una de las más ricas del mundo, (Ortega & Chang 1998, Ortega & Hidalgo 2008, Palacios & Ortega 2009), incluyéndose dentro de los cinco países más diversos, con algo más de 1000 especies de peces conocidas, la cuenca del Amazonas peruano presenta la mayor riqueza con 800 especies (84% del total registrado para Perú) (Ortega e Hidalgo, 2008).

La Región Hidrográfica Amazonas, ocupa 957,486 km<sup>2</sup> y está conformada por 84 cuencas que drenan al río Amazonas, constituido por 4 sistemas: el río Amazonas, Yurúa, río Purús y el Madre de Dios. (Senamhi, 2009).

La situación geográfica del eje fluvial Madre de Dios-Beni-Madeira (el mayor tributario del Amazonas) presenta una serie de singularidades. Por un lado, su cercanía a los Andes y por otro las caídas de agua en el Madeira, le confieren cierto grado de aislamiento y lo hacen propicio a la presencia de especies endémicas.

Hasta el momento se han registrado al menos unas 456 especies de peces para la región del río Madre de Dios (Ortega, 1992; Ortega, 1996; Guolding, Cañas, Barthem, Forsberg y Ortega, 2003) según revisión de V. Palacios (ACCA 2006). Por otro lado, la actual diversidad de peces amazónicos en la cuenca del río Madre de Dios podría incrementarse con recientes inventarios que se vienen desarrollando en distintos ecosistemas, tales como los Estudios de Impacto Socio Ambiental EISA realizados en el Lote 76 RC Amaraeri (Domus-HuntOIL), el tramo III de la carretera Interoceánica (IrsaSur) y otros trabajos de investigación (J Araújo tesis doctoral en proceso-Universidad de Huelva-España y UNAMAD Puerto Maldonado).

El presente trabajo hace una descripción de la diversidad y el estado de conservación de los cuerpos de agua en la selva sur oriental de Perú, en los

departamentos de Madre de Dios y Puno dentro de las áreas naturales protegidas R. N. Tambopata y P. N. Bahuaja-Sonene tributarios del río Madre de Dios (ver mapas 2 y 3) Además de los parámetros físicos y en general descripción de las estaciones de muestreo, también se consideraron las comunidades de peces, bentónicas (macroinvertebrados) y planctónica. Se analizaron sus índices comunitarios para estimar el grado de conservación de los diferentes cuerpos de agua. Los macroinvertebrados acuáticos muestreados en este trabajo, son ampliamente usados para determinar la calidad de las aguas mediante el uso de varios índices biológicos atendiendo a la presencia o ausencia de determinados taxones que no toleran contaminación de las aguas.

Además, se hace un estudio trófico de las comunidades de peces que pretende explicar el ciclo anual caracterizando las fluctuaciones naturales y diferenciándolas de las que pudieran generarse por la actividad humana.

Pese a que la densidad de población no resulta elevada (107 mil habitantes Dpt MDD 2008), las actividades que se realizan están transformando rápidamente esta cuenca. Algunas zonas evaluadas se encuentran sometidas a fuertes procesos de transformación como lo son la expansión de la frontera agrícola, el aprovechamiento forestal, la minería y la reciente construcción de la interoceánica sur que acelera todos los procesos anteriores.

## **II.- ANTECEDENTES**

De los documentos a los que se ha podido acceder para la elaboración de este informe, se desprende una generalizada falta de información e interés por estudiar o conocer los recursos hidrobiológicos de la RN Tambopata y el PN Bahuaja-Sonene. En la revisión de los estudios científicos generados en el departamento de Madre de Dios (Pitman, Lutz 2009) se indica que tan solo el 2.8% de los trabajos analizados se ocupan de los peces o temas hidrobiológicos. Tan solo los líquenes han recibido menos atención que los peces y otros temas como los referentes a plantas o mamíferos copan el 21.3 y el 16.6%

respectivamente del total de la producción científica. Sin embargo, al salir a campo se observa el creciente interés de la población local en conocer o compartir información sobre los recursos hidrobiológicos, principalmente los peces, que juegan un importante papel en la dieta y el autoconsumo.

Si bien es cierto que los volúmenes de desembarco de peces en Puerto Maldonado están muy por debajo de otros ciudades de la selva peruana (P ej.: 4 veces menor que Iquitos), también es cierto que las poblaciones rurales siguen dependiendo directamente de este recurso como fuente principal de proteínas.

Tomando como referencia el consumo per-cápita de pescado promedio en el mundo estimado por la FAO, que es de 15 kg/persona/año y el número de habitantes del departamento de Madre de Dios (ca. 100,000) tendremos una demanda anual aproximada de 1,200 toneladas (S. Tello IIAP 2002), sin embargo el volumen de desembarco registrado por Produce en Madre de Dios en el año 2008 fue de 311 toneladas.

Lo cierto es que estimaciones realizadas en poblaciones rurales de la selva peruana sitúan entre 140-280gr de pescado consumido por persona/día (CEDIA 2008). Se hace necesaria pues una revisión y actualización que permita conocer y manejar mejor este importante recurso.

El estudio hidrobiológico más relevante realizado en el área considerada en el presente informe fue el de Chang 1998 donde se muestreo ríos, lagos y cochas en Tambopata (Chuncho, Távara, Malinowski y La Torre) listando 232 especies de peces. Este estudio aplicó un elevado esfuerzo de muestreo puesto que consideró todos los cuerpos de agua, pescando con mallas grandes (50 mts) e incluso usando rotenona (barbasco), métodos no aplicados para el presente estudio.

Una revisión del 2006 (V Palacios) a partir de la base de datos disponible en el Museo de Historia Natural (San Marcos) sitúa en 206 especies las inventariadas en la RN Tambopata, que junto con el trabajo de Chang cifran en 252 el número de especies presentes en esta ANP (revisión Ronald Mendoza-AIDER).

C. Cañas realizó un interesante trabajo en la cocha Treschimbadas a lo largo del año 1996 inventariando 56 especies (C.I. No publicado), lo que convierten a este

cuerpo de agua en el más estudiado del área considerada. Datos no publicados sitúan en al menos 60 especies las registradas en esta cocha (tesis J Araujo).

También C Cañas dedicó esfuerzos en inventariar los recursos pesqueros del distrito de Tambopata haciendo un seguimiento de las principales especies comerciales, ayudando a conservar y manejar mejor este sector económico (informes 1996-2000).

Durante el año 2003 se realizó una evaluación del impacto que el mercurio derivado de la actividad minera estaba generando en la cuenca del río Malinowski (Barbieri 2005). La evaluación del contenido de mercurio en los sedimentos de las 10 estaciones consideradas, desde cabeceras hasta su desembocadura en el río Tambopata, superó los niveles permitidos en todos los casos. Los 150 especímenes de peces analizados presentaron resultados heterogéneos; grandes ejemplares de doncellas (*Pseudoplatystoma punctifer*), huasaco (*Hoplias malabaricus*) y bocachico (*Prochilodus nigricans*) superaron los niveles permitidos sin embargo el promedio se mantuvo bajo los niveles. Las carachamas (*Aphanotorolus sp*) y sapamamas (*Triportheus sp*) presentaron niveles de mercurio detectables pero inferior a los límites permitidos.

El primer gran estudio de las comunidades planctónicas en la cuenca del Madre de Dios es un trabajo de la Universidad San Marcos (Samanez y Zambrano 1995). En este estudio se colectaron parámetros limnológicos y muestras en el año 1991 en diferentes cuerpos de agua de la RN Tambopata (Katicocha y Cocococha), Bajo Madre (Sandoval) y otras zonas del departamento. En total se registraron para zooplancton 85 taxas para Rotifera y 27 para Cladocera y para fitoplancton 70 especies siendo las Chlorophytas las mejor representadas.

El proyecto CESVI-INDA realizó un estudio en los biotopos acuáticos en el territorio Ese-Éja (1995) entre los que se contabilizan áreas consideradas en este estudio (Cocococha, Palma Real, Tambopata, La Torre y Heath). Se estimaron parámetros físico químicos y se hizo un breve estudio sobre las comunidades de bentos y plancton así como un acercamiento a las pesquerías de las comunidades nativas. En total se determinaron 22 especies de fitoplancton, 10 en ríos y 13 en lagos enmarcadas en tres divisiones Chlorophyta, Euglenophyta y

Cyanophyta, mientras que el estudio de zooplancton determinó 9 especies, 3 en ríos y 8 en lagos dentro de las divisiones Rotifera, Cladocera y Copepoda (L Cruz 1995).

Dentro del proyecto de Lobo de Río (*Pteronura brasiliensis*) que viene desarrollando la Sociedad Zoológica de Frankfurt en nuestro departamento, se apoyó los trabajos de campo para la realización de una tesis de grado en la UNMSM (M. Velásquez 2007). Así se realizaron trabajos sobre la fauna de peces enfocada a la dieta del lobo en el río Palma Real, entre los ríos Patoyacu y el puesto abandonado de Enahuipa en los años 2000-01. En total se describieron 39 especies, siendo *Steindachnerina bimaculata* “lisa” la más abundante (39% de las capturas) seguida de *Bujurquina tambopatae* “bujurqui” y *Cynopotamus amazonus* “denton”.

En total se atribuyen unas 115 especies a Palma Real basados en los trabajos de campo del Museo de Historia Natural (San Marcos) (Ortega et al EARTHWATCH 2004)

Finalmente habría que señalar las 81 especies de peces registradas en el río Heath en los trabajos de campo realizados en 1992 (quebradas San Antonio, Shuyo, Juliaca, Cocha Picoplancha y el propio río Heath) (Ortega RAP W.P. C.I. 1994)

### **III.- UBICACIÓN E HIDROGRAFÍA**

Las estaciones consideradas en este estudio se ubican dentro de la cuenca del río Madre de Dios. Todos los puntos se encuentran dentro de las subcuencas del río Tambopata y Heath (tributarios del Madre de Dios) a excepción del lago Sandoval y el río Palma Real que pertenecen al mismo Madre de Dios. A continuación se describen los principales cuerpos de agua considerados (ver mapas 2 y 3).

**El Río Tambopata** se origina en el nevado de Shallullo, en el departamento del Cuzco y tiene una longitud de 408km. Su cuenca tiene una extensión de 589,355 ha en Madre de Dios representando el 6.92 % del área total del departamento. (ZEE MDD 2008). Por su margen derecha los principales afluentes son los ríos Elías Aguirre, (Chuncho) Villarreal y La Torre y, por la margen izquierda, el río Malinowski (ver mapas 2 y 3). Antes de su unión con el río Malinowski, el río Tambopata tiene el curso de agua trenzado, con ancho promedio de 200 m y máximo de 300 m. El sustrato aquí es areno pedregoso y el agua es clara, con una baja carga de sedimentos. Posteriormente tras el encuentro con el río Malinowski, el agua pasa a catalogarse como blanca (Sioli-1975) con una elevada carga de sedimentos, el sustrato ahora es limo-arcilloso y el curso de agua se vuelve meándrico con un ancho promedio de 350 m. El curso meándrico origina varias cochas como las evaluadas en este estudio (Condenado, Sachavacayoc, Cocococha y Treschimbadas, ver mapa 9).

El **río Malinowski** desemboca en el río Tambopata por su margen izquierda. Es un río de llanura amazónica con agua clara, sedimento areno-limoso y meandros que originan pequeñas cochas en su curso bajo. Su cauce varía entre 15 y 30 metros y posee una longitud de 130 km. Este río presenta una elevada presión humana y transcurre paralelo a la carretera interoceánica de donde salen numerosas trochas carrozables que posibilitan el acceso para el aprovechamiento de su cuenca principalmente por minería y madera. Entre la cuenca del río Malinowski y la parte baja del río tambopata, se distribuyen 122 concesiones mineras, (24.500 has, ZEE 2008) que junto con las dragas ocasionan un impacto directo en la turbidez del agua que se hace apreciable en la desembocadura de este en el río Tambopata. Durante los años 1995-2007 se calcula en 6.6 tm el oro producido en la cuenca del Malinowski lo que supone un vertido al medio de al

menos 13.2 tm de azogue (mercurio), un agente contaminante responsable del deterioro en el medio ambiente y de varias patologías en humanos (Roulet et al., 1999, Pfeiffer 1993). Conviene resaltar el hecho de que algunas explotaciones mineras cuentan con el sistema de retorta que permite el reciclaje del mercurio, sin embargo también es cierto que estos datos se basan en volúmenes declarados de oro (alrededor del 40% de la producción real,

Ascorra 2008). El río Malinowski constituye una barrera natural que ayuda a contener el avance hacia la RN Tambopata y el PN Bahuaja-Sonene (ver mapas 4, 5 y 6).

La **Quebrada Azul** es un pequeño afluente del río Malinowski que no posee impacto por la actividad humana. Con agua clara-negra que le confiere la elevada carga de materia orgánica. Tiene una longitud de unos 32 km siendo navegable en vaciante tan solo 3 horas con motor peque-peque (ver mapa 8).

El **río La Torre** tiene una longitud de 98 km naciendo en un sistema de aguajales. Posee agua blanca y sustrato arenoso. En su parte baja su curso origina un sistema de pequeñas lagunas próximas al puesto de control de la Torre. Estas lagunas poseen un régimen hídrico muy dependiente del río e incluso llegan a secarse en época seca. Estas lagunas (Cocha seca y Lagartococha, ver mapa 9) han sido monitoreadas en este estudio. En el presente estudio nos fue imposible surcar el río debido a su bajo caudal, así se tomaron muestras próximas a la desembocadura (dos vueltas)

La quebrada **Elias Aguirre (Chuncho)**, posee una longitud de 53 km donde nace en un sistema de colinas bajas. Posee un agua blanca-negra con una elevada carga de materia orgánica. Sustrato arenoso y un ancho en la desembocadura que oscila entre 5 y 20 metros.

El **Río Heath** desemboca por la margen derecha del río Madre de Dios delimitando la frontera internacional entre Perú y Bolivia. Nace en el departamento de Puno y tiene una longitud de 187 Km con ancho medio de 100 m y máximo de 150 m en su desembocadura. Su curso bajo próximo a la desembocadura, es un típico río de llanura amazónica con aguas blancas cargadas de sedimentos y sustrato areno-arcilloso. Presenta un curso serpenteante con migraciones laterales que generan numerosas cochas como Platanillal y Guacamayo (evaluadas en este trabajo, ver mapa 14) Su cuenca tiene una extensión de 53,837 ha en Madre de Dios representando el 0.63 % del área total del departamento (ZEE MDD 2008).

El **Río Palma Real** es afluente del río Madre de Dios por su margen derecha. Posee agua blanca, sustrato areno arcilloso y un ancho medio de entre 15 y 30 metros. Con una longitud de 126 km, nace en un sistema de aguajales próximo a la cabecera del río La Torre (ver mapa 13).

Las cochas evaluadas se encuentran, en el curso bajo de los ríos Tambopata (Condenado, Sachavacayoc, Cocococha, Treschimbadas), La Torre (Cocha seca y Lagartococha), Madre de Dios (Sandoval) todas ellas ubicadas dentro del la RN Tambopata y en Heath (Guacamayo y Platanillal) en el PN Bahuaja-Sonene. Las más influenciadas por la actividad turística son las cochas de Tambopata y Sandoval. A continuación se hace una descripción física de estos cuerpos de agua para lo cual se utilizaron mediciones con GPS y software asociado (MapSource 6.13.7, Garmin)

Tabla I: Características fisiográficas de los lagos evaluados. Época seca 2010.

<b>Unidades (m)</b>	<b>Longitud</b>	<b>Ancho Máximo</b>	<b>Perímetro</b>	<b>Profundidad media</b>
<b>Treschimbadas</b>	2'680	310	5'220	3.5
<b>Cocococha</b>	2'634	378	5'648	4
<b>Condenado</b>	379	135	995	0.75
<b>Sachavacayoc</b>	1'450	253	3,520	2.5
<b>Sandoval</b>	3'054	835	7'074	7
<b>Lagartococha</b>	532	78	1'372	0.5
<b>Platanillal</b>	1'097	47	2'567	0.5
<b>Guacamayo</b>	2'034	69	4'123	4.5

#### **IV. - OBJETIVOS**

El trabajo expuesto en este informe se fija como metas actualizar el conocimiento acerca del estado de conservación de los cuerpos de agua de la RN Tambopata y el PN Bahuaja-Sonene. Mediante técnicas actualizadas se medirán distintos parámetros abióticos (pH, T<sup>a</sup>, Turbidez, conductividad y descripción de los hábitats) así como bióticos (inventario y composición de las comunidades de peces, bentos y plancton). Se creará así un banco de datos que permita caracterizar la dinámica de estos cuerpos de agua para diagnosticar su estado de conservación, creando una línea hidrobiológica base del área. Puesto que este monitoreo se realizó en época seca, una vez completado el ciclo anual, se podrán definir las fluctuaciones naturales de las ocasionadas por la influencia humana para poder monitorear el posible impacto que se este ejerciendo en el área.

### V. - MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un reconocimiento de la zona para determinar cuáles podrían ser los lugares propicios para la evaluación, basándose en cartografía (cartas nacionales 1:100000, 1:25000), la representatividad del área y el gradiente altitudinal. Se fijaron así 39 estaciones de muestreo para pesca distribuyéndose según el cuadro adjunto (Anexos: Cuadro I Estaciones de Muestreo). Durante la época seca del

	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre
<b>Heath</b>	■ ■				
<b>La Torre y Tambopata</b>		■			
<b>Tambopata y Chuncho</b>			■		
<b>Azul y Malinowsqui</b>					■
<b>Alto Tambopata y Távara</b>					■
<b>Palma Real</b>					■
<b>Condenado</b>				■	
<b>Sandoval</b>				■	
<b>Treschimbadas</b>				■	
<b>Cocococha</b>				■	
<b>Sachavacayoc</b>				■	

Trabajo de Campo 

Tabla II. Cronograma de muestreos

2010 y siguiendo el cronograma adjunto (Tabla II) en total se evaluaron 39 puntos; 30 en ríos y 9 en cochas.

