

Universidad de Huelva

Departamento de Biología Ambiental y Salud Pública



Caracterización de la biodiversidad acuática en la cuenca andino-amazónica de Madre de Dios - Perú

Memoria para optar al grado de doctor
presentada por:

Julio Manuel Araújo Flores

Fecha de lectura: 28 de enero de 2016

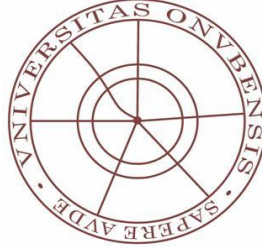
Bajo la dirección del doctor:

José Prenda Marín

Huelva, 2016



UNIVERSIDAD DE HUELVA
Facultad de Ciencias Experimentales
Departamento de Biología Ambiental y Salud Pública



**Universidad
de Huelva**

**CARACTERIZACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD ACUÁTICA
EN LA CUENCA ANDINO-AMAZÓNICA DE MADRE DE
DIOS – PERÚ**

Programa de Doctorado:
Gestión y Salud Ambiental.

Memoria para optar al grado de Doctor presentada por:
Julio Manuel Araújo Flores

Trabajo presentado bajo la supervisión de:
Dr. José Prenda Marín

Huelva, 2015

*A Gina, mis hijas Laia y Camanti
y a mis padres*

INDICE

RESUMEN	7
ABSTRACT	9
I.- INTRODUCCIÓN	11
1.1- Ubicación y Geografía.....	16
1.2- Impactos Antropogénicos.....	24
1.3- Minería Aurífera y Contaminación por Mercurio.....	29
1.4- La Pesca en la Amazonía.....	35
1.5- Posibilidades de gestión de los recursos vivos acuáticos	39
1.6- Cambio Climático	41
II.- OBJETIVOS	47
III.- METODOLOGÍA	48
IV.- RESULTADOS	57
4.1- Variables Ambientales	57
4.2- Ictiofauna	70
4.3- Revision del Sector Pesquero	92
4.3.1- Caracterizacion de Pesquerias de Ríos y Lagos	92
4.3.2- Caracterizacion de la Acuicultura	105
4.4- Biodiversidad de Masas de Agua Sometidas a Diferente Presión Antrópica en el Entorno de un Área Urbana de la Amazonía Peruana. Puerto Maldonado - Madre de Dios.	108
4.5- Ejemplo de Monitoreo Participativo en un Área Natural Protegida. Biota acuática en la Amazonía Andina Peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el Río Colorado (Madre de Dios).....	127
V.- DISCUSION GENERAL	143
5.1- Variables Ambientales	143

5.2- Ictiofauna	149
VI.- CONCLUSIONES/CONCLUSIONS	164
VII.- AGRADECIMIENTOS	167
VIII.- BIBLIOGRAFIA	169
IX.- ANEXOS	185
Apéndice 1	Fotografía de Ecosistemas y Metodología
Apéndice 2	Listado de Peces Registrados en el Estudio
Apéndice 3	Listado de Pescados Comerciales
Apéndice 4	Listado de Pescados de Subsistencia
Apéndice 5	Láminas de Peces
Apéndice 6	Detallado de Producción Pesquera en Madre de Dios
Apéndice 7	Encuesta Realizada en Estudio de Pesquerías
Apéndice 8	Ficha de Monitoreo en Campo
Apéndice 9	Ubicación y Descripción de las Estaciones de Muestreo. Variables Ambientales y Pescas.

RESUMEN

El conocimiento de los cuerpos de agua de la región Neotropical se revela como una necesidad a nivel global que la sociedad debe afrontar. Las comunidades de peces de la Amazonía, la principal cuenca del Neotropical, constituyen el principal reservorio de diversidad de agua continental del mundo, señalada como una región de alta prioridad para la conservación. No obstante, aun presenta muchas lagunas de conocimiento con el agravante de estar registrando un importante deterioro en las últimas décadas, producto de la expansión urbana, agrícola y la extracción descontrolada de los recursos naturales. Gran parte de esta cuenca presenta vacíos de gobernanza por una parte, pero también se registra una carencia de estudios que puedan apoyar la toma de decisiones e implementar políticas de manejo y que además permitan garantizar la continuidad de los recursos, cubriendo las necesidades proyectadas.

La región de Madre de Dios, en la selva sur oriental de Perú donde transcurre la mayor parte del estudio, unifica una serie de factores que le confieren un gran atractivo para su estudio. Su excepcional biodiversidad enclavada en el piedemonte Andino-Amazónico contrasta con un desenfrenado desarrollo que se vio acelerado con la construcción de la carretera interoceánica que atraviesa todo el territorio para conectar las costas del Pacífico peruano y el Atlántico brasileño. No en vano, esta región registra la mayor tasa de inmigración, nacional y de los países vecinos, Brasil y Bolivia, que han quintuplicado su población en los últimos 30 años.

El estudio se planteó recopilar toda la información referente a los cuerpos de agua y recursos hidrobiológicos generados en el área de estudio en primer término y en un segundo lugar se propuso caracterizar los cuerpos de agua de la región. Para ello se recorrió la geografía de la región de Madre de Dios, cubriendo las principales cuencas y hábitats más significativos desde el año 2009 hasta la actualidad.

En la revisión propuesta se repasan las principales actividades humanas que están alterando los ecosistemas acuáticos. La minería aurífera aluvial constituye el principal impacto antropogénico que registra el área de estudio con medio medio millón de hectáreas concesionadas y al menos 70 mil hectáreas completamente desertizadas. La minería, la mayor actividad económica de la región, transforma los cuerpos de agua ya desde las cabeceras, implicando una fuerte transformación del paisaje y generando subproductos de relavados ácidos, polución del aire y el agua con arsénico, cianuro y mercurio entre otros. Este trabajo hace una actualización del impacto de la minería y de los niveles de mercurio que se vienen registrando en pescados y población.

El sector pesquero evidencia una falta de manejo eficiente por parte de las autoridades. Este trabajo hace una recopilación de las estadísticas e informes institucionales, al mismo tiempo que buscó la implicación de profesionales del sector mediante la organización de talleres y realización de encuestas. El estudio del efecto del cambio climático, en las pesquerías amazónicas y en general en la fauna acuática, es una disciplina relativamente nueva, requiriendo mucho esfuerzo de investigación y con amplias lagunas de conocimiento que dificultan la predicción de los acontecimientos que se van a producir. El presente documento recopiló las ideas más relevantes relacionadas con esta temática, reconociendo al mismo tiempo las grandes limitaciones que se presentaron debido al déficit de estudios ecológicos del medio acuático amazónico.

Este trabajo hace una descripción de la diversidad de los cuerpos de agua, diagnosticando su estado de conservación, explicado a través de las variables ambientales registradas y de su ensamblaje con las comunidades de peces. Puntualmente se presentan estudios más detallados en lugares menos extensos donde se aumentó el esfuerzo de muestreo incorporando además un mayor número de parámetros abióticos (metales pesados) y otras comunidades acuáticas (macroinvertebrados, plancton y perifiton). Por un lado se presenta el estudio de los cuerpos de agua del entorno de la capital del departamento, que concentra la mayor parte de la población, Puerto Maldonado y por otro lado se propone un plan de monitoreo participativo dentro de un área natural protegida (ANP) gestionada por el estado, la Reserva Comunal Amarakaeri, administrada parcialmente por la etnia nativa que considera esta área de conservación parte de su territorio ancestral.

Este trabajo concluyó una elevada diversidad de especies de peces, describiendo las peculiaridades de las diferentes comunidades, relacionadas con los ecosistemas y su distribución a lo largo de los gradientes altitudinal, horizontal (ríos, tributarios y lagos), y tipos de masas de agua (clara, negra y blanca). El estudio detectó lugares con diferentes niveles de impacto ambiental e identificó las características observadas en las comunidades acuáticas que caracterizaron ese impacto.

Por último cabe señalar el esfuerzo colaborativo que se ha materializado entre diferentes organismos de investigación y que ha posibilitado la existencia de un marco institucional necesario para la ejecución de este trabajo, implicando a las universidades: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD) y la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) en Perú y a la Universidad de Huelva (UHU) en España. Iniciativa que aún sigue en marcha y que espera generar sinergias que aproximen más si cabe estas instituciones, generando trabajos científicos de relevancia.

ABSTRACT

Knowledge of water bodies in the Neotropical region is revealed as a necessity that global society must face. The fish communities of the Amazon Neotropics basin, are the main reservoir diversity of inland water in the world, a region designated as high priority for conservation. However, even many gaps of knowledge with the added task of recording a significant decline in recent decades as a result of urban, agricultural expansion and uncontrolled extraction of natural resources. Much of this basin is empty of governance on the one hand, but a lack of studies that can support decision, making and implementing management policies to ensure the continuity of the resource which in turn cover the projected needs is registered.

The region of Madre de Dios, in the south eastern jungle of Peru where elapses most of the study, unifies a number of factors that give it a great attraction for study. Its exceptional biodiversity nestled in the Andean-Amazon rim contrasts with unbridled development that was accelerated with the construction of the Interoceanic Highway that runs through the territory to connect the Pacific coast of Peru and the Brazilian Atlantic. Not surprisingly, this region has the highest rate of national immigration and neighboring countries, Brazil and Bolivia, which has quintupled its population in the last 30 years.

The study was planned to gather all the information regarding water bodies and aquatic resources generated in the study area in the first, and in second place we characterize the most representative bodies of water in the region. To these propose the geography of the region of Madre de Dios was covered, assessing the main basins and significant habitats since 2009 until today.

In the proposed study changing aquatic ecosystems major human activities are reviewed. The alluvial gold mining is the main anthropogenic impact recording studio area means half a million hectares concession and at least 70,000 hectares completely desertified. Mining, increased economic activity in the region transforms from water bodies and headers, implying a strong transformation of the landscape and generating waste acid products, air pollution and water with arsenic, cyanide and mercury among others. This work makes an update of the impact of mining and mercury levels in fish has been registered and population.

The fisheries sector shows a lack of efficient management by the authorities. This paper is a compilation of statistics and corporate reports, while also sought the involvement of professionals by organizing workshops and surveys. The study of the effect of climate change on the Amazon fisheries and aquatic wildlife generally is a relatively new discipline, requiring much effort on research and broad knowledge gaps that hinder the prediction of events that will occur. This document compiled the most relevant ideas

related to this subject, while recognizing the severe limitations that arose due to the lack of ecological studies in the Amazon biome.

This paper gives a description of the diversity of water bodies, diagnosing his condition, and explained by environmental variables registered and assembly with fish communities. Specifically more detailed studies are presented in places where less extensive sampling effort is increased by incorporating a greater number of abiotic parameters (heavy metals) and other aquatic communities (macroinvertebrates, plankton and periphyton). On the one hand the study of bodies of water environment of the capital of the department, which concentrates most of the population, Puerto Maldonado and secondly participatory monitoring plan proposed within a protected area (ANP) managed by the state, Amarakaeri Communal Reserve, partly managed by the native ethnic group found this conservation area part of their ancestral territory.

This work concluded with a high diversity of fish species, describing the peculiarities of the various communities related to ecosystems and their distribution along the altitudinal, horizontal gradients (rivers, tributaries and lakes), and types of water bodies (clear, black and white). This study found places with different levels of environmental impact and identified the characteristics observed in aquatic communities that characterized that impact.

Finally it should be noted that the collaborative effort has materialized between different research organizations and which has enabled the existence of a need for the implementation of this work institutional framework, involving universities: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD) and Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) in Peru and the Universidad de Huelva (UHU) in Spain. Initiative is still underway and is expected to generate synergies that approximate more so these institutions, generating relevant scientific papers.

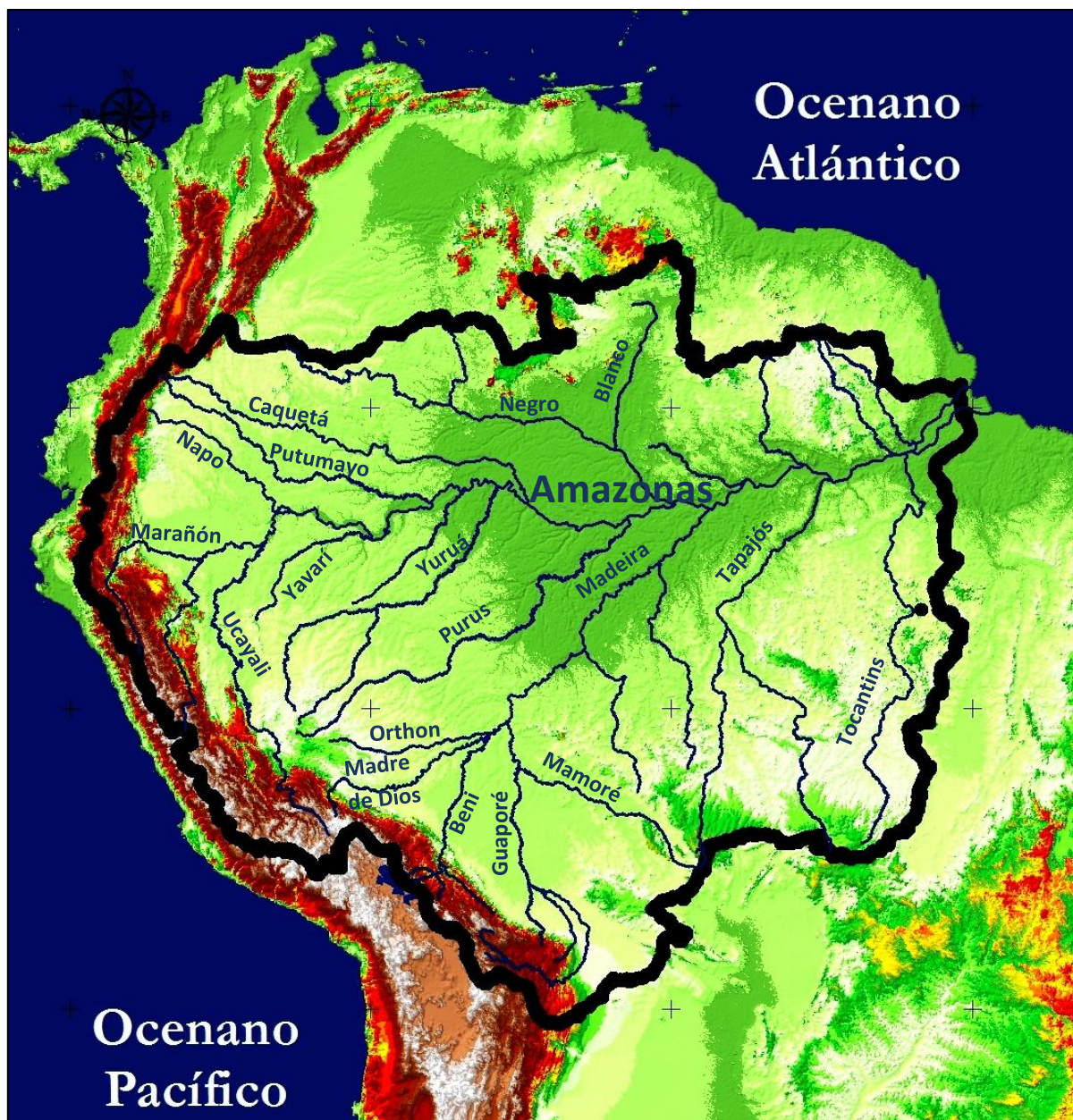
I.- INTRODUCCIÓN

El presente estudio pretende afrontar el conocimiento acerca de los cuerpos de agua, diagnosticando su estado de conservación explicados a través de las comunidades de peces en una cuenca Andino Amazónica de Perú. Este trabajo supone un gran reto puesto que a priori se identifican grandes vacíos de información, sin embargo el atractivo del área de trabajo ayuda a afrontar esta inmensa tarea.

No en vano el área de estudio, la región Neotropical a la que pertenece la Amazonía, con sus 4035 especies (705 géneros) de peces de agua dulce, es considerada como la zona con mayor diversidad y endemismo y es señalada como una región de alta prioridad para la conservación (Lévêque et al., 2008, Lowe-McConnell, 1987; Olson et al., 1998). La cuenca amazónica alberga la mayor diversidad de peces de agua dulce en el mundo, con aproximadamente 2500 especies válidas, sin incluir Orinoco, Guayanas y cuencas costeras del norte de Brasil (Junk et al., 2007) (Mapa 1).

Habría que mencionar la importancia del estudio e inventario de las comunidades acuáticas continentales ya que estos ecosistemas se encuentran actualmente entre los más amenazados del planeta debido a las actividades humanas (desarrollo de infraestructura, expansión de la frontera agrícola, etc.) que ocasionan una enorme pérdida de biodiversidad (Saunders et al., 2002, Harding et al., 1998).

En este contexto, los peces continentales -el grupo más diverso de vertebrados, suponiendo un cuarto del total de especies descritas- es también el que presenta la mayor proporción de especies amenazadas del reino animal, alrededor del 30% (Duncan y Lockwood, 2001, IUCN 2009, Pino-del-Carpio et al., 2010).



Mapa 1. Ubicación de la cuenca Amazónica en Sur América.

La ictiología continental tiene en Perú una zona privilegiada para su estudio - con sus 1064 especies de peces reportadas- ocupa el quinto lugar del mundo en cuanto a riqueza de peces (Ortega *et al.*, 2012) y estimaciones quizás conservadoras elevan a 1300 el número real de especies presentes (Fishbase.org). La importancia del estudio de la cuenca amazónica se debe a que alberga la mayor parte de la fauna peruana de peces continentales, representando más del 80% del

total de reportes (Ortega y Vari 1986). Este estudio se actualizó reportando una mayor riqueza en la Amazonía Peruana con 800 especies (84% del total registrado para Perú) (Ortega e Hidalgo, 2008).

En el contexto actual se observa una generalizada falta de información e interés por estudiar o conocer los recursos hidrobiológicos presentes en el medio en nuestro ámbito geográfico de Madre de Dios. Existe una generalizada falta de información e interés por estudiar o conocer el estado de los recursos hidrobiológicos. En la revisión de los estudios científicos generados en el departamento de Madre de Dios (Pitman et al., 2009) se indica que tan solo el 2.8% de los trabajos analizados se ocupan de temas hidrobiológicos. Sólo 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. Todo lo expuesto anteriormente nos sugiere la necesidad de hacer un monitoreo más continuado que permita inventariar y detectar posibles anomalías en este tipo de recursos hidrobiológicos y carencias en materia de calidad de aguas; ya sea para potabilizar, uso agrícola, ganadero o recreativo. El deterioro en el medio ambiente circundante a los cuerpos de agua repercute en las comunidades acuáticas cuyos índices de diversidad funcionan como indicadores, sensibles a las anomalías generadas en el exterior y detectables mediante técnicas relativamente sencillas.

Pese a la importancia del estudio de los ambientes acuáticos, estos habitualmente son obviados en los inventarios ambientales o no tenidos en cuenta en los planes de manejo y conservación, sin ir más lejos el Plan Maestro de la Reserva Comunal Amarakaeri (2008-2012) carece de un listado de las especies de peces y apenas se hace mención de las 8 especies más importantes.

Actualmente existen al menos 456 especies de peces reportadas para la cuenca del río Madre de Dios según revisión de Ortega et al., (2006). Sin embargo las especies reportadas en este estudio, así como estudios recientes, EIAs y otros

informes técnicos elevan el número de especies hasta al menos 770, encontrándose en la cuenca de Madre de Dios el 70% de la ictiofauna peruana (EISA tramo III Interoceánica 2006-09-10, EISA RC Amarakaeri DOMUS 2008-09, Palacios y Ortega 2009, Araújo-Flores, USAID-Universidad de Florida Araújo-Flores 2011, Plan Maestro RN Tambopata 2012, Carvalho et al 2012, M. Sabaj com. pers, Araujo com. pers). Este listado resulta conservador puesto que no se tuvieron en cuenta estudios realizados en el lado boliviano de la cuenca de Madre de Dios-Beni –aguas abajo del área de estudio- realizados en la cuenca del río Orthon a las que tributan varios ríos incluidos en nuestro estudio como el Tahuamanu y Manuripe (Manuripi en Bolivia) entre otros (Chernoff et al., 1998, Lizarro et al., 2014). Estimaciones recientes indican que la Amazonía boliviana (similar a Madre de Dios al contar con piedemonte y llanura) presenta al menos 700 especies de peces válidos, reportando también importantes vacíos de información (Carvajal-Vallejos 2011).

Sin embargo, a pesar de esta alta diversidad, gran parte de la cuenca de Madre de Dios se encuentra inexplorada o pobremente estudiada, como los ríos Manu, Tahuamanu, Las Piedras o Heath. Debido a su inaccesibilidad, las zonas de aguajales también presentan una importante falta de información. La actual diversidad de peces en la cuenca del río Madre de Dios podría incrementarse con los recientes inventarios que se vienen desarrollando en distintos ecosistemas, tales como los Estudios de Impacto Socio Ambiental (EISA) realizados en el Lote 76 RC Amarakaeri, en los tramos II y III de la carretera Interoceánica (IrsaSur) y otros trabajos de investigación.

El trabajo más prolongado en el tiempo realizado en el área de trabajo son los Estudios de Impacto Socio Ambiental (EISA) a lo largo de los tramos II y III de la carretera interoceánica sur (Puente Inambari-Iñapari). Esta iniciativa realizó 5 campañas reportando 176 especies tan sólo considerando los cuerpos de agua en intersección con el eje carretero. Algunos estudios notables en la cuenca del Madre de Dios son los llevados a cabo en el entorno de la boca del río Los Amigos –tributario de la llanura- con un elevado esfuerzo de muestreo considerando el canal de los ríos, quebradas, lagos y aguajales durante dos años listando 287

especies (Barthem et al 2003). El inventario ictiológico del Parque Nacional Manu reportó 210 especies (Ortega 1996).

El estudio ictiológico más relevante realizado en el área Reserva Nacional Tambopata fue el de la desaparecida ictióloga Fonchii Chang (C.I. 1998) donde se muestreó en el río Tambopata (canal, tributario y lagos) listando 232 especies de peces. Este estudio aplicó un elevado esfuerzo de muestreo incluso usando rotenona (barbasco), métodos no aplicados para el presente estudio. El Plan Maestro del Parque Nacional Bahuaja-Sonene y la Reserva Nacional Tambopata actualizó en 318 el número de especies en los ríos Tambopata, Heath y Palma Real todos ellos tributarios de la margen derecha del río Madre de Dios (Araújo-Flores, Plan Maestro RN Tambopata 2012). 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). El río Chocolatillo -tributario de las cabeceras del río Tambopata- muestreado en un inventario biológico rápido el año 2013 reportó 64 especies y una abundancia de 1985 capturas, para un gradiente altitudinal de 1080-319m (Araújo com. Pers). Un muestreo rápido con similar metodología en las cabeceras el río Inambari (Valles de Marcapata-Araza) con un gradiente de altura de 1108-352m reportó 52 especies para 1411 capturas (Palacios y Ortega 2009). Por otro lado el río Las Piedras ubicado en la llanura con un gradiente de 270-180m reportó 144 especies, confirmando la relación inversa entre riqueza taxonómica y altura (Carvalho et al 2012).

Otro trabajo en el mismo río Inambari listó 140 especies y 5500 capturas para un gradiente de 4300-200m, sin embargo este último reporte presentó un mayor esfuerzo de muestreo combinando métodos tradicionales con pesca eléctrica (Lujan et al., 2013). Un reciente monitoreo biológico rápido en el piedemonte a lo largo del valle del Kosñipata-Alto Madre de Dios reportó 78 especies de peces y 1934 capturas en un gradiente altitudinal de 2800-400m mediante el uso de pesca eléctrica (R. Miranda en publicación).

Entre los pocos estudios realizados en la zona de cabeceras se encuentran los trabajos de impacto socio ambiental (EISA) que vienen realizando desde el 2008 dentro del programa de monitoreo del lote 76 de hidrocarburos de Hunt Oil que se ubica en el ámbito de la RC Amarakaeri (EISA Amarakaeri Domus-2009-10). Durante los estudios realizados en 2 épocas diferentes lluvia y seco se reportaron 127 especies de peces para un total de 9018 capturas.

Durante el mes de enero de 2012 se realizó un muestreo rápido de la ictiofauna presente en la Concesión de Conservación Hacienda Villa Carmen (Alto Madre de Dios) reportando 44 especies para 530 capturas (Araújo-Flores 2012). Un muestreo hidrobiológico rápido en el área de la quebrada Mascuitania CREES-MLC (tributario del Alto Madre de Dios) ubicado a 3 km aguas abajo de la comunidad de Salvación, consideró quebradas y el canal principal del propio Alto Madre. Usando un esfuerzo de muestreo similar al estudio en Villa Carmen, este trabajo reportó 44 especies para 227 capturas (Araujo-Flores CREES 2009).

Mark Sabaj Pérez lideró la iniciativa Earth-Watch Proyect que durante el año 2004 realizó una revisión y muestreo de los cuerpos de agua contiguos a las principales vías de comunicación dentro de la cuenca del río de Madre de Dios. Este trabajo recorrió los tramos II y III de la interoceánica hasta Brasil y la ruta Cusco-Pilcopata internándose hasta la EB Cocha Cashu dentro del PN Manu. Dentro del proyecto se reportaron 253 especies de peces.

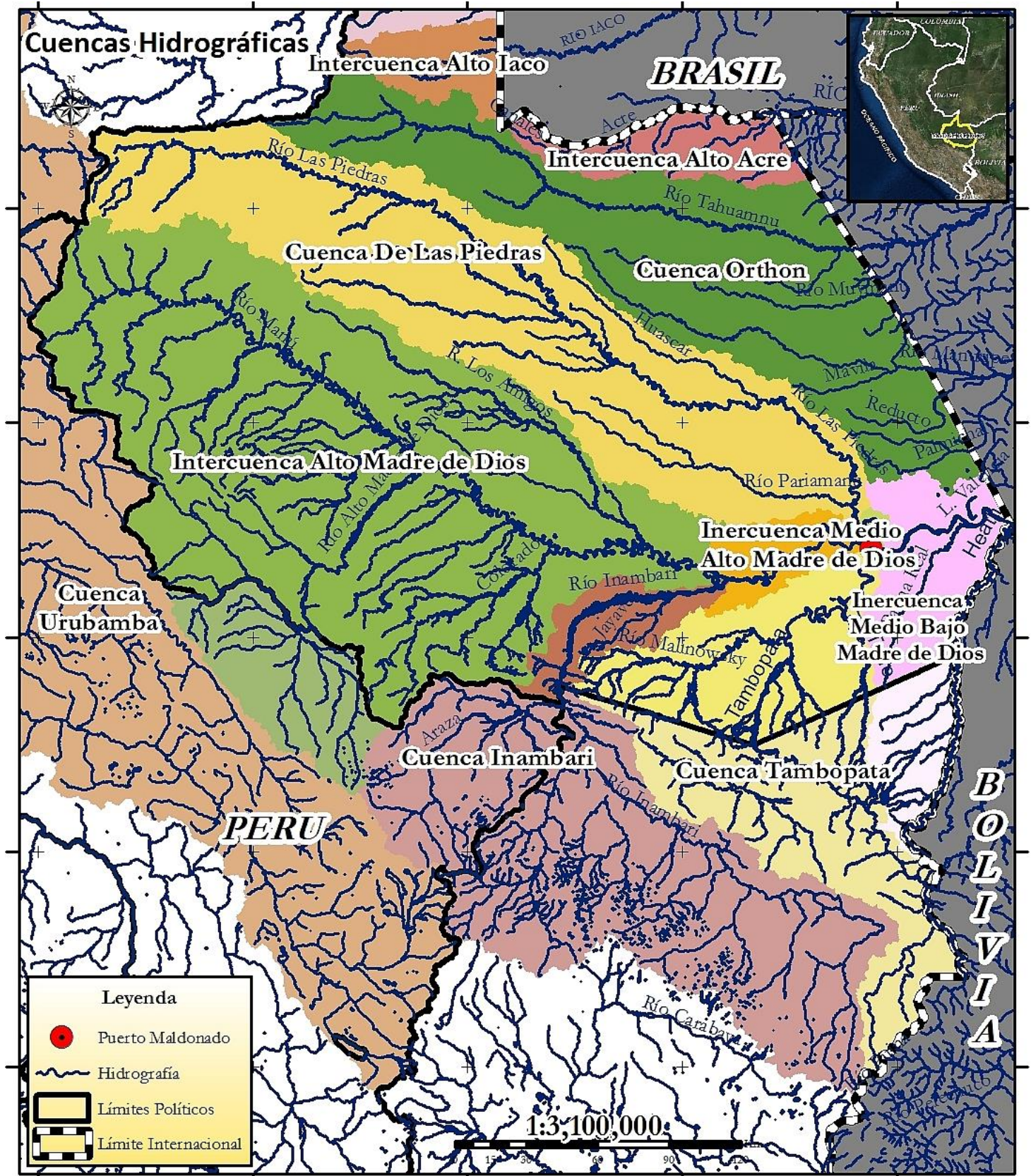
1.1- Ubicación y Geografía

La cuenca del Amazonas es una extensa región que ocupa 95,749 km² y que en Perú cuenta con 4 subcuencas separadas entre sí: los ríos Amazonas, Yurúa, Purús y Madre de Dios.