Los puntos de pesca en río fueron agrupados en 8 estaciones siguiendo criterios de proximidad y similaridad de hábitats, así tenemos las siguientes áreas: Távara, Chuncho, Alto Tambopata, Medio Tambopata, La Torre, Azul, Malinowski y Heath. Debido al escaso caudal del río La Torre fue imposible surcarlo y realizar la pesca al igual que en Palma Real donde un fuerte friaje impidió realizar las faenas. Por otro lado fueron muestreados 9 cuerpos lénticos (Lagos y Cochas); 4 cochas en Tambopata (Treschimbadas, Condenado, Cocococha, Sachavacayoc), 2 en La Torre (Cocha seca y Lagartococha) una en Madre de Dios (Sandoval) y 2 en Heath (Platanillal y Guacamayo). En esta última cocha de Guacamayo junto con Lagartococha no se pudo realizar la pesca por no contar esta con botes.

Además, en cada punto de muestreo se realizaron las siguientes acciones: Ubicación de cada EM con coordenadas geográficas en UTM y altitud, empleando un GPS Garmin e-trex (Sistema WGS 84), colecta de datos limnológicos, peces, bentos y plancton según se expone a continuación.

## **5.1 DATOS LIMNOLÓGICOS**

Registro de las características físicas del medio acuático: Tipo de ambiente (lótico o léntico), tipo de agua (blanca, negra o clara), ancho, profundidad, color aparente del agua, transparencia, tipo de sustrato, tipo y magnitud de las orillas, vegetación ribereña predominante y tipo de hábitat del punto de muestreo. Medición superficial del agua y por triplicado a lo ancho del cauce de los parámetros fisicoquímicos (conductividad, pH, temperatura, turbidez y concentración de oxígeno disuelto) con sonda multicombo “Hanna” y kit colorimétrico LaMotte de oxígeno disuelto.

### **5.1.1 COLECTA DE PECES**

La colecta de peces se realizó de acuerdo al protocolo descrito en el programa AquaRap (Chernoff 1998), y las sugerencias de Barthem et al. (2003), es decir al menos 5 arrastres por estación de muestreo. Para las colectas de peces se empleó una red de arrastre a orilla de 10m x 1,5m de malla 10mm, red atarraya de 2 brazas, redes de espera de 20 m x 2m, redes de mano tipo calcal y anzuelos. Se realizó la pesca de arrastre hacia las orillas y al centro del cuerpo de agua dependiendo de la corriente y el ancho del río, también por remoción manual del fondo. Los peces registrados fueron contados y fijados en formol al 10% (inyectados si su longitud superó los 15 cms) durante 48 horas y posteriormente se acondicionaron envueltos en gasa empapados con alcohol al 70 % y empacados en bolsas plásticas.

### **5.1.2 COLECTA DE BENTOS (MACROINVERTEBRADOS)**

El bentos integra al grupo de organismos que habita de manera fija o errante el lecho o la superficie de un cuerpo de agua o sustrato y que alcanzan un tamaño de entre 3 y 5 mm o mayor. Para la colecta de organismos bentónicos se empleó una red Surber de 1000  $\mu$ m de abertura de malla, la cuál se coloca en el fondo de la quebrada o río removiéndose el fondo para que los organismos se depositen en la red (tres réplicas por estación). Cada muestra se fija en alcohol al 70%.

### 5.1.3 COLECTA DE PLANCTON

El Plancton, compuesto por el zoo y fitoplancton habita la columna de agua y superan las 50  $\mu\text{m}$  de tamaño. El plancton se colecta por filtrado de 50 L de agua a través de una red cónica de 40 $\mu\text{m}$  de abertura de malla. Las muestras fueron almacenadas en frascos de plástico, etiquetados y fijados con formol al 4% para su posterior separación e identificación de los organismos.

Para el análisis de bentos y plancton se tomaron 18 estaciones 6 cuerpos lénticos y 12 lóticos.

La limpieza, separación, identificación, distribución y catalogación del material biológico obtenido se realizó en los Departamentos de Ictiología y Limnología respectivamente de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) y su depósito sistematizado en las colecciones correspondientes del Museo de Historia Natural (MUSM).

### 5.1.4 ÍNDICES COMUNITARIOS

La diversidad de especies es un valor que combina la riqueza de especies y el balance de la comunidad (equidad). Valores altos de la diversidad de especies indican usualmente comunidades bien balanceadas y diversas, mientras que valores bajos indican estrés o impacto. A continuación se enumeran y se exponen los cálculos de los índices de densidad, incluyéndose el número de ejemplares por muestra (**abundancia**), número de especies (**riqueza**) e índices importantes que a menudo están directamente relacionados con la calidad de agua. Se calcularon los índice de diversidad de **Shannon-Wiener ( $H'$ )**, **índice de riqueza de Margalef ( $d$ )** y **equitabilidad de Pielou's ( $J$ )** respectivamente. La aplicación de

estos índices, los cuales reducen gran cantidad de información a un solo valor por estación de muestreo, facilita la comparación entre sitios y entre épocas.

a. La diversidad de especies por estación de colecta, mediante el uso del **índice de Shannon-Wiener ( $\log_2$ )**

Este es un método ampliamente usado para calcular la diversidad biótica en los ecosistemas acuáticos y terrestres, y es expresado como:

$$H = - \sum_i^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

Donde: **H**= índice de diversidad de especies, **s**= número de especies, **p<sub>i</sub>**= proporción del total de la muestra perteneciente a su especie.

Un valor alto de **H'** indica una diversidad alta, influenciado por una gran cantidad de especies o una distribución más equitativa de estas. El valor del índice es cero en los casos en que todos los individuos recogidos pertenecen a una sola especie (es decir, mayor dificultad de pronóstico).

b. La riqueza de especies por estación de colecta, mediante el uso del **índice de Margalef**. Este es el número total de especies o taxa encontrados en la muestra. Valores de riqueza de especies altos están mayormente asociados a condiciones de aguas de buena calidad.

$$d = (S - 1) / \ln N$$

Donde d= índice de riqueza, S= número de especies, N= número de individuos de la muestra

e. La homogeneidad en cada estación mediante el uso del índice de **equitabilidad de Pielou's ( $J'$ )**, también conocida como uniformidad, es la repartición o

distribución igualitaria de los individuos entre las especies presentes. En la ecuación de equitatividad o uniformidad, el valor de J se sitúa entre 0 y 1.0, donde 1.0 representa una situación en la que todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001).

La fórmula es:

$$J' = H' / \log_2 S$$

Donde S = es el número máximo de especies en la muestra.

A su vez las muestras de **Bentos** (macroinvertebrados) son ampliamente usados para estimar la calidad de un ambiente acuático. Es posible que un vertido haya sido ya lavado por la corriente de agua y sin embargo sus efectos si pueden ser estimados atendiendo a la comunidad acuática presente. En el caso del bentos se conocen relativamente bien los niveles de tolerancia de determinadas taxas (Roldan 2003). El trabajo expuesto aquí agrupa la calidad de las aguas atendiendo a dos de esos índices **EPT** y **BMWP**. El índice EPT nos da la riqueza relativa presente de los órdenes de baja tolerancia a la contaminación Ephemeroptera, Plecoptera, y Trichoptera en las muestras analizadas (Ortega, Palma et al 2007)

El índice biótico Modificado para Colombia (BMWP) contabiliza el total de la comunidades bénticas tolerantes a la contaminación: >150, 101-120 (Buena), 61-100 (Aceptable), 36-60 (Dudosa), 16-35 (Critica), <15 (muy critica) (Alba-Tecedor 1976)

Estas metodologías usadas en este trabajo han sido aplicadas en otras evaluaciones ambientales (EIAs Lote 88, Lote 56, Lote 57 y 90), y en estudios de biodiversidad (Salcedo et al., 1999; Hidalgo & Velásquez, 2006), entre otros.

## VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 CUERPOS DE AGUA LÓTICOS (RÍOS)

#### 6.1.1 LIMNOLOGÍA

A continuación se presentan los resultados físico químicos del agua evaluada en el canal principal de los ríos resumidos en la tabla III.

Tabla III. Datos limnológicos (media  $\pm$  s.d.) procedente de los cuerpos de agua lóticos (Ríos) considerados en el estudio

Estación	N	Altitud (msnm)	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mgr/L)	Conductividad ( $\mu$ s/cm)E-3	pH	Transparencia Secchi (cm)	Corriente(m/s)
Távara	2	261-254	26.3 $\pm$ 1.2	7.5 $\pm$ 0.1	40 $\pm$ 5.7	7.2 $\pm$ 0.5	19.5 $\pm$ 6.4	1.0 $\pm$ 0.3
Chuncho	2	198-193	28.6 $\pm$ 0.5	7.1 $\pm$ 0.4	66.0 $\pm$ 11.3	7.5 $\pm$ 0.1	69.0 $\pm$ 4.0	0.1 $\pm$ 0.0
Azul	1	229-223	28.6 $\pm$ 0.0	7.2 $\pm$ 0.0	6.0 $\pm$ 0.0	7.3 $\pm$ 0.0	80.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.0
Malinowski	4	237-220	31.0 $\pm$ 0.9	6.5 $\pm$ 0.3	28.3 $\pm$ 15.8	7.3 $\pm$ 0.2	6.6 $\pm$ 0.3	0.6 $\pm$ 0.1
Alto Tambopata	5	254-179	28.9 $\pm$ 2.0	7.5 $\pm$ 0.4	63.6 $\pm$ 3.8	7.5 $\pm$ 0.3	94.3 $\pm$ 70.6	1.1 $\pm$ 0.2
Medio Tambopata	9	179-165	28.0 $\pm$ 2.1	6.7 $\pm$ 0.2	57.1 $\pm$ 15.3	7.1 $\pm$ 0.5	34.0 $\pm$ 31.4	0.9 $\pm$ 0.3
La Torre	2	169	27.6 $\pm$ 0.6	7.7 $\pm$ 0.1	51 $\pm$ 1.4	7.1 $\pm$ 0.5	<b>Total</b>	0.8 $\pm$ 0.0
Heath	5	158-170	21.5 $\pm$ 5.9	7.0 $\pm$ 0.0	80.7 $\pm$ 19.3	6.3 $\pm$ 0.1	35.0 $\pm$ 26.0	1.2 $\pm$ 0.2

N, número de muestras

Los valores de pH y conductividad dependen de las sales y los iones disueltos del agua, que esta va adquiriendo a lo de su recorrido por la cuenca. Conforme el curso de agua va internándose en la llanura amazónica, esta va perdiendo esta carga iónica y transfiriéndosela a la biomasa vegetal ripariana (Galvis et al, CI 2006). De acuerdo con esta premisa, se observa una bajada de los valores de conductividad conforme bajamos el curso del Tambopata (de Alto a Medio, ver grafica I).

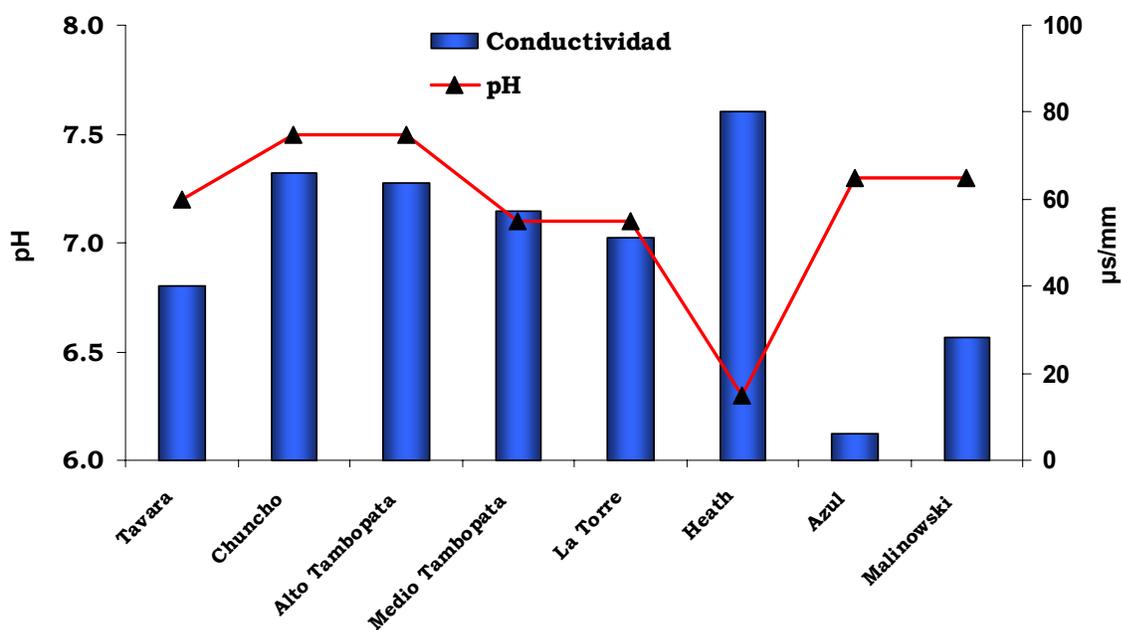


Figura I: Niveles de pH y Conductividad para los cuerpos lénticos (Lagos)

Por otro lado, estos parámetros también se ven afectados por la geología de cada cuenca hidrográfica y el río Heath presenta la mayor variación en los valores de conductividad y pH probablemente por ser el cuerpo de agua más apartado y geológicamente más diferente. Por otro lado conviene recordar las grandes variaciones que estos valores sufren como consecuencia de fuertes lluvias esporádicas, que tienden a disminuir los valores de conductividad como ocurrió en el Távara donde se caracterizó una pequeña creciente. Probablemente los

valores medios del Távara sean algo superiores a los registrados en este monitoreo. Heath registró el valor más alto de conductividad y el más bajo de pH. Chuncho y Alto Tambopata presentaron los valores más altos de pH, mientras que Azul mostró los valores más bajos de conductividad (coincidiendo con una lluvia esporádica).

El oxígeno se encuentra inversamente relacionado a la temperatura de tal forma que un aumento en la temperatura del agua implica una bajada de oxígeno ya que lo acerca más a su punto de saturación favoreciendo su dilución y escape al aire (McKinsey & Chapman, 1998). La turbidez y remoción de sustrato en los cauces de los ríos disminuye la capa fótica, es decir la capacidad de los rayos del sol de penetrar al agua impidiendo que la biomasa vegetal realice la fotosíntesis y disminuyendo el aporte de oxígeno. Así con todo, Malinowski presenta los valores más bajos de oxígeno y esto puede ser atribuible a que también registró los mayores valores de temperatura y turbidez de todos los cuerpos de agua evaluados (ver figura II y tabla III).

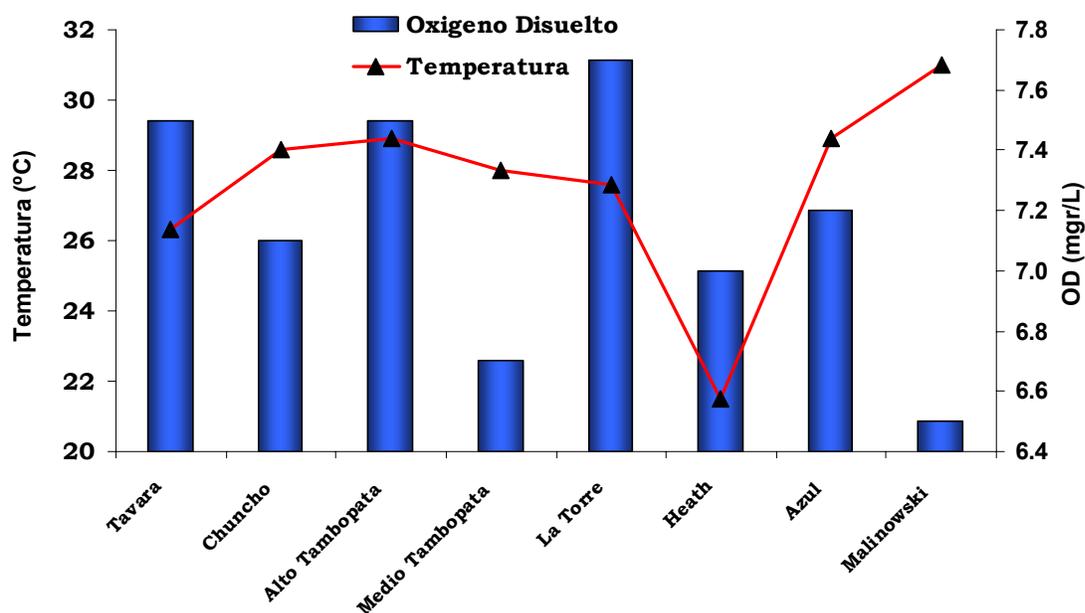


Figura II: Niveles de Oxígeno Disuelto y Temperatura para los Ríos

La correntada elevada así como el tipo de sustrato del lecho (pedregoso) favorecen el aumento en los índices de oxígeno disuelto. Malinowski presentó una de las más baja correntadas y además su lecho es areno-arcilloso todos estos factores en conjunto indican una menor presencia de oxígeno disuelto. El promedio en los niveles de oxígeno del río Malinowski registraron una bajada de medio punto respecto de los valores del 2003, así como una duplicación de los valores de conductividad (Barbieri 2005). Este fenómeno está correlacionado con el aumento de los sedimentos en suspensión, sin embargo, sería necesario completar el ciclo anual para poder validar esta conclusión. Se registró también un exagerado decrecimiento en los índices de oxígeno de la parte a Alta de Tambopata a la Baja, correlacionado con un incremento de la temperatura y el cambio de sustrato (de pedregoso a arenoso). La Torre presentó los mayores valores de oxígeno disuelto coincidiendo con una transparencia total del agua en la estación evaluada mediante el disco de secchi.

## **6.1.2 COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES**

### **HIDROBIOLÓGICAS (RÍOS)**

#### **PECES**

Factores ambientales como la física química del agua así como la disponibilidad de alimento condicionan la composición de las comunidades de peces. Esto nos puede ayudar a conocer mejor el estado de conservación de los cuerpos de agua caracterizando así las fluctuaciones anuales que ocurren de forma natural y detectando posibles anomalías en el sistema.

En los ambientes lóticos (ríos) se capturaron 1990 especímenes y atendiendo a las especies más comunes, *Knodus sp1* fue el más abundante (15% del total de las capturas). Conjuntamente con *Anchoviella sp*, *Aphanotorulus unicolor* (láminas foto 49), *Creagrutus changae* (láminas foto 30), *Knodus breviceps* (láminas foto 29),

*Moenhhausia sp* y *Thoracocharax stellatus* (láminas foto 28) supusieron el 37% del total de las capturas. (Ver anexos tabla Va)

La figura III nos muestra la variación de la abundancia (número de capturas) y la riqueza (número de especies) estimados en cada estación para los cuerpos de agua lóticos. Se observa un aumento paulatino conforme bajamos el río Tambopata (Távvara-Alto Tambopata-Medio Tambopata) siendo máximo en la parte baja. El concepto de río continuo (Vannote et al. 1980) explica que en la parte alta la dieta de la comunidad de peces depende más de los aportes alóctonos (del bosque al río), en forma de frutos e insectos principalmente, mientras que al bajar el río, la elevada carga de materia orgánica disuelta es capaz de abastecer a una mayor biomasa de peces incrementándose así los valores de abundancia y riqueza.

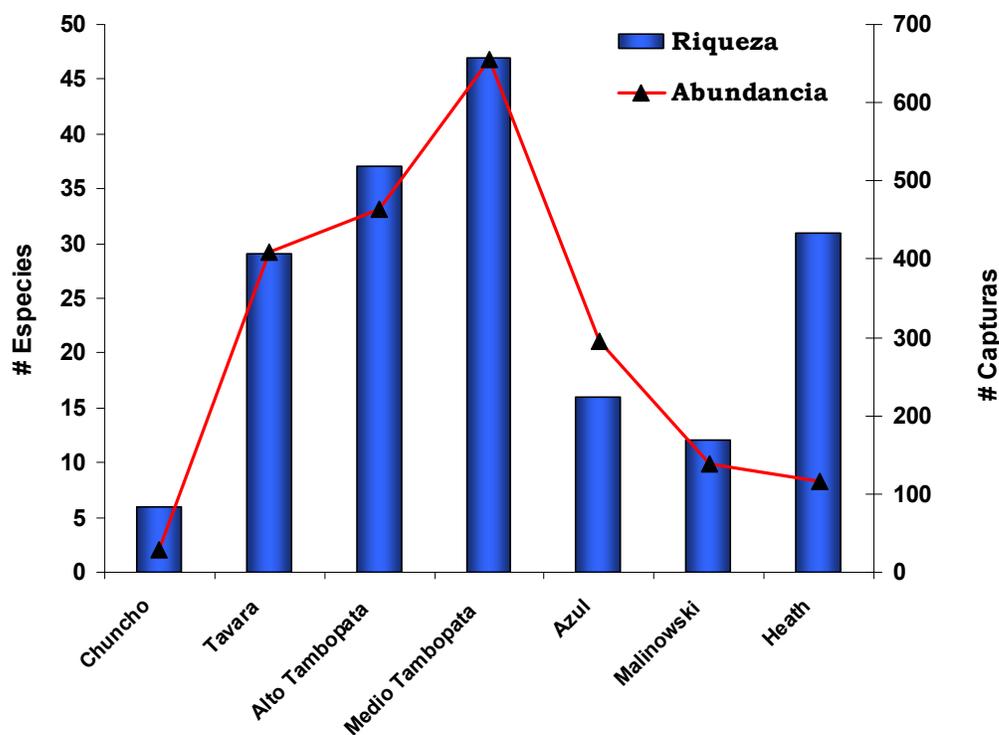


Figura III. Índices de Abundancia (# de capturas) y Riqueza (# de especies) para las especies de peces en las estaciones ubicadas en los Ríos.

La quebrada Chunchu mostró los valores más bajos en cuanto a riqueza y abundancia. El bajo caudal impidió localizar buenos puntos de pesca ni realizar suficientes arrastres haciendo recomendable un entrada en otra época más favorable. Heath mostró una elevada abundancia pero no una buena riqueza de especies. Durante la expedición a Heath sufrimos un fuerte friaje con temperaturas ambientales que bajaron hasta los 10 °C. Este factor pudo influir negativamente en los resultados obtenidos. Tras Chunchu, Malinowski presentó los valores más bajos registrados. En la figura IV se expone la cantidad de pesca por unidad de esfuerzo (CPUE), es decir el número de capturas por arrastres realizados. Este es un ensayo para estimar la riqueza pesquera. Atendiendo a los datos de CPUE el río Malinowski vuelve a ser el menos rico de todos los muestreados y también se corrobora en parte la tendencia de aumento de abundancia pesquera conforme bajamos el río (Alto y Medio Tambopata). El río Azul fue el más productivo de todos los muestreados.

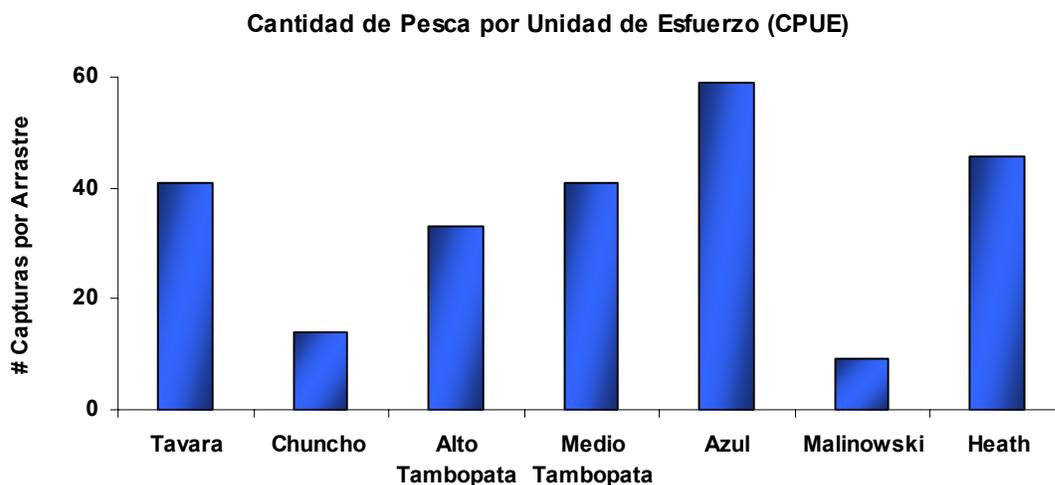


Figura IV Cantidad de Pesca por Unidad de Esfuerzo para los peces en las distintas estaciones ubicadas en los ríos.

Los índices de diversidad muestran al Medio Tambopata como el que presenta los mejores índices de riqueza de especies (Shannon-Wiener) (ver figura V). Sin embargo, atendiendo al índice de equitatividad (Pielou), es el Távvara el que posee la comunidad de peces mejor balanceada, esto implica que hay menos dominancia de unas especies sobre otras. La presencia de unas pocas especies de peces generalistas con una elevada abundancia se correlaciona habitualmente con ecosistemas deteriorados (Soto-Galera et al. 1998). De nuevo Chunchu resulta ser el menos balanceado seguido del propio Malinowski que presenta el segundo valor más bajo de equitatividad. Para ilustrar esta situación se puede añadir que 5 de las 12 especies registradas en Malinowski supusieron el 80% del total de las capturas. Esto indica un desbalance en la comunidad que desplaza a especies más especializadas a favor de otras oportunistas con menos requerimientos y que se puede relacionar con un deterioro ambiental.

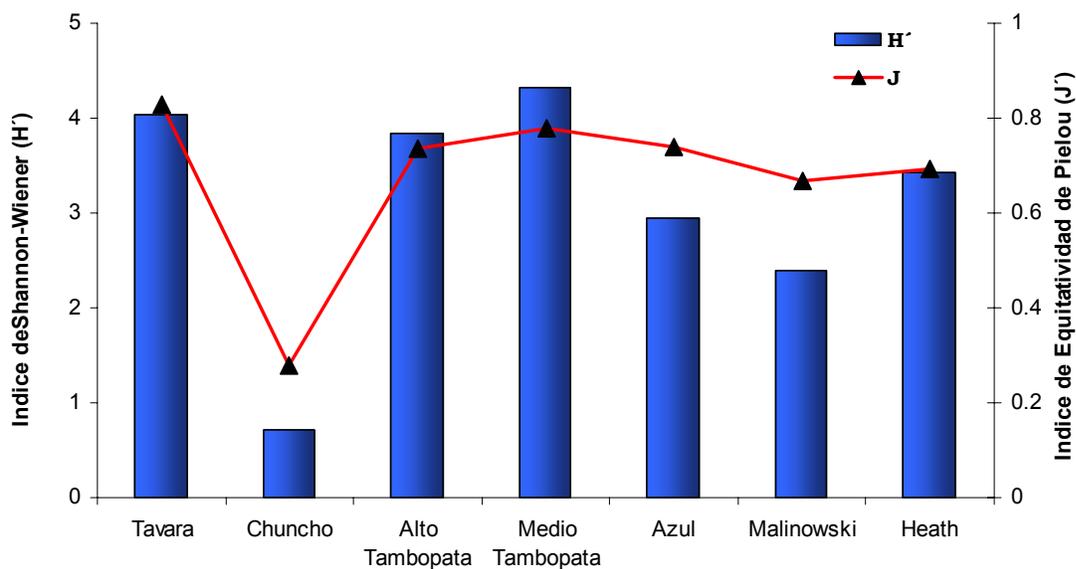


Figura V. Índices de diversidad biológica para las especies de peces en ríos.

## BENTOS EN RÍOS

El estudio de los macroinvertebrados en ríos contabilizó 252 especímenes y 18 familias o taxas, distribuidas en; 1 phylum (Arthropoda) 2 clases y 8 órdenes, pertenecientes en su mayoría a la Clase Insecta (ver anexos tabla VII)

Los principales factores que controlan la distribución y la colonización de la biota acuática son la velocidad de la corriente, profundidad o altura del agua, régimen lumínico y de temperatura, pH, conductividad eléctrica y sobre todo estabilidad del sustrato (pedregoso o arenoso).

En general se observa mayor riqueza de especies en cuerpos con baja velocidad de corriente que permite la colonización y permanencia del bentos si el sustrato no es inestable (fondo blando) que impida la colonización y permanencia de este importante grupo en las redes tróficas.

Los índices de diversidad biológica se resumen en la tabla IX. La quebrada Azul muestra la mayor riqueza de especies mientras que Chunchu posee la mayor abundancia. Heath y Malinowski presentan los valores más bajos en cuanto a abundancia y riqueza (figura VI)

Tabla IX. Índices de diversidad biológica para las taxas de bentos en Ríos

Estación ID	Abundancia (numero por metro cuadrado)	Numero de taxas	Índice Shannon Weiner	Índice de Margalef	Índice de Equidad (J')	Porcentaje de EPT Taxa
La Torre	30	6	2.50	2.40	0.97	33
Chunchu	381	5	0.31	0.86	0.14	40
Playa Heath	7	2	1.00	1.44	1.00	0
Alto Malinoswky	26	2	0.59	0.51	0.59	0
Río Azul	152	7	2.19	1.62	0.78	43
Bajo Malinoswky	7	2	1.00	1.44	1.00	0
Palma Real	0	0	0.00	0.00	0.00	0
Távora	26	4	1.84	1.54	0.92	25
Alto Tambopata	22	4	1.79	1.67	0.90	75
Brazo Tambo	281	6	1.21	1.15	0.79	17

Atendiendo a los valores de Shannon-Wiener La Torre es el más diverso seguido de Azul, mientras que Chuncho y Alto Malinowski presentan los valores más bajos (figura VII).

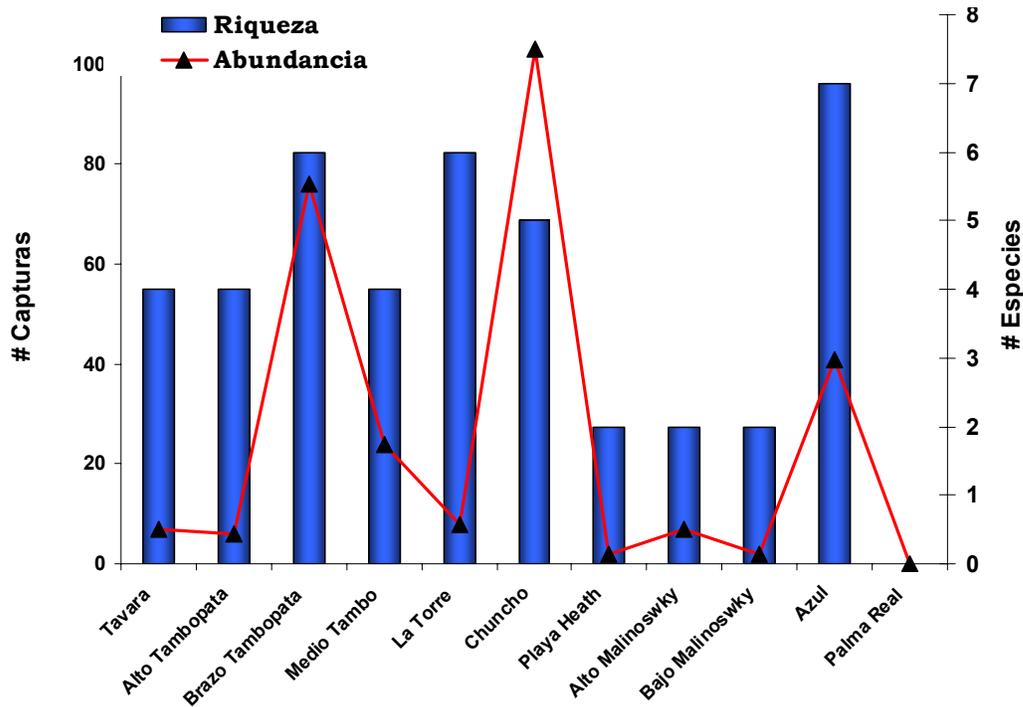


Figura VI. Índices de Abundancia (# de capturas) y Riqueza (# de especies) para las taxas de Bentos en Ríos.

En cuanto al índice de equitavilidad de Pielou se sitúan en Chuncho y a Medio Tambopata las comunidades menos balanceadas (Figura VII). Los valores de equitavilidad para Heath y Bajo Malinowski son máximos pero sin embargo no son fiables puesto que se basan en únicamente 2 capturas cada uno. La Torre sería el mejor rankeado para este parámetro.

La estación Palma Real no registro organismos al momento del análisis.

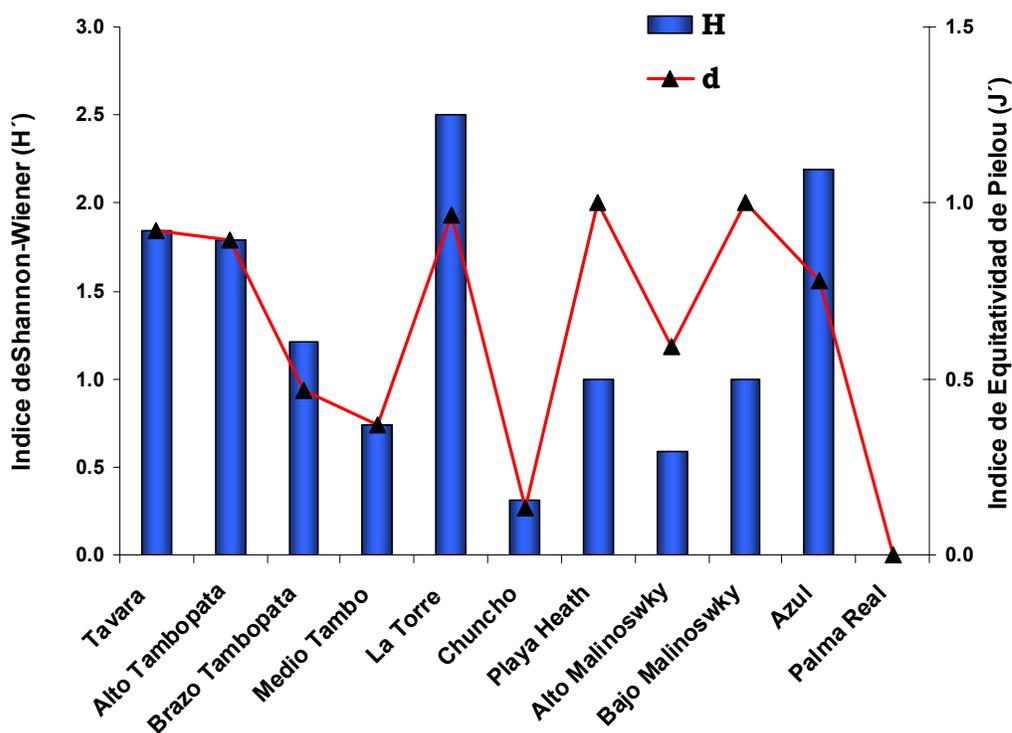


Figura VIII. Índices de diversidad biológica para las taxas de Bentos en ríos.

Observando los valores de porcentaje de las taxas indicadoras de ambiente acuático saludable, los *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, y *Trichoptera* (EPT), son Chuncho y Azul los mejor representados mientras que en Heath no se contabilizó ningún taxón.

## PLANCTON EN RÍOS

Se registraron en total 113 especies de plancton distribuidos en:

- a) 83 especies de fitoplancton agrupadas en 6 Divisiones de algas: Bacillariophyta (37spp), Chlorophyta (31spp), Cyanophyta (12spp), Chrysophyta (1sp), Rhodophyta (1sp) y Xanthophyta (1sp).
- b) 30 especies de zooplancton agrupadas en 4 Phylla: Arthropoda (3spp), Nemata (1sp), Protozoa (8spp), Rotífera (18spp).