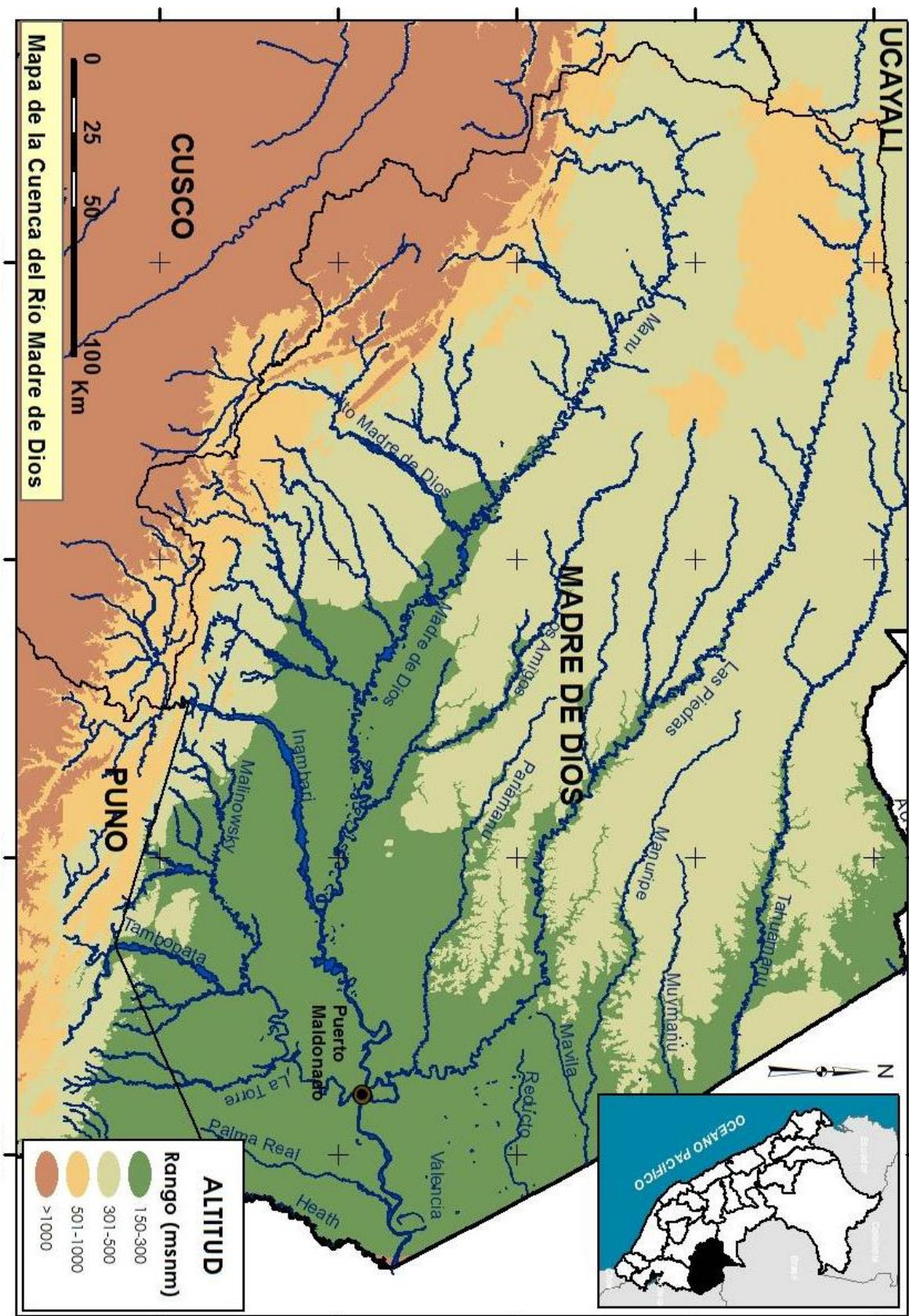
Madre de Dios – ubicada en la parte Sur Oriental del Perú- (Mapas 2 y 3) es una región que alberga una gran diversidad biológica y paisajística de relevancia no solo en Perú sino a nivel mundial, albergando posiblemente el área menos intervenida y erosionada de la Amazonía peruana. El río Madre de Dios se engloba dentro del eje fluvial Madre de Dios-Beni-Madeira el segundo mayor tributario del río Amazonas. Esta se une al Amazonas, siendo el único tributario del sur que le aporta agua procedente de los Andes. Esta cuenca a su vez se cataloga dentro del piedemonte Mamoré-Madre de Dios en el listado de ecorregiones de agua dulce del mundo (Abell et al., 2008). Esta cuenca tiene una extensión de 111,933 km² en territorio peruano y comprende tres gobiernos regionales; Madre de Dios supone el 56%, Puno el 32% y Cusco el 12% de la superficie total.

La región cuenta con áreas naturales emblemáticas como el Parque Nacional del Manu - reserva de la biosfera reconocida por la UNESCO - y cuencas en gran parte inexploradas, como las de los ríos Tahuamanu, Las Piedras y Heath. Debido a su inaccesibilidad, los aguajales (zonas de bajial inundable) también presentan una importante falta de información.

En el caso del PN Manu, este posee el atenuante de ser reserva de la biosfera, lugar de alto interés biológico, donde la gestión por parte del hombre juega un importante papel para la conservación biológica y el desarrollo sostenible. Las Reservas de la Biosfera están internacionalmente reconocidas por la UNESCO y se caracterizan por tener que compaginar el desarrollo de las poblaciones locales con la conservación de su riqueza biológica, paisajística y más aún en nuestro caso, la riqueza étnica y antropológica.



Mapa 2. Ubicación de la cuenca y subcuencas hidrográficas de Madre de Dios en Perú



Mapa 3. Ubicación en el relieve de la cuenca de Madre de Dios en Perú

Existen aproximadamente 136 ríos en toda la cuenca hidrográfica de Madre de Dios, y al menos 248 quebradas que alimentan a los ríos principales. La región posee una gran variedad de microhábitats, y recoge el agua con características físicas y químicas distintivas clasificadas por Sioli (1984) como: blancas (ríos de llanura cargados de sedimentos), claras (corrientes de selva alta) y negras (corrientes de llanura con elevada materia orgánica). Además presenta grandes cambios en los niveles de agua influenciados por la contribuciones desde los Andes o desde las tierras bajas amazónicas, alcanzando fluctuaciones máximas de 8-9 metros (Barthem et al., 2003).

La cuenca posee un fuerte gradiente altitudinal que supera los 4000m en los Andes bajando hasta los 150m en la boca del río Heath que delimitan la frontera Perú-Bolivia, ya en la llanura en el límite con Bolivia en la desembocadura del río Heath (Figura 1).

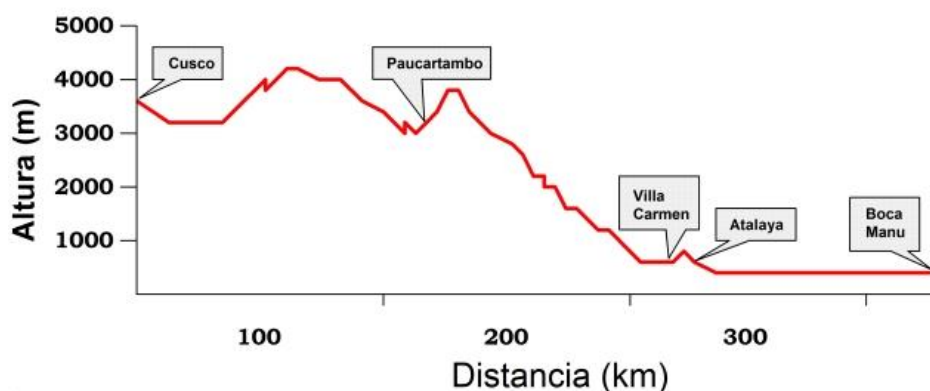


Figura 1. Perfil de la ruta de entrada a la cuenca de Madre de Dios Cusco-Boca Manu (Gps Garmin, Soft. MapSource 6)

La variada geografía así como la gran extensión de la Cuenca de Madre de Dios es representada en veintiséis zonas de vida, siendo la más importante el bosque húmedo subtropical. El tipo de clima que predomina en la cuenca es súper - húmedo y cálido según Thornthwaite (Feddema 2005). La temperatura media anual en Puerto Maldonado, capital del departamento de Madre de Dios, es de 26°C; las máximas llegan a 38°C entre agosto y septiembre, y las mínimas (friajes) a 8°C. Las precipitaciones son escasas entre los meses de junio y agosto, con una época lluviosa entre diciembre y marzo.

En la parte más alta de la cuenca, las quebradas son de aguas claras y discurren sobre terrenos pedregosos, mientras que en el llano amazónico, las quebradas (denominación local para arroyo) generalmente son de agua negra y discurren por terrenos arenosos a arcillosos. Entre los principales tributarios del río Madre de Dios se encuentran los ríos Manu, Los Amigos y Las Piedras por la margen izquierda y los ríos Colorado, Inambari, Tambopata y Heath, por la margen derecha (Mapa 2). En el sector norte fluyen los ríos Tahuamanu y Manuripe que se unen la canal principal para formar el río Orthon en territorio boliviano. El sistema fluvial del río Purus es independiente del río Madeira y no atraviesa Bolivia sino que se ubica más al norte desembocando en el Amazonas aguas más arriba y tiene en el río Acre su único representante en la región.

Existen además diferencias geológicas entre los ríos que se originan en la llanura respecto a los de piedemonte con influencia de la cordillera andina, que tendrán implicaciones en su hidrología. Este es el caso de los ríos Las Piedras, Tahuamanu y Acre cuyas nacientes se ubican muy próximas entre sí en el denominado Arco de Fitzcarrald un sistema de cordilleras bajas geológicamente más antiguas que los Andes (ca. 4 Ma) originadas en el Plioceno (Espurt *et al.*, 2010). Conviene recordar que pese a ubicarse en el departamento de Madre de Dios, el río Acre pertenece a la cuenca hidrográfica del río Purus, no al Madre de Dios. Estas corrientes de agua están clasificadas como ríos de media-baja elevación sin influencia directa de los Andes (Thieme *et al.*, 2007).

La cuenca de Madre de Dios, cuenta con una gran cantidad de lagunas de diverso origen y formación. Los ríos de llanura presentan un característico curso serpenteante, cambiante y con numerosas migraciones laterales que se generan constantemente. La antigüedad de un lago indica el tiempo transcurrido desde que el mismo se separó del canal principal y va a determinar la vegetación ripariana y los macrofitas acuáticos. Con el paso del tiempo, el lago se cerrará y finalmente el bosque terminará colmatando y colonizándolo. En la cuenca de Madre de Dios existen numerosos lagos meándricos, principalmente en su curso medio y bajo, entre los que cabe destacar los lagos Huitoto, Inambarillo, Sandoval o Treschimbadas que oscilan entre los 5.6-3 km de longitud. Sin embargo el mayor y más importante es el lago Valencia, próximo a la frontera con Bolivia,

con 13 km de longitud que constituye un importante caladero de pesca y atractivo turístico.

El eje fluvial Madre de Dios-Beni-Madeira presenta una serie de peculiaridades con respecto a otros sistemas fluviales de la Amazonía, que le hacen de gran interés científico. 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 de peces endémicas. Esta situación propició la ausencia de especies como el paiche (*Arapaima spp*) en su estado natural o delfín rosado y gris entre otras especies emblemáticas.

La elevada velocidad de la corriente y los grandes volúmenes de agua – mayores en época lluviosa- producen procesos erosivos y de sedimentación en las riberas. Estos fenómenos de erosión y sedimentación ocasionan migraciones laterales de los cursos de los ríos que se intensifican en los sectores bajos de la cuenca. Es este proceso el que origina los meandros fluviales abandonados, los lagos y cochas. Además la superficie de bosque inundable en época lluviosa -que supone el 3.5% de la cuenca del Madre de Dios- juega un importante papel generando una proliferación de producción primaria tras la retirada de las agua en la época de transición a seca (Chang et al., 1999). Este fenómeno genera una elevada oferta de microhabitats y una explosión de diversidad acuática. Esta superficie inundable se encuentra mucho más representada en el llano amazónico, como los bosques de várzea de los ríos Ucayali y Marañón (Welcomme 1985).

La ceja de selva amazónica, que se dispone a lo largo de la cordillera de los Andes en la zona de transición Andes-Amazonía (entre 1000 y 400m) posee una elevada tasa de especies endémicas y biodiversidad. Las zonas de cabeceras en el departamento de Madre de Dios no están exentas de estas amenazas (Mapa 4).



Mapa 4. Ubicación en el relieve de la cuenca de Madre de Dios en Perú

El grado de conservación de esta cuenca juega un importante papel en la explotación del recurso pesquero ya que es una región de cabecera utilizada por las especies migratorias que se trasladan anualmente como zona de desove, influenciado por el régimen hidrológico del río Madre de Dios (Barthem y Goulding 1997, Cañas y Pinne 2010).

La presente propuesta aborda también el estudio descriptivo que nos permita conocer para proteger las comunidades acuáticas existentes, con

incidencia en las comunidades de peces. Repasando el listado de especies de peces descritas por primera vez para la ciencia en el área de estudio, se reportan al menos 20 registros recopilados por Reis et al 2003. Estas son *Ceratobranchia delotaenia* (Chernoff & Machado-Allison, 1990) *Creagrutus unguis* (Vari & Harold, 2001), *Creagrutus manu* (Vari & Harold, 2001) y *Creagrutus occidaneus* (Vari & Harold, 2001), *Apistogramma urteagai* (Kullander, 1986), *Bujurquina cordemadi* (Kullander, 1986), *Bujurquina eurhinus* (Kullander, 1986), *Bujurquina tambopatae* (Kullander, 1986), *Attonitus bounites* (Vari & Ortega, 2000), *Rivulus christinae* (Huber, 1992), *Tytocharax tambopatensis* (Weitzman & Ortega, 1995), *Lepthoplosternum beni* (Reis, 1997), *Nannoptopoma sternoptychum* (Schaefer, 1996), *Crossoloricaria bahuaja* (Chang & Castro, 1999), *Ancistrus heterorhynchus* (Regan, 1912), *Aphyolebias rubrocaudatus* (Seegers, 1984), *Bryconamericus pectinatus* (Vari & Siebert, 1990), *Charax caudimaculatus* (Lucena, 1987), *Chilodus fritillus* (Vari & Ortega, 1997), *Trichomycterus vittatus* (Regan, 1903) y *Ancistrus marcapatae* (Regan, 1904).

Sin embargo tras esta publicación se reportaron al menos otras 9 nuevas especies en la cuenca de Madre de Dios lo que indica la falta de información que aún se tiene de la región; *Hyphessobrycon nigricinctus* (Zarske y Gery 2004), *Odontostilbe nareuda* (Bührnheim & Malabarba 2006), *Chrysobrycon eliasi*, (Vanegas-Rios, Azpelicueta & H. Ortega, 2011), *Hyphessobrycon taphorni* (García-Alzate, Román-Valencia & H. Ortega, 2013) *Hyphessobrycon eschwartzae* (García-Alzate, Román-Valencia & H. Ortega, 2013), *Potamotrygon tatiana* (Silva y Carvalho 2011), *Sternarchorhynchus hagedornae* (de Santana & Vari, 2010), *Monotocheirodon drilos* (Menezes, Weitzman& Quagio-Grassiot 2013) y *Monotocheirodon kontos* (Menezes, Weitzman& Quagio-Grassiot 2013)

1.2- Impactos Antropogénicos

Esta región de fuertes contrastes conjuga zonas de alto grado de conservación con áreas fuertemente impactadas por la actividad antropogénica. La población humana de la cuenca en el 2010 era de 267,000 habitantes (Cusco, Puno

y Madre de Dios). Si bien es cierto que la densidad poblacional no es elevada (3.86 ha/km²), la población es muy dinámica, con una tasa de crecimiento anual cercana al 3.5%(INEI 2012). Según el informe del Banco Central de Reserva del Perú (Huamán et al. 2014), en el año 2012, Madre de Dios aportó el 0.3% al Valor Agregado Bruto (VAB) nacional, ocupando el último lugar a nivel departamental. La tasa de crecimiento promedio anual del VAB entre 2003 y 2012 fue del 4.4%. La minería constituyó la principal actividad económica (28.1% del VAB departamental), seguida del comercio (11.6%), los servicios gubernamentales (11.3%), la agricultura, caza y silvicultura (9.3%) y con un porcentaje menor, el ecoturismo y la conservación. Siguiendo a la misma fuente, los principales productos agrícolas del departamento son: pasto bracharia, plátano, maíz amarillo duro, yuca y arroz, destinados esencialmente al consumo local, debido a que el departamento es deficitario en producción agrícola, por lo que debe abastecerse de otras zonas del país.

Aunque la biodiversidad acuática tropical - especialmente de la Amazonía- está sometida en la actualidad a un bajo riesgo, como ocurre con todas las áreas del planeta en las que coinciden una baja densidad poblacional y ausencia de agricultura a gran escala (Vörösmarty *et al.*, 2010), se están iniciando cambios que pueden poner en peligro los ecosistemas acuáticos de muchas regiones tropicales, como es el caso de la Amazonía Peruana (Scullion *et al.*, 2014).

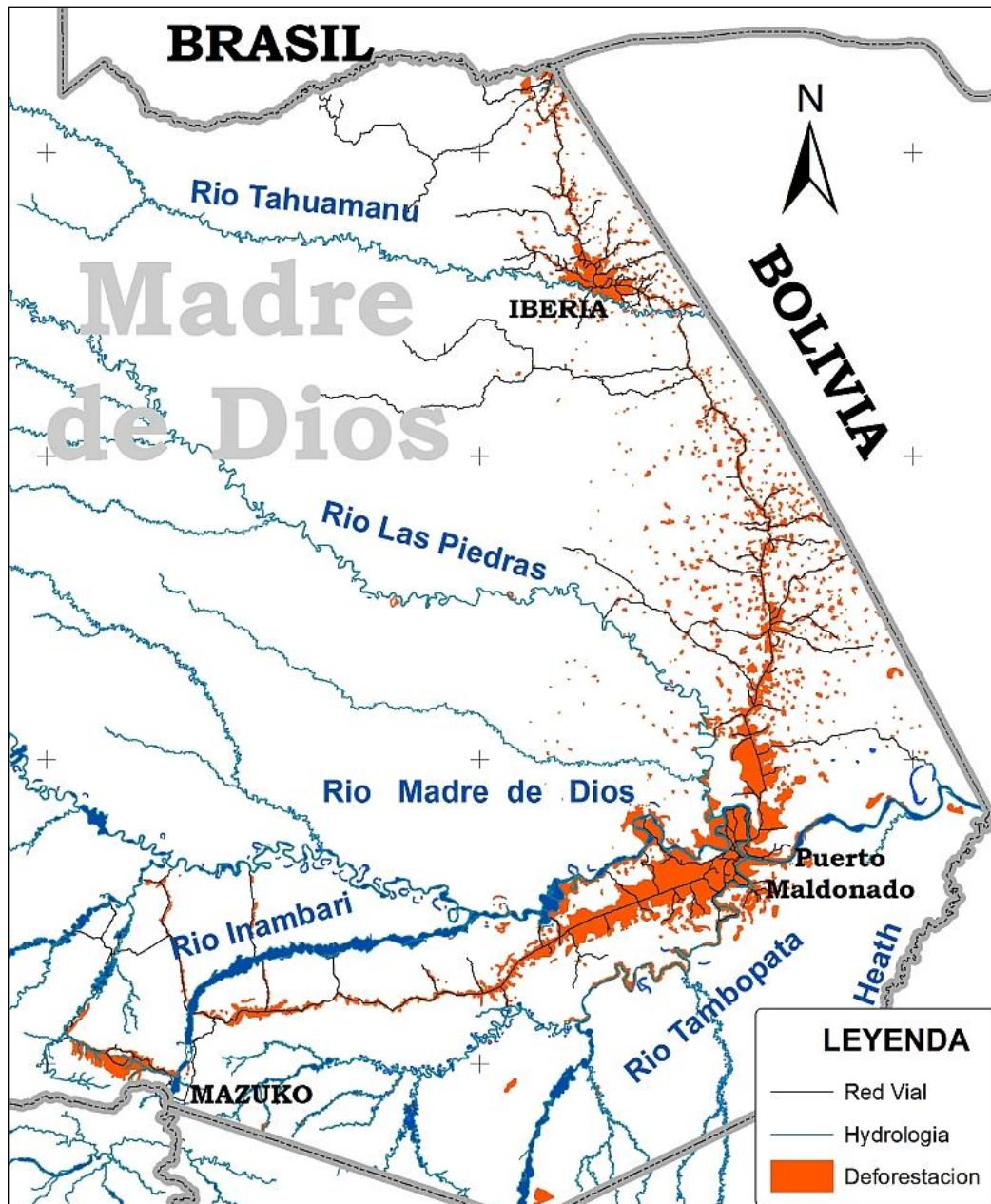
Una economía basada principalmente en la extracción de materias primas está modificando rápidamente la cuenca del río Madre de Dios en los últimos años. Algunas zonas consideradas en esta propuesta se encuentran sometidas a fuertes procesos de transformación como lo son la expansión de la frontera agrícola y urbana, el aprovechamiento forestal, la minería aurífera y la reciente construcción de la interoceánica sur que acelera todos los procesos anteriores.

La reducción de la cobertura forestal en la cuenca y la turbidez de los ríos son una realidad indiscutible, ambas mayoritariamente consecuencia directa de la minería informal. En el período 2000 – 2005 se deforestó anualmente cerca de 10 000 km² de bosques, y se aumentó de forma alarmante la carga de materia en

suspensión en los ríos (Swenson *et al.*, 2011, Roach *et al.*, 2013, Asner *et al.* 2013, Diringer *et al.*, 2014).

La actividad económica de la región depende en gran medida de la extracción –habitualmente descontrolada y sin planificación– de los recursos naturales. Al menos el 3% de la superficie se encuentra ya deforestada siguiendo el clásico esquema de raspa de pescado a largo de la red vial (Swenson, 2011) (Mapa 5).

Quebradas como la Dos de Mayo (a 3 km de Mazuko) o Guacamayo (Km 104) han sido completamente colmatadas por la actividad minera eliminando la actividad pesquera en tan sólo 3 años en el caso de Dos de Mayo (observación directa del autor). En el caso de la cuenca del Madre de Dios, la minería ha generado una fuerte presión, mermando la riqueza específica de peces (Goulding *et al.*, 2003). El deterioro en el medio ambiente circundante a los cuerpos de agua repercute en las comunidades acuáticas cuyos índices de diversidad funcionan como indicadores, sensibles a las anomalías generadas en el exterior y detectables mediante técnicas relativamente sencillas.



Mapa 5. Áreas deforestadas en la región de Madre de Dios-Perú. Fuente: Gob. Reg. Madre de Dios ZEE 2009.

Todas las transformaciones ambientales que se están registrando en Madre de Dios deben estar repercutiendo sobre los cuerpos de agua directa e indirectamente, sobre todo en las comunidades acuáticas, (Cleto-Filho & Walker 2001, Alexandre *et al.*, 2010, Moya *et al.*, 2011). Asimismo, se posee un conocimiento parcial sobre cómo están afectando las transformaciones antrópicas a estos medios peculiares, depositarios de la mayor parte de la riqueza biológica

acuática del planeta (Boyero *et al.*, 2009). En la mayoría de los ríos se puede observar a simple vista el deterioro de las aguas -además de las razones mencionadas- por los desagües de las ciudades y los residuos sólidos que se vierten sin ningún tratamiento previo (Cutipa-Chávez & Araújo-Flores 2012).

El río Malinowski (tributario del río Tambopata) es un área fuertemente impactada por la minería, con una elevada turbidez, sedimentación, deterioro de la vegetación ripariana e incluso presenta desviación y modificación del cauce aislando el canal del bosque inundable o generando cochas artificialmente (Arana y Chang 2005). La actividad minera o el represamiento de cursos de agua son puntos críticos que afectan a las comunidades de peces (Habit *et al.*, 2006, Brosse *et al.*, 2011). Los sistemas hidrográficos cumplen un rol de conectores biológicos del paisaje y además estudios recientes revelan que la biodiversidad de las tierras bajas amazónicas dependen en gran medida de la preservación de las zonas de cabeceras (Carrara *et al.*, 2012).

En julio del 2009 la quebrada Jayave (tributario del río Inambari) fue declarada en emergencia por deterioro ambiental; su cauce fue colmatado por la actividad minera informal de la zona, produciendo inundaciones constantes (GOREMAD 2009).

Estas transformaciones del paisaje ocasionan una degradación del entorno disminuyendo la diversidad específica que y además puede tener implicaciones en la seguridad alimentaria y la salud -no solo de las personas vinculadas directamente a la actividad minera- sino en toda la población en general.

Un informe técnico de calidad de aguas realizado en la cuenca minera por parte de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el año 2010 reportó varios incidentes en parámetros ambientales y niveles de metales en agua y sedimento que superaron los niveles máximos permitidos (MINAM 2008). Concretamente los resultados del análisis de las muestras tomadas indican que los valores encontrados mercurio, plomo, níquel, arsénico y cobre se encuentran por encima de los valores de los Estándares de Calidad de Aguas (ECA) en Perú- categoría 4 (Conservación del Medio Acuático), en los ríos de la cuenca del Inambari y en el río Huepetuhe; como consecuencia de la actividad minera de extracción del oro

que se practica en las riberas de los ríos de manera ilegal. El pH del río Huepetuhe tiene características ácidas (4,71) y los demás ríos de esta cuenca se encuentran en el límite del rango bajo (6,5). Otros parámetros excedidos en casi todos los puntos fueron los coliformes termotolerantes, hasta 4 veces el valor de los ECA de 3000 UFC (ANA 2010). Así mismo un trabajo de investigación llevado a cabo por la Universidad Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD) durante los años 2011-12, reveló la presencia de incidentes en los cuerpos de agua del entorno de la ciudad de Puerto Maldonado, capital del departamento (Cutipa-Chavez y Araújo-Flores 2012). Se reportó cantidades detectables de detergente superando en 2 veces los límites en el propio río Madre de Dios-Capitanía en época seca. También se reportaron valores altos de Arsénico en ambas épocas -no superiores a los valores permitidos- que deberían ser tenidos en cuenta. Resulta llamativo la elevada presencia en la columna de agua de Aluminio (20 veces superior a los límites) y Hierro (10 veces). Si bien es cierto que existen trazas naturales de estos elementos procedentes de la actividad volcánica y geotermal que se encuentran inmovilizados en su mayoría en el suelo (Biney et al., 1994), es probable que la actividad minera este generando esta situación; por adición directa de algunos metales y por la liberación de trazas geológicas removilizadas tras los trabajos de minería.