## FITOPLANCTON EN RÍOS

Para los resultados del fitoplancton en ríos se estimaron 25980 individuos enmarcados en 5 divisiones, 31 familias para un total de 73 especies. Chunchu presentó los valores más altos de riqueza y abundancia y Alto Tambopata los menores (figura IX). Estos resultados se pueden correlacionar con la correntada de las aguas ya que en términos de plancton se afirma que la biomasa presente esta directamente relacionada a la edad de esa misma agua (Eddy, 1931) y atendiendo a los niveles de correntada seria la estación Chunchu una de las más someras. Completamente opuesto a lo que ocurre en Alto Tambopata. Las algas verdes (Chlorophyta) estuvieron presentes en todas las estaciones, las diatomeas (Bacillariophyta) también excepto en el Río Malinowsky, las cianofitas (Cyanophyta) excepto en el río Azul, las algas doradas (Chrysophyta) sólo se registraron en el río Palma Real, las algas rojas (Rhodophyta) en los ríos Alto Tambo, La Torre y Távara, y las algas verdes-amarillas (Xanthophyta) sólo en San Antonio (Heath).

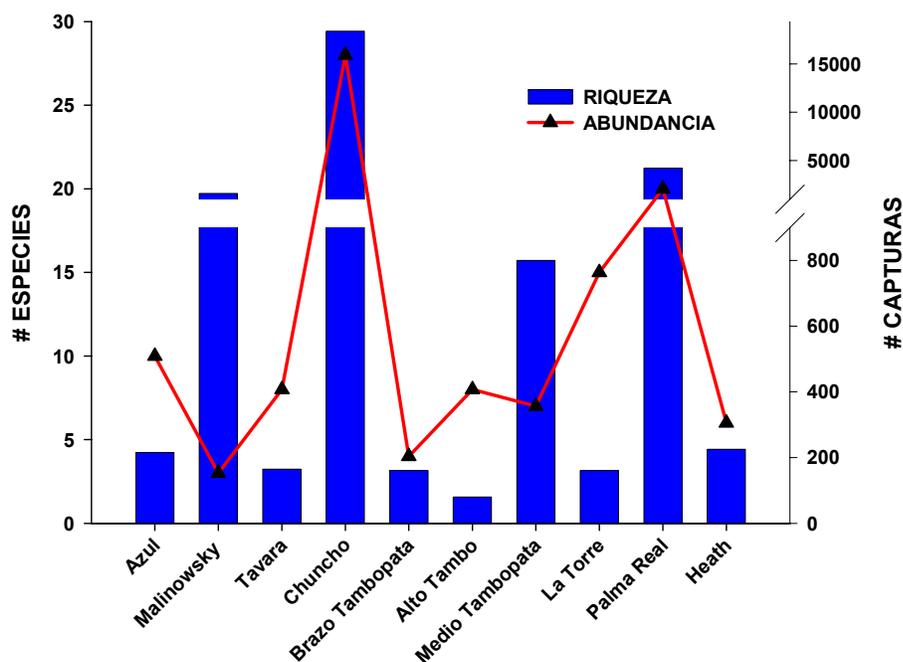


Figura IX. Índices de Abundancia (# de capturas) y Riqueza (# de especies) para las especies de Fitoplancton en Ríos.

Atendiendo a los valores de diversidad de la comunidad, Palma Real presenta el mayor índice de Shannon sin embargo, Medio Tambopata es el que posee las comunidades mejor balanceadas. Por abajo tenemos los peores resultados registrados para Malinowski tanto en equitatividad de Pielou como Shannon (figura X).

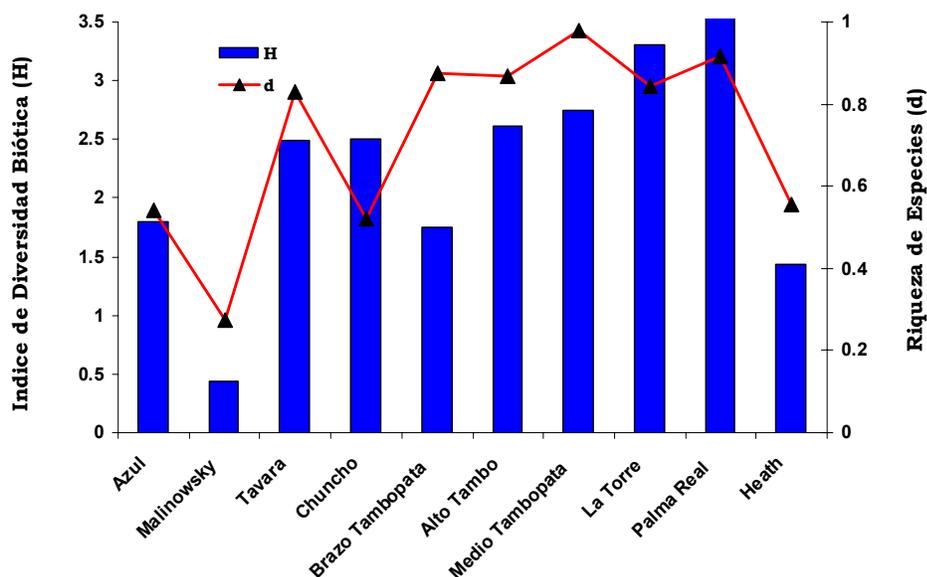


Figura X. Índices de Índices de diversidad biológica para las especies de Fitoplancton en Ríos.

## ZOOPLANCTON EN RÍOS

Para los resultados del zooplancton en ríos se estimaron 5037 individuos en 4 divisiones, 20 familias para un total de 30 especies. Palma Real mostró los mayores valores riqueza y abundancia seguido por Chuncho. Azul, Malinowski y Tambopata fueron con una única especie registrada cada una, las estaciones menos representada (figura XI). Los protozoarios (Protozoa) y rotíferos (Rotifera) estuvieron presentes en casi todas las estaciones. Los protozoarios en los ríos Alto Tambo, Braza del Tambopata, Chuncho, Palma Real, San Antonio y Medio

Tambopata y los rotíferos en Brazo del Tambopata, Chuncho, Azul, La Torre, Palma Real y San Antonio. Los artrópodos (Arthropoda) se registraron en los ríos Chuncho, La Torre, Palma Real, San Antonio y Távora, y los nematodos (Nemata) en los ríos Chuncho, Malinowsky, Palma Real .

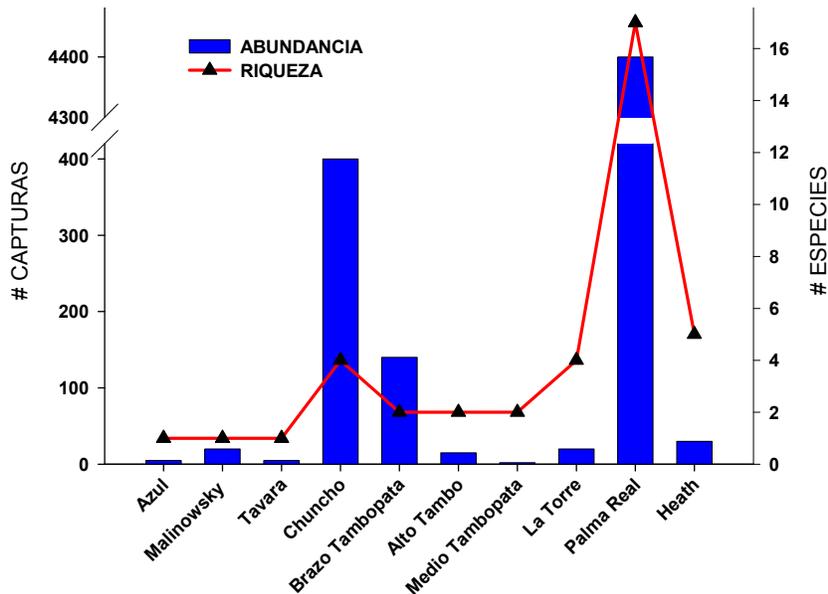


Figura XI. Índices de Abundancia (# de capturas) y Riqueza (# de especies) para las especies de Zooplancton en Ríos.

Palma Real presentó el mayor índice de Shannon siendo Azul, Malinowski y Távora los menos representados. Chuncho presentó las comunidades mejor balanceadas mientras que la escasez de capturas mostró a Malinowski, Távora y Azul como las menos equilibradas (figura XII)

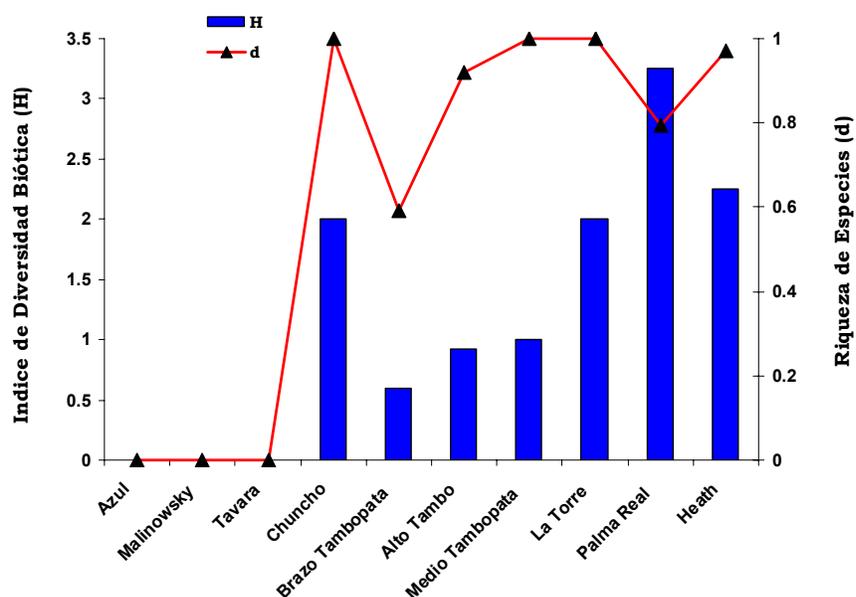


Figura XII. Índices de diversidad biológica para las especies de Fitoplancton en Ríos.

## DISCUSIÓN DE DATOS DE PLANCTON EN RÍOS POR ESTACIONES:

### RIO AZUL-MALINOWSKY

En el río Azul, el fitoplancton estuvo dominado por clorofitas (79.1%), seguido de diatomeas (20.9%); y el zooplancton fue únicamente rotíferos (100%). Los valores de diversidad y abundancia fueron bajos y en la comunidad dominaba la clorofita *Palmella mucosa* y sólo se registro al rotífero *Cephalodella sp.*

La dominancia de clorofitas indicaría la gran disponibilidad de nutrientes en el agua y condiciones eutróficas y los rotíferos indicarían cierta acidez.

En cambio, en el rio Malinowsky, aguas abajo de la confluencia del rio Azul, las cianofitas (98.7%) y nematodos (100%) fueron dominantes. Los valores de diversidad fueron los más bajos, y la comunidad estuvo dominada sólo por la cianofita *Leptolyngbya sp.*

La dominancia de Oscillatoriales (cianofitas) indicaría la gran disponibilidad de nutrientes en el agua y condiciones eutróficas, y los nematodos gran disponibilidad de materia orgánica.

### **RIO TÁVARA-CHUNCHO-BRAZO TAMBOPATA-ALTO TAMBOPATA**

En las 4 estaciones se registraron diatomeas (Bacillariophyta), algas verdes (Chlorophyta) y cianofitas (Cyanophyta), y sólo algas rojas (Rhodophyta) en Távora y Alto Tambopata.

Sin embargo las asociaciones algales fueron diferentes:

El río Távora se caracterizó por una asociación de cianofitas (45.5%)-clorofitas (42.4%), el río Chuncho dominado por cianofitas (59.2%) y el brazo del Tambopata y el alto Tambopata dominados por diatomeas (62.5% y 56.3%, respectivamente). Los valores de diversidad para el fitoplancton fueron medios, registrándose el mayor ( $H'=2.61$ ) en el alto Tambopata (con la menor abundancia de todas las estaciones, 80 células/ml), y la mayor abundancia (de todas las estaciones, 18400 células/ml) y riqueza se registró en el Chuncho donde dominó la cianofita *Pseudoanabaena sp.*

En el Chuncho, también se registró gran abundancia de clorófitas de la familia Desmidiaceae, que son microalgas características de aguas ácidas (Roldan, 1988 y Branco, 1978).

Para el zooplancton, la mayor abundancia y diversidad se registró en Chuncho ( $N=400$  organismos/ml y  $H'=2$ ) con 25% de cada Phylum. Y la menor abundancia se registró en Távora con sólo con 5 individuos/ml de larvas del díptero chironomido.

### **RIO LA TORRE**

El fitoplancton estuvo dominado por las cianofitas (62.5%), seguido de clorofitas (31.3%) y con presencia de algas rojas y diatomeas (3.1%, cada uno). Los valores de diversidad y riqueza fueron uno de los más altos registrados ( $H'=3.30$ ,  $d'=2.76$ ) y fue una de las pocas comunidades con baja dominancia y comunidad más heterogénea.

El zooplancton estuvo dominado por rotíferos (75%) y larvas del chironomidae Tanypodinae (25%). Los valores de diversidad y riqueza registrados fueron medios ( $H'=2$ ,  $d'=1$ ).

### **RIO MEDIO TAMBOPATA**

La estación estuvo caracterizada por una asociación de diatomeas (>50%) y clorofitas (>30%), seguido de cianofitas (10%). Los valores de diversidad fueron relativamente altos, registrándose el mayor en Medio Tambopata ( $H'=3.62$ ) y fueron de las pocas comunidades en equilibrio (ambas con  $J'=0.98$ ).

En anteriores evaluaciones (EISA Corredor vial interoceánico sur: Tramo 3, Marzo 2007), en el río Tambopata sólo se registraron en el fitoplancton la cianofita *Microcoelus cf. paludosus* (7celulas/ml) y la clorofita *Closterium diana* (15celulas/ml). Con bajos valores de diversidad  $H'=0.9$ . En el zooplancton, sólo se registró 1 protozoario con 12individuos/ml, sin valores de diversidad.

### **RIO PALMA REAL**

El fitoplancton estuvo caracterizado por una asociación de diatomeas (47.6%) y clorofitas (35.7%), seguido de cianofitas (14.3%) y algas doradas (2.4%). En este río se registró el mayor valor de diversidad ( $H'=3.96$ ), la segunda mayor abundancia ( $N=4200$ celulas/ml) y el mayor valor de equitatividad siendo una de las comunidades más heterogéneas atendiendo a la abundancia de clorofitas de la familia Desmidiaceae indicaría aguas ácidas (Roldan, 1988 y Branco, 1978).

El zooplancton estuvo dominado por rotíferos (84.1%). Se registraron los mayores valores de abundancia ( $N=4400$ individuos/ml), riqueza ( $d'=1.91$ ) y diversidad ( $H'=3.25$ ), e igualmente el mayor valor de equitatividad siendo una de las comunidades zooplanctónicas más heterogéneas.

### **RIO SAN ANTONIO (HEATH)**

El fitoplancton estuvo dominado por cianofitas (71.1%), seguido de clorofitas (24.4%) y en bajas abundancias diatomeas y las algas verde-amarillas (2.2%),

cada una). Los valores de riqueza y diversidad fueron relativamente bajos ( $d'=0.92$  y  $H'=1.44$ ) con dominancia de la cianofita *Leptolyngbya sp.*

El zooplancton se caracterizó por una asociación de protozoarios (50%) y rotíferos 33.3%), seguido de larvas de *chironomidos* (Arthropoda, 16.7%). Se registró la segunda diversidad más alta, después del río Palma Real, con  $H'=2.25$ , pero sólo 5 especies con 30 individuos/ml en total.

## 6.2 CUERPOS DE AGUA LÉNTICOS (LAGOS Y COCHAS)

### 6.2.1 LIMNOLOGÍA

A continuación se presentan los resultados físico químicos del agua evaluada en los lagos resumidos en la tabla IV.

Tabla IV. Datos limnológicos (media  $\pm$  s.d.) procedente de los cuerpos de agua lénticos (Lagos y cochas) considerados en el estudio

Estación	N	Altitud (msnm)	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mgr/L)	Conductividad ( $\mu$ s/cm)E-3	pH	Transparencia Secchi (cm)
Treschimbadas	4	179	30.1 $\pm$ 2.5	7.6 $\pm$ 1.6	29.3 $\pm$ 2.9	6.7 $\pm$ 0.7	43 $\pm$ 59
Cocococha	1	184	32.9 $\pm$ 0.0	7.8 $\pm$ 0.0	21.0 $\pm$ 0.0	8.05 $\pm$ 0.0	77 $\pm$ 0.0
Condenado	3	187	31.6 $\pm$ 1.1	6.0 $\pm$ 0.3	20.0 $\pm$ 2.8	7.7 $\pm$ 0.0	93 $\pm$ 27
Sachavacayoc	1	187	31.6 $\pm$ 0.0	5.4 $\pm$ 0.0	2.0 $\pm$ 0.0	8.1 $\pm$ 0.0	91 $\pm$ 0.0
Sandoval	2	180	30.5 $\pm$ 0.7	7.3 $\pm$ 0.7	19.0 $\pm$ 0.0	8.0 $\pm$ 0.2	140 $\pm$ 0.0
Guacamayo	1	169	24.0 $\pm$ 0.0	5.8 $\pm$ 0.0	40.0 $\pm$ 0.0	7.81 $\pm$ 0.0	85.5 $\pm$ 0.0
Cocha seca (La Torre)	1	187	23.7 $\pm$ 0.0	3.6 $\pm$ 0.0	31.0 $\pm$ 0.0	5.8 $\pm$ 0.0	1.0 $\pm$ 0.0
Lagartococha (La Torre)	1	183	27.2 $\pm$ 0.0	6.8 $\pm$ 0.0	16.0 $\pm$ 0.0	8.0 $\pm$ 0.0	31.0 $\pm$ 0.0

N, numero de muestras

La cocha Guacamayo (Heath) resultó tener el mayor valor de conductividad mientras que Sachavacayoc el más bajo. Como se explico en el apartado referente a los ríos, la principal fuente de sales e iones que aumentan la carga conductora del agua proviene del río y de cabeceras, así que cuanto menos influencia posea una cocha de un río, menor será la conductividad registrada. En este sentido cabe destacar que Guacamayo se sitúa apenas a 300 metros del canal del río mientras que Sachavacayoc es probablemente la más alejada de todas situándose a 4.3 km del canal del río. Para las cochas la conductividad se situó entorno a los  $25\mu\text{s}$  no superando los  $40\mu\text{s}$  en ninguna estación, sin embargo los ríos se situaron alrededor de  $40\mu\text{s}$  alcanzando los  $80\mu\text{s}$  en el caso de Heath (figura XIII)

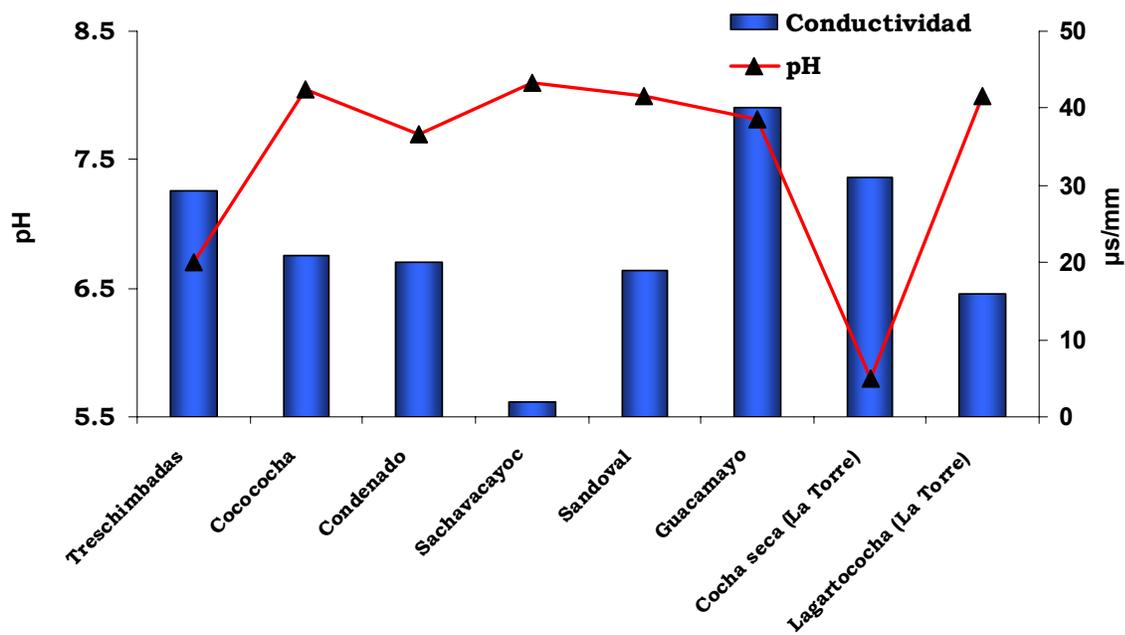


Figura XIII. Niveles de pH y Conductividad para los cuerpos lénticos (Lagos)

Cochaseca presentó los valores más bajos de pH seguida de Treschimbadas (figura VIII). La mayoría del pH en las cochas se situó entre 7.5 y 8.0 mientras que para los ríos se observa una tendencia ligeramente más ácida concentrándose la mayoría de valores entre 7.0 y 7.5.

Cocococha posee los mayores valores de oxígeno, seguido de cerca por Treschimbadas mientras que la Cocha seca posee los niveles más bajos seguido de lejos por Sachavacayoc (figura XIV). A diferencia de los ríos, no se observa correlación alguna con la temperatura ni la transparencia así que otros parámetros están afectando a los niveles de oxígeno disuelto probablemente la estratificación de las aguas, propia de cada cocha.

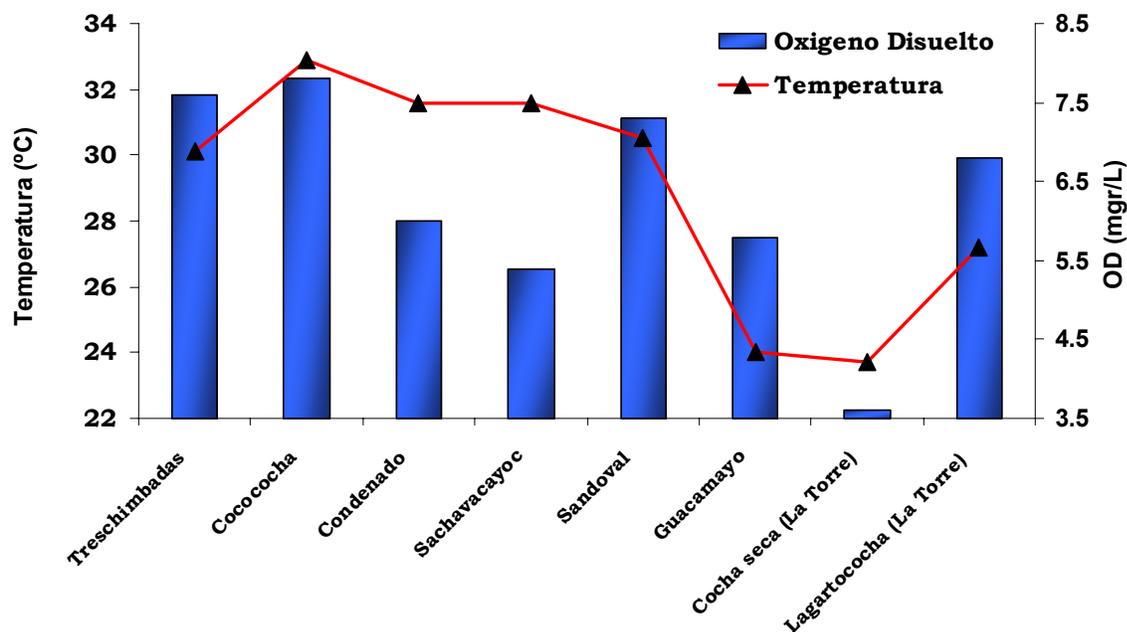


Figura XIV. Niveles de Oxígeno Disuelto frente a Temperatura para los cuerpos lénticos (lagos)

## 6.2.2 COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES

### HIDROBIOLÓGICAS (LAGOS)

#### PECES

En los lagos y cochas se capturaron 1596 ejemplares donde la especie *Moenkhausia dichroua* (sardina cola amarilla, Lamina N 25) fue la especie más abundante con 775 ejemplares suponiendo el 48% de todas las capturas. La mayoría de capturas se realizaron en las cochas Treschimbadas y Cocococha

donde fue exageradamente abundante 87 y 51 % respectivamente. Le siguen otras especies abundantes como *Aphyocharax sp*, *Charax caudimaculatus*, *Ctenobrycon sp*, *Gymnocorimbus thayeri*, *Hoplias malabaricus*, *Serrasalmus maculatus* y *Serrasalmus rhombeus* suponiendo entre todas el 24% de todas las capturas y no superando ninguna individualmente el 6% del total de todas las capturas. Los lagos Cocococha y Sandoval fueron los más ricos en especies registradas (25 y 22 respectivamente) mientras que Treschimbadas fue de lejos la más abundante con 629 capturas (Figura XV y Tabla 6 Anexos).

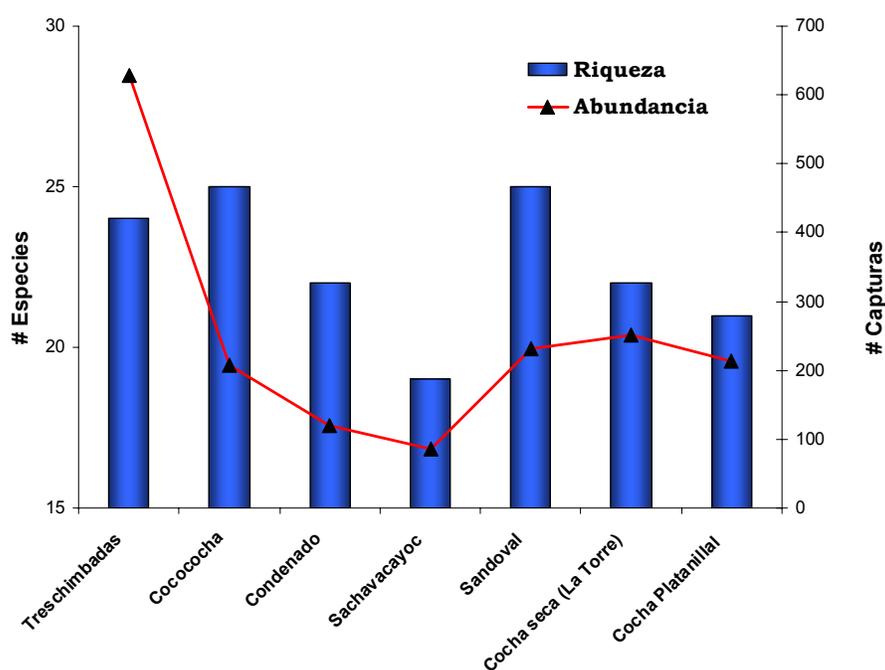


Figura XV. Índices de Abundancia (# de capturas) y Riqueza (# de especies) para las especies de peces en los Lagos

Los índices de Shannon y equitatividad indican a Sandoval como el más diverso seguido de cerca por Cocococha. En general los ambientes lénticos (lagos y cochas) presentan mayor dominancia de especies con respecto a los ríos hecho que se observa sobre todos en los índices de equitatividad. Sachavacayoc y Condenado fueron las cochas peor posicionadas para estos índices (Figuras V y XVI). Estos índices resumen en un dato mucha información y tienen como objetivo comparar estaciones entre si, las cochas Seca y Platanillal no fueron incluidas en estas comparaciones puesto que el esfuerzo de pesca fue completamente distinto a los

demás cuerpos lénticos al encontrarse estas en época de estiaje y pudiendo abarcar todo su cauce en el arrastre de las mallas, obteniendo uno elevado rendimiento pesquero.

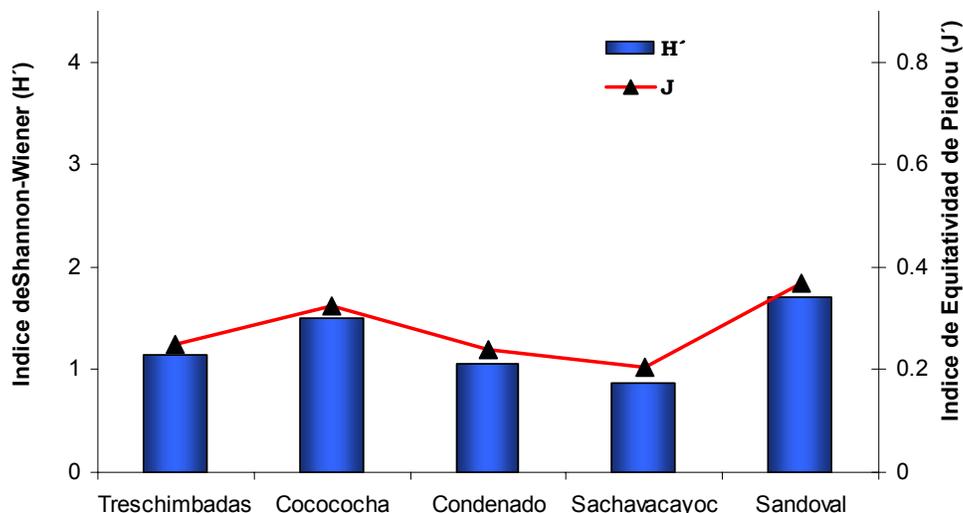


Figura XVI. Índices de diversidad biológica para las especies de peces en Lagos

## BENTOS EN LAGOS

El estudio de los macroinvertebrados en cochas contabilizó 498 especímenes y 20 familias o taxas, distribuidas en; 3 phylum 5 clases y 10 ordenes, pertenecientes en su mayoría a la Clase Insecta (ver anexos tabla VII). Las familias *Chironomidae*, *Corixidae* “chinchas de agua” y *Palaemonidae* “camarones” fueron las taxas mejor representadas del estudio, siendo más abundantes en lagos que en ríos. La familia *Chironomidae* fue la más abundante de todas y conviene recordar que además es un organismo preferido en la dieta de gran cantidad de Characiformes de las cochas principalmente como los géneros *Chilodus*, *Triportheus* y *Moenkhausia* (Galvis et al, CI 2006).

En general los cuerpos lénticos son más proclives a la colonización de sus aguas por los macroinvertebrados y en este estudio se obtuvieron aproximadamente el doble de capturas en lagos que en ríos.

Estación ID	Abundancia (numero por metro cuadrado)	Numero de taxas	Índice Shannon Weiner	Índice de Margalef	Índice de Equidad (J')	Porcentaje EPT Taxa
<b>Tres Chimbadas</b>	<b>1044</b>	<b>9</b>	<b>0.95</b>	<b>1.42</b>	<b>0.30</b>	<b>11</b>
<b>Condenado</b>	<b>122</b>	<b>2</b>	<b>0.20</b>	<b>0.29</b>	<b>0.20</b>	<b>0</b>
<b>Cocococha</b>	<b>215</b>	<b>7</b>	<b>1.67</b>	<b>1.48</b>	<b>0.60</b>	<b>14</b>
<b>Sandoval</b>	<b>115</b>	<b>7</b>	<b>2.22</b>	<b>1.75</b>	<b>0.79</b>	<b>43</b>
<b>Sachavacayoc</b>	<b>193</b>	<b>8</b>	<b>1.98</b>	<b>1.77</b>	<b>0.66</b>	<b>50</b>
<b>Lagartococha</b>	<b>63</b>	<b>7</b>	<b>2.66</b>	<b>2.12</b>	<b>0.95</b>	<b>0</b>
<b>Cocha Guacamayo</b>	<b>93</b>	<b>6</b>	<b>2.26</b>	<b>1.55</b>	<b>0.88</b>	<b>50</b>

Tabla X: Índices de diversidad biológica para las taxas de bentos en Lagos

Treschimbadas fue el más abundante y más diverso pero presentó los peores valores para Pielou y Shannon junto con Condenado que además mostró los más bajos niveles de riqueza y abundancia (figuras XII y XIII). Condenado es una cocha dividida en dos cuerpos de agua próximos a extinguirse para pasar a convertirse en aguajal. Lagartococha presentó los valores más altos de índices de diversidad para todos los lagos estudiados.

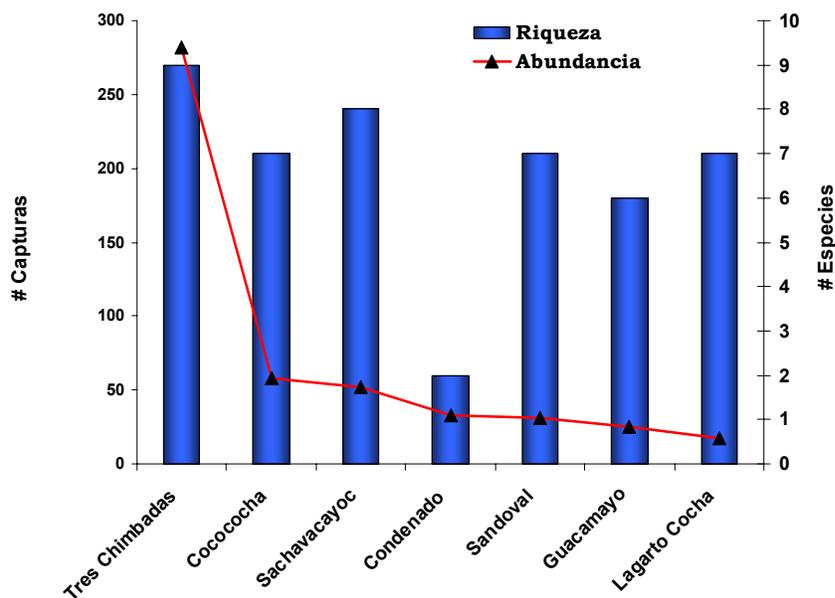


Figura XVII Índices de Abundancia (# de capturas) y Riqueza (# de especies) para las taxas de bentos en Lagos

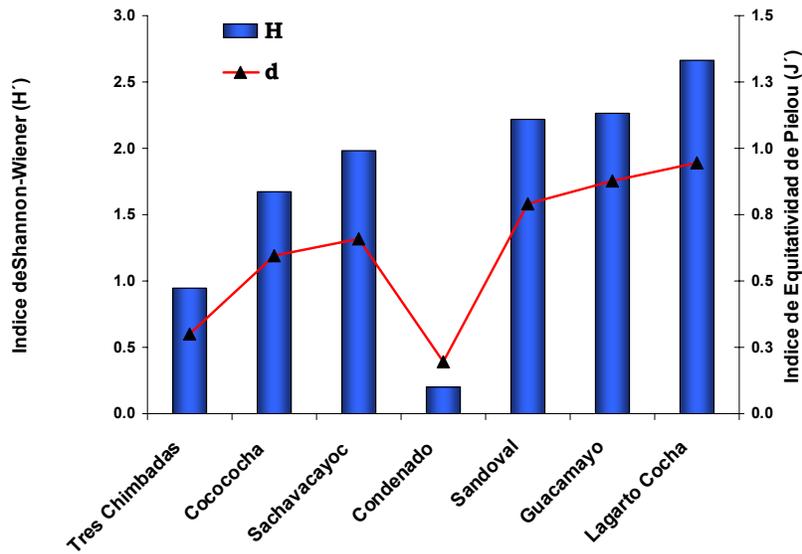


Figura XVIII Índices de diversidad biológica para las taxas de bentos en Lagos

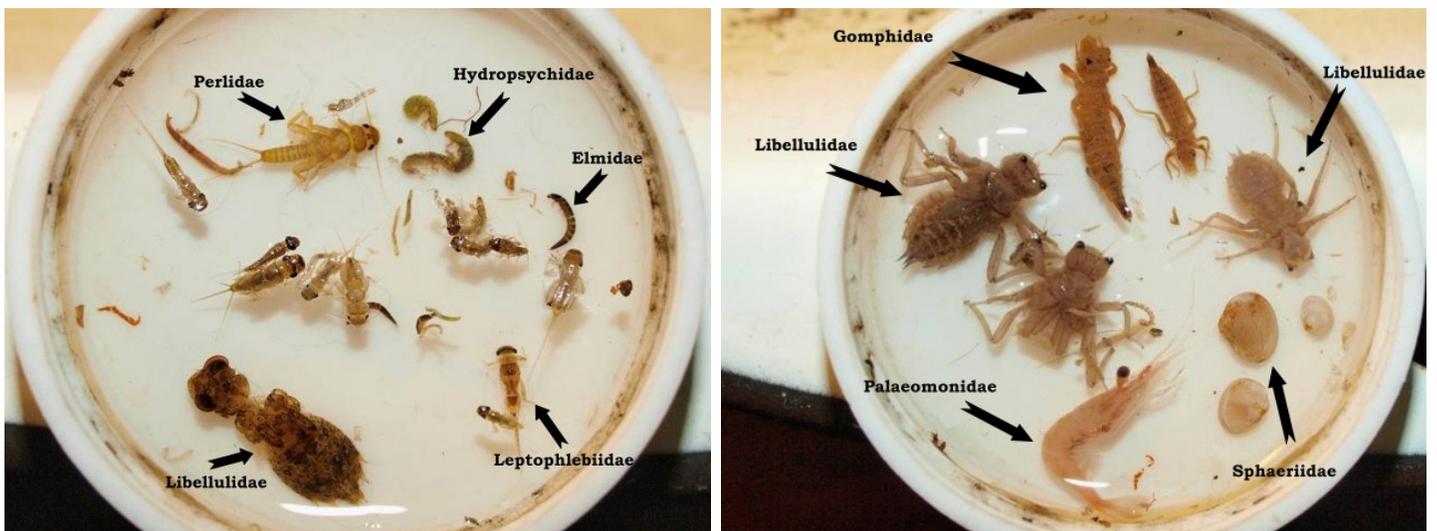


Foto I y II. Detalle del análisis de macroinvertebrados en dos de las estaciones más diversas, el río Azul (izq.) y Lagartococha en la zona de La Torre (dcha.)