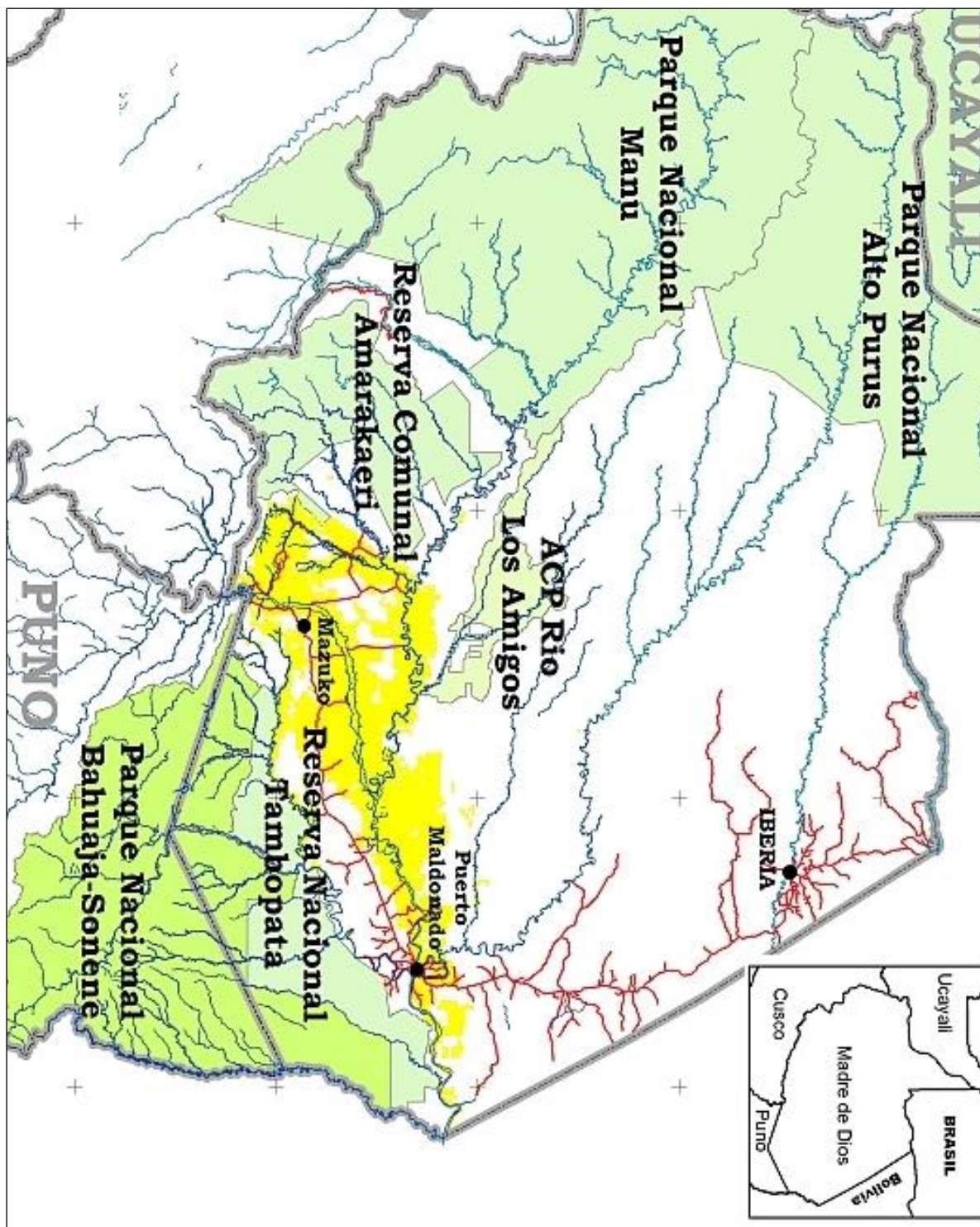
1.3- Minería Aurífera y Contaminación por Mercurio

En los últimos tiempos se observa un aumento en la dependencia de la sociedad al consumo de oro multiplicando su precio tres veces en tan solo 10 años. Este fenómeno se traduce en una alta rentabilidad de la actividad minera a la que Perú no es ajeno, no en vano es el quinto productor mundial (Larmer 2009). Dentro de este contexto la minería informal representa alrededor de un tercio del volumen de producción nacional, concentrando el departamento Madre de Dios más del 70% de esta modalidad extractiva (Brooks et al 2007). Se reportan alrededor de medio millón de hectáreas concesionadas para la minería en Madre de Dios que producen al menos 20 toneladas de oro anuales (Ministerio de Energía y Minas 2011). Si consideramos la producción del vecino departamento de Puno que comparte la misma cuenca hidrográfica en su extremo

norte, el impacto se vería magnificado. Por otro lado habitualmente se relaciona la actividad minera artesanal con la transformación del entorno en términos de deforestación, subproductos de relavado ácidos, contaminación del aire y el agua con arsénico, cianuros y mercurio (Veiga et al 2006).

Todo esto ocasiona una degradación del entorno disminuyendo la diversidad específica y además puede tener implicaciones en la seguridad alimentaria y la salud -no solo de las personas vinculadas directamente a la actividad minera- sino en toda la población en general. Concretamente se viene registrando a nivel nacional un aumento en la importación de mercurio del 42% en tan solo 3 años, necesario en el proceso de amalgamado para obtener el oro. El mercurio es una neurotoxina extraordinariamente poderosa y perjudicial para comunidades humanas y el medio ambiente, sobre todo los ecosistemas acuáticos en donde se puede concentrar en pescados (Andersen et al 1987, Myers et al 2007). Se estima que un tercio de la cantidad anual del mercurio liberado al medio en todo el mundo -al menos 1000tn- proviene de la minería artesanal (Telmer y Veiga 2009).

La actividad minera -con más de 2,000 concesiones reconocidas en el departamento de Madre de Dios, para cerca de medio millón de hectáreas- es una de las más dinámicas de la región, y una parte importante de la población se dedica a la búsqueda y extracción de oro en los ríos, playas y antiguos cauces o a ofrecerle servicios (transporte, materiales, víveres, alojamiento, etc...). Esta actividad se centra principalmente en las vertientes del sureste del departamento, en las cuencas de los ríos Colorado, Inambari, Madre de Dios, Malinowski, Tambopata, Huepetuhe y Caychihue (Mapa 6).



Mapa 6. Áreas dedicadas a la minería y áreas naturales protegidas en la región de Madre de Dios-Perú. Fuente: Gob. Reg. Madre de Dios ZEE 2009.

El mercurio debido a la actividad minera y por lixiviación de la lluvia llega al medio acuático donde pasa de su forma metálica a su forma bioacumulable (metil-mercurio) por acción de bacterias acuáticas (Roulet et al., 1999). Si bien es cierto que existen trazas geológicas naturales de mercurio, esto no explica los niveles que se vienen reportando en sedimentos, agua, aire y pescado en el departamento de Madre de Dios.

Desde principios de la década de la 90s se observa una tendencia en la acumulación de mercurio en peces de consumo que se viene confirmando en distintas áreas muestreadas en la región. Así ejemplares de las especies como la mota punteada (*Callophysus macropterus*) o la chambira (*Hydrolicus pectoralis*) superan habitualmente los niveles recomendados por la Organización Mundial de Salud (OMS).

Diversos estudios mostraron cantidades detectables e incluso superiores a los niveles máximos recomendados por la OMS en sedimentos y pescados en el departamento de Madre de Dios indicando incluso una tendencia al alza correlacionada con el aumento de la producción aurífera reportada en nuestro departamento. Se detectaron cantidades de mercurio incluso en las zonas más aisladas y alejadas de la minería, como el Parque Nacional del Manu asociados a peces de la dieta de la nutria gigantes (Gutleb y Schenck. 1993), en peces del (Deza-Arroyo 1997) en peces locales, no migratorios como el Huasaco (*Hoplias malabaricus*) sugiriendo la idea de que el mercurio entra en los sistemas tróficos bien vía peces migratorios o vía aérea para precipitar sobre estas zonas. En el mismo estudio, también se encontró mercurio en otras especies de consumo como la Carachama (*Hypostomus spp*) y el Bocachico (*Prochilodus nigricans*).

Durante el año 2003 se realizó una evaluación del impacto del mercurio en la cuenca del río Malinowski. La evaluación del contenido de mercurio en los sedimentos de las 10 estaciones consideradas, desde cabeceras hasta su desembocadura en el río Tambopata, superaron los niveles permitidos en todos los casos. Por otro lado este mismo estudio encontró cantidades significativas de mercurio en las especies Carachama, Bocachico y Huasaco (Barbieri 2005).

Las características de los cuerpos de agua pueden facilitar o atemperar este proceso y en nuestro contexto hidrográfico en Madre de Dios se observa una clara diferencia entre ríos de selva alta y de llanura. Así se reporta una mayor correntada, presencia de sustrato pedregoso, y agua clara turbia en selva alta mientras los cursos de agua de llanura amazónica, con una menor correntada, presentan sustrato fangoso y agua blanca con mayor carga de sedimentos en suspensión y mayor temperatura (Tambopata, Malinowski, Manu), características que favorecen la acción de bacterias, acumulación y entrada a la cadena trófica del metil-mercurio (Pfeiffer, 1993).

Datos analizados en un estudio en el río Tahuamanu (alejado del corredor minero) recogen los niveles de mercurio en 16 ejemplares para 7 especies comerciales capturadas durante el muestreo en campo en 2011. Todos los especímenes analizados (16) contienen niveles detectables de mercurio y 5 de ellos supera los niveles máximos permitidos 0.5mg/kg (Figura 2. Araújo-Flores 2011).

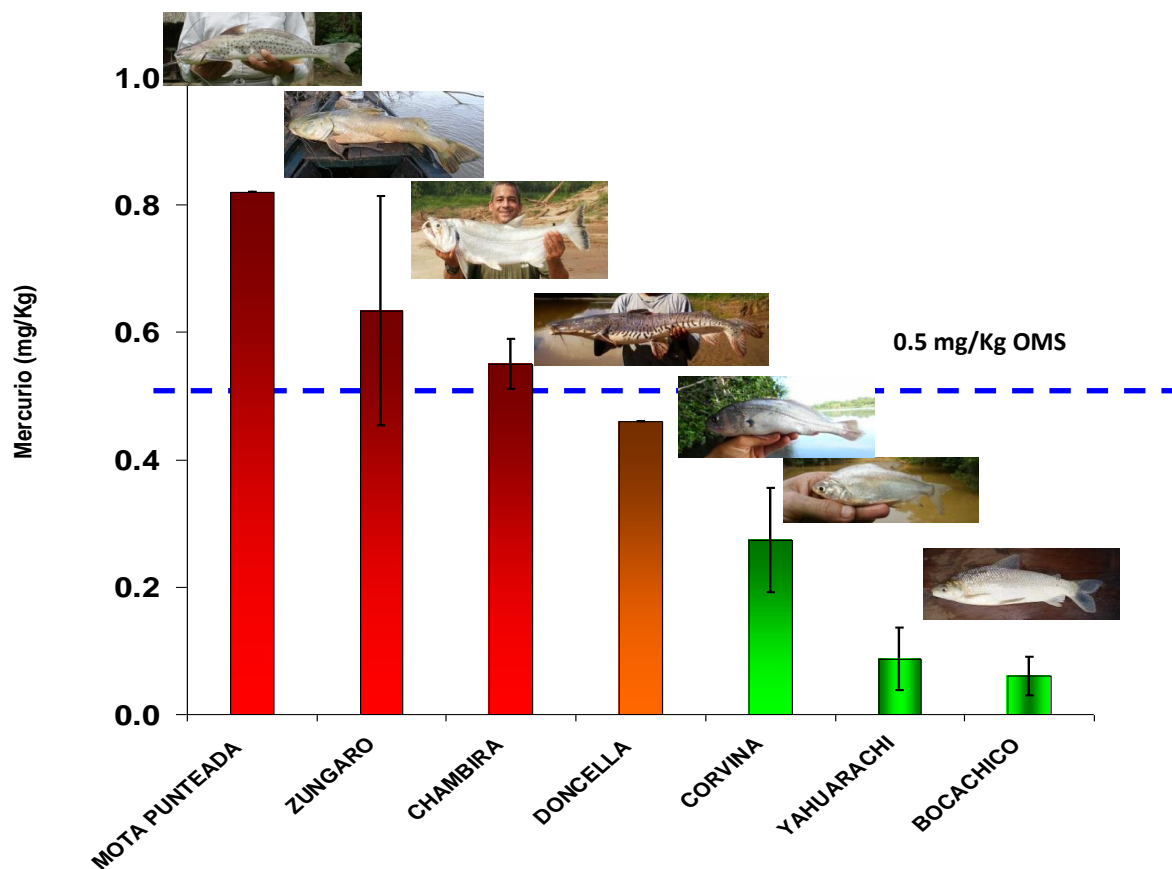


Figura 2. Niveles de mercurio por especies de consumo en el río Tahuamanu

El Ministerio de la Producción reporta durante el año 2011 cantidades detectables de mercurio en músculo de pescados de importancia comercial de Madre de Dios (Ministerio de Producción 2011). De los ejemplares analizados de varias áreas consideradas (Colorado, Tambopata, lago Valencia, Tahuamanu y mercado de Puerto Maldonado) 13 sobrepasan el límite máximo permitido, concurrendo 7 ejemplares en la cuenca del Tahuamanu, contra todo pronóstico, debido a la ausencia de actividad minera. Por último se detectó mercurio en pescados del mercado de la ciudad y en varias ubicaciones de la cuenca (Roach et al 2013, Diringer et al. 2014).

El impacto en la salud pública es bastante grave y ya se reportan habitantes del departamento que superan los niveles máximos permitidos, bien por la exposición laboral al mercurio, bien por el consumo de alimentos contaminados (Ashe 2012). Datos preliminares del proyecto CAMEP de la Universidad de Stanford en Madre de Dios sitúan en 2.8 ppm el nivel promedio en adultos de la población urbana de Puerto Maldonado (Fernandez com. pers.), similar a los datos en la ciudad ribereña de Porto Velho en el río Madeira, aguas abajo en el departamento de Rondônia – Brasil (Rodrigues-Bastos et al 2006). La asociación de mineros de Manuani registra alrededor de 6ppm, mientras que varias comunidades nativas del departamento se ubican entre 4-7ppm. El nivel recomendado por la OMS es de 1ppm, sin embargo estudios realizados en poblaciones netamente pescadoras como las Islas Feroe (Atlántico) o Seychelles (Indico) con valores de 10ppm no reportan perjuicio en mujeres embarazadas y niños (Andersen et al 1987, Myers et al 2007). También se reportan niveles altos en personas que no tienen contacto con la minería y que viven principalmente en la ciudad de Lima, sugiriendo la necesidad de la ampliación de estudios que ayuden a determinar las posibles fuentes de contaminación a nivel estatal.

Actualmente se viene realizando una iniciativa se plantea el análisis de mercurio en pescados y otros recursos hidrológicos en todo Madre de Dios con el proyecto CAMEP (Fernández et al. en publicación, Figura 3).

Este estudio correlaciona las microcuencas ubicadas en la minería con la probabilidad de encontrar pescados contaminados que superan el límite máximo permitido. Conviene aclarar que el proyecto CAMEP se guía por los niveles de la Agencia Americana de Medioambiente, más estricta que la normativa peruana, que fija en 0.3ppm el nivel máximo permitido. Esto nos indica la necesidad de considerar el muestreo de la población humana que se encuentra en una situación extremadamente vulnerable y de realizar campañas de divulgación para minimizar el riesgo de contaminación de mercurio por consumo de pescado.

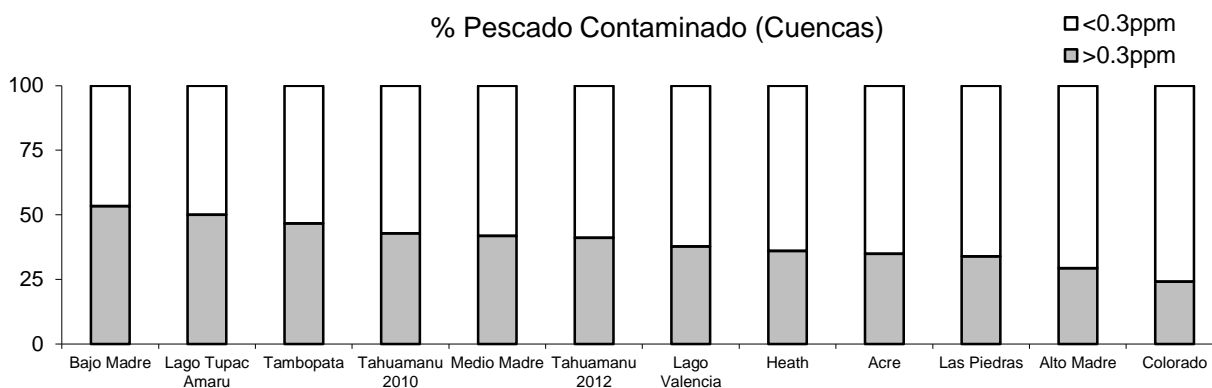


Figura 3. Porcentaje de pescado que supera el NMP en varias cuencas de Madre de Dios. Fuente Proyecto CAMEP.

1.4- La Pesca en la Amazonía

La deficiente estadística y registros disponibles así como su carácter internacional constituyen una limitante en el estudio y gestión del recurso pesquero en la Amazonía. El trabajo de Barthem y Goulding “Un ecosistema inesperado, la Amazonía revelada por la pesca” es una obra de referencia e imprescindible para conocer la temática (Barthem y Goulding 2007).

La pesca comercial en la Amazonía con peso económico más significativo se realiza en primer lugar en la zona del estuario (entorno a la ciudad de Belém), las llanuras inundables con presencia de grandes lagos de la Amazonía central (próximo a Manaus) y en menor medida la frontera trinacional Brasil-Perú-

Colombia (Leticia), y la Amazonía peruana (Iquitos y Pucallpa). Estas áreas suponen el 75% de la producción total estimada, y sin embargo cuentan con ca. 60% de la población. En estas ubicaciones predomina el consumo local salvo excepciones (Leticia exporta a Bogotá y Belém internacionalmente). Fuera de estas áreas las pescas comerciales son mínimas con algunas excepciones relacionadas con la pesca ornamental y grandes reservorios asociados a represas en Brasil. Se estima en torno a 173,000 Tn la producción anual considerando las principales ciudades, generando entre 100-200 US\$. De esta producción solo 6 especies suponen la mitad de la producción y 30 el 90%. Para el año 2001 se estimó en 168,000 los pescadores de subsistencia y comerciales a lo largo del canal principal del Amazonas Brasileño, estimación muy conservadora ya que no incluyó ningún tributario (Barthem y Goulding 2007).

En algunas ciudades de la Amazonía se viene produciendo un impacto socio-ambiental cuando la población que pasa de rural a urbana -al migrar a la ciudad- exportan sus costumbres de consumo de pescado que probablemente estresará sus caladeros tradicionales de pesca ya de por si diezmados. Pero también la gente que permanece en el entorno rural está aumentando su esfuerzo de muestreo y cambiando sus hábitos hacia especies no deseadas anteriormente, que antes eran mucho más abundantes. Es probable que ejerzan mayor presión de caza para sustituir su fuente de proteína e incluso consumiendo caimanes, lo que desestabiliza el medio y conduce a una disminución en la diversidad en la que el caimán ocupa una importante posición en el control de especies (Carvalho Freitas et al 2012).

La pesca en la Amazonía juega un papel de vital importancia para la población riverense, en términos económicos, pero mucha más significativa es la pesca de subsistencia, de la que no se tienen registros. Sin embargo se ha estimado, mediante cálculos indirectos, que la pesca de subsistencia supone alrededor del 70% del total de las capturas en la Amazonía, sugiriendo la importancia de este estudio debido a su elevado impacto social, pese a su baja incidencia en la economía (Tello and Bayley 2001). Pese al bajo impacto económico, no debemos subestimar la pesca de autosonsumo ya que las poblaciones rurales siguen dependiendo directamente de él como fuente principal

de proteínas en toda la Amazonía (Shrimpton y Giugliano 1979, Batista et al., 1998, Fabré y Alonso 1998). Lo cierto es que estimaciones realizadas en poblaciones rurales de la selva peruana sitúan entre 140-280gr de pescado consumido por persona/día (Sánchez 2008). Se hace necesaria pues una revisión y actualización que permita conocer y manejar mejor este importante recurso. Estudios realizados en la Amazonía brasileña indican una mayor dependencia de la población al consumo de pescado (respecto a Perú) donde los habitantes de la ribera del Madeira –eje fluvial al que tributa el río Madre de Dios- consumen 88 kg de pescado al año (Boischio y Henshel 2000) e incluso 235 kg registrado en los habitantes del departamento brasileño de Amazonas en el entorno de Manaus (Murrieta y Dufour 2004). En contraste, los habitantes de Madre de Dios no registran ni siquiera los niveles recomendados por la FAO.

El concepto de discontinuidad consecutiva (SDC por sus siglas en inglés) predice que una variable antropogénica como represas o erosión afectará a la continuidad longitudinal de un río (Stanford & Ward, 2001). Estas variables dificultan las rutas migratorias de muchos peces como el popular "boquichico" o grandes bagres como el "dorado" o el zungaro que permiten el desove en las cabeceras de los ríos amazónicos. La adición de reservorios a las cuencas hidrográficas conlleva la pérdida de habitats y por consiguiente una disminución en la diversidad de especies así como en el rendimiento pesquero, hecho que se constata por ejemplo en los reservorios más antiguos del río Paraná (Brasil) donde los grandes peces migratorios han virtualmente desaparecido. Además es habitual el registro de mortandad de peces al pasar por la turbina de desagüe. Los impactos ambientales de las represas son consideradas habitualmente de forma individual, pero lo cierto es que cuencas como la del río Madeira o Paraná soportan una elevada concentración de megaproyectos que suponen la sumatoria de un conjunto de impactos ambientales que habitualmente son obviados.

Tras 15 años de monitoreo del reservorio de Itaipu (la segunda hidroeléctrica mayor del mundo tras las Tres Gargantas en China) se registró una disminución en las tallas de las capturas, predominando especies de pequeño porte y de baja calidad comercial en detrimento de los grandes migratorios, al

igual que ocurre en otros reservorios brasileños como Tres Irmaos (río Tiete) o Jordao (río Iguazu). Es de esperar una proliferación de especies lacustres como huasacos, (*Hoplias malabaricus*) chiruis (*Corydoras* sp, *Leptodoras* sp, *Megalodoras* sp) pirañas (*Serrasalmus* sp), carachamas (*Liposarcus* sp), lisas (*Leporinus* sp y *Steindachnerina* sp) yahuarachis (*Potamorhina* sp), Corvinas (*Plagioscion scuamosissimus*), bujurquis (*Bujurquina* sp, *Cichlsoma* sp y *Satanoperca* sp), cunchis (bagres de pequeño porte *Pimelodus blochii*) y mojarritas (*Astyanax bimaculatus* y *Moenkhausia dichroua* entre otras). Peces inexistentes e indeseables para la pesca comercial como pirañas y rayas pueden colonizan áreas que antes no les eran propias como ocurre en los reservorios del río Paraná. Con el tiempo la pesca se basaría en pocas especies muy comunes, como es el caso de Itaipu donde tres especies (piro, corvina, maparate y carachama) copan casi el total de las capturas.

La pesquería en la Amazonía peruana es una principal actividad económica con una producción estimada de más de 80 mil toneladas al año y beneficios de más de 80 millones de dólares (Tello y Bayley 2001). Si bien es cierto que los volúmenes de desembarco de pescado en Puerto Maldonado –capital del departamento de Madre de Dios- están muy por debajo de otras ciudades de la selva peruana, hasta 30 veces menor que la ciudad de Iquitos que produce entorno a 12,000 tn al año (García et al 2009). Como se expondrá más adelante los cuerpos de agua lénticos jugarán un papel importante en la actividad pesquera presentando una elevada productividad, entre ellos se encuentran los lagos Valencia, Inambarillo o Copa Manu históricos caladeros de pesca que vienen abasteciendo a la ciudad de Puerto Maldonado. El grado de conservación de las nacientes -como Madre de Dios- juega un importante papel en la explotación del recurso pesquero ya que es una región de cabecera utilizada por las especies migratorias que se trasladan anualmente como zona de desove, influenciado por el régimen hidrológico (Barthem y Goulding 1997, Cañas y Pinne 2010).

1.5- Posibilidades de gestión de los recursos vivos acuáticos

Habitualmente el aprovechamiento de recursos acuáticos en la Amazonía ha carecido de planificación o estadísticas que ayuden a gestionarlo. Sin embargo históricamente el medio acuático se ha mostrado como una fuente primordial de recursos que requiere de un manejo adecuado para asegurar su continuidad. La falta de gobernanza ha sido siempre un obstáculo para la implementación de medidas que ayuden a preservar el recurso, como la instauración de vedas o respetar tallas mínimas.

La acuicultura está experimentando un gran desarrollo, que además recibe subvenciones en países como Brasil, y está siendo una importante fuente de proteínas, aun bastante lejos de los niveles de producción avícola y vacuno. Otro dato indicativo en la conveniencia del desarrollo de la actividad piscícola frente a la ganadera es el hecho de que esta última puede producir 450 kg de carne por hectárea/año mientras que la piscicultura alcanza rendimientos que fluctúan entre 3-5 toneladas, dependiendo del nivel de cultivo (Tello 2002). Así mismo se recomienda el desarrollo de este tipo de explotaciones como alternativa al avance de la degradación ambiental en toda la cuenca Amazónica, que reporta contaminación por mercurio derivado de la actividad minera en las principales especies de pescado de consumo (Diringer et al 2014). No obstante el manejo de las poblaciones silvestres debe ser una prioridad de las políticas públicas.

La pesca ornamental emplea a pueblos enteros en zonas como el río Negro (Brasil) o el entorno de Iquitos (Perú) con acuarios de aclimatación que exportan EEUU, Europa y Asia principalmente. Estas actividades se encuentran reguladas por las instituciones sin embargo habitualmente se asocian a procesos corruptos que implican el pago oculto para agilizar la burocracia o el transporte. La pesca ornamental supone una actividad sostenible cuya estructuración resulta esperanzadora para la economía de muchas áreas de la Amazonía.

El turismo de pesca deportiva supone un valor en alza que se está popularizando con especies de pesca con anzuelo como *Cichla spp* y *Brycon spp*, sin embargo su carácter elitista minimiza su impacto socioeconómico.

En Madre de Dios se registran también iniciativas para poner en producción lagos del departamento que han sido identificados por el Ministerio de Produccion por su idoneidad, principalmente basado en criterios de profundidad. Concretamente se seleccionaron 3 lagos aptos para la instalación de jaulas de cultivo, Lago Valencia, Huitoto y Laberinto. En este sentido cabe resaltar las experiencias de crías en lagos que ya se realizaron en Valencia, Copa Manu e Inambarillo con fondos públicos y Tupac Amaru por iniciativa privada (Pereyra com. pers.). Si bien es cierto que se logró producir pescado exitosamente en ningún caso se llegó a recuperar el financiamiento invertido, no por errores en la metodología sino por malentendidos entre los gestores con los comuneros o los comuneros entre sí. Definitivamente esta es una actividad rentable pero debe ir acompañado de una adecuada planificación empresarial.

Dentro del convenio de la Unión Europea y el Gobierno Peruano, el proyecto Pro-Manu revisó las actividades acuicultoras en el valle del Alto Madre de Dios haciendo mención a la experiencia pionera de la Hacienda Villa Carmen, por aquel entonces con 8 estanques en producción (4ha) con 4 especies en producción; tilapia, carpa, bocachico y camarón gigante. Durante esa misma época existían experiencias similares de menor extensión con tilapia, carpa, bocachico y sardina en las comunidades de Tupac Amaru, Castilla y Arica. El proyecto Pro-Manu realizó un estudio de campo estimando la viabilidad de proyectos de acuicultura en quebradas y cochas del río Alto Madre de Dios en las comunidades de Shipitiari, Diamante y Boca Manu, listando 31 especies de peces, 2 de churos (caracoles) y 1 de camarón (Tang-Tuesta Pro-Manu, 2001).

1.6- Cambio Climático

Actualmente existen amplias evidencias de que el clima en la tierra está cambiando o al menos con más rapidez que en el pasado (IPCC 2007). Llamamos cambio climático a la modificación del clima que tiene lugar respecto de su historial a escala regional y/o global. En general, se trata de cambios de orden natural, pero actualmente, se los encuentra asociados con el impacto humano sobre el planeta.

Recientes estudios correlacionan el cambio climático con impactos negativos en el ámbito geográfico de la Amazonía; alteración del patrón de precipitaciones que desencadenan eventos extremos, tanto lluvias torrenciales como fuertes sequías (Marengo et al., 2008, Malhi et al., 2008). Estas situaciones favorecen la deforestación, quemas y aumento de emisiones de gases de efecto invernadero (IPCC 2014). Además el aumento generalizado de la temperatura descongela glaciares alto-andinos que alteran aún más el ciclo hidrológico, pudiendo afectar a las comunicaciones por carretera (tras lluvias torrenciales) o incluso la vía fluvial (bajos caudales en época seca) que en muchos casos es la única posibilidad de acceder a las comunidades. Desde el punto de vista de la conservación la flora y fauna también experimenta una situación de pérdida de biodiversidad (McNeely 1993).

Estos efectos incluyen alteraciones en la tendencia que presentan varios parámetros físicos y cambios en el flujo de nutrientes que probablemente van a generar alteraciones en la actividad pesquera en los cuerpos de agua continental del neotrópico. El estudio del efecto del cambio climático en las pesquerías amazónicas es una disciplina relativamente nueva, requiriendo mucho esfuerzo de investigación y con amplias lagunas de conocimiento que dificultan la predicción de los acontecimientos que se van a producir. En un primer término se plantea el impacto en las economías y el acceso de las poblaciones riverenas al recurso

pesquero, sin embargo es innegable el efecto que tendrán sobre la biodiversidad y la estructura de las comunidades de peces.

Aún se desconoce la mayoría de la ecología de las especies de peces de interés comercial o prioritarios para el autoconsumo, sin embargo sí se sabe que los ciclos vitales de las especies de peces se adaptan a la dinámica natural de las fluctuaciones en los ríos amazónicos, sincronizando el desove con la época de lluvia e inundaciones mayoritarias, donde los alevines encuentran refugio en las zonas anegadas y en la turbidez del agua, evitando ser depredados (Suzuki y Agostinho 1997). La falta de refugios así como la alteración de estos ciclos naturales provocarán un aumento en la mortandad por depredación de los huevos y larvas que no llegarán a reponer las poblaciones adultas (Araujo-Lima 2003). Los cambios en estos ciclos pueden eliminar señales que activan la reproducción y otros eventos en el ciclo vital de peces que afectará al grado de reclutamiento de nuevos individuos. Varias experiencias demuestran una relación positiva entre eventos de inundación y desarrollo gonadal en especies de peces migratorios (Bailly et al 2008) donde además se estima que la duración del periodo de inundación juega un papel más importante que la magnitud puntual de esta (Gomes y Agostinho 1997).

Existe una hipótesis que relaciona la mortandad por falta de alimento y el reclutamiento de juveniles que reemplazarán a los adultos. Las etapas tempranas de las larvas necesitan unos requerimientos mínimos de alimento para su desarrollo, por lo que los ciclos vitales deben sincronizarse con la época de lluvia e inundaciones mayoritarias y las alteraciones debido al clima tendrán consecuencias negativas en su proliferación (Cushing 1990).

Las prolongadas sequías probablemente sean el factor más crítico que impacte en las comunidades de peces en la Amazonía (IPCC 2007), ya que en las llanuras de inundación esta situación puede interrumpir la conectividad entre el

canal de los ríos y los cuerpos de agua aislados del canal principal - cochas y lagos- que sirven de refugio para una variada comunidad de ictiofauna. Estos procesos pueden aislar estos cuerpos de agua con una alta densidad de alevines que se desecan prematuramente, dando grandes mortandades e impidiendo el reclutamiento de nuevos individuos que garanticen la continuidad de las poblaciones. Los peces poseen la capacidad de soportar periodos de sequía y de reubicarse, pero cuando la estación de sequía se agudiza, habrá un menor número de especies con la versatilidad para adaptarse mientras que otras se extinguirán localmente. La tasa de supervivencia dependerá de 3 factores: la intensidad del cambio, la velocidad del cambio y la habilidad del organismo para adaptarse a esta situación (Humpries y Baldwin 2003).

El calentamiento global provocará una disminución en la biodiversidad ya que en el agua este fenómeno implica una bajada de oxígeno disuelto –hipoxia- que estresará las comunidades acuáticas aumentando la tasa de extinción de especies (Ficke et al 2007). Este fenómeno se observa principalmente en lagos debido a la ausencia de movimiento –lentico- donde la estratificación genera capas de agua “muerta” debido a la falta de oxígeno y a la presencia de sustancias tóxicas procedentes de la descomposición del sustrato.

Este apartado sintetiza algunos puntos esenciales del estado actual del conocimiento científico sobre la variabilidad y cambio climático con especial énfasis en la región de Madre de Dios. Precisamente en la región de Madre de Dios en los últimos años, se vienen observando eventos extremos respecto a fenómenos climáticos. Y en respuesta a esta situación en Perú, la ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental N° 28245 señala en su Art. 22 que los Gobiernos Regionales deben implementar el sistema de gestión ambiental a través de sus organismos o gerencias relacionadas. La iniciativa del gobierno regional de Madre de Dios buscó inventariar y prevenir los efectos negativos del cambio climático en pesquerías coordinando la creación de la Comisión Técnica para la Mitigación y Adaptación frente al Cambio Climático de Madre de Dios.

De los resultados obtenidos destacan los episodios de “friaje”. La climatología de la Amazonía de Madre de Dios presenta cambios que provocan una bajada de temperatura repentina debido al ingreso de masas de aire frío procedentes del sur. Así temperaturas, que oscilan entre 33-22 °C, pueden bajar bruscamente en pocas horas, llegando incluso a registrarse en Puerto Maldonado durante el mes de julio de 1975, 4.5°C (Senahmi-Minam 2013). En la cuenca de Madre de Dios el mencionado fenómeno provoca mortandad de peces y pérdidas en el sector, sin embargo no existe ningún trabajo científico que relacione estos eventos con el cambio climático. Lo cierto es que si se han registrado eventos extremos de friaje que afectaron a la región generando mortandad de peces en medios lenticos y loticos así como en las pozas dedicadas a la producción acuícola. Habitualmente se observa mortandad de peces en lagos tras el primer friaje del año debido a la inversión de los estratos que trasloca las capas de agua tóxica elevándolas. Este fenómeno ya se reportó en el lago Tres Chimbadas – Tambopata- en un reporte no publicado de Conservación Internacional (Cañas com pers).

Los resultados obtenidos por la Comisión Técnica indicaron que los días de friaje la actividad pesquera se ve dificultada. Todos los pescadores de lagos y cochas también confirmaron la mortandad que se produce en lagos e incluso en ríos de la región producto de friajes al principio del verano, en la transición a época seca que en Madre de Dios se sitúa entorno a los meses de mayo-julio (PEM 2014). Durante el año 2010 se sufrió uno de los friajes más acentuados, que se recuerda en cuanto a duración e intensidad, que provocó una mortandad masiva de pescados incluso en los ríos principales. Tras sondear el 40% de los productores de piscigranjas este episodio dejó pérdidas valoradas en al menos 150 mil nS (\$50mi) y afectó en la decisión de sembrar nuevamente con especies más resistente ya que paiches (*Arapaima spp*) y gamitanas (*Colossoma macropomum*) murieron, mientras que el paco (*Piaractus brachypomus*) no sufrió bajas de consideración al presentar mayor resistencia (Mochcco com. Pers). Además estos friajes producen demoras en el crecimiento y retrasa periodos de reproducción en ejemplares dedicados a la generación de alevinos, aumentando

la incidencia de enfermedades y parásitos en pescados (ichi, argulus, nematodos, hongos y bacterias) que provocan disminución en la productividad en piscigranjas e incluso la muerte. Conviene resaltar que pese a que el sector pesquero de acuicultura no supone una actividad de importancia en la estructura económica regional, si presenta un esperanzador crecimiento pasando de reportar 1Tn en el año 2000 a 311 en el año 2013 (PEM 2014).

La deforestación y las quemadas implican la degradación de las cuencas fluviales que repercuten en las comunidades de acuáticas presentes en los cuerpos de agua. La experiencia vivida en otras ubicaciones de la Amazonía indica que la actividad ganadera es el principal precursor de la deforestación, suponiendo en la Amazonía Brasileña cerca del 70% del total del área deforestada (Nepstad et al., 2008, Fearnside 2005). La migración hacia la región amazónica desde otras partes del país aumentó la actividad agropecuaria (Barclay et al., 1991). Esta situación se observa actualmente en Madre de Dios, donde la ganadería, al igual que la agricultura fue promovida por el Gobierno desde principios de los 80s, -cuando la población era cinco veces menor- a través del Banco Agrario otorgando créditos y asistencia técnica. Esta dinámica acentúa más la deforestación causada por el cambio climático y de hecho la percepción recogida durante los talleres de la Comisión Técnica indica que los eventos climáticos extremos son cada vez más frecuentes en Madre de Dios.

En el caso de las sequías, varios reportes señalan los años 2005 y 2010 como los más severos de los últimos 100 años. Estos eventos afectaron a toda la Amazonía pero especialmente a la Amazonía sur en las faldas de los Andes, la cual comprende Madre de Dios (Lewis et al 2011). Cuando se da el caso de extrema sequía también se observa un decrecimiento del caudal de los ríos principales que tiene implicaciones en el transporte fluvial. Algunos pescadores indican que en época seca se ha llegado a desecar cochas que habitualmente no secan otros años, provocando la mortandad de peces (PEM 2014).

Por otro lado la respuesta más drástica a la sequía es la propagación de los incendios forestales. Habitualmente los climas húmedos dificultan la combustión, pero este patrón está cambiando y la sequedad está impactando más a la Amazonía, aumentando el riesgo por fuego. En 2005, el calentamiento inusual de las aguas del Atlántico triplicó el número de incendios en la Amazonia sudoccidental (Marengo et al., 2008). Durante los años de sequía, los densos bosques húmedos se hacen más susceptibles a los incendios forestales en comparación a los bosques más abiertos (Asner & Alencar 2010), y la región más vulnerable se extiende a través de la Amazonía sur, con un enfoque especial en las áreas del suroeste, estados de Madre de Dios en Perú, Acre en Brasil y Pando en Bolivia (Brown et al., 2012, Chavez-Michaelsen & Huamani-Briceño 2014). Este incremento se acentúa por la expansión de las fuentes de ignición, tales como las carreteras de conexión en la Amazonía (Soares-Filho et al., 2012).

En términos de eventos extremos de precipitaciones a nivel de la cuenca amazónica se menciona el 2009 y 2012 como años con lluvias excesivas e inundaciones (Marengo et al., 2013). En el caso de Madre de Dios se recuerdan las inundaciones del 2012 y 2014. Durante las inundaciones del año 2014 se han observado pérdidas no cuantificadas por el rebalsamiento de pozas en varios piscicultores mientras que las instituciones encargadas del abastecimiento de alevinos (IIAP y FONDEPES) registraron la pérdida de 300 mil alevinos, un elevado porcentaje del total de su producción (PEM 2014). De las encuestas realizadas en el sector pesquero se deduce un proceso cíclico de inundaciones que se producen aproximadamente una vez por década al menos desde los años 60s.

Ocasionalmente se reportan fuertes lluvias en las cabeceras, concretamente en el río Alto Madre de Dios que genera un inmenso corrimiento de tierras. Este fenómeno modifica bruscamente las condiciones del agua elevando la turbidez e impidiendo la respiración branquial y produciendo una ola de peces muertos que se llega sentir en el propio río Madre de Dios. Este tipo de eventos es inevitable y no cabe tomar ninguna tipo de medida al respecto para evitarlo pero si para paliar sus efectos.

II.- OBJETIVOS

El presente proyecto se fija como metas la actualización del conocimiento de la biodiversidad de los cuerpos de agua de la cuenca Andino-Amazónica del río Madre de Dios, ubicado en la región selvática sur oriental de Perú. Se caracterizarán las variables ambientales de los cuerpos de agua así como inventariar la composición de las comunidades de peces, y puntualmente los macroinvertebrados, plancton y perifiton. Se redactará una guía visual de las principales especies de peces.

Un objetivo específico sería crear un banco de datos que permita caracterizar la dinámica de estos cuerpos de agua para definir el estado de conservación, creando una línea hidrobiológica base del área mediante el registro de las distintas variables ambientales así como las comunidades acuáticas. Se identificarán así especies índice que nos ayuden a diagnosticar el estado de conservación de los cuerpos de agua.

Así mismo se pretende identificar áreas que presenten impactos antropogénicos donde la hipótesis a comprobar sería si el hombre está afectando a la hidrobiología y en qué forma, tras la generación de una línea hidrobiológica base que sea capaz de discriminar entre fluctuaciones naturales de las generadas por la actividad humana.

Describir los impactos que el cambio climático está generando en los cuerpos de agua y el uso que se hace de ellos por parte de la población riverense.

Definir el estatus de la población indígena en relación a los recursos hidrobiológicos y la implicación que los cambios que se vienen registrando en los cuerpos de agua tienen en este grupo especialmente sensible de población.

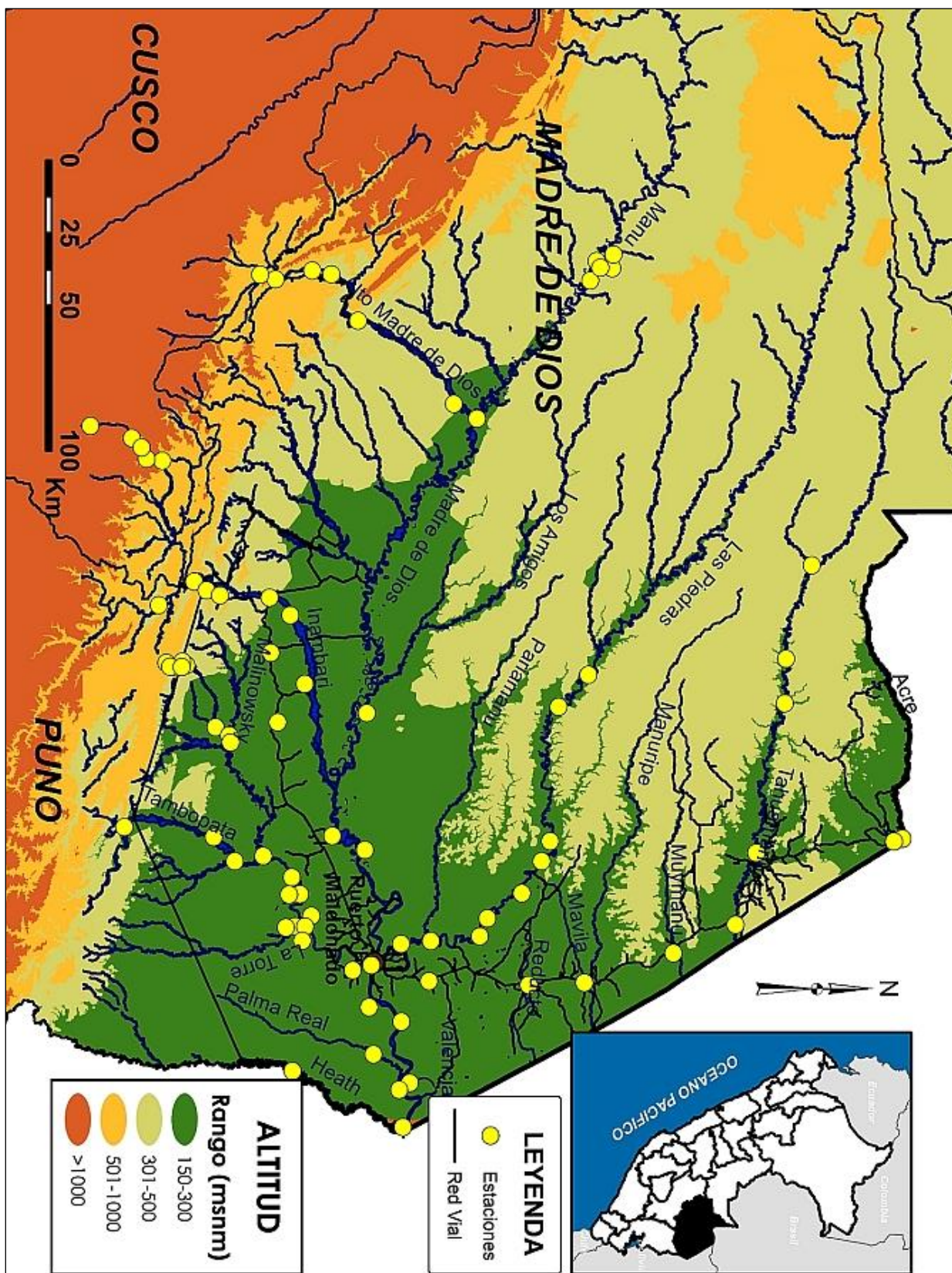
Por otro lado este proyecto pretende integrar a estudiantes y a comuneros nativos durante todo el proceso de monitoreo, procesamiento y presentación de los resultados que posibilite la continuidad del proyecto de monitoreo hidrobiológico.

III.- METODOLOGÍA

Caracterización del medio acuático

Se hizo un reconocimiento previo de la zona para determinar cuáles podrían ser los lugares propicios para este estudio. Para ello se siguieron criterios cartográficos de campo, basados en la representatividad del área teniendo en cuenta también la proximidad centros poblados o lugares transformados por la actividad del hombre contrastando con la base cartográfica (ZEE 2008). Se fijaron así 155 localidades de muestreo (Mapa 7). Cada una de ellas fue muestreada al menos una vez, mientras que algunas zonas susceptibles de recibir mayor presión antropogénica, fueron muestreadas más veces por lo que el estudio contabiliza el muestreo de las variables ambientales en 222 estaciones. En el apartado anexos se recoge el listado de ubicaciones y breve descripción de cada estación de muestreo. Las estaciones fueron agrupadas y analizadas según su categoría (aguas blanca, negra o clara), tipo de masa de agua (ríos, tributarios o lagos) y también atendiendo a la subcuenca a la que pertenecen.

En cada localidad de muestreo se realizaron las siguientes acciones: ubicación de cada estación con coordenadas geográficas en UTM y altitud, empleando un GPS Garmin e-trex (Sistema WGS 84), caracterización de tipo agua (blanca, clara o negra), profundidad, ancho, velocidad y granulometría. Además se realizó la medición superficial por triplicado a lo ancho del cauce de cinco parámetros fisicoquímicos básicos del agua; conductividad, pH, temperatura, transparencia y concentración de oxígeno disuelto. Para los tres primeros se empleó una sonda multicombo “Hanna” HI-98129, la transparencia se estimó con un disco de Secchi y el oxígeno se determinó con un kit colorimétrico LaMotte.



Mapa 7. Localidades muestreadas en la cuenca de la región de Madre de Dios-Perú entre 2009 y 2014

Muestreo de peces, macroinvertebrados, plancton y perifiton

El muestreo de peces se realizó de acuerdo al protocolo descrito en el programa AquaRap (Chernoff et al. 1998), las sugerencias de Barthem et al. (2003) y algunas modificaciones; los trabajos de pesca se realizaron entre 3-7 personas dependiendo de las características del ambiente. La colecta de peces se realizó haciendo al menos 5 arrastres por estación de muestreo, empleando una red de arrastre a orilla (alevinera brasileña) de 30x1.5m hilo 10mm y 0,6cm abertura de malla para cuerpos de agua grandes (habitualmente canal principal de los ríos) y otras redes de 10 y 5m para cuerpos de agua medianos y pequeños, atarraya de 2 brazas, hilo 15mm y 1 pulgada abertura de malla, redes de espera (en cuerpos lenticos o de baja corriente) de 20x2m nylon 0.4mm de 2 y 3 pulgadas, redes de espera tipo trasmallo con triple malla de 20x2m nylon 0.4mm de 3,4 y 5 pulgadas, redes de mano tipo calca 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. Se confeccionó una malla cónica, tipo concha de abanicos de un diámetro de boca de 50cm con red brasileña -hilo 10mm y 0,6cm de abertura- para torrentes de bajo caudal. Así mismo se usó un detector de descarga de peces eléctricos (gymnotiformes) conectado a un amplificador (Crampton et al., 2007). La colecta de peces se realizó en 155 ubicaciones repitiéndose en algunas localidades de 2 a 6 veces contabilizando un total de 207 localidades muestreadas para la pesca.

Los peces registrados fueron contados y fijados en formol al 10% (inyectados si su longitud superaba los 15 cms) durante 48 horas y posteriormente se acondicionaron envueltos en gasa empapados con alcohol al 70% y empacados en bolsas plásticas.

Los macroinvertebrados integran 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 3-5 mm o mayor. Para el muestreo de macroinvertebrados acuáticos se tomaron tres réplicas por estación con una red Surber de 300 μ m de luz de malla, colocada en el fondo de la quebrada o río

mientras se removía el sustrato para que los organismos fuesen arrastrados por la corriente dentro de la red. Cada muestra se fijó en alcohol al 70%. Los resultados se expresan como ejemplares promedio por réplica.

El plancton, compuesto por el fito y zooplancton –ya sean autótrofos o heterótrofos respectivamente- son organismos que habita la columna de agua y superan las 50 μm de tamaño. El plancton se colectó por filtrado de 50 L de agua a través de una red cónica de 40 μm de luz de malla. Se fijó en formol al 4% para su posterior separación e identificación de los organismos tomando 1ml por muestra y estación. Los resultados se expresan como valores absolutos por ml.

Los muestreos de plancton y macroinvertebrados implican una inversión en material además de asumir el costo de la identificación taxonómica por parte de especialistas. Es así que el estudio no pudo completar todas las localidades de pesca con las respectivas comunidades de macroinvertebrados y plancton inventariando finalmente las comunidades acuáticas en 108 localidades para 168 muestreos.

Esta planificación incluye la estimación de otra comunidad acuática, el perifiton, que comprende la comunidad de algas acuática adheridas al sustrato de un cuerpo de agua. El perifiton se muestreó siguiendo la metodología propuesta por Mayama & Kobayasi 1984, brevemente se consideró un área de 5x5cm de piedras elegidas al azar, teniendo que ser representativas del lugar. Las piezas de roca deben tener un diámetro entre 15-20cm y ubicadas a una profundidad entre 30-50 cm, sumergidas constantemente y evitando que sean expuestas al aire o que estén en un flujo variable o aguas empozadas. Se realizan dos replicas, es decir dos cuadrantes de 5x5cm. La comunidad de perifiton es retirada con un pequeño cepillo y lavada con agua destilada. Todo se cepilla usando de preferencia pequeñas cantidades de agua sobre un recipiente que recoge la muestra que finalmente será trasvasada a un envase y fijada para su preservación al 4% en formol. En este estudio se propone un plan de monitoreo hidrobiológico en un Área Natural Protegida (ANP), la Reserva Comunal Amarakaeri, con un mayor esfuerzo de muestreo, incluyendo esta comunidad acuática. La colecta de perifiton se realizó en 6 ubicaciones repitiéndose en 5 monitoreos dentro de esta ANP contabilizando así 30 muestreos.

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). Para la identificación de los especímenes se realizó un estudio exhaustivo mediante uso de lupa estereoscópica y siguiendo las claves disponibles en la bibliografía. Se tomó registro fotográfico las especies de peces más representativas (Anexos).

Estas metodologías usadas en campo en el presente trabajo han sido aplicadas en otras evaluaciones ambientales en aguas continentales en Perú (ElAs Lote 88, Lote 56, Lote 57 y 90), en estudios de biodiversidad (Hidalgo & Velásquez, 2006) y recientemente recopiladas por los departamentos de Ictiología y Limnología de la UNMSM en colaboración con el Ministerio de Medio Ambiente (Samánez et al 2014).

Durante el presente estudio se publicó la Guía de Macroinvertebrados Acuáticos de Madre de Dios-Perú basada en los muestreos realizados dentro de este proyecto de tesis doctoral. Este trabajo recopila las taxas más representativas, con registro fotográfico, y recoge una revisión de todos los trabajos relacionados con macroinvertebrados en la cuenca del río Madre de Dios (Peralta-Argomeda et al 2015).

Muestreo Bacteriológico (Coliformes Fecales)

En paralelo a estos registros, ocasionalmente se tomaron muestras de agua para el análisis de coliformes fecales. Estos organismos se asocian al aparato digestivo de los animales superiores y su presencia en un medio natural, indica la actividad de un animal silvestre o un vertido de agua negra excedente de la actividad doméstica o explotaciones agropecuarias. El consumo o uso recreativo de un cuerpo de agua contaminado puede generar enfermedades debido a la ingesta de agua sin potabilizar o accidental en el caso de los bañistas. Estos índices se encuentran reglados en Perú (MINAM 2008). Debido a la

dependencia de un laboratorio y extemporaneidad de estas muestras sólo se tomaron en estaciones próximas a la ciudad de Puerto Maldonado donde se analizaron en las instalaciones de la Empresa Municipal de Aguas de la Provincia de Tambopata EMAPAT S.R.L. Así para este parámetro se caracterizaron 20 localidades contabilizando 32 muestreos midiéndose según el método de cálculo de unidades formadoras de colonias mediante filtrado de membrana y sembrado en placa para estimar el número más probable (NMP).

Análisis de datos

Se estimaron o calcularon diferentes índices estructurales de las comunidades acuáticas: abundancia de individuos (N), riqueza de especies (S), diversidad de Shannon- Wiener (H') y la equitatividad de Pielou (J), que estima el grado de aproximación a una comunidad teórica con equitatividad máxima. El cálculo de estos índices permite condensar gran cantidad de información en un solo valor, facilitando la comparación entre localidades y entre épocas. Valores altos de diversidad indican usualmente comunidades bien estructuradas, mientras que valores bajos indican estrés o impacto. El índice de equidad de Pielou mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada (Moreno 2001).

El análisis de las distintas localidades incluyó el orden hidrológico de jerarquía de los afluentes (Strahler 1952). Este índice obvia el gradiente altitudinal y se correlaciona con el número de tributarios que una corriente de agua posee aguas arriba asignándole un valor a cada río o quebrada de tal forma que cuando dos cuerpos de agua convergen el resultante adopta el mayor orden de los anteriores y si estos poseen el mismo orden el resultante aumenta una unidad. Si consideramos este concepto de jerarquía de los afluentes en nuestro estudio, 7 es el mayor orden hidrográfico reportado en la cuenca correspondiendo al propio río Madre de Dios (Lujan et al 2013, Albert 2011). De tal forma que este índice se correlaciona con el número de tributarios que un río posee aguas arriba y con el caudal. Para la determinación del orden de cada localidad muestreada se realizó un análisis SIG (soft. ArcGis 10) usando la base cartografía disponible (ZEE, 2008). En la figura 4, se incluye un ejemplo de la aplicación de esta

jerarquía para un área de estudio incluido en nuestro trabajo, (extraído de Lujan et al., 2013).