Foto III. Un Belostomatide capturado en Lagartococha (La Torre). El Belostomatidae es un Hemiptera (Phyllum: Arthropoda, Clase: Insecta) que depreda sobre alevines de peces y supone un gran perjuicio en el sector de la acuicultura.

## **PLANCTON EN LAGOS**

### **FITOPLANCTON**

En total se registraron 52 especies de fitoplancton en los lagos, distribuidos en 8 divisiones, 16 órdenes y 22 familias resumidas en la tabla 8a (anexos). Se registró una mayor riqueza de especies en Lagartococha siendo Cocococha la menos diversa de todas las estaciones (figura IXX). En general se observa una mayor riqueza de especies para lagos que para los ríos en parte por el alto grado de residencia del agua en los cuerpos lénticos.

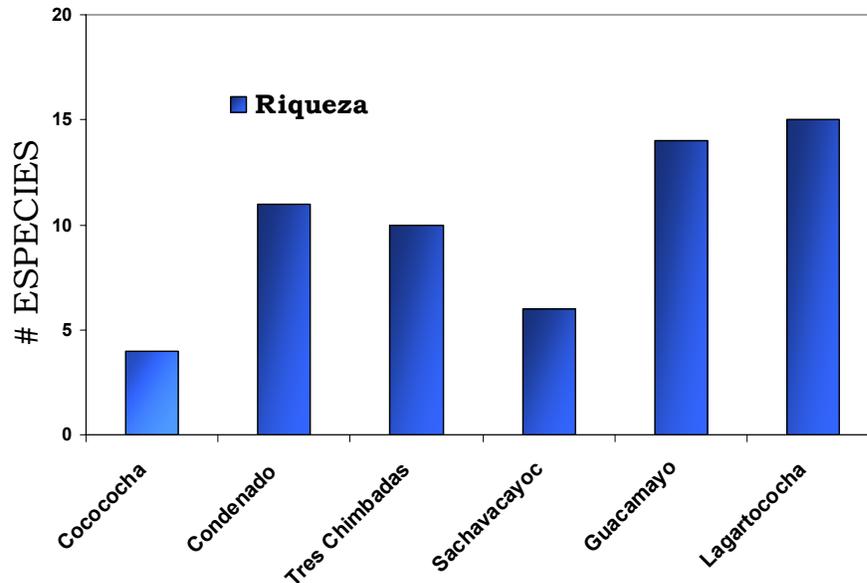


Figura IXX. Índices de Riqueza (# de especies) para las especies de fitoplancton en Lagos

Existen estirpes de *Oscillatoria* y *Anabaena* (reportadas en este estudio) que producen toxinas que afectan el olor y sabor del agua o la presencia de consumidores primarios incluso existen algunas toxinas que pueden ocasionar dermatitis o stress respiratorio a la exposición (WHO 1999).

### ZOOPLANCTON EN LAGOS

En total se registraron 37 especies de zooplancton en los lagos, distribuidos en 3 divisiones, 9 órdenes y 16 familias resumidas en la tabla 8b (anexos). Se registró una mayor riqueza de especies en Guacamayo siendo Condenado junto con Sachavacayoc las menos diversas de todas las estaciones (figura XX).

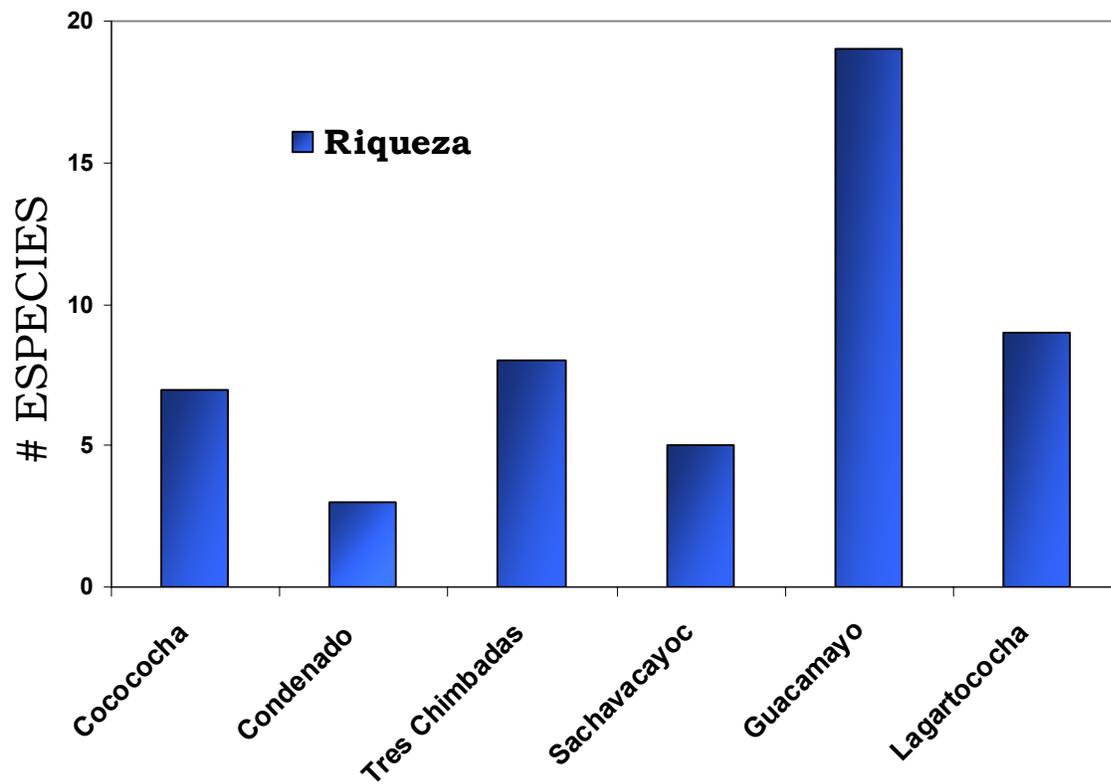
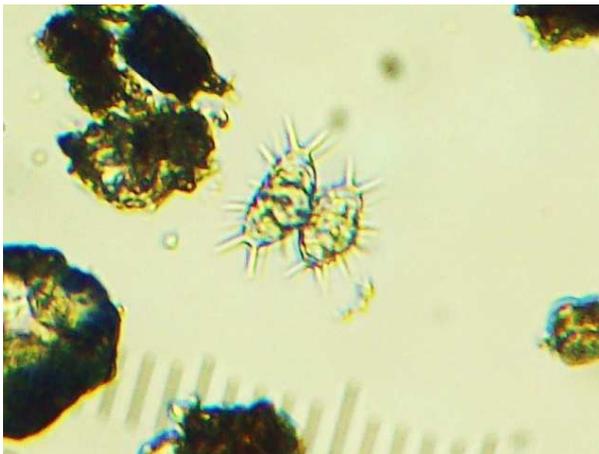


Figura XX. Índices de Riqueza (# de especies) para las especies de fitoplancton en Lagos



Fotos IV y V. Detalle del género *Staurastrum* (Izq.) bien distribuido en las muestras de fitoplancton de varios cuerpos de agua (Chuncho, La Torre y Palma Real). Individuo del género *Nematoda* (dcha.), cuya abundancia se puede relacionar con el deterioro de los cuerpos de agua (Malinowski, Chuncho y Palma Real).

## 6.3 ESTUDIO DE LA COMUNIDAD DE PECES (CUERPOS LÉNTICOS Y LÓTICOS)

### 6.3.1 ESTUDIO TAXONÓMICO

En total se capturaron 3585 especímenes distribuidos en 9 órdenes, 31 familias, 98 géneros y 148 especies en total. En el apartado anexos se presenta la lista sistemática de siguiendo el orden evolutivo de acuerdo con Reis *et al* (2003) anotándose el autor y el año de la descripción. (ver Anexos tabla 5b y tabla XI)

	ORDENES								
	Synbranchiformes	Myliobatiformes	Engrauliformes	Characiformes	Siluriformes	Gymnotiformes	Perciformes	Athereniformes	Pleuronectiformes
LAGOS	1	0	1	55	21	4	6	1	0
RÍOS	0	2	2	62	33	3	6	0	1
TOTAL	1	2	3	84	41	5	10	1	1

Tabla XI Numero de especies de peces agrupados por ordenes para Lagos, Ríos y el Total del Muestreo

Si hacemos una comparativa de la presencia de grupos taxonómicos en general se aprecia una mayor riqueza de especies en ríos que en cochas. (figura XXI). Estudios en el río Manu (afluente del Madre de Dios) llegan a la misma conclusión al mostrar al propio río como el factor determinante en la riqueza de especies registrada para las dos cochas consideradas Cashu y Totorá (Tesis D. Osorio 2008). Los ordenes *Synbranchiformes* (atinga) y *Pleuronectiformes* (lenguado) estuvieron ausentes en los ríos y los ordenes *Myliobatiformes* (rayas) y *Athereniformes* (“pez palo”) no fueron registrados en los lagos. La figura XXII muestra el predominio del orden *Characiforme* sobre los demás representado por 84 especies y seguido de lejos por *Siluriformes* (41), *Perciformes* (10) y *Gymnotiformes* (5).

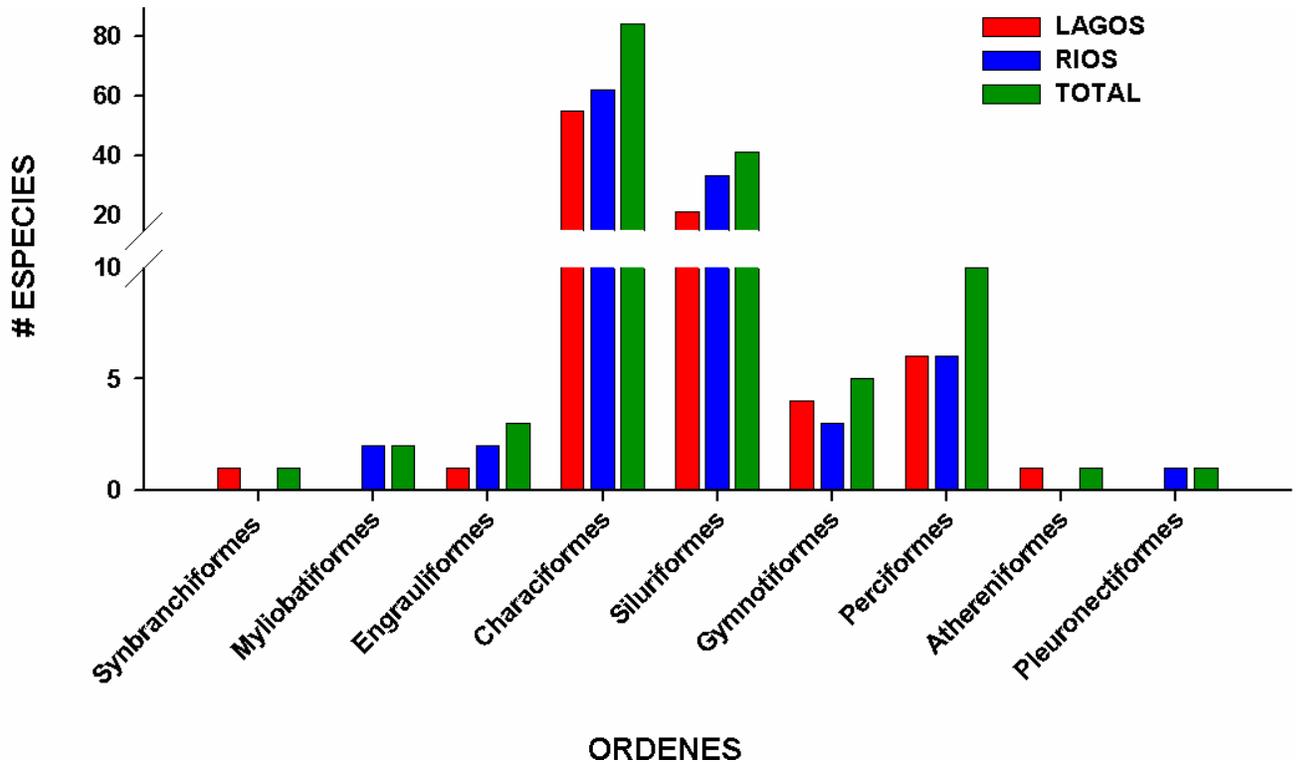


Figura XXI. Número de especies de peces agrupados por órdenes para Lagos, Ríos y el Total del Muestreo

Los Characiformes poseen una mayor versatilidad que les permiten colonizar mayor número de hábitats en la cuenca amazónica, así es habitual encontrar especies que varían su dieta atendiendo a la oferta de cada zona.

Ante la imposibilidad de muestrear todos los cuerpos de agua de la región de Madre de Dios, estudios como el presente deben servir para elaborar modelos predictivos que nos ayuden a inventariar los recursos hidrológicos y generar planes de conservación a partir de estas estimaciones.

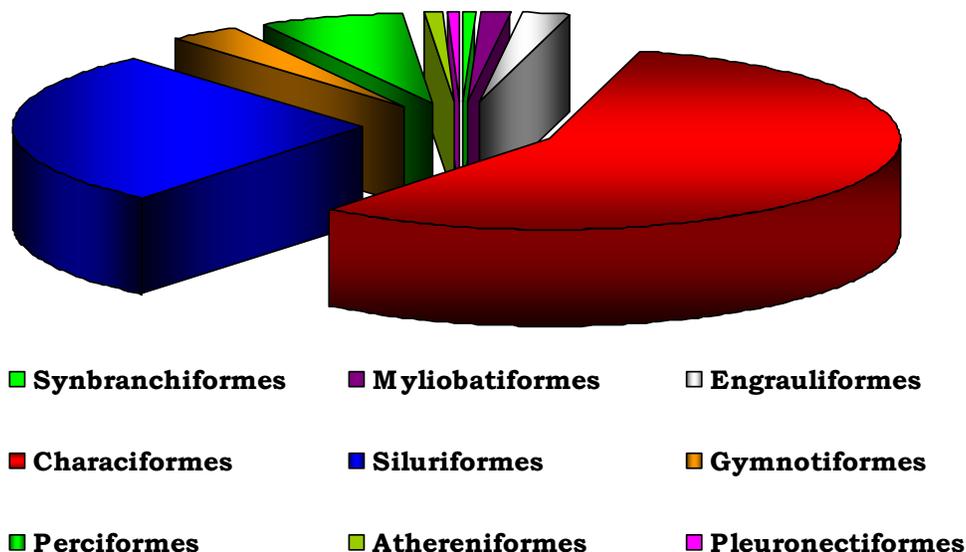


Figura XXII. Proporción de Órdenes representados en este muestreo de lagos y ríos.

El listado de especies que se muestra aquí (Anexos, tabla 6) es considerado como una contribución a la ictiofauna de la Reserva Nacional Tambopata y el Parque Nacional Bahuaja-Sonene, así se tienen 20 nuevos registros para esta zona comparando con los 232 registros de Tambopata (Chang 1998) y los 81 en Heath (Ortega 1994). Los nuevos registros son: *ENGRAULIFORMES*: *Anchoviella alleni*, *CHARACIFORMES*: *Brycon cephalus* (Láminas foto N 33), *Creagrutus unguis*, *Schizodon fasciatus*, *Serrasalmus maculatus* (Láminas foto N 38), *Creagrutus changae*, (Láminas foto 30), *Creagrutus occidaneus*, *Creagrutus pearsoni*, *Curimatella meyeri* (Láminas foto N 6), *Knodus megalops*, *Bryconops melanurus*, *SILURIFORMES*: *Ageneiosus brevifilis*, *Apistoloricaria ommation*, *Hypostomus pyrineusi*, *Megalonema xanthum* (Láminas Foto N 43), *Pachyurus schomburgkii*, *Pimelodus ornatus*, *Potamotrygon motoro* y *GYMNOTYFORMES*: *Gymnotus chaviro* (Láminas Foto N 53)

Las especies *Moenkhausia oligolepis* y *Bryconops melanurus* ya eran registros validos para Heath pero no para Tambopata. La taxonomía ictiológica es una disciplina que esta en constante revisión y puesto que los estudios poseen más de 10 años no consideraron especies descritas después como las del genero *Creagrutus* (Vari & Harold, 2001) o *Gymnotus* (Maxime y Albert 2009).