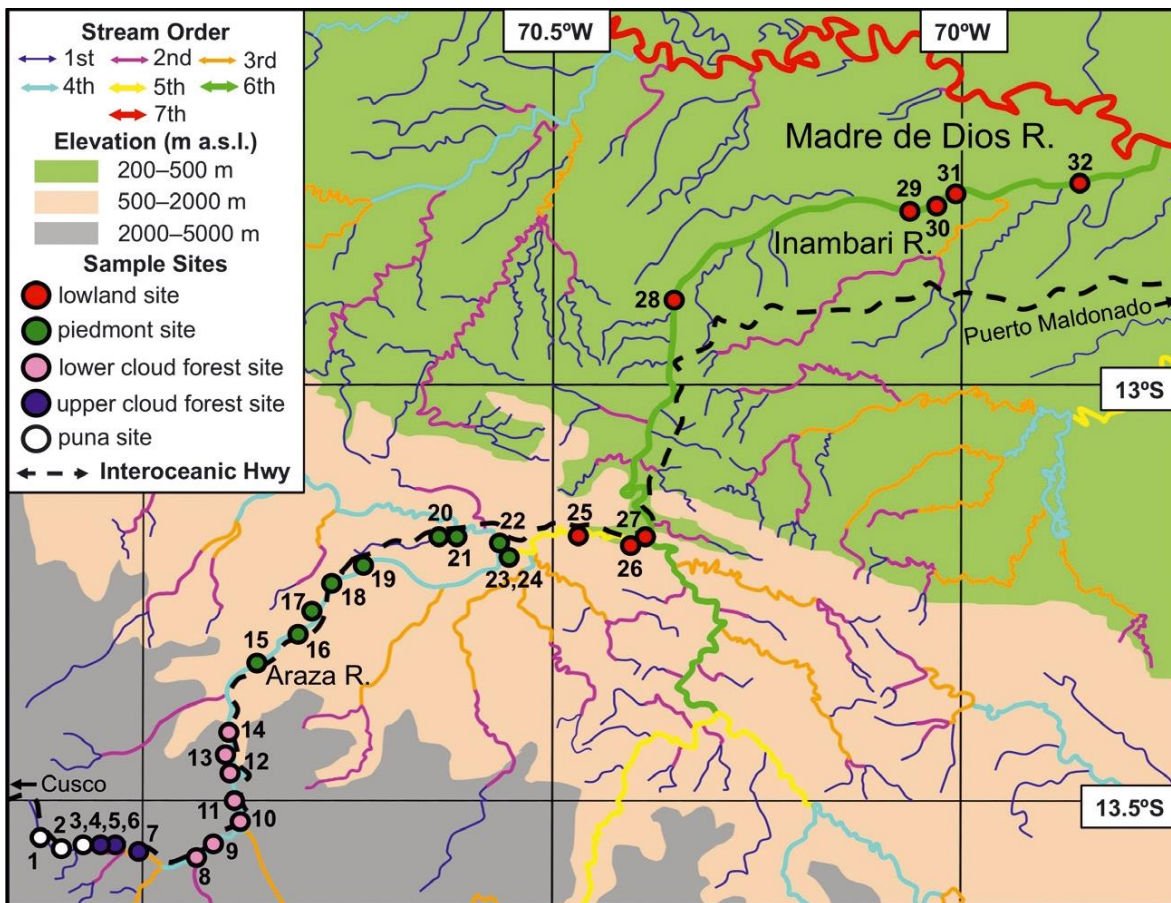


Figura 4. Ejemplo de la aplicación de la jerarquía de afluentes de Strahler (Stream Order) para el área de estudio del río Inambari. (Lujan et. al. 2013).

Para las especies de peces con una ocurrencia mayor al 5% (70) en 195 localidades, se usó un análisis de correspondencia sin tendencia (DCA) para identificar relaciones entre las variables ambientales y comunidades de peces. El principal resultado se representa como un diagrama de la ordenación de dispersión que muestra el patrón de variación ensamble de peces a lo largo de las variables ambientales.

Así mismo se realizó un análisis DCA relacionando todas las comunidades muestreadas con el tipo de masa de agua considerada (blanca, negra y clara), descritas para la Amazonía (Sioli 1984). Este análisis se representa como un

diagrama de la ordenación de dispersión que muestra el patrón de variación ensamble de peces a lo largo de la variable tipo de agua.

En este trabajo se proponen 2 monitoreos ambientales (en un área natural protegida y en el entorno de la ciudad de Puerto Maldonado, principal centro poblado del estudio y capital del departamento de Madre de Dios) donde han empleado dos índices de calidad de las aguas basados en macroinvertebrados: EPT y BMWP. Los macroinvertebrados son ampliamente usados como bioindicadores para estimar el estado de un ambiente acuático, pudiendo indicar anomalías o alteraciones sufridas por los cuerpos de agua que pasarían normalmente desapercibidas en controles rutinarios de los parámetros físico-químicos de calidad del agua. Un vertido ocurrido en el pasado puede ser determinado atendiendo a la comunidad acuática presente. En el caso de los macroinvertebrados se conocen relativamente bien los niveles de tolerancia de determinados taxa (Roldan 2003).

El índice EPT estima la riqueza relativa de los órdenes de baja tolerancia a la contaminación Ephemeroptera, Plecoptera, y Trichoptera (Ortega et al 2007). Este índice BMWP fue desarrollado para aguas británicas y en la actualidad es ampliamente empleado, no solo Europa, sino en numerosas partes del planeta (ej. Gutierrez-Fonseca & Lorion 2014). La propuesta de BMWP que se ha seguido aquí fue desarrollada para la Amazonía colombiana (Roldán 2003). Este índice ordena diferentes familias de macroinvertebrados según su tolerancia a la contaminación orgánica, de modo que asigna puntuaciones crecientes a los taxa más intolerantes. La suma de las puntuaciones que reciben las familias presentes en una localidad determina su grado de calidad y se clasifica en una de las cinco categorías: >150- 101 (Buena), 61-100 (Aceptable), 36-60 (Dudosa), 16-35 (Crítica), <15 (muy crítica) (Alba-Tercedor & Sanchez-Ortega 1978).

El estudio llevado a cabo en el entorno de Puerto Maldonado analizó correlaciones entre áreas impactadas con otras mejor conservadas y para los análisis estadísticos se comprobó la normalidad de todas las variables con el test de Shapiro-Wilks. En aquellos casos en que no se alcanzó la normalidad se aplicó la transformación $\text{Log}(x+1)$.

Finalmente se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para ver correlaciones entre las variables ambientales consideradas; Temperatura (°C), Oxígeno D. (mgr/L), Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$)E-3, pH, Transparencia (cm), Altura, Tipo Agua (blanca, clara o negra), Profundidad, Ancho, Velocidad y Granulometría entre si y su relación con las comunidades de peces. Los análisis multivariados fueron realizados usando los programas informático de estadística R.

Encuesta del Recurso Pesquero

El proyecto propuso actividades con asociaciones de pescadores mediante talleres en los que se informó acerca del proyecto y se les pidió su opinión y percepción de la situación desde su punto de vista profesional. En estas se informó acerca del proyecto y se les pidió su opinión y percepción de la situación donde una última actividad participativa fue la entrevista de personas clave en el sector que nos pudieran dar un punto de vista más completo como técnicos y empresarios. Esta actividad propuso la divulgación de la problemática y la recopilación de información mediante encuestas y dinámicas siguiendo el modelo propuesto por CARE-Perú. En el apartado apéndice se recoge el modelo de encuestas que se utilizó durante los talleres (Daze et al., 2010).

Las aportaciones relacionadas con el recurso pesquero que resumiremos a continuación plantean una revisión de trabajos científicos e informes técnicos. Tras la revisión de esta información más la bibliografía existente se propusieron espacios de dialogo con asociaciones de pescadores mediante talleres que se realizaron en diferentes ubicaciones de la región entre los años 2013 y 2014. Se recopilaban los puntos débiles del sector para proponer medidas correctoras estudiándolo a partir de los datos existentes ofrecidos por las instituciones oficiales asignadas con competencias en pesquería.

IV.- RESULTADOS

4.1- Variables Ambientales

En este apartado se describe detalladamente la hidrología de las localidades de muestreo, junto con los parámetros fisicoquímicos de los cuerpos de agua evaluados y las características más representativas. Tras la campaña de monitoreos realizada entre junio de 2009 y noviembre de 2014 se evaluaron los parámetros abióticos de 155 localidades contabilizando un total de 222 entradas ya que en algunas localidades se realizaron 2 o más evaluaciones. El apartado anexos recoge un listado de las localidades consideradas con las principales características: nombre, ubicación UTM, altura, orden hidrológico Strahler, tipo de cuerpo de agua (río, tributario o ambiente léntico), número de muestreos realizados por localidad y subcuenca a la que pertenecen (Anexos).

De las 155 localidades consideradas 66(42.6%) son canales de ríos principales, 72(46.5%) corresponden a tributarios menores, localmente denominados como “quebradas” y 17(11.0%) son cuerpos de agua lénticos que engloban lagos, “cochas” (pequeños lagos) y zonas de bosque inundable o antiguas cochas denominadas localmente “aguajales” por la abundancia de esta especie de palmera *Mauritia flexuosa*.

Ríos y Quebradas

A continuación se resumen todos los muestreos realizados en localidades siguiendo criterios de proximidad asociándolas por subcuencas (Tabla 1). Para estos análisis se tomaron tan solo los cuerpos de agua lóticos dejando los lagos y cochas para un análisis por separado. Los resultados muestran diferencias entre subcuencas en términos de conductividad así las cuencas que nacen en la llanura, sin influencia de la cordillera andina, presentan valores de conductividad superiores, habitualmente mayores a 100 ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

Tabla 1. Datos fisico-químicos procedente de los cuerpos de agua muestreados para parámetros abióticos agrupados por subcuencas. N, número de medidas. En la tabla: Promedio (Mx-min) donde corresponda

Subcuenca	N	Altura (m)	pH	Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Ox. (mgr/L)	Temp.(°C)	Transp. Secchi (cm)
Las Piedras	5	233-171	7.2 (7.4-7.0)	171(194-159)	7.0(7.2-6.8)	25.1(26.0-22.8)	67.9(96-3.5)
Inambari	36	743-204	7.0(7.4-5.8)	76(260-9)	6.8(7.8-5.6)	25.6(28.6-20.1)	33.9(95-1)
Tambopata	58	1080-165	7.1(8.0-5.3)	38(72-6)	5.6(7.5-3.4)	25.5(31.0-19.3)	50.8(150-3.2)
Heath	1	170	6.3	81	7.0	21.5	35
Intercuenca Alto Acre	7	245-229	7.5 (7.6-7.3)	152(212-111)	6.4(6.7-6.2)	28.0(28.8-27.2)	55.8(67.3-45)
Intercuenca Alto Madre de Dios	61	2411-275	7.3(8.8-4.4)	83(236-26)	7.3(9-2.6)	22.1(26.4-11.4)	36.5(300-4.2)
Inter. Medio Alto Madre de Dios	4	183-176	7.0(7.2-6.9)	95(110-80)	7.1(7.3-6.8)	27.0(28.9-25.1)	12.9(22.3-3.5)
Inter. Medio Bajo Madre de Dios	3	189-181	6.6(6.8-6.4)	24(28-21)	6.2(6.2-6.1)	25.4(26.5-24.4)	26.5(43.0-10.0)
Intercuenca Medio Madre de Dios	6	181-169	7.0(7.4-6.4)	110(151-83)	6.4(7.0-5.8)	25.6(28.9-20.9)	13.6(40-4)
Manuripe	4	249-224	7.1(7.5-6.8)	19(27-13)	5.7(6.2-4.8)	28.0(29.4-26.1)	10.7(18.0-6.0)
Tahuamanu	12	314-234	6.7(7.4-6.1)	171(262-31)	7.2(7.8-6.0)	28.1(32.9-24.4)	49.0(87.0-15.0)
TOTAL	197	2411-165	7.1(8.8-4.4)	75.6(262.4-6.0)	6.3(9.0-2.6)	24.8(32.9-11.4)	42.2(300-1)

Este es el caso de los ríos Las Piedras, Tahuamanu y Acre cuyas nacientes se ubican muy próximas entre sí en el denominado Arco de Fitzcarrald un sistema de cordilleras bajas geológicamente más antiguas que los Andes (ca. 4 Ma) originadas en el Plioceno. Por el contrario las localidades ubicadas en lugares próximos a la cordillera Andina y/o a sus nacientes muestran valores más bajos de conductividad. Esto se registra en los ríos Tambopata y Alto Madre de Dios con fuerte influencia andina y en el río Manuripe que pese a nacer en la llanura, la zona de muestreo se ubica muy cerca a su nacimiento. Los demás parámetros no presentan tendencias de relevancia.

Continuando con el análisis de las estaciones de muestreo para los parámetros físico-químicos, se agruparon los muestreos siguiendo criterios de similitud para los distintos tipos de agua clasificadas por Sioli (1984): blancas (ríos de llanura cargados de sedimentos), claras (corrientes de selva alta) y negras (corrientes de llanura con elevada materia orgánica). En el apartado anexos se recopilan las tablas con las localidades agrupadas por subcuencas y separadas por tipo de agua (Tablas 3-6). Para estos análisis se tomaron tan solo los cuerpos de agua lóticos dejando los lagos y cochas para un estudio por separado. El número de muestreos ubicados en aguas claras y blancas es similar, mientras que en agua negra es ligeramente inferior. Estas localidades habitualmente se ubican en tributarios de bosque cerrado o de difícil ingreso por lo que la accesibilidad queda reducida a la vez que se incrementa el riesgo a perder material y sufrir accidentes durante el monitoreo (Tabla 2).

Tabla 2. Datos físico-químicos promediado para los 3 tipos de agua muestreada para parámetros abióticos. N, número de medidas. En la tabla: Promedio (Mx-min) donde corresponda

Tipo de Agua	N	Altura (m)	pH	Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$ Ox. (mgr/L)	Temp.(°C)	
Clara	75	2411-261	7.2(8.8-4.4)	49.1(214-6)	6.5(9.0-2.6)	22.4(27.0-11.4)
Blanca	79	364-165	7.0(7.6-6.2)	117.2(262-27)	6.8(7.8-5.6)	26.4(31.1-21.5)
Negra	43	668-181	6.8(7.9-5.3)	127.9(260-6)	6.8(7.8-3.6)	27.5 (32.9-20.9)
TOTAL	197	1080-165	7.0(8.8-4.4)	98.1(262.4-6.0)	6.7(9.0-2.6)	25.4(32.9-11.4)

Las localidades de máxima-mínima altura para cada grupo fueron Pacchayoc-Kosñipata y río Távora (clara), río Manu en Cocha Cashu y río Heath (blanca) y quebradas a Piñi-Piñi y Loboyoc (negra).

Se registró un rango altitudinal máximo donde los cuerpos de agua clara se asocian habitualmente a las estribaciones de los valles interandinos, mientras que la selva baja engloba la mayor cantidad de masas de agua blanca.

En términos de pH es esperable que los cuerpos de agua negra presenten la condición más ácida y presentando así los menores valores. Sin embargo el rango es inferior en los cuerpos de agua clara (pH 4.4 frente a 5.3 en aguas negras). Durante el muestreo en valles interandinos se observaron incidentes puntuales o anomalías de origen geológico que afloran en algún tributario de forma aislada. Así

ocurrió en la localidad quebrada Pacchayoc a 2400m en el valle de Kosñipata-Alto Madre de Dios. Estas aguas ferruginosas presentaron un aspecto *sui generis*, y un pH incompatible con la presencia de peces que de hecho no se registraron (R. Miranda en publicación).

Del mismo modo la cercanía a las cabeceras se correlacionó con niveles bajos de conductividad registrándose los menores valores en cuerpos de agua clara que presentaron la mayor elevación en el rango altitudinal similar a los valores registrados para temperatura. Esta característica limitó la efectividad del uso de pesca eléctrica observado en el monitoreo del valle del Kosñipata (R. Miranda com. pers.).

El parámetro conductividad también mostró incidentes aislados en pequeños torrentes de selva alta en la cuenca del Alto Madre de Dios registrando elevados valores. En contraste, las masas de agua blanca en selva baja mostraron altos niveles en el canal principal de los ríos. Durante la única expedición de muestreo que se realizó en el río Heath (frontera con Bolivia) se registró uno de los friajes más intensos que se recuerda en la memoria reciente de Madre de Dios, prolongándose casi una semana. Esto tuvo efecto en los valores de temperatura siendo el más bajo de todos los registros medidos en el canal del río (Tabla 1). La climatología presenta la capacidad de modificar la temperatura de pequeños cuerpos, sin embargo las grandes masas de agua lólicas no suelen presentar variaciones por este motivo. Así se registró un mayor rango de temperaturas para pequeños cuerpos de agua negra procedente del bosque respecto a los grandes cursos de agua blanca.

El análisis de varianza (ANOVA) para ver correlaciones entre la altura y las variables ambientales consideradas; Temperatura (°C), Oxígeno D. (mgr/L), Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$) E-3, pH, Transparencia (cm), Tipo Agua (blanca, clara o negra), Profundidad, Ancho, Velocidad y Granulometría, mostro diferentes tendencias entre los distintos parámetros (Tabla 8). El parámetro altura presentó una fuerte correlación inversamente proporcional con la temperatura, el tipo de agua y la anchura, predecible ya que al aumentar en el gradiente altitudinal disminuyó la temperatura y el ancho. Así mismo presentó una correlación directa con la granulometría presente en el lecho de los cuerpos de agua, aumentando el

tamaño del grano de arena a grava, guijarros, rocas y finalmente placas de piedra ya en las cabeceras, aumentando el tamaño conforme se avanza en el gradiente altitudinal.

Tabla 8. Correlación del gradiente altitudinal con variables de hábitat realizado sobre todas las localidades. En la tabla * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Parámetro	DCA1
Altura m	-0.68***
pH	-0.20*
Conduct.	0.15
Turbidez.	0.18
Ox D.	0.17
T °C	0.56***
Tipo Agua	0.38***
Profundidad	0.26**
Ancho	0.36***
Velocidad	-0.05
Granulometría	-0.49***

Si tomamos en cuenta un estudio más detallados podemos obtener algunas tendencias para los parámetros físico-químicos. Durante la época seca del año 2010 se realizó un monitoreo de los cuerpos de agua a propósito del Plan Maestro del Parque Nacional Bahuaja-Sonene y la Reserva Nacional Tambopata en los ríos Tambopata, Heath y Palma Real todos ellos tributarios de la margen derecha del río Madre de Dios (Araújo-Flores 2012). Este estudio situó al río Malinowski (tributario del río Tambopata) con los valores más bajos de oxígeno, los mayores valores de temperatura y también registró la mayor turbidez de todos los cuerpos de agua evaluados para ese muestreo (Figura 4). Se registró también un exagerado decrecimiento en los índices de oxígeno disuelto desde la parte a alta del río Tambopata (Távora y Alto Tambopata), tras el encuentro con su tributario el río Malinowski, acompañado de un incremento de temperatura y el cambio de sustrato (de pedregoso a arenoso). Tras recibir el aporte del río Malinowski, el río Tambopata cambia su condición pasando de agua clara a agua blanca influyendo de forma determinante en los parámetros evaluados como expresa la gráfica. El apartado Apéndice 1 se incluye un registro fotográfico del encuentro de los ríos Tambopata y Malinowski (N. 76). La cuenca del río Malinowski soporta una elevada actividad de minería aluvial de oro que ha transformado rápidamente su cauce en los últimos años (Arana y Chang 2005).

Por otro lado La Torre (río de agua negra prístino) presentó los mayores valores de oxígeno disuelto coincidiendo con una transparencia total del agua en la estación evaluada mediante el disco de secchi.

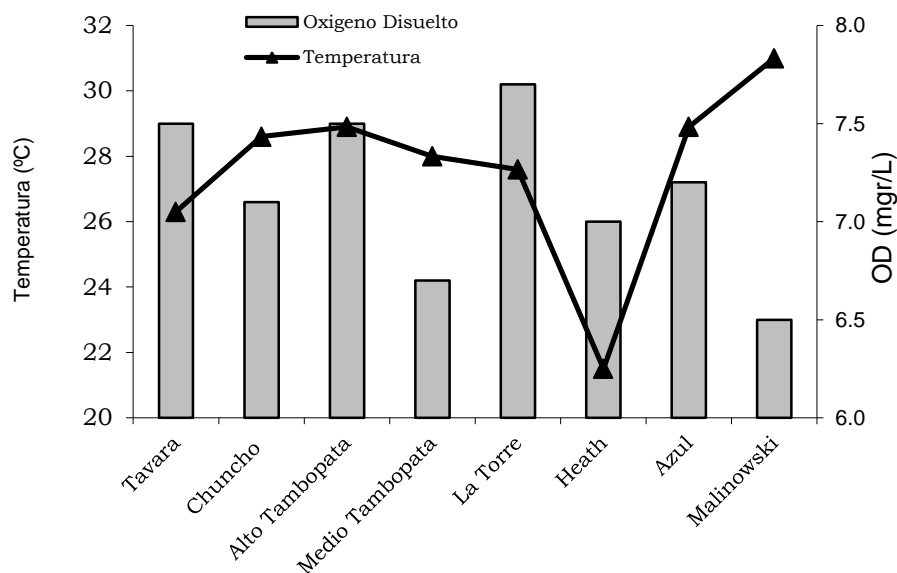


Figura 4. Niveles de Oxígeno Disuelto y Temperatura para los ríos de la Reserva Nacional Tambopata. Época seca 2010

Durante el periodo de muestreo se realizó un seguimiento prolongado en el tiempo a la quebrada Jayave en su intersección con la carretera interoceánica (puente Jayave). Esta constituye una valiosa información puesto que durante el monitoreo se evidencia el deterioro que causó la expansión agrícola, urbana y sobre todo la minería aurífera informal donde alrededor del 90% de su cuenca se superpone con concesiones mineras. En este trabajo se recopiló información desde el 2009 al 2014 contabilizando 6 entradas sin embargo la quebrada se viene investigando desde el 2006, a propósito del estudio de Impacto Socio Ambiental (EISA) de la carretera interoceánica sur. Su cuenca tiene una extensión de 44.000 ha y recorre aproximadamente 62 km para ingresar por la margen sur del río Inambari, el cual es a su vez afluente del río Madre de Dios (Mapas 8 y 9). En la figura 5 se recoge la evolución del parámetro conductividad a lo largo de los monitoreos mostrando un pico en el primer término y un incremento sostenido a lo largo de las siguientes evaluaciones. Esto se correlacionó en campo con la presencia de maquinaria trabajando aguas arriba del punto de muestreo.

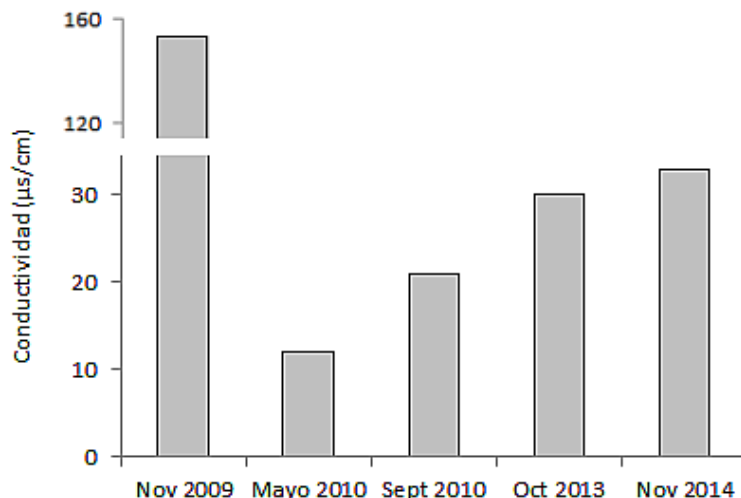
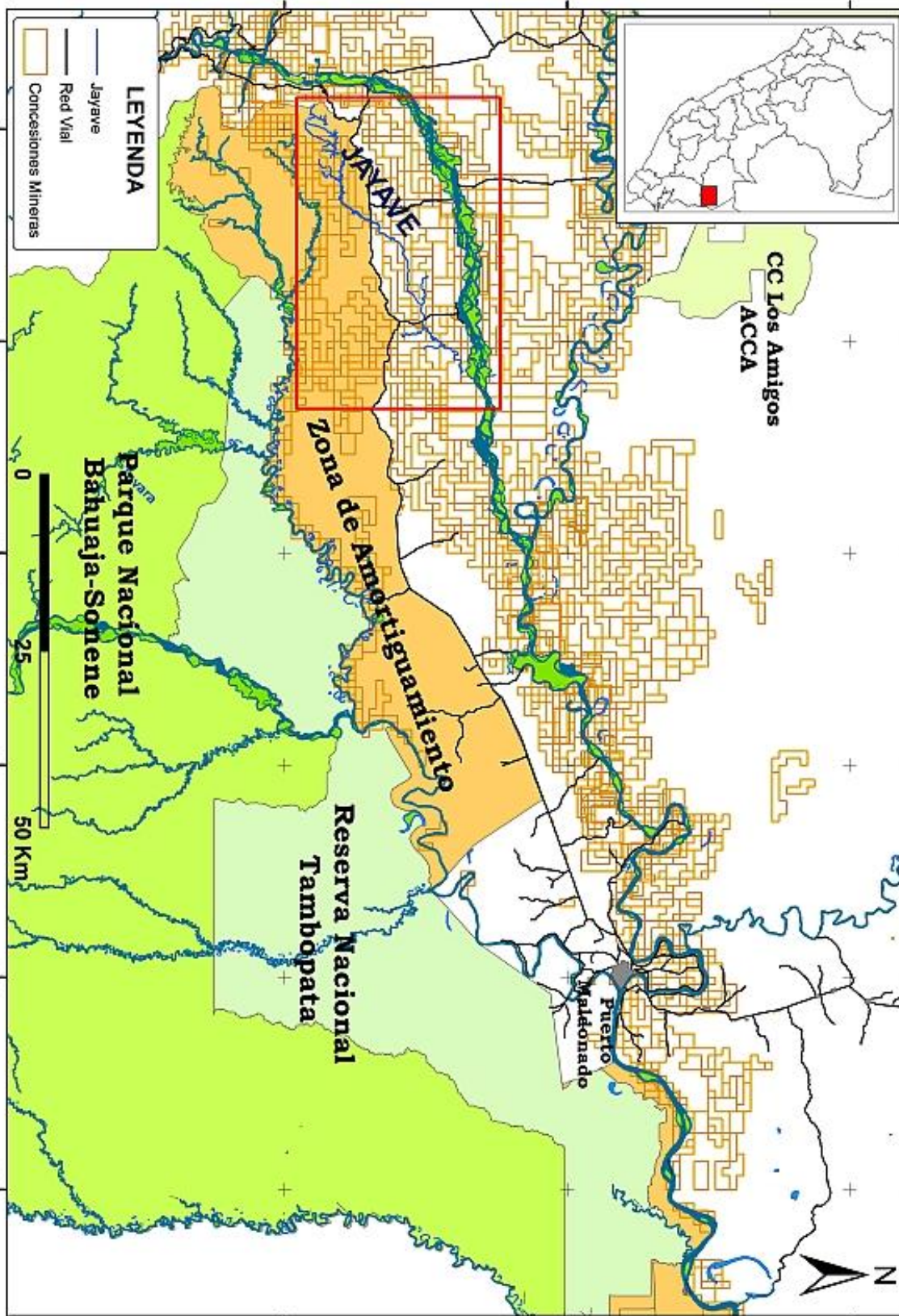


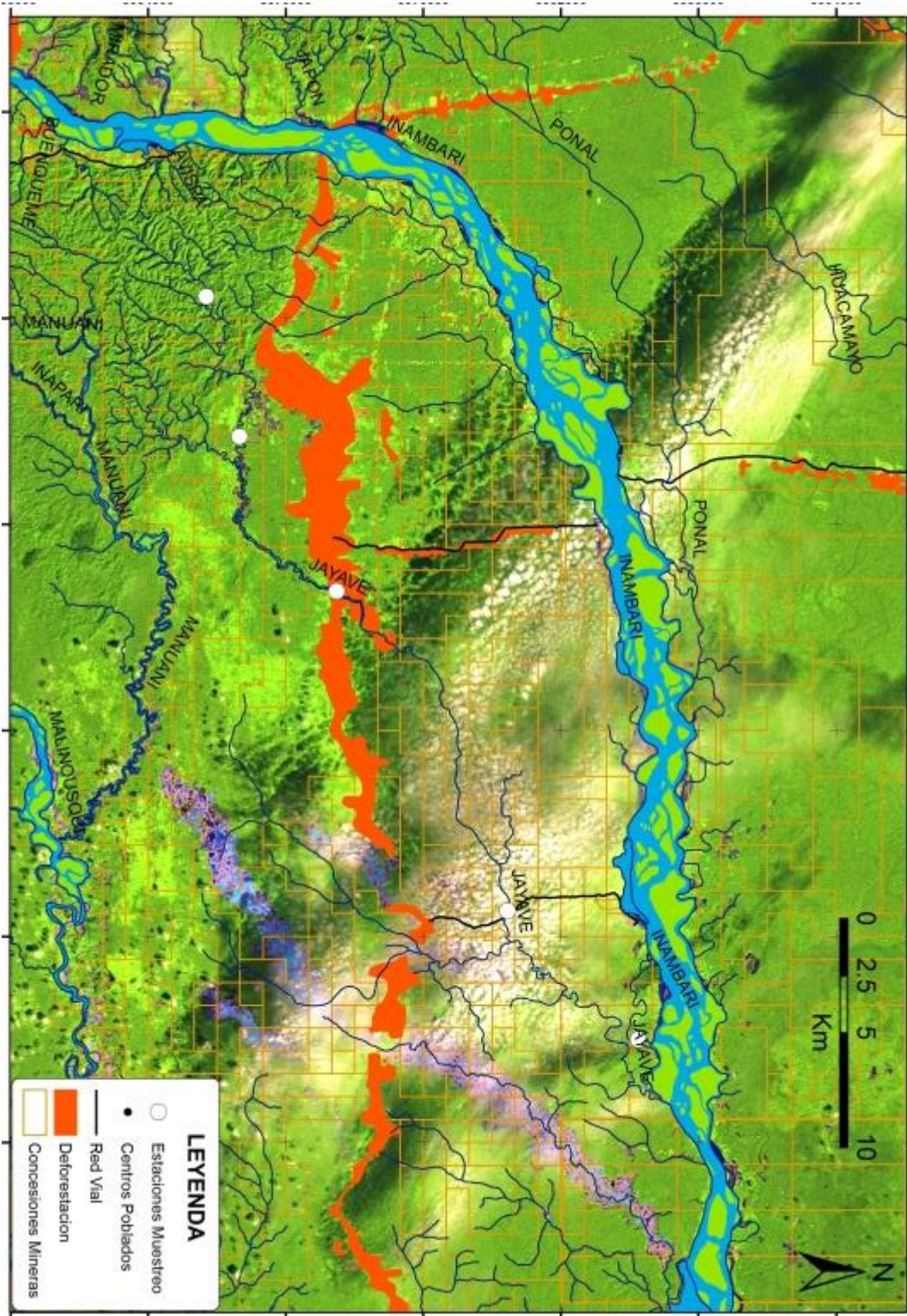
Figura 5: Niveles de Conductividad en la quebrada Jayave (2009-2014)

Finalmente se amplió el número de parámetros para estimar la calidad del agua con los análisis de elementos químicos y sustancias contaminantes en el sedimento de la quebrada Jayave ya que otros estudios evidenciaron la presencia de metales pesados. Tras el muestreo del 2014 se constata un incremento en casi todos los elementos muestreados que fluctúan entre el 30% para el plomo o el 74% para cromo y 66% para el hierro. Además se detectan elementos que antes no figuraban entre los que destaca el Arsénico, que es un contaminante muy tóxico para la salud humana y que se relaciona con la actividad minera (Veiga et al 2006).

En general para todas las localidades de la cuenca de estudio los parámetros físico-químicos se mostraron muy cambiantes y dependientes de la climatología y sobre todo de los ciclos de trabajo minero. Otra localidad en el río Manuani presentó también una fuerte influencia de la actividad minera en términos de transparencia. La actividad minera reportada aguas arriba sumado al relativo bajo caudal genera una elevada turbidez. El asentamiento minero consume el agua y afirman que a primera hora de la mañana es el mejor momento para captarla puesto que las máquinas aun no funcionan. En efecto la transparencia medida con disco de secchi a la tarde fue de 3.2 frente a los 16 cm a primera hora de la mañana (datos no mostrados). Y los domingos en los que no hay actividad se registran valores superiores al medio metro.



Mapa 8. Ubicación de la quebrada Javave en el corredor minero de Madre de Dios.



Mapa 9. Vista satélite de las cinco localidades de muestreo a lo largo de la quebrada Jayave.

Lagos, Cochas y Aguajales

Las variables ambientales de los cuerpos de agua lénticos (lagos, cochas y aguajales) observados presentan una gran heterogeneidad siendo muy dependientes de la propia morfología del mismo (perímetro y profundidad principalmente), de la influencia del río que suele conectar a través de un canal temporal o permanente y sobre todo para los lagos meándricos (oxbow lakes) la antigüedad de la masa de agua. En la tabla 9 se resumen los parámetros ambientales más representativos de los cuerpos de agua lénticos evaluados durante el estudio para un total de 15 localidades y 25 muestreos.

Tabla 9. Datos fisico-químicos procedente de los cuerpos de agua lenticos (lagos, cochas y aguajales) para parámetros. N, número de medidas. En la tabla: Promedio (Mx-min) donde corresponda

Localidad	N	pH	Temp.(°C)	Conductivida d (us/cm)	Ox. (mgr/L)	Transp. Secchi (cm)	Distancia Lago- Río(km)
Aguajal Agua Santa	1	5.8	22	26	2.6	57.4	1.07
Cocha Cashu	1	8.8	29.2	132	7.4	54	2.23
Cocha Onda Tahua	1	7.7	31.6	98	8	58	1.58
Cocha seca (La Torre)	4	5.94(6.3-5.8)	25.2(27.4-22.7)	34(41-14)	5.7(6.4-3.6)	7.3(19-1)	0.17
Cochita Zancudo	1	7.6	25.7	36.5	4.4	50	0.01
Cochita en el Puesto	1	5.7	20.9	75	-	38	0.06
Cochita en el río	1	6.2	31.9	53	-	26	0.28
Cocococha	1	8.1	32.9	21	7.8	77	4.14
Condenado	2	7.0(7.7-6.3)	32.0(32.3-31.6)	19(20-18)	6.1(6.2-6.0)	51(93-9)	3.53
Lago Huitoto	1	5.9	29.1	61	7.6	59.6	2.46
Lago Tupac Amaru	2	7.3(7.6-7.1)	32.0(33.4-30.6)	130(138-122)	5.6(5.8-5.4)	28(42-14)	0.47
Poza Maloca	1	7.2	24.3	14	7.8	50	0.29
Sachavacayoc	1	8.1	31.6	2	5.4	91	7.21
Sandoval	1	8.0	30.5	19	7.3	140	2.5
Treschimbadas	4	6.4(6.7-6.3)	29.3(30.1-27.0)	30.6(34-25)	6.0(8.7-3.9)	52.3(77-12)	1.1
Total	25	7.0(8.8-5.8)	28.5(33.4-22)	54.5(138-2)	6.5(8.7-2.6)	52.4(93-1)	1.81(7.2-0.01)

Los valores de pH fueron elevados en dos lagos muy distantes como son Sandoval en bajo Madre de Dios y Cocha Cashu en el Manu, sin embargo se relacionan por ser los únicos que presentan sus orillas habitadas por varios albergues turísticos y una estación biológica respectivamente. De los grandes lagos y cochas considerados en este estudio; cocha Cashu (Manu), cocha Onda (Tahuamanu), Cocococha, Condenado, Sachavacayoc y Treschimbadas (Tambopata) y lagos Sandoval, Tupac Amaru y Huitoto (Madre de Dios), fue este último el que presentó la menor temperatura de agua superficial. Esto se

correlacionó con la mayor profundidad registrada para todo el estudio con 12 metros mientras que los lagos menos profundos como Tupac Amaru y Condenado presentaron los valores más altos. Los pequeños cuerpos de agua evaluados Aguajal Agua Santa y Poza Maloca, originados por el hombre, presentaron los menores valores de temperatura y la mayor altura registrada para este grupo de localidades 622 y 525m respectivamente.

La conductividad se correlacionó con la distancia del río al cuerpo de agua estimado, siendo este el factor determinante. Durante una semana de monitoreo en época seca en el 2010 se evaluaron todos los lagos de la cuenca del Tambopata evidenciando este resultado (Figura 6). Por otro lado el lago Condenado es el más antiguo de todos los evaluados con fuerte influencia de la vegetación que presenta una avanzada etapa de colonización que parece repercutir en su variables registradas. Así fue el que presentó los mayores valores de transparencia del estudio. La cocha Seca en La Torre, es un cuerpo de agua temporal que se origina con la creciente del río y que se ve aislada llegando a desecarse en época seca en algunos años. Este cuerpo es usado habitualmente como bañadero por animales del bosque lo que explica la menor transparencia registrada en el estudio.

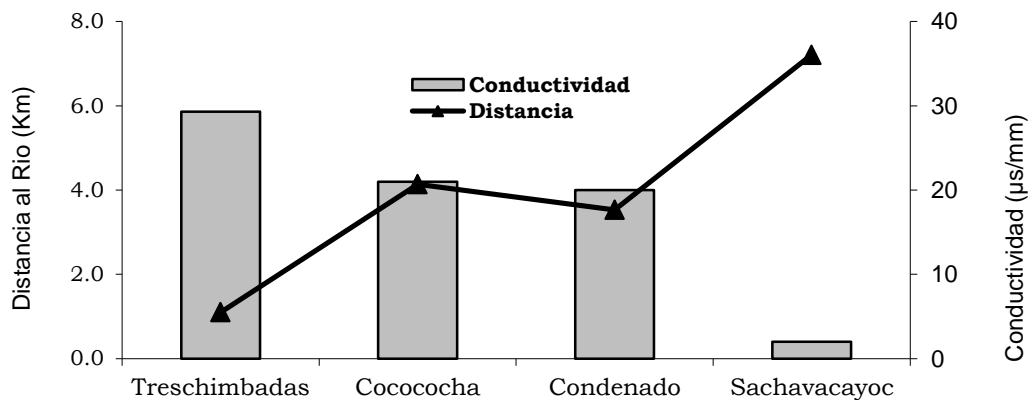
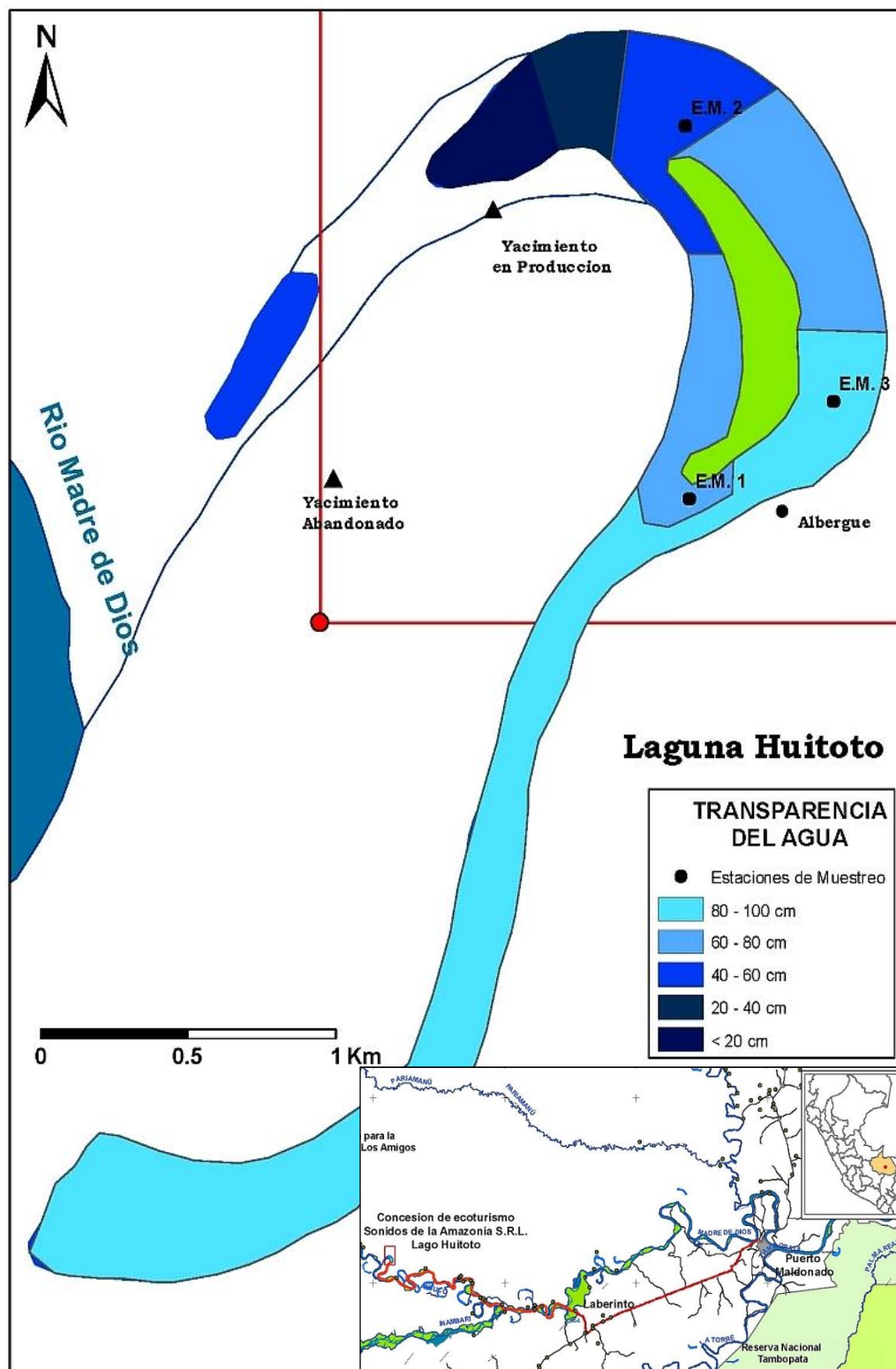


Figura 6: Niveles de Conductividad y distancia al canal del río en lagos del río Tambopata octubre (2010)

El oxígeno se mostró muy heterogéneo indicando una correlación directa con el tamaño y la profundidad de los cuerpos de agua en inversa a la temperatura. Por otro lado la poza Maloca, destinada a la explotación pesquera,

presentó una caída de agua que junto a su baja temperatura originó aguas bien oxigenadas. La temperatura y oxígeno registrado resultó muy variable y dependiente de la época del año, como se registró en Treschimbadas. El estudio a largo plazo de este lago nos muestra valores extremos de oxígeno disuelto y transparencia. La estratificación de estos cuerpos de agua que se analiza en el apartado discusión de resultados puede explicar el comportamiento de este tipo de cuerpos de agua lénticos.

En septiembre del año 2010 se realizó un monitoreo en el lago Huitoto (río Madre de Dios) para certificar el deterioro que la actividad minera estaba generando en el espejo de agua, cedido en uso para una empresa turística. Las propiedades organolépticas del agua superficial estaban visiblemente deterioradas en la orilla donde se realizaba la actividad minera, al norte del lago (Mapa 10). Mediante el disco de secchi se reportaron valores de transparencia a lo largo del lago, reportando mayor turbidez al acercarnos a la zona de explotación minera. Así mismo se observa una disminución de la profundidad al acercarnos al yacimiento minero indicando la colmatación del lago. Por último se fijaron 3 estaciones de muestreo donde se midieron varios parámetros físico químicos. Nuestro estudio reveló un aumento de oxígeno disuelto en el agua superficial al alejarnos del punto minero, de 4.2 ppm en el norte, próximos al yacimiento minero (EM2) a 7.6 ppm (EM1).



Mapa 10. Ubicación y estudio de las variables ambientales en el lago Huitoto.

4.2- ICTIOFAUNA

En este apartado se describen las capturas de peces detalladas para cada localidad muestreada. Tras la campaña de monitoreos realizada entre junio de 2009 y noviembre de 2014 se evaluaron los parámetros abióticos de 155 localidades contabilizando un total de 207 entradas con pesca ya que en algunas localidades se realizaron 2 o más evaluaciones para un máximo de 6 entradas (en el Puente Jayave). El apartado anexos recoge un listado de las localidades consideradas para la pesca con las principales características: nombre, ubicación, tipo de cuerpo de agua (río, tributario o ambiente léntico), esfuerzo de muestreo de pesca, y el número especies e individuos para cada ubicación (Tabla 7). Así mismo el apartado apéndice recoge la distribución de especies y capturas por estación de muestreo y un listado siguiendo el orden evolutivo propuesto por Van der Laan et al., 2014 y actualizado por Eschmeyer (2015), anotándose el autor y el año de la descripción.

Este estudio supone el listado de especies de peces más extenso y actualizado realizado para la cuenca de Madre de Dios, por lo tanto se eliminaron las especies registradas en las localidades que pertenecen al río Acre que se engloba dentro de otra subcuenca amazónica, el río Purus que no pertenece al río Madeira. Esto correspondió a los muestreos realizados en el río Acre, Yaverija y quebrada Primavera donde se reportaron 6 especies que no se registraron en ninguna de las otras localidades de muestreo consideradas. Las especies fueron *Leptagoniates pi* (Vari 1978), *Leptagoniates steindachneri* (Boulenger, 1887), *Serrasalmus cf. elongatus* (Kner, 1858), *Limatulichthys griseus* (Eigenmann, 1909), *Cheirocerus goeldii* (Steindachner, 1908) y *Pseudotyloturus angusticeps* (Günther, 1866).

Del mismo modo se introducen algunas especies que fueron detectadas fuera de las localidades muestreadas, principalmente a lo largo de los viajes o en el mercado. Si bien estas especies no pueden usarse para comparar las comunidades entre las diferentes localidades muestreadas, si están presentes en la cuenca y fueron detectadas durante el periodo de estudio por lo que parece razonable incluirlas en el listado taxonómico del estudio. Las 15 especies de peces detectadas fuera de las localidades de estudio fueron *Brachyplatystoma vaillantii* (Valenciennes, 1840), *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), *Distocylus*

conirostris (Eigenmann & Allen, 1942), *Hoplerythrinus unitaeniatus* (Agassiz, 1829), *Nannostomus trifasciatus* (Steindachner, 1876), *Platynemichthys notatus* (Jardine, 1841), *Rhabdolichops cf. electrogrammus* (Lundberg & Mago leccia, 1986), *Microglanis aff. iheringi*, *Brachyplatystoma juruense* (Boulenger, 1898), *Hypoclinemus mentalis* (Günther, 1862), *Goslinia platynema* (Boulenger, 1898), *Brachyplatystoma tigrinum* (Britski, 1981), *Bario steindachneri* (Eigenmann 1893), *Aphyolebias rubrocaudatus* (Seegers, 1984), y *Moema pepotei* (Costa, 1992). Finalmente el listado taxonómico de las especies recopiladas en la cuenca del Madre de Dios durante el estudio fue de 528, para 43 familias y 206 géneros.

Por otro lado, el muestreo en las localidades consideradas para la pesca listó un total de 10 órdenes, 43 familias, 194 géneros y 513 especies para 22,586 capturas. Los Characiformes (peces de escamas pequeñas sin espinas en las aletas) fueron los mejor representados con 253 especies y el mayor número de capturas, seguidos por Siluriformes (bagres, peces de cuero) con 186 especies. Los siguientes órdenes más diversos son Perciformes (bujurquis, peces de escamas chicas y espinas en aletas), Gymnotiformes (macanas, peces eléctricos), Engrauliformes (anchovetas), Cyprinodontiformes (killi fish), Myliobatiformes (rayas), Pleuronectiformes (peces de simetría dorso-ventral, lenguado), Beloniformes (Peces aguja) y Synbranchiformes (atinga) según se muestra en la tabla 10 y en la figura 7.

Tabla 10. Resumen del número de especies y capturas por órdenes.

Órdenes	N Especies	N Individuos
Characiformes	249	18078
Siluriformes	181	3397
Perciformes	33	504
Gymnotiformes	32	487
Engrauliformes	6	60
Cyprinodontiformes	4	23
Myliobatiformes	3	11
Pleuronectiformes	2	2
Synbranchiformes	2	11
Beloniformes	1	13
10	513	22,586

Atendiendo a los datos de las capturas por órdenes, los Characiformes muestran un mayor dominio de los ecosistemas muestreados, acumulando el 80% del total de las capturas registradas seguido en la distancia por los Siluriformes con el 15%. Los órdenes Perciformes y Gymnotiformes presenta una similar representación en las localidades muestreadas con 33 y 32 especies respectivamente suponiendo cada uno de ellos exactamente el 2.2% de todas las capturas realizadas. Por el contrario Myliobatiformes, Beloniformes, Synbranchiformes y Pleuronectiformes fueron los órdenes menos representados no superando para ninguno de estos órdenes los 20 ejemplares capturados.

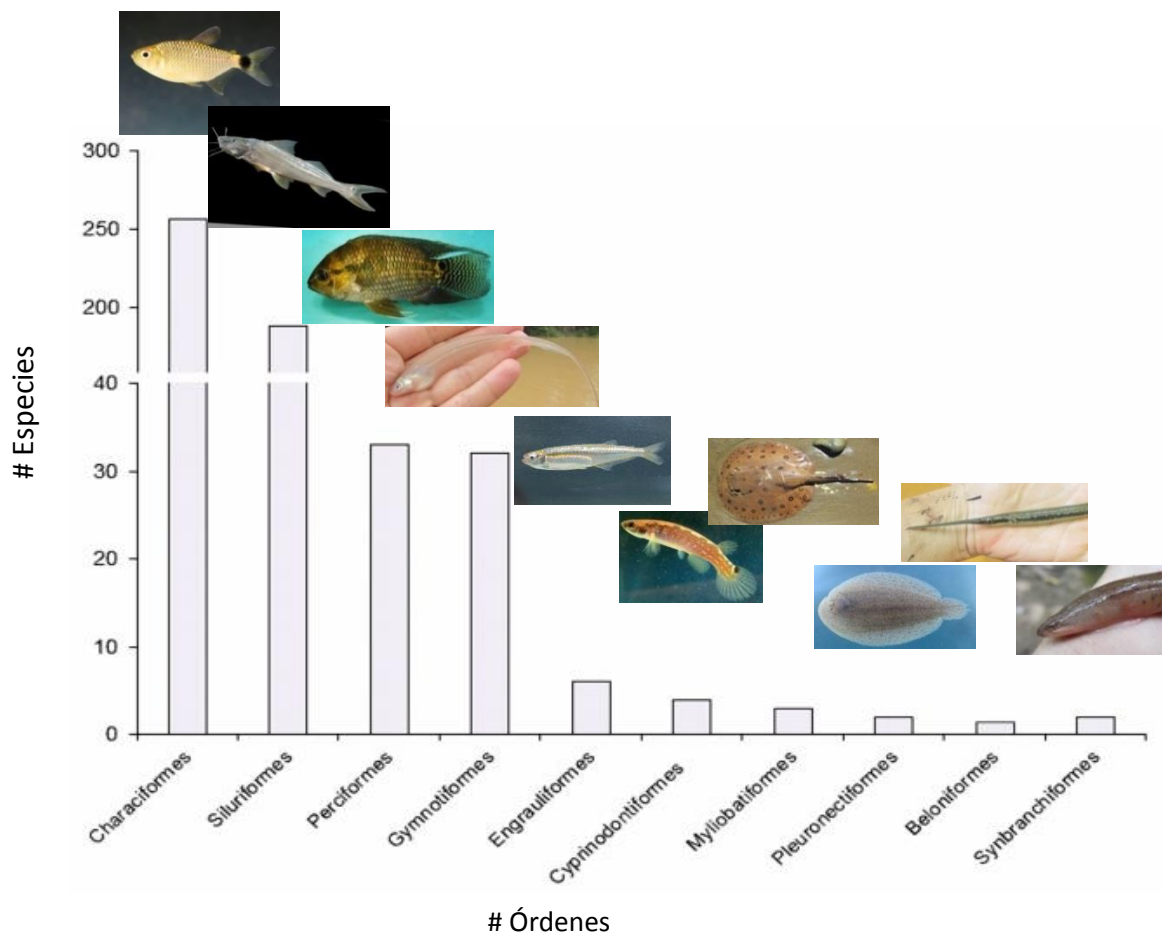


Figura 7: Distribución taxonómica de las especies de peces agrupada por órdenes

Analizando la distribución de las especies encontramos generalistas, que poseen un amplio rango de distribución, y otras especies que se distribuyeron en un número reducido de localidades, que resultó ser la mayoría de ellas. En la tabla 11 se recoge el rango de frecuencias observado para todas las especies

registradas en las localidades de muestreo. La mayoría de las especies 433 (84.6%) presentan un bajo rango de frecuencia <5%, es decir la mayoría de las especies resultan poco distribuidas y se localizan en no más de 21 localidades de muestreo de las 155 consideradas.

Tabla 11. Resumen del número de especies capturadas por rango de frecuencias.

Especies	N	%
>10%	23	4.5
10-5%	56	10.9
<5%	434	84.6
total	513	100%

Atendiendo a las especies más representadas en la cuenca, *Astyanax bimaculatus* resultó ser la más distribuida localizándose en 74 localidades muestreadas, tanto en río como en tributarios y cuerpos de agua lénticos. (Tabla 12). Un gran número de las 23 especies más distribuidas mostraron preferencia por cuerpos de agua lóticos, resultando muchas raras o ausentes de los cuerpos de agua lénticos. Así mismo también se registraron especies que mostraron preferencia por cuerpos de agua lénticos entre las que destacan *Moenkhausia oligolepis*, *Moenkhausia dichroua*, *Crenicichla semicineta* y *Prochilodus nigricans*. Siguiendo con el criterio de cuerpos de agua para diferenciar las especies más distribuidas, *Hoplias malabaricus* y *Ancistrus sp1* fueron las que presentaron mayor afinidad por tributarios y arroyos.

De las especies más distribuidas, el orden Characiformes (familia characidae) predomina abrumadoramente y tan solo hay dos especies para Siluriformes (*Pimelodella sp* y *Hemiodontichthys acipenserinus*) y un representante para Gymnotiformes (*Eigenmania virescens*) y Perciformes (*Crenicichla semicineta*) respectivamente.

Analizando las especies más abundantes (en términos de número de individuos), la especie *Knodus savannensis* fue la que dominó el muestreo con 4199 capturas, (19% del total de capturas) registradas principalmente en selva alta o próximo a las nacientes (Ríos Colorado, Arasa y Alto Madre de Dios).

Tabla 12. Frecuencia relativa de especies capturadas en el total de la cuenca de estudio y por tipos de masas de agua presente. En paréntesis se muestra el número absoluto de ocurrencias. Solo se muestran especies (23) con una frecuencia de aparición mayor al 10% (registrados en 21 o más estaciones de muestreo).