### **6.3.2 ESTUDIO TRÓFICO**

Hasta este punto, el presente informe hidrobiológico a seguido una estructura acorde con los criterios exigidos por el estado para los estudios de impacto socio ambiental (mineros, petroleros, etc...). Sin embargo clasificando las comunidades icticas en función de sus hábitos tróficos, se puede obtener una valiosa información acerca de la ecología de los cuerpos de agua a evaluar que es obviada en la mayoría de los casos. Este estudio tiene una serie de limitaciones y es el hecho de que los peces son capaces de variar su dieta acomodándose a la oferta alimenticia por tanto una misma especie estudiada en Ucayali o en la Orinóquia no necesariamente tendrá los mismos hábitos alimenticios. Acudiendo a la bibliografía podemos aproximarnos a la dieta de cada una de las especies registradas, sin embargo sería recomendable un estudio de validación mediante el análisis del contenido estomacal para los individuos de nuestra misma área de muestreo.

En las tablas 5a y 5b (Anexos) las especies se clasifican en Carnívoros (depredadores piscívoros y carroñeros), invertívoros (comen pequeños insectos), herbívoros (plantas), detritívoros (ramonean en el fondo del lecho, troncos o piedras) y omnívoros (generalistas con dieta variable).

En la gráfica XXIII correspondiente a la distribución de grupos tróficos en ríos, vemos como los omnívoros son el grupo predominante, seguido por los carnívoros (dentones, pirañas, añasua, caneros...). Los invertívoros (macanas, pequeñas sardinas y bagres) estuvieron bien representados en Medio Tambopata, Azul y

Malinowski. Finalmente se observa una gran presencia de detritívoros en el río Heath representados principalmente por carachamas y algunas lisas.

Es esperable que los herbívoros, invertívoros y frugívoros estén mejor representados en las cabeceras ya que dependen del aporte exógeno de comida y es aquí donde la vegetación ripariana y en general el bosque circundante provee de alimento al cuerpo de agua. Por otro lado, la zona baja del río con mayor caudal y cauce que recibe menos contribución trófica de la vegetación ripariana, esta cargada de materia orgánica (material vegetal en descomposición, excedente de cabeceras) y genera recursos por si mismo. Los cursos bajos de los ríos amazónicos presentan una explosión con respecto a cabeceras, tanto en la riqueza como en la abundancia de especies, propiciando la presencia de carnívoros, detritívoros y herbívoros (Vannote et al. 1980).

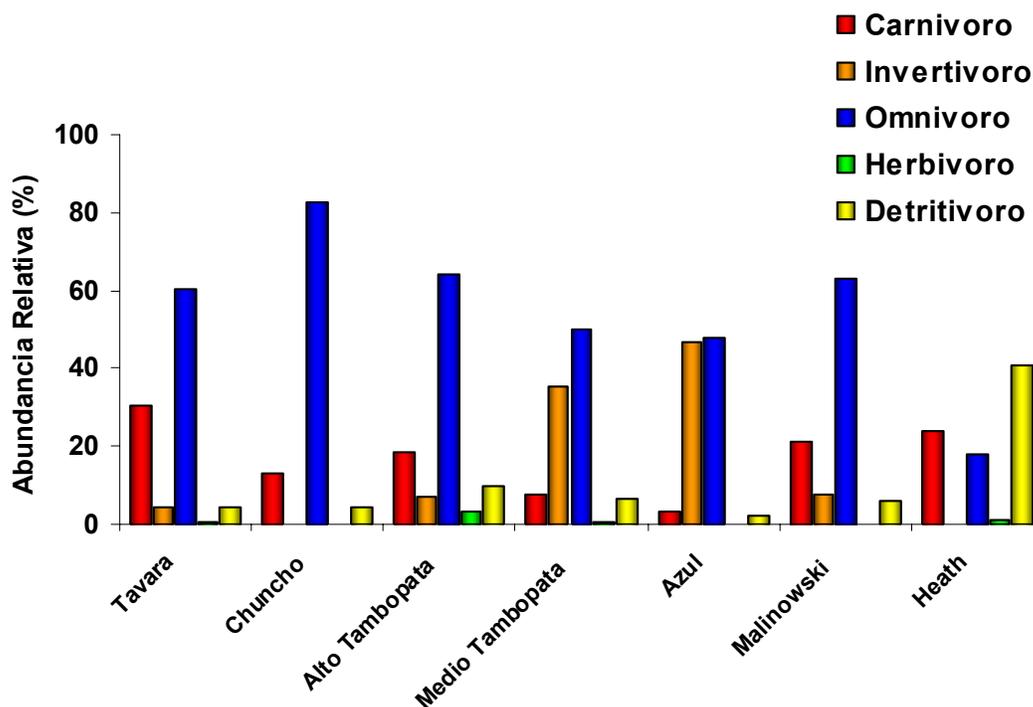


Figura XXIII. Proporción de especies agrupadas por hábitos alimenticios en los Ríos para cada estación muestreada.

Los valores atendiendo a los grupos tróficos para peces en las cochas muestran una mayor heterogeneidad entre si. Los omnívoros vuelven a ser los mejor representados a excepción de Cochaseca y Platanillal que presentaron un elevado grado de estiaje. Cocha Platanillal presentó los mayores valores de detritívoros (carachamas y lisas) y el elevado grado de estiaje de Cochaseca mostró una alta presencia de grandes carnívoros, Huasacos (*Hoplias*) y Añasua (*Crenicichla*) y peces con tolerancia al déficit de oxígeno, Macanas (*Gymnotus*) y Sapocunshis (*Trachelyopterus*) y Shiruys (*Hoplosternum*).

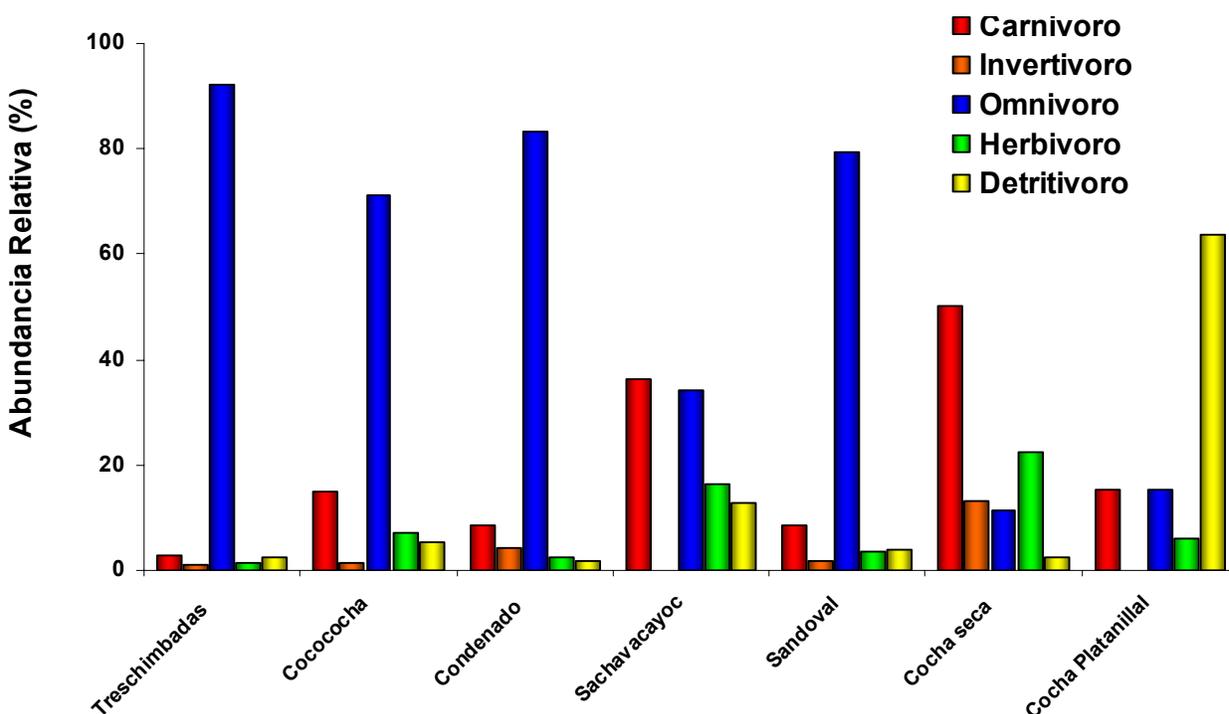


Figura XXIV. Proporción de especies agrupadas por hábitos alimenticios en los Lagos para cada estación muestreada.

Si comparamos los grupos tróficos entre ríos y lagos observamos una fuerte dominancia de omnívoros en ríos, algo que también ocurre en lagos, pero no de forma tan evidente. La principal diferencia se sitúa en el incremento de invertívoros y herbívoros registrados en lagos con respecto a los encontrados en ríos. Indudablemente la dieta de las comunidades lacustres esta más

íntimamente relacionada con la vegetación ripariana que en los ríos, lo que la hace más vulnerable a alteraciones del bosque circundante. Esto puede explicar los bajos índices de comunitarios registrados en Treschimbadas puesto que su cuenca es la más alterada de todos los lagos considerados al situarse próxima a explotaciones agrícolas y forestales. Además, Treschimbadas es la cocha en la que se detecta mas actividad pesquera por parte de los comuneros, ejerciendo esto un cambio en la distribución de las comunidades de peces.

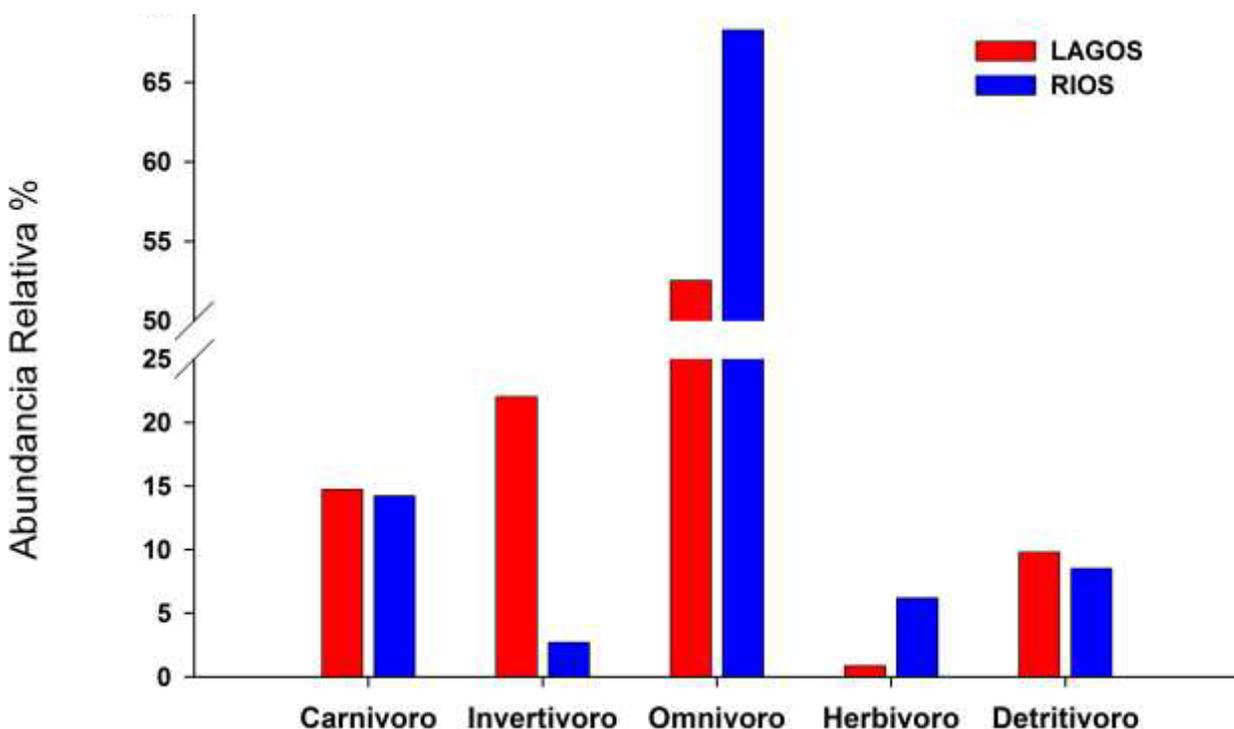


Figura XXV. Proporción de especies agrupadas por hábitos alimenticios para lagos y ríos.

#### 6.4 CALIDAD DE AGUAS POR INDICADORES BENTÓNICOS (CUERPOS LÉNTICOS Y LÓTICOS)

Como explicamos en el apartado metodológico, las comunidades de invertebrados acuáticos (bentos) nos pueden indicar posibles anomalías o alteraciones sufridas por los cuerpos de agua. Aquí proponemos una clasificación de la calidad de las aguas atendiendo a estándares desarrollados para la Amazonía colombiana. Atendiendo a la calidad de las taxas evaluadas podemos clasificar la calidad de un cuerpo de agua en bueno, aceptable, dudoso, critico y muy critico (ver tabla XII)

CLASE	CALIDAD	VALOR/Colombia	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	>150, 101-120	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Critica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Tabla XII. Índices de calidad de aguas

Los niveles en lagos se encuentran en mejor situación que los ríos, así Condenado presenta aguas fuertemente contaminadas, estando las demás aguas lacustres moderadamente contaminadas. Malinowski junto con Heath presentan los peores valores siendo La Torre y Azul los más saludables (Tablas XIIIa y XIIIb).

Estos índices quizás son muy estrictos o se necesite validar para nuestro área puesto que no siempre se observa una relación directa entre contaminación y ausencia de taxas indicadoras, así Heath quizás no presentó una alta riqueza a la hora del muestreo (2 individuos para 2 especies) puesto que su sustrato arenoso impide la colonización del bentos y el fuerte friaje sufrido interfirió en el

muestreo. En cualquier caso sería necesario realizar más muestreos para corroborar los datos obtenidos

Tabla Xlla. Calidad de las Aguas en los Lagos y Cochas en Ríos

Estación ID	Índice BMWPa
Tres Chimbadas	55
Condenado	11
Cocococha	40
Sandoval	49
Sachavacayoc	52
Lagartococha	43
Cocha Guacamayo	40

Tabla Xllb. Calidad de las Aguas

Estación ID	Índice BMWPa
La Torre	41
Chuncho	33
Playa Heath	14
Alto Malinoswky	11
Río Azul	43
Bajo Malinoswky	9
Palma Real	0
Távvara	35
Alto Tambopata	32
Brazo Tambo	38

## VII CONCLUSIONES

Este estudio supone el primer inventario de Plancton y Bentos realizado en los cuerpos de agua de la RN Tambopata y el PN Bahuaja-Sonene. Además realiza un importante actualización del conocimiento de los parámetros limnológicos así como del listado de especies de peces, elevando el número a 272, con 20 nuevos registros.

Analizando los **parámetros limnológicos** se puede concluir que las aguas del río Heath son significativamente distintas a las de Tambopata en términos de conductividad y pH. Hecho que radica probablemente en la distinta geología que presenta respecto a las demás cuencas.

Por otro lado Malinowski presenta los valores más bajos de oxígeno y esto puede ser atribuible a que también registró los mayores valores de temperatura y turbidez así como una de las más baja corrientadas registradas de todo el muestreo. La Torre presentó los mayores valores de oxígeno disuelto coincidiendo con una transparencia total en el momento del muestreo.

La mayoría del pH en las cochas se situó entre 7.5 y 8.0 mientras que para los ríos se observa una tendencia ligeramente más ácida concentrándose la mayoría de valores entre 7.0 y 7.5.

La cocha Guacamayo (Heath) resultó tener el mayor valor de conductividad mientras que Sachavacayoc presentó los más bajos. El aporte de agua del río a la cocha es el responsable del incremento de este parámetro y el río Heath además de situarse a escasos 300 metros de Guacamayo presentó los mayores valores de conductividad al momento del muestreo.

En total se capturaron 3585 especímenes de **peces** distribuidos en 9 órdenes, 31 familias, 98 géneros y 148 especies en total. Los ríos presentaron una mayor riqueza de especies (105) frente a los lagos (89).

El presente estudio aporta 20 nuevos registros que junto con los otros 20 nuevos de la revisión realizada por el Museo de Historia Natural (Ortega y Palacios 2006) para la RN Tambopata, sitúan en 272 las especies vigentes. Si estos registros lo contrastamos con los datos del Rap de Heath (Ortega C.I. 1994) unificando así la RN Tambopata y el PN Bahuaja-Sonene el listado de especies registradas ascendería a 293. Esta cifra superaría a los demás estudios llevados a cabo en la cuenca del Madre de Dios; 287 especies en el entorno de Boca Amigos (Goulding, Ortega 2003), 210 especies en PN Manu (Ortega 1996), 115 especies en el río Tahuamanu (J. Araujo SZF 2010), 62 especies para toda la cuenca (ZEE Gov MDD) o las 52 especies en el río Inambari (Palacios y Ortega 2009).

Regresando a los datos referidos al presente estudio, el orden *Characiforme* (peces de escamas chicas), predominó sobre los demás representado por 84 especies y seguido de lejos por *Siluriformes*, (peces de cuero, 41 sps), *Perciformes* (bujurquis, 10sps) y *Gymnotiformes* (macanas, 5sps).

La especie *Knodus sp1* fue la más abundante en ríos, pero fue en las cochas donde se observaron los mayores niveles de dominancia específica, concretamente *Moenkhausia dichrourea* (sardina cola amarilla, Lamina N 25) fue la especie más abundante con 775 ejemplares suponiendo el 48% de todas las capturas registradas en los lagos. La mayoría de capturas se realizaron en las cochas Treschimbadas y Cocococha donde fue exageradamente abundante 87 y 51 % respectivamente. Es interesante resaltar que la especie *Steindachnerina guentheri*, la más común según el último gran estudio para la cuenca del Tambopata (Chang 1998) tan solo registró 11 capturas durante todo el monitoreo en la presente época seca.