Especies	General	Ríos	Tributarios	Lagos
<i>Astyanax bimaculatus</i>	35.7(74)	37.4(37)	37.3(31)	28.6(6)
<i>Knodus sp 1</i>	26.1(54)	33.3(33)	24.1(20)	4.8(1)
<i>Aphyocharax pusillus</i>	24.6(51)	38.4(38)	15.7(13)	0.0(0)
<i>Hoplias malabaricus</i>	24.2(50)	17.2(17)	27.7(23)	47.6(10)
<i>Thoracocharax stellatus</i>	20.3(42)	36.4(36)	4.8(4)	9.5(2)
<i>Eigenmannia virescens</i>	18.8(39)	26.3(26)	13.3(11)	9.5(2)
<i>Steindachnerina guentheri</i>	18.4(38)	21.2(21)	13.3(11)	28.6(6)
<i>Knodus savannensis</i>	16.4(34)	22.2(22)	14.5(12)	0.0(0)
<i>Astyanax maximus</i>	15.0(31)	16.2(16)	18.1(15)	0.0(0)
<i>Creagrutus sp1</i>	14.5(30)	16.2(16)	16.9(14)	0.0(0)
<i>Ancistrus sp1</i>	14.5(30)	7.1(7)	27.7(23)	0.0(0)
<i>Moenkhausia oligolepis</i>	14.0(29)	4.0(4)	22.9(19)	28.6(6)
<i>Prodonotocharax melanotus</i>	14.0(29)	16.2(16)	14.5(12)	4.8(1)
<i>Astyanax abramis</i>	13.5(28)	13.1(13)	13.3(11)	19.0(4)
<i>Moenkhausia dichroura</i>	11.6(24)	13.1(13)	1.2(1)	47.6(10)
<i>Crenicichla semicincta</i>	11.6(24)	4.0(4)	16.9(14)	28.6(6)
<i>Prochilodus nigricans</i>	11.1(23)	15.2(15)	2.4(2)	28.6(6)
<i>Astyanacinus multidentis</i>	11.1(23)	14.1(14)	10.8(9)	0.0(0)
<i>Hemibrycon sp</i>	11.1(23)	10.1(10)	15.7(13)	0.0(0)
<i>Odontostilbe fugitiva</i>	11.1(23)	15.2(15)	9.6(8)	0.0(0)
<i>Hemiodontichthys acipenserinus</i>	11.1(23)	12.1(12)	13.3(11)	0.0(0)
<i>Creagrutus occidaneus</i>	10.1(21)	14.1(14)	8.4(7)	0.0(0)
<i>Pimelodella sp1</i>	10.1(21)	15.2(15)	6.0(5)	4.8(1)

En los muestreos en selva baja se observó un fenómeno relacionado con los periodos de estiaje. En temporada de creciente los ríos anegan grandes extensiones de selva, esta superficie de bosque inundable en época lluviosa -que supone el 3.5% de la cuenca del Madre de Dios- juega un importante papel generando una proliferación de producción primaria tras la retirada de las agua en la época de transición a seca (Chang et al., 1999). Sin embargo aísla cuerpos de agua que pueden llegar a secarse y a concentrar gran cantidad de individuos en poco espacio. Así en cochas en La Torre (Tambopata), un único arrastre tuvo un elevado rendimiento pesquero reportando alrededor de 2000 individuos de la especie *Potamorhina altamazonica*, resultando la segunda más abundante del

estudio. Las 10 especies más abundantes del estudio fueron por orden: *Knodus savannensis*, *Potamorhina altamazonica*, *Knodus sp1*, *Moenkhausia dichrourea*, *Knodus hypopterus*, *Pimelodella cristata*, *Thoracocharax stellatus*, *Astyanax bimaculatus*, *Eigenmannia virescens* y *Crenicichla semicineta*.

La mayoría de estas especies también figuran entre las más distribuidas con excepciones (*Potamorhina altamazonica* y *Pimelodella cristata*). Por su elevado tamaño y aporte en la biomasa destacan la abundancia de peces de consumo como el Bocachico (*Prochilodus nigrcans*) y el Zúngaro (*Zungaro zungaro*) con 322 y 29 capturas respectivamente. Estos datos presentan una gran implicación en la ecología de las comunidades donde algunas de estas capturas se pueden relacionar con ciclos biológicos o degradación de hábitats como se analizará más adelante en el apartado discusión.

A continuación se analiza la relación entre las comunidades muestreadas y los tipos de masa de agua (clara, blanca y negra) descritas para la Amazonía (Sioli 1984), todas presentes en el área de muestreo. El principal resultado se representa en el análisis DCA que se usó para identificar relaciones entre las comunidades de peces y la variable masa de agua a lo largo del gradiente altitudinal (Figura 8).

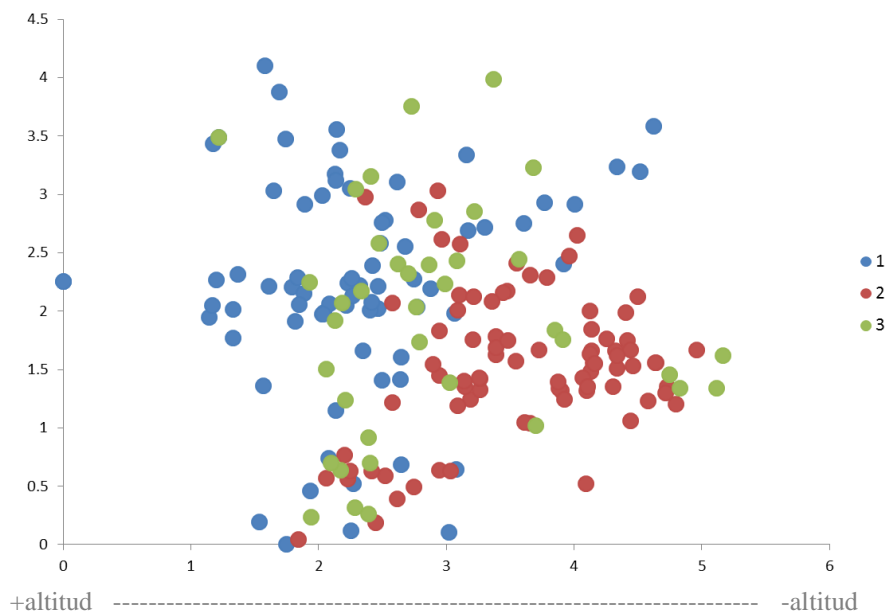


Figura 8. Evaluación de la comunidad entre tipos de aguas. DCA1 vs DCA2. Azul: aguas claras; Rojo: Aguas blancas y Verde: aguas negras.

El análisis de varianza (ANOVA) muestra diferencias significativas entre las comunidades de agua clara y blanca ($p < 0.01$). Así se demuestra que las comunidades de peces ubicadas en aguas claras están condicionadas por el factor gradiente altitudinal. Efectivamente en el apartado anterior que presentó las variables ambientales (tabla 2) indicó que el rango altitudinal para las localidades de agua clara fue (2411-261), a continuación agua negra (668-181) y por ultima agua blanca (364-181)m. El análisis indica que el ensamblaje de las comunidades ubicadas en agua clara es significativamente diferente a las comunidades ubicadas en agua blanca, mientras que las ubicadas en agua negra se posicionan en una zona de transición entre ambas comunidades.

Durante el muestreo se reportaron tres localidades donde no se registró ninguna captura; una en Alto Madre de Dios mediante el uso de pesca eléctrica y otras dos en la intersección con la carretera interoceánica. Como se expuso en el apartado de variables ambientales se detectó una quebrada con anomalías geológicas (que no reportó capturas) mientras que las localidades al borde de la carretera presentaban evidencias de impacto antropogénico.

Estudio del Rango Altitudinal de las Especies y Familias Encontradas en la Cuenca de Madre de Dios.

Para el estudio de la distribución a lo largo del gradiente altitudinal se consideraron las 513 especies reportadas en el monitoreo. Como se representa en la figura 9, existe una clara tendencia de disminución de la riqueza de especies conforme se escala en el gradiente altitudinal (Tabla 13). El esquema representa el rango de altura en el que se encuentra cada una de las especies, encontrando tan solo 118 superando los 500m, que es considerado el inicio del piedemonte Andino-Amazónico (Figura 10B). Si aumentamos el gradiente altitudinal tan solo se contabilizan 12 especies que se ubican entre 1000-1500ms y finalmente solo dos géneros (*Astroblepus* y *Trichomycterus*) alcanzaron el techo del estudio ubicado a 2200m. Esta representación permite determinar que muchas especies con preferencia por ocupar un rango altitudinal bajo, presentan la versatilidad de

adaptarse y colonizar áreas más elevadas incluso por encima del umbral del mencionado piedemonte.

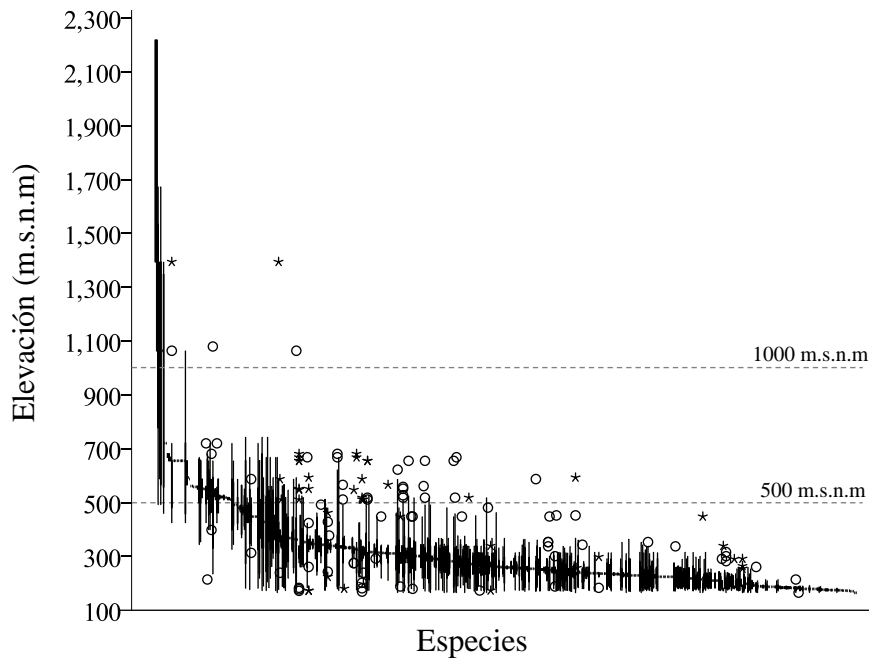


Figura 9. Box-plots de rangos altitudinales para todas las especies capturadas en Madre de Dios. Se muestran los valores centrales de cada especie, así como los valores extremos, identificados mediante círculos o estrellas.

El análisis de la riqueza de especies tomando rangos de intervalo altitudinal cada 100 m, muestra la correlación inversa entre ambos parámetros (figura 10A). Sin embargo se observa una anomalía no esperable al presentar menos especies en el rango <200 que entre el 200-300msnsm, 252 frente a 303 (tabla 13). Al analizar el esfuerzo de muestreo relacionado con la cantidad de monitoreos y la ubicación de los mismos se observa que el rango 200-300 engloba un mayor número de muestreos que el rango por debajo de 200, 47 frente a 58. Por otro lado los datos y la representación gráfica de la ubicación diferencial de cada monitoreo (en ríos, tributarios y lagos) vemos que la condición río predominó en el rango 200-300 (66%), disminuyendo hasta la mitad por debajo de 200 (49%). A su vez los cuerpos de agua lénticos estuvieron muy representados por debajo de 200 (30%), mientras que entre 200-300 estuvieron prácticamente ausentes (3%). Todos los grandes lagos evaluados se ubicaron bajo los 200m (a

excepción del lago Huitoto). En general los cuerpos de agua lenticos fueron desapareciendo del muestreo al subir en la altura, y los ubicados más altos eran reservorios de agua o áreas muy transformadas por la acción del hombre, principalmente en el valle del Kosñipata (Figura 10E y 10F).

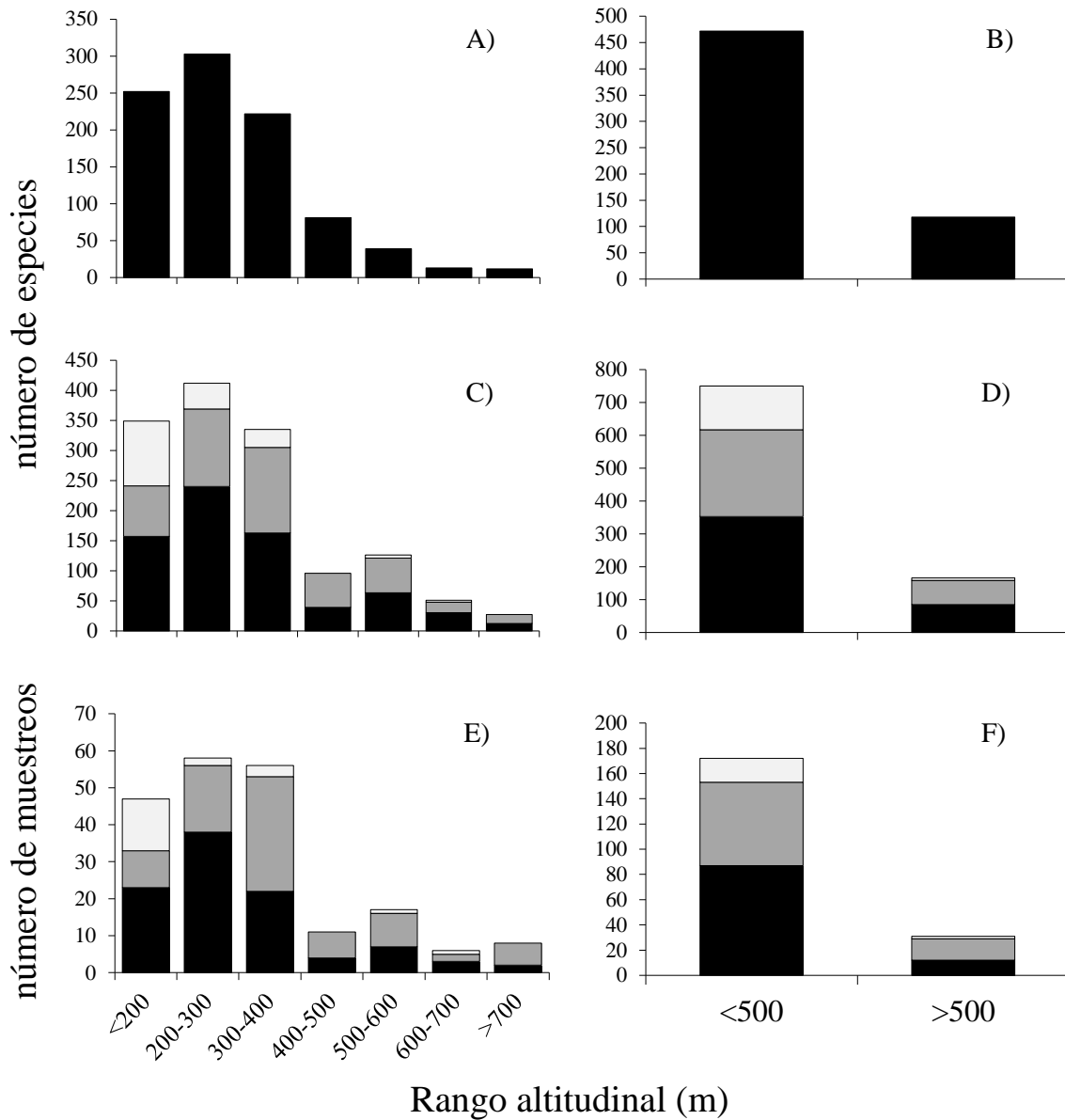


Figura 10. Gráfico de frecuencias acumuladas de especies capturadas según el rango altitudinal (A y B); gráfico de frecuencias de número de localidades muestreadas según la tipología de masa de agua y el rango altitudinal (lagos, gris claro; tributarios, gris oscuro; cauces principales o ríos, negro)

Por otra parte, los datos presentaron al parámetro altitudinal como el principal factor que limitó la riqueza de especies. El esfuerzo de muestreo entre los rangos 200-300 y 300-400 fue muy similar mientras que el rendimiento en termino de especies recopiladas fue muy inferior para el rango superior, 222 frente a las 303 en el rango 200-300.

Esta característica se evidenció a mayor altura indicando que un aumento en el esfuerzo de muestreo, no implicó un mayor número de especies reportadas. Así el rango 400-500 presentó un menor esfuerzo de muestreo que el inmediatamente superior, 11 frente a 17 localidades muestreadas para el rango 500-600, sin embargo el número de especies entre 400-500 fue de 81 frente a los 39 en el rango inmediatamente superior (Figura 10C, Tabla 13).

Estas representaciones gráficas presentan una sobredimensión en el número de especies al considerar los distintos tipos de cuerpos de agua (ríos, tributarios y lagos). Esto se explica debido a que la mayoría de las especies se detectaron en más de un cuerpo de agua y el acumulado de estas eleva el valor total de especies consideradas.

Tabla 13. Resumen del número de especies por rango altitudinal en al área de estudio de la cuenca de Madre de Dios (Sp). N, Número de localidades por rango altitudinal. Número de localidades en cada masa de agua (columnas 3, 4 y 5): cauce principal o ríos (1), tributarios (2) y lagos (3). %, proporción de distribución de localidades muestreadas en cada grupo de masa de agua (columnas 6, 7 y 8).

Rango altitudinal	Sp	N	1	2	3	1%	2%	3%	Sp1	Sp2	Sp3
<200	252	47	23	10	14	49	21	30	157	84	108
200-300	303	58	38	18	2	66	31	3	240	129	43
300-400	222	56	22	31	3	39	55	5	163	142	30
400-500	81	11	4	7	0	36	64	0	39	57	0
500-600	39	17	7	9	1	41	53	6	63	58	5
600-700	13	6	3	2	1	50	33	17	30	18	3
>700	12	8	2	6	0	25	75	0	12	15	0
<500	472	172	87	66	19	51	38	11	353	264	133
>500	118	31	12	17	2	39	55	6	85	73	8

Tomando las 20 especies más representativas que se reportaron por encima de los 500 m (frecuencia de aparición >5%) vemos que la mayoría de las

especies presentan un bajo rango de distribución altitudinal (Figura 11). Esta característica se aprecia con mayor claridad si eliminamos las especies con valores de dispersión altitudinal (SD) mayor a 0, es decir las que encontramos a la misma altura, sin dispersión en el gradiente altitudinal (Figura 12). La representación muestra especies con preferencia por elevadas alturas (>1000m) con un elevado rango de distribución (géneros *Astroblepus* t y *Trichomycterus*) y otras acotadas a un bajo rango altitudinal.

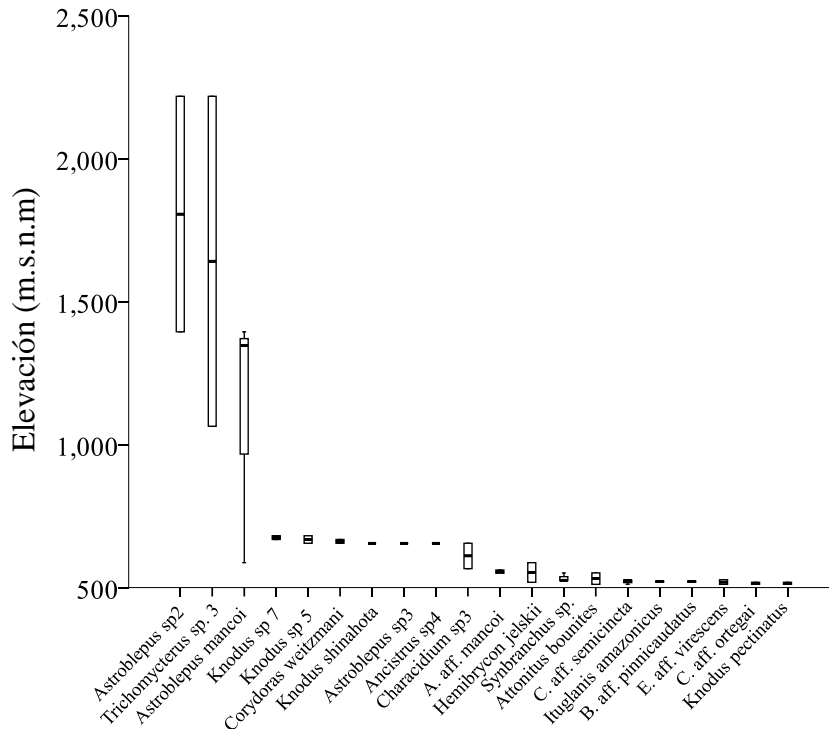


Figura 11. Box-plots de rangos altitudinales para especies con rango altitudinal superior a 500 m capturadas. Se muestran los valores centrales de cada especie, así como los valores extremos. No se muestran especies con frecuencia de aparición menor al 5%.

Los géneros dentro de Characiformes que más alto se reportaron fueron por este orden: *Bryconamericus*, *Characidium*, *Hyphessobrycon*, *Creagrutus*, *Knodus*, *Moenkhausia*, *Charax*, *Serrapinnus*, *Astyanax*, *Hemibrycon*, *Hoplias*, *Prodontocharax*, *Steindachnerina*, *Attonitus*. *Parodon* y *Bryconacidnus* donde la especie *Bryconamericus diaphanus* fue la que alcanzó la mayor altura (1300m). Para los Siluriformes además de *Astroblepus* y *Trichomycterus* los géneros fueron por este orden: *Chaetostoma*, *Ancistrus*, *Callichthys*, *Chasmocranus*, *Rhamdia*, *Corydoras*, *Rineloricaria*, *Cetopsis*, *Cetopsorhamdia*, *Pimelodella*, *Phenacorhamdia*,

Hypostomus, *Centromochlus*, *Ituglanis*, *Aguarunichthys*, *Crossoloricaria* y *Megalonema*. Los órdenes para Perciformes fueron *Bujurquina* y *Crenicichla* donde *Bujurquina aff. eurhinus* alcanzó la mayor altura (681m). Los órdenes para Gymnotiformes fueron *Eigenmannia*, *Electrophorus*, *Brachyhyopomus*, *Sternarchorhynchus*, *Gymnotus*, *Sternopygus*, *Sternarchorhynchus*, *Sternarchogiton* y *Gymnorhamphichthys* siendo la especie *Eigenmannia virescens* la que alcanzó la mayor altura (593msnsm). Pese que el género *Sternarchorhynchus* no se detectó a elevadas alturas si fue habitual encontrarlo en las nacientes de los ríos (con menor orden hidrológico de Strahler) con elevada correntada y granulometría más gruesa, mientras que *Eigenmannia* requirió de aguas más someras y con cobertura vegetal.

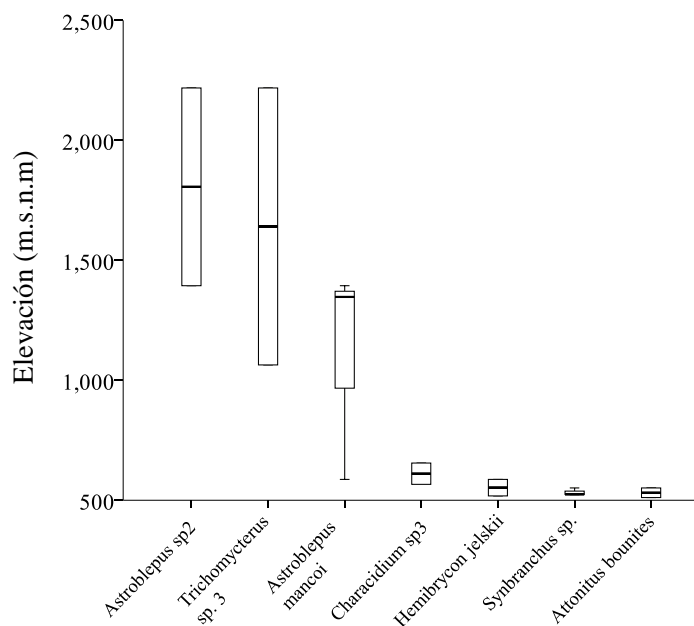


Figura 12. Box-plots de rangos altitudinales para especies con rango altitudinal superior a 500 m capturadas. Se muestran los valores centrales de cada especie, así como los valores extremos. Solo se muestran especies con valores de dispersión altitudinal (SD) mayor a 0.

Conviene resaltar las dificultades encontradas para determinar las especies recopiladas en esta parte del estudio ya que el piedemonte concentra una gran cantidad de géneros sin describir o con claves incompletas por lo que habitualmente tenemos que trabajar con morfoespecies. Este es el caso de los géneros *Astroblepus*, *Tricomycetus*, *Characidium*, *Chaetostoma*, *Knodus*, *Hemibrycon*, y *Parodon* y otros géneros que recientemente han descrito nuevas

especies en la cuenca de Madre de Dios como *Ancistrus*, *Hyphessobrycon*, *Chrysobrycon*, *Attonitus* y *Monotocheirodon* según se indicó en el apartado de introducción.

La representación de la distribución en el gradiente altitudinal por familias reportadas vuelve a mostrar a los Characidae como los más distribuidos y versátiles del estudio, con capacidad de colonizar un mayor número de hábitats que el resto de taxas (figura 13).

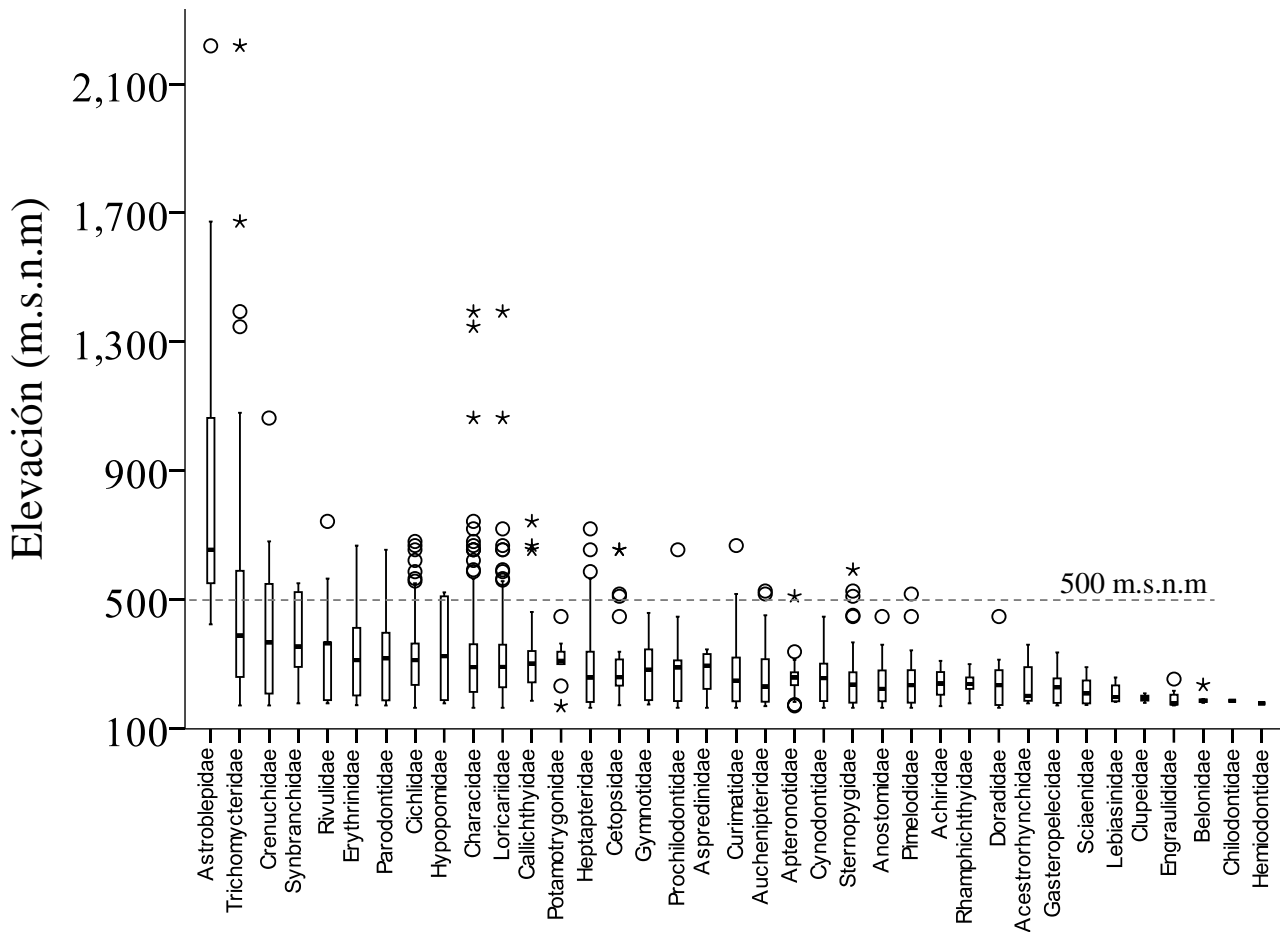


Figura 13. Box-plots de rangos altitudinales para todas las familias capturadas. Se muestran los valores centrales de cada especie, así como los valores extremos, identificados mediante círculos o estrellas.