Se observó un aumento paulatino en los índices de riqueza y abundancia conforme bajamos el río Tambopata (Távvara-Alto Tambopata-Medio Tambopata), registrando el mayor valor en la estación Medio Tambopata. Por otro lado la quebrada Chuncho mostró los valores más bajos en cuanto a riqueza y

abundancia seguido de cerca por Malinowski. Además Távara mostró la comunidad de peces mejor balanceada.

Atendiendo a los datos de CPUE el río Malinowski se presenta como el menos rico en recursos pesquero de todos los muestreados. El río Azul fue el más productivo de todos los muestreados.

Con respecto a los lagos, los índices de Shannon y equitatividad indican a Sandoval como el más diverso seguido de cerca por Cococoha mientras que Sachavacayoc es el que mostró los valores más bajos de riqueza y abundancia.

El estudio trófico en ríos, presenta a los omnívoros como el grupo predominante, seguido por los carnívoros. Los valores atendiendo a los grupos tróficos para peces en las cochas muestran una mayor heterogeneidad entre si donde los omnívoros vuelven a ser los mejor representados pero no tan marcadamente como ocurre en los ríos.

El estudio trófico también muestra una elevada abundancia relativa de especies detritívoras en Heath (carachamás y lisas) tanto en el canal del río como en Platanillal.

Para los resultados del **fitoplancton** se contabilizaron 113 especies, 73 especies correspondieron a los cuerpos lóticos (ríos) divididos en 5 divisiones, 31 familias mientras que para lagos se registraron 52 especies de fitoplancton en los lagos, distribuidos en 8 divisiones, 16 órdenes y 22 familias.

Medio Tambopata es el que posee las comunidades fitoplanctónicas mejor balanceadas. Por abajo tenemos los peores resultados registrados para Malinowski tanto en equitatividad de Pielou como Shannon.

Palma Real mostró los mayores valores riqueza y abundancia seguido por Chuncho. Azul, Malinowski y Tambopata fueron con una única especies registrada cada una las estaciones menos diversas para la comunidad fitoplanctónica.

Chuncho presentó las comunidades mejor balanceadas (equitavilidad) mientras que la escasez de capturas mostró a Malinowski, Távara y Azul como las estaciones menos equilibradas.

Para las cochas se registró una mayor riqueza de especies en Lagartococha siendo Cocococha la menos diversa de todas las estaciones.

En total se registraron 59 especies de **zooplancton**, 37 en los lagos, distribuidos en 3 divisiones, 9 órdenes y 16 familias y 30 especies en ríos clasificadas en 4 divisiones y 20 familias.

Palma Real presentó el mayor índice de Shannon siendo Azul, Malinowski y Távara los menos representados. Chuncho presentó las comunidades mejor balanceadas mientras que la escasez de capturas mostró a Malinowski, Távara y Azul como las menos equilibradas

En los lagos se registró una mayor riqueza de especies en Guacamayo siendo Condenado junto con Sachavacayoc los que mostraron los menores niveles de diversidad.

El **bentos** registró 30 familias o taxas, para ríos fueron reportadas 18 taxas, englobadas en 1 division y 8 ordenes, pertenecientes en su mayoría a la Clase Insecta. Los lagos registraron 20 familias, distribuidas en; 3 divisiones, 5 clases y 10 órdenes

Azul muestra la mayor riqueza de especies mientras que Chuncho posee la mayor abundancia. Heath y Malinowski presentan los valores más bajos en cuanto a abundancia y riqueza. La Torre es el más diverso seguido de Azul, mientras que Chuncho y Alto Malinowski presentan los valores más bajos de diversidad para la comunidad de bentos. La Torre es la estación con la comunidad bentónica mejor balanceada.

Treschimbadas fue el más abundante y más diverso de los cuerpos lénticos evaluados pero presentó los peores valores para Pielou y Shannon junto con

Condenado que además mostró los más bajos niveles de riqueza y abundancia. Lagartococha presentó los valores más altos de índices de diversidad para todos los lagos estudiados.

Atendiendo a los análisis de calidad de agua por taxas bentónicas sensibles a la contaminación, Malinowski junto con Heath presentan los peores valores siendo La Torre y Azul los más saludables. Para las cochas fue Condenado la que mostró los más bajos niveles de riqueza y abundancia

Tras analizar los índices obtenidos podemos concluir, pese a que no todos coincidan, que el río Malinowski esta sufriendo un deterioro ambiental que afecta a las comunidades acuáticas y que lo posiciona como el cuerpo de agua lótico peor conservado de todos. Entre los cuerpos de agua lóticos mejor rankeados podemos ubicar a La Torre, Távara y Heath.

En el caso de los lagos son Sachavacayoc y Condenado los cuerpos menos conservados, probablemente por su evolución natural que los sitúa próximos a la colmatación y posterior desaparición. Guacamayo, Lagartococha y a cierta distancia Cocococha son los cuerpos de agua lénticos mejor conservados.

## **VIII RECOMENDACIONES**

Este informe ha generado una importante base de datos que en muchos casos no es fácil interpretar. El objetivo principal es pues generar una línea base hidrobiológica para conocer cual es la situación actual. Muchos de esos datos podrán ser interpretados si se contrastan con otros monitoreos que se realicen en el futuro. Así podremos discernir entre fluctuaciones naturales de las provocadas por la acción del hombre. Es por eso que se recomendaría monitorear al menos un ciclo anual completo para entender mejor el contexto en el que nos estamos moviendo. Más adelante se podría estandarizar los

monitoreos, ajustándolos a las posibilidades reales de las instituciones, para crear un sistema de vigilancia de los cuerpos de agua de la reserva y el parque.

Este estudio permite identificar umbrales críticos de deterioro ambiental, como es el caso de la cuenca del Malinowski. Resulta prácticamente imposible parar la actual dinámica de expansión que sufre esa área, y es por eso que se debería focalizar el esfuerzo en este punto. Caracterizar el deterioro de un área puede ser una experiencia muy útil que puede ayudarnos a prevenir el deterioro de otras áreas en el futuro.

Durante el monitoreo pudimos constatar la saturación que determinados atractivos turísticos están sufriendo dentro de la reserva, principalmente las cochas. Aperturar nuevas áreas podría ayudar a relajar la presión sobre estos cuerpos de agua. La cocha Guacamayo en Heath posee un gran potencial turístico, y un eventual plan general de manejo podría arrojar información muy valiosa acerca de un cuerpo de agua tan singular perteneciente a una cuenca relativamente poco conocida. Se podría implicar a operadores turísticos en estos estudios para facilitar la logística de este eventual estudio.

Las zonas de cabeceras siempre resultan especialmente interesantes en estudios taxonómicos, debido en parte a su mayor grado de asilamiento que propicia la existencia de endemismos. Távara presentó una comunidad de peces completamente diferente al resto de las estaciones. Sería interesante realizar un monitoreo más intenso que probablemente genere resultados científicos bastante novedosos. No en vano conviene recordar que el último inventario de ictiofauna se realizó hace aproximadamente 15 años.

Cocococha es una laguna muy diversa en cuanto a hábitats. Probablemente aumentando la intensidad de muestreo y variando los hábitats de pesca dentro de la misma cocha, arrojaría información muy interesante puesto que presenta mejores condiciones de conservación que su vecina Treschimbadas donde ya se han reportado al menos 60 especies de peces.

## **IX AGRADECIMIENTOS**

Quisiera agradecer el apoyo recibido de las siguientes personas e instituciones:

En primer lugar agradezco a la Asociación para la Investigación y el Desarrollo Integral (AIDER) la financiación para la realización de este estudio, el interés mostrado hacia mi trabajo y la confianza depositada durante todos estos meses en especial a Deyvis Huaman y Ronald Mendoza.

A la RN Tambopata por las facilidades ofrecidas para realizar las salidas de campo y a los guardaparques que ayudaron durante los trabajos de campo; Harry, Anthony, Tucha Jr, Germán, Benitez, Percy, Marcel y los demás que ahora olvido

Al profesor Hernán Ortega, director del departamento de Ictiología del Museo de Historia Natural, por el asesoramiento científico y dejarme formar parte de su grupo de Investigación y por la donación de material que contribuyó al presente estudio.

A Max Hidalgo, miembro del grupo de investigación, por sus valiosos consejos y ayuda con la identificación de las especies de peces

A Junior Chuctaya, miembro también del grupo de investigación por sus consejos, por su apoyo en los trabajos de campo de monitoreo de los lagos y la financiación de su proyecto con Trees-UK.

A los docentes Catedrático José Prenda Marín (Universidad de Huelva) y Mishari García Roca (Unamad), por su apoyo institucional.

A miguel Velásquez por la aportación de su tesis de grado

A la Cooperación Española por la financiación de mi proyecto de tesis doctoral de la que se ha beneficiado este informe

A los especialistas del departamento de limnología del museo de Historia Natural, Carlos Palma (Bentos), Diana López (Plancton en ríos) y a la profesora Iris Samanez (Plancton en lagos)

Al doctor Michel Jégu, del Institute for Developmental Research de Marseilles, Francia por la identificación de las especies de la familia Serrasalminae (pirañas).

A Javier Maldonado de la Universidad de Sao Paulo por la identificación de las especies del orden Gymnotiformes (macanas)

A Ramón Delucchi y el Albergue Inotawa Expeditions por el apoyo logístico durante la semana de trabajo en los lagos de Tambopata.

A la comunidad de La Torre por su orientación en las cochas y en especial a la familia Suico

A los albergues Explorers Inn, Rainforest Expeditions, Caiman, Inca Natura y TPL por el apoyo con la logística que permitió los trabajos en los lagos de Tambopata y Sandoval.

Al ing. Pesquero Giancarlo Barbieri por su ayuda en campo y a los demás que tambien me apoyaron en campo; Pio, Samuel, Wilson, Jair, Alberto, Juan Carlos, Polanco, Alfredo, Julio, Henry y demás que olvido

Y por último a mi mujer e hija por soportar todos estos días de viaje y la posterior sentada frente a la “compu”.

**X BIBLIOGRAFÍA:**

Alba-Tercedor (1996) Macroinvertebrados Acuáticos y Calidad de las Aguas de los Ríos. IV Simposio del Agua de Andalucía (SIAGA) vol II. 203-213. ISBN: 84-7840-262-4

Araújo Flores J. (2010) Caracterización de la Ictiofauna en la Cuenca Andino-Amazónica del Río Madre de Dios (Perú) Tesis Doctoral (Universidad de Huelva,-UNAMAD) no publicado (AECID)

Barbieri-Noce G (2005) Evaluacion de Mercurio Total en Peces, Agua y Sedimentos en la Cuenca del Río Malinowski. Tesis de Grado UNA La Molina y WWF

Barthem R., M. Goulding, B. Fosberg, C. Cañas & H. Ortega. 2003. Aquatic Ecology of the Rio Madre de Dios, Scientific bases for Andes Amazon Headwaters. Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica (ACCA) / Amazon Conservation Association (ACA). Gráfica Biblos S.A., Lima, Perú. 117 pp.

Brown AV, Limbeck RL, Schram MD. 1989. Trophic importance of zooplankton in streams with alluvial riffle and pool geomorphometry. Archiv fur Hydrobiologie 114: 349–367.

Chernoff B. & W. Willink. 1998. A Biological Assesment of the Aquatic Ecosystems of the Upper Rio Orthon Basin, Pando, Bolivia. Bulletin of Biological Assesment 15. Rapid Assesment Program. Conservation International, Field Museum, Museo Nacional de Historia Natural-Bolivia.

Duncan J. R. and Lockwood J. L. 2001. Extinction in a field of bullets: a search for causes in the decline of the world's freshwater fishes. Biological Conservation 102: 97-105.

Eddy S. 1931. The plankton of the Sangamon River in the summer of 1929. Bulletin of the Natural History Survey of Illinois 19: 469±486

EISA Corredor Vial Interoceanico Sur, Peru – Brasil. Tramo 3, CONIRSA 2009

EISA Corredor Vial Interoceanico Sur, Peru – Brasil. Tramo 3, CONIRSA 2010

EISA Corredor Vial Interoceanico Sur, Peru – Brasil. Tramo 3, WALSH 2006

Fialho, A. P., L. G. Oliveira, F. L. Tejerina-Garro & B. Mérona, 2008. Fish-habitat relationship in a tropical river under anthropogenic influences. *Hydrobiologia* 598: 315–324.

Galvis, Mojica y Duque 2006 Peces del medio Amazonas, Region de Leticia . Serie de Guías de Campo, Conservación Internacional Colombia

Gerson Araujo F. (2009) Longitudinal patterns of fish assemblages in a large tropical river in southeastern Brazil: evaluating environmental influences and some concepts in river ecology. *Hydrobiologia* 618:89–107

Gonzales, A. 1988. El Plancton de las Aguas Continentales. Serie de Biología, Monografía N° 33. Secretaría General de la OEA. Washington DC.

Goulding, M., R. Barthem, B. Forsberg, C. Cañas & H. Ortega. 2003. Las fuentes del Amazonas: Ríos, vida y conservación de la Cuenca del madre de dios. Asociación para la conservación de la cuenca Amazonica (ACCA). Lima, Peru 198 pp

Harding J. S., Benfield E. F., Bolstad P. V., Helfman G. S. and Jones III E. B. D. 1998. Stream biodiversity: the ghost of land use past. *Proceedings of the Natural Academy of Sciences. U.S.A.* 95: 14843-14847.

Hartz, S. M., C. M. Silveira & G. Barbieri, 1996. Alimentación de especies de *Astyanax* Baird & Girard, 1854 en la Lagoa Caconde, RS, Brasil (Teleostei, Characidae). *Revista Unimar* 18: 269–281.

Hidalgo, M. y M. Velazquez : The fishes , 2006. Peces. Reserva Comunal Matses. Rapid Biological Inventories Report 15. Chicago, IL The Field Museum

Lévêque, C., T. Oberdorff, D. Paugy, M. L. J. Stiassny, and P. A. Tedesco. 2008. Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 545–567

Magurran (1987) *Diversidad Ecológica y su Medición*, Edición VEDRÁ 200 pp.

Magurran, A. E., (1988) *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press, New Jersey. 179 pp.

McKinsey, D. M. & L. J. Chapman, 1998. Dissolved oxygen and fish distribution in a Florida spring. *Environmental Biology of Fishes* 53: 211–223.

N. Pitman, Karina Salas, Loyola Azáldegui, G. Vigo y D. A. Lutz 2009. Historia e impacto de la literatura científica del Departamento de Madre de Dios, Perú. *Rev. peru. biol.* 15(2): 015- 022

Ortega, H Y Chang, F. 1996, Peces de aguas continentales del Perú. En: L. Rodríguez (ed), *Diversidad Biológica de Perú: Zonas prioritarias para su conservación*. Proyecto FANPE GTZ-INRENA. 82-86.

Ortega, H, & Hidalgo, M. 2008. Freshwater fishes and aquatic habitats in Peru: Current knowledge and conservation. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 11:3,257 — 271.

Ortega, H. 1992. Biogeografía de peces de aguas continentales del Perú, con especial referencia a especies registradas a altitudes superiores a 1000 m. *Memorias del Museo de Historia Natural, UNMSM*. 21: 39-45.

Ortega, H. 1996. Ictiofauna del Parque Nacional del Manu. Pp 453-482. In: D. E. Wilson and A. Sandoval (Eds). *Manu: The Biodiversity of Southeastern Perú*. Smithsonian Institution. Washington D.C.

Ortega, M.I. Corahua & V. Palacios (2006). Las especies de peces registradas en la cuenca del río Madre de Dios, Perú H. Museo de Historia Natural, UNMSM. Publ. ACCA

Palacios V. y Ortega H. (2009) Diversidad ictiológica del Río Inambari, Madre de Dios, Perú Rev. peru. biol. 15(2): 059- 064

Pfeiffer WC, Lacerda LD, Salomons W, Malm O. Environmental fate of mercury from gold mining in the Brazilian Amazon. Environ Rev 1993;1:26\_37.

Reis, R. E.; Kullander S. O. and Ferraris, C. J. 2003. Check List of the Freshwater Fishes of South and Central América. EDPUCRS. Porto Alegre, Brasil, 742p.

Reynolds CS, Descy J-P. 1996. The production, biomáss and structure of phytoplankton in large rivers. Archiv für Hydrobiologie. Large Rivers

Rojo C, Alvarez Cobelas M, Arauzo M. 1994. An elementary structural analysis of river phytoplankton. Hydrobiologia 289: 43±55.

Roldan, G. (1988) Guía para el estudio de los macroinvertebrados del departamento de Antioquia. Fondo FEN- Colombia, Ed. Presencia Ltda. Bogota. 217 pp

Roldan, G. (2003) Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Ed.Universidad de Antioquia. 1ra edición. Colombia.

Roulet M, Lucotte M, Farella N et al. Effects of recent human colonization on the presence of mercury in Amazonian ecosystems. Water Air Soil Pollut 1999: 112 3\_4 :

Salcedo, N. 2006. New species of Chaetosotma (Siluriformes: Loricariidae) from Central Perú. Copeia, 2006 (1), pp 60-67.

Saunders D. L., Meeuwig J. J. and. Vincent C. J. 2002. Freshwater protected areas: strategies for conservation. *Conservation Biology* 16: 30-41.

Sioli H. 1984. The Amazon, Limnology and landscape ecology of a mighty river and its basin. DR. W. JUNK PUBLISHERS. Dordrecht.

Soto-Galera, E., E. Daz-Pardo, E. Lopez-Lopez & J. Lyons, 1998. Fish as indicators of environmental quality in the Rio Lerma Basin, Mexico. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 1: 267–276.

Vannote, R. L., G. W. Minshall, J. R. Sedell & C. E. Cushing, 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130–137.

W.H.O. (World Health Organization); 1991. *Inorganic Mercury*. 144 p.

WHO. (1999) *Toxic cyanobacteria in water: a Guide to their public health consequences, monitoring and management*. ISBN 0-419-23930-8

Zonificación ecológica y económica del departamento de Madre de Dios (2008) Gobierno Regional de Madre de Dios e Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonía Peruana

## **XI ANEXOS**