Esta gráfica permite discernir entre el rango altitudinal al que cada familia tiene preferencia (polígono) y la dispersión real que puede tolerar cada taxa (valores extremos). Así *Trichomycteridae* presenta una preferencia similar a *Crenuchidae* (juntos en la figura) sin embargo, para los primeros, se encontraron

individuos esporádicamente en un mayor rango lo que indica una mayor capacidad de adaptación, que puede correlacionarse con una mayor abundancia de capturas y riqueza de especies, que fue lo que realmente se observó en campo.

Tabla 14. Resumen de parámetros altitudinales para las familias capturadas en MDD.

Familias	Altura Prom	Altura max	Altura min	Numero especies
Astroblepidae	872	2218	424	16
Trichomycteridae	558	2218	172	35
Crenuchidae	404	1064	172	30
Synbranchidae	384	551	179	7
Rivulidae	365	743	179	8
Erythrinidae	337	668	173	50
Parodontidae	336	655	172	21
Cichlidae	332	681	165	96
Hypopomidae	330	523	179	8
Characidae	329	1394	165	192
Loricariidae	327	1394	165	148
Callichthyidae	322	743	187	39
Potamotrygonidae	310	448	170	8
Heptapteridae	300	720	165	72
Cetopsidae	296	655	173	34
Gymnotidae	283	459	175	16
Prochilodontidae	282	655	165	23
Aspredinidae	280	346	165	9
Curimatidae	271	668	165	78
Auchenipteridae	260	527	170	37
Apterontidae	260	511	171	22
Cynodontidae	257	448	165	14
Sternopygidae	256	593	165	60
Anostomidae	244	448	165	26
Pimelodidae	243	518	165	57
Achiridae	241	311	170	2
Rhamphichthyidae	239	301	179	13
Doradidae	238	448	165	15
Acestrorhynchidae	237	361	179	17
Gasteropelecidae	226	337	172	50
Sciaenidae	218	291	174	10
Lebiasinidae	210	259	183	3
Clupeidae	195	210	180	2
Engraulidae	193	254	172	7
Belonidae	193	236	180	6
Chilodontidae	187	187	187	1
Hemiodontidae	179	179	179	1

Junto a Characidae también resalta la familia Loricariidae (carachamas) que pese a no presentar una distribución grande (solo la especie *Hemiodontichthys acipenserinus* se posicionó entre las 23 más distribuidos, (Tabla 12), si presenta una gran versatilidad ocupando todo el rango altitudinal (hasta los 1400m) al igual que la familia Characidae (Tabla 14).

La familia Ciclidae también presenta una proliferación a cotas superiores a los 500m, no alcanzando sin embargo la altura de Loricariidae y Characidae. Las cinco familias pertenecientes al orden Gymnotiformes, los peces eléctricos (Hypopomidae, Gymnotidae, Apterontidae, Sternopygidae y Rhamphichthyidae) presentaron una desigual distribución en el gradiente. Mientras la familia Rhamphichthyidae se acotó al rango bajo de altura (habitual en lagos, quebradas y ríos de llanura), Gymnotidae, bastante habitual en el estudio, apenas si alcanzó la cota de los 500m, que si fue sobrepasada por los demás familias.

Por último se describe la distribución en el rango altitudinal de familias estrictamente de selva baja asociados principalmente a lagos, tributarios con mucha influencia de la vegetación ripariana, cuerpos de agua temporales por inundación del bosque y bancos de arena en el canal principal de los ríos. Entre estas tenemos Achiridae (lenguados), Scianidae (corvinas), Lebiasinidae (pez lápiz), Clupeidae (bacalaos), Belonidae (pez aguja), Chilodontidae (lisa), Hemiodontidae (yulilla), Rhamphichthyidae (macanas, peces eléctricos) y Gasteropelecidae (pez hacha).

Estudio de la Jerarquía de Afluentes de Strahler

A continuación se analizan los resultados del muestreo de peces en relación al orden hidrológico de jerarquía de afluentes de Strahler expuesto en el apartado metodológico. Este índice se correlaciona con el número de tributarios que un río posee aguas arriba asignándole un valor a cada río o quebrada. Este índice habitualmente en nuestra área de estudio se correlaciona con el caudal. La representación gráfica muestra una irregular tendencia de aumento en términos de riqueza de especies al aumentar el orden oscilando entre las 240 especies para los órdenes 4 y 6 y las 60 para el orden 7 (Figura 14). Sin embargo se hizo

necesario normalizar los datos con el esfuerzo aplicado para cada orden, (número de especies entre número de muestreos realizados) puesto que el número de muestreos osciló entre 21-38 localidades para el intervalo de ordenes 1-6, siendo mínimo para orden 7 con tan solo 9 muestreos ubicados en el canal del río Madre de Dios. Tras la normalización la tendencia se regulariza, variando el promedio de especies reportadas por localidad muestreada entre 5 para el menor orden y 8 para el mayor. Del mismo modo al analizar el rendimiento pesquero (número de individuos por muestreo) observamos una tendencia al alza hasta el orden 5, decreciendo y manteniéndose constante para los órdenes 6 y 7. El número promedio de individuos capturados por localidad muestreada fluctuó entre 40 para el menor orden hasta 160 para el orden 5 y estabilizándose finalmente entorno a los 90 individuos para los órdenes 6 y 7.

Analizando por separado los cuerpos lénticos vemos que el número absoluto de especies reportadas para todos los lagos, aguajales, cochas y charcos temporales fue habitualmente inferior a los reportados en cada orden (exceptuando los órdenes 3 y 7). El número de especies por esfuerzo también fue bajo sin embargo el rendimiento pesquero es el mayor de todos los registrados obteniendo un promedio de 180 capturas por localidad muestreada.

Por ultimo al estudiar el número de individuos registrado para cada especie relacionado con el índice de diversidad específica (Shannon- Wiener), observamos una tendencia al aumento hasta el orden 5 y de ahí desciende y se estabiliza. Mientras que las comunidades para los cuerpos de agua lénticos son la que presentan las comunidades menos balanceadas. Los resultados en conjunto nos indican que la riqueza de especies es menor en lagos y órdenes menores donde existe una dominancia de unas pocas especies con una elevada proliferación de individuos.

Una experiencia puntual en un monitoreo en la Reserva Nacional Tambopata durante la época seca del 2010 ilustra todos los procesos anteriormente expuestos relacionados con la comunidad de peces, el gradiente altitudinal y la jerarquía hidrológica.

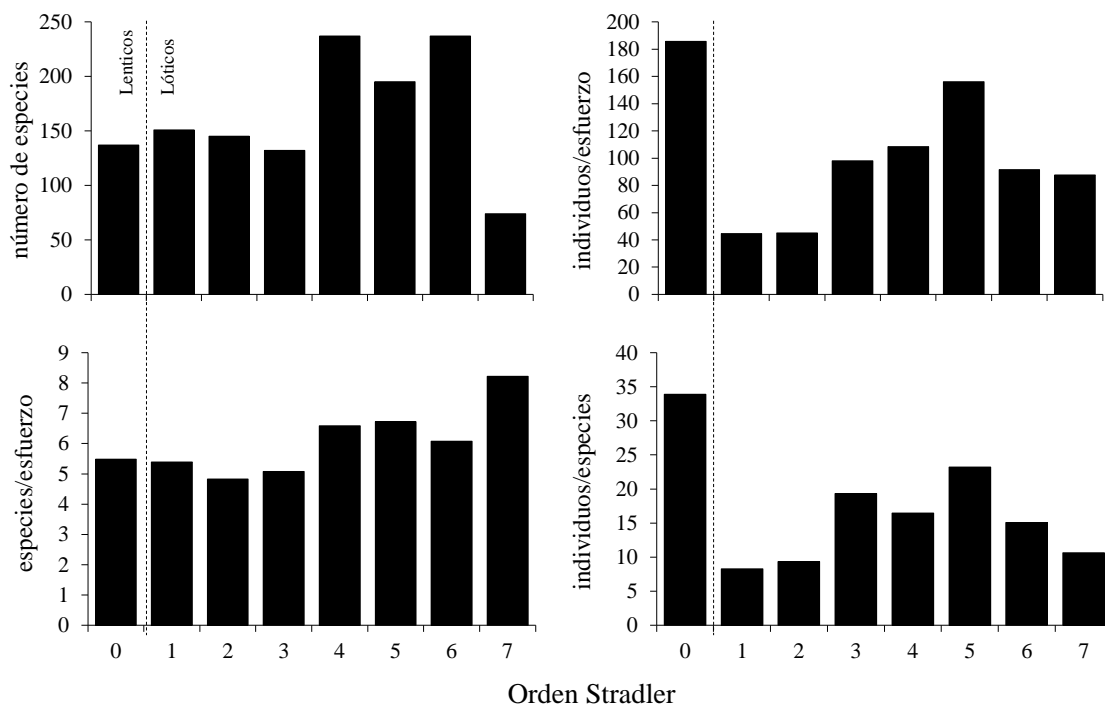


Figura 14. Número de especies capturadas, número de individuos capturados por unidad de esfuerzo (unidad de esfuerzo = número de muestreos), Número de especies capturadas por esfuerzo y número de individuos por especie en diferentes órdenes de río (Strahler). El orden cero corresponde a sistemas lenticos (a la izquierda de la línea de puntos).

Durante el monitoreo a lo largo del gradiente altitudinal del propio río Tambopata se abarcó el intervalo altitudinal 261-193m. Se comenzó por un tributario de cabecera de agua clara y grava (río Távara), continuando por el canal del propio río Tambopata en su parte alta, con agua clara y grava-cantos rodados y finalmente pasando a Tambopata medio (tras la confluencia del río Malinowski), donde el agua es blanca y el sustrato arenoso (Mapa 11). La bajada a lo largo del gradiente altitudinal implicó un aumento en el orden hidrológico de 5 en Távara a 6 para Alto y Medio Tambopata, acompañado del aumento en el caudal al recibir varios tributarios (Eliás Aguirre y Malinowski). Los datos mostraron un aumento progresivo de los índices de riqueza y abundancia al descender el canal del río para un estudio que contabilizó 79 especies y 830 individuos. El mismo monitoreo indica un menor rendimiento en términos de abundancia y riqueza, para ríos de menor jerarquía (Figura 15).

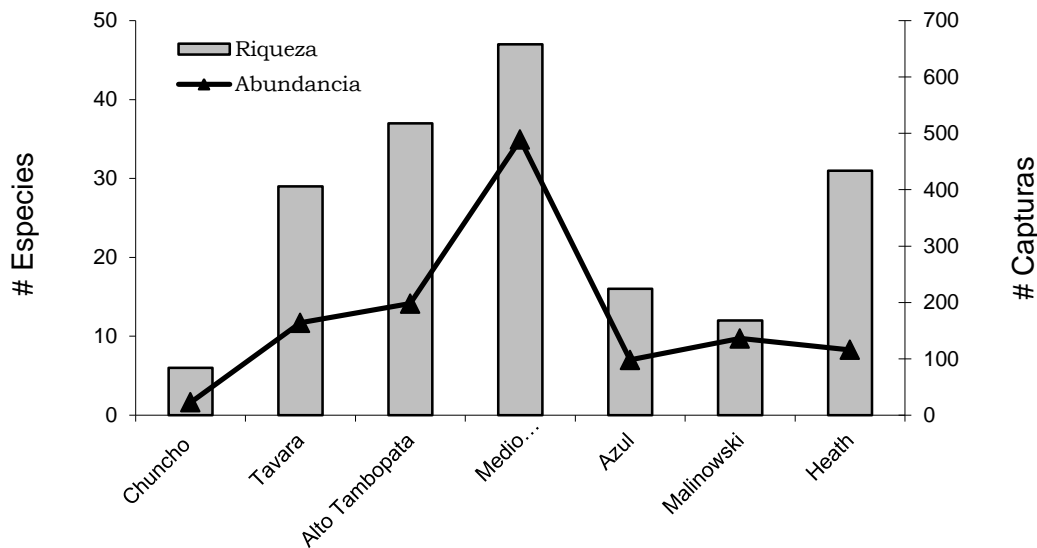
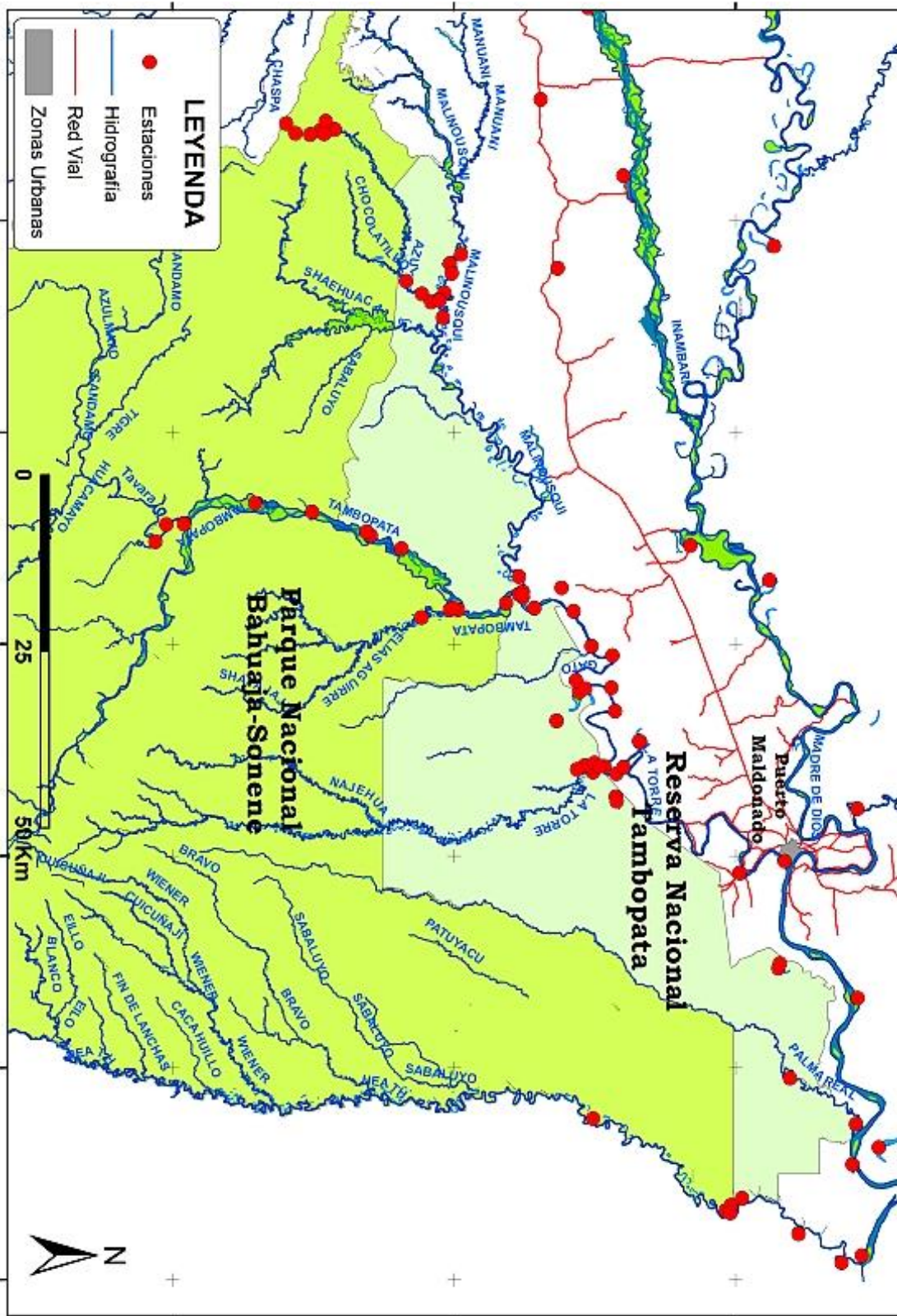


Figura 15. Número de especies e individuos registrados en el monitoreo de la Reserva Nacional Tambopata realizado durante la época seca del 2010.

El estudio realizado a medio plazo en la cuenca del Madre de Dios (junio 2009- noviembre 2014) cuenta con información de localidades que se monitorearon más de una vez, hasta un máximo de 6 veces en algún caso. Estos datos nos permiten acercarnos al conocimiento sobre el efecto de la estacionalidad sobre las comunidades de peces. Pero en el caso de realizar el seguimiento sobre áreas degradadas por actividad antropogénica, nos pueden ayudar a caracterizar la degeneración de los cuerpos de agua utilizando las comunidades de peces como herramientas indicadoras del cambio. Este estudio monitoreó los ríos Acre (Iñapari), Madre de Dios (Laberinto) y la desembocadura del Jayave en 3 ocasiones, los ríos Inambari (aguas arriba de Mazuko), Colorado, Cupodne y Chisue en 4 ocasiones, la playa Botafogo (río Tambopata) en 5 ocasiones y la intersección del río Jayave con la carretera interoceánica en 6 ocasiones.



Mapa 11. Ubicación del área de estudio en la Reserva Nacional Tambopata y localidades muestreadas.

La estacionalidad registrada resultó muy acentuada, principalmente en playas de ríos de llanura; donde la playa Botafogo (Tambopata) registró una fuerte fluctuación de la riqueza de peces (28-8) y la abundancia (230-27). La fluctuación en otras localidades como el río Madre de Dios (Laberinto) fue menor con un intervalo de riqueza (6-5) y abundancia (22-13). Esta última ubicación presentó un fuerte impacto ya que el muestreo se realizó en el propio puerto de la localidad. Otros ríos de cabecera presentaron una menor fluctuación como Cupodne con una riqueza (23-16) y abundancia (546-279). El río Inambari próximo a la localidad de Mazuko, en el entorno donde se planificó una represa Hidroeléctrica (Araújo-Flores 2011), también presentó una fuerte fluctuación con un intervalo de riqueza (16-3) y abundancia (203-23). También se tienen registros continuados del lago Treschimbas (Tambopata), con 4 entradas reportando un intervalo de riqueza de peces de 24-8, y una abundancia de 629 a 70.

Como se expuso en el apartado de resultados en las variables ambientales, el río Jayave presenta una continuada degradación de su cuenca (perceptible a simple vista) que repercutió en sus parámetros medidos (Figura 16). La comunidad de peces monitoreados también nos muestran una variación a lo largo del tiempo desde el año 2009 en la localidad ubicada en la intersección con el puente de la carretera interoceánica. Por un lado se observa un incremento continuado en los niveles de las capturas desde los 25 individuos capturados en 2009 hasta las 65 en 2014. Sin embargo las comunidades de peces fueron desequilibrándose al mismo tiempo explicado en términos de índice de diversidad específica y de equidad. El estudio más específico de esta quebrada (considerando 5 localidades de las nacientes a la desembocadura) para los años 2013 y 2014, se aprecia un empeoramiento en la comunidad de ictiofauna, donde pese al aumentar la abundancia de capturas, la desigual distribución de las especies reportan una disminución en todos los casos exceptuando la desembocadura en el río Inambari.

La localidad en el puente de la Interoceánica en el 2014 mostró el mayor índice de diversidad sin embargo los valores en todas las estaciones son inferiores al censo del 2013 y aún más inferiores a los del 2010. Este fenómeno se relaciona con la predominancia de un menor número de especies que acaparan una mayor

cantidad de individuos. La interpretación de este fenómeno se analizará en el apartado de discusión.

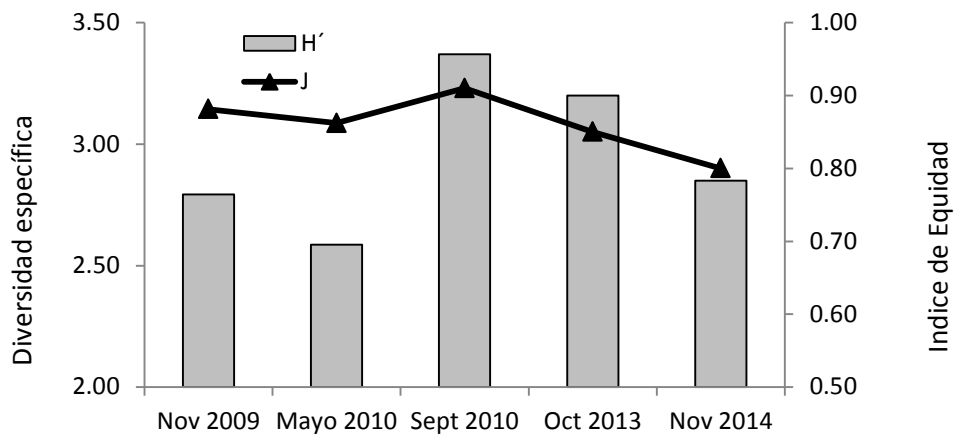


Figura 16. Índices de diversidad específica y de equidad muestreados en la localidad Puente quebrada Jayave durante el periodo 2009-2014.

En paralelo a lo largo de la quebrada Jayave se realizó un análisis de coliformes fecales para 4 estaciones reportando un incidente que superó los límites permitidos en el 2013, mientras que en el 2014 todos los valores igualaron o superaron los límites (Figura 17).

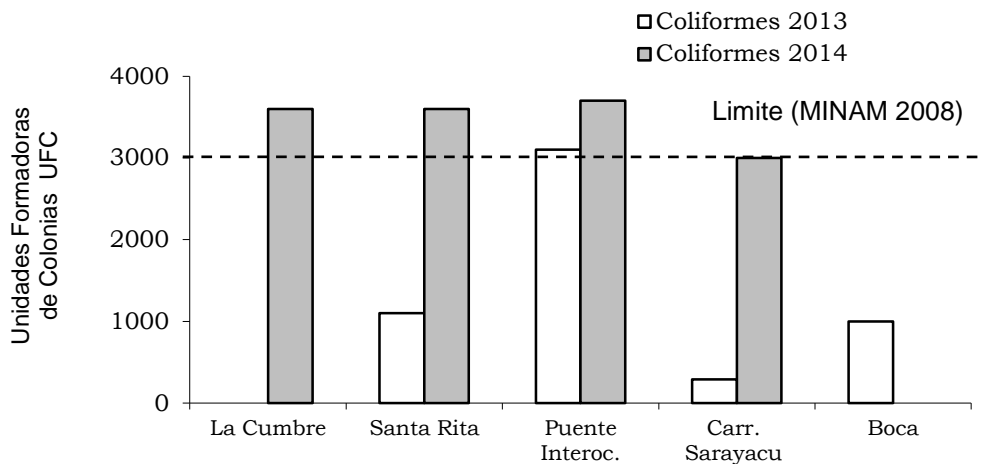


Figura 17: Niveles de Coliformes Fecales Conductividad en la quebrada Jayave (2013-2014).

La quebrada Jayave en la intersección con la carretera interoceánica-mostró los valores más altos para el 2013 (3100 UFC). Este punto volvió a ser el más contaminado en el 2014. Los valores máximos para este tipo de agua es de 3000 UFC según la legislación peruana (MINAM 2008).

En adición podemos concluir que la transformación del cauce, sedimentación y disminución de la profundidad y aumento de la turbidez fue acompañada de la desaparición de algunas especies listadas con anterioridad. En concreto una especie de carachama, *Chaetostoma aff lineopunctatum*, muy común en zonas de cabecera de agua clara y sustrato pedregoso no se detecta desde el monitoreo del estudio de impacto ambiental de la carretera en el 2006. Cabe señalar la ausencia de peces comerciales y de tallas grandes en el área que eran esperables en este ecosistema como el bocachico (*Prochilodus nigricans*) o el sábalo (*Brycon spp*). Otra especie de bagre migratorio de tamaño medio *Pimelodus ornatius* (± 40 cm LS) muy valorada para su consumo, no se registra desde el monitoreo del año 2010, tan solo se reportaron alevinos en la boca del Jayave por influencia del río Inambari.

4.3- Revisión del Sector Pesquero

4.3.1 Caracterización de Pesquerías de Ríos y Lagos

La revisión realizada a la información existente relativa al sector pesquero en la región de Madre de Dios indica una falta de conocimiento y manejo así como un deficiente programa de registro por parte de las autoridades que dificultan la implementación de políticas para ordenar el sector.

Aunque la pesca es practicada en la mayoría de los cuerpos de agua naturales del departamento, con diferentes intensidades y tecnologías, ésta actividad absorbe apenas el 0.4% del total de la población económicamente activa y aporta tan solo el 0.1% del PBI regional (ZEE 2008). Tomando como referencia el consumo per-cápita de pescado promedio en el mundo estimado por la FAO (15 kg/persona/año) y el número de habitantes para el departamento selvático de Madre de Dios (ca. 127,000 habitantes, INEI 2013) tendremos una demanda anual aproximada de 1,900 toneladas. Sin embargo, el volumen de desembarco procedente de ríos y lagos registrado en el departamento en el año 2013 fue de 230 toneladas, mientras que la producción de Piscigranja fue de 311 para el mismo periodo (Dirección Regional de la Producción 2014 (ver anexos). Esta producción conjunta supone un tercio de las necesidades recomendadas por la institución internacional. Así pues resulta necesario caracterizar el sector para implementar políticas de manejo que permitan garantizar la continuidad del recurso que a su vez cubra las necesidades proyectadas para el departamento de Madre de Dios.

Esta situación produce un fenómeno ya observado en otras zonas selváticas de Perú (Duponchelle com. pers.), en el que el aumento en la demanda está generando una presión sobre el recurso que ocasiona un cambio en la calidad de los desembarcos procedentes de río. En la Figura 18 se observa que pese a la población del departamento se ha cuadruplicado en las últimas tres décadas, el volumen de desembarco de pescado procedente de lagos y ríos no varió, situándose principalmente entre 250-300 toneladas al año.

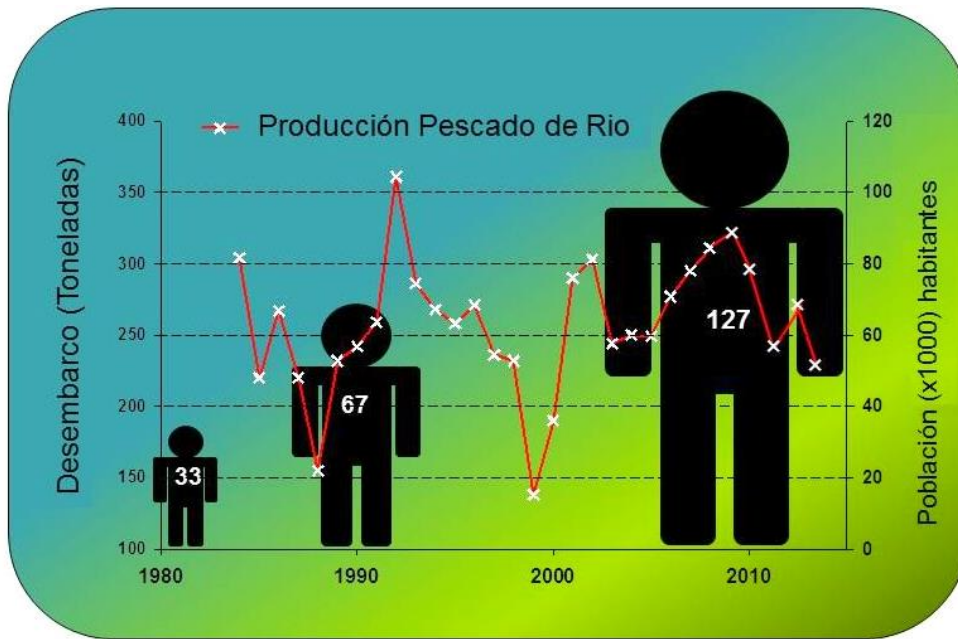


Fig 18. Desembarque Pescado Fresco Vs Población MDD. Fuente: Dir. Reg. Producción 2014 / INEI 2013

Al comparar datos de volúmenes de desembarco registrados en la ciudad de Puerto Maldonado desde el año 1984 de pescados de río con la actualidad no se observa un cambio significativo, sin embargo la calidad si ha sufrido un deterioro en la cual especies de segunda han ido remplazando paulatinamente a las especies de preferencia que cada vez escasean más (Cañas 2000, Dir. Reg. Producción).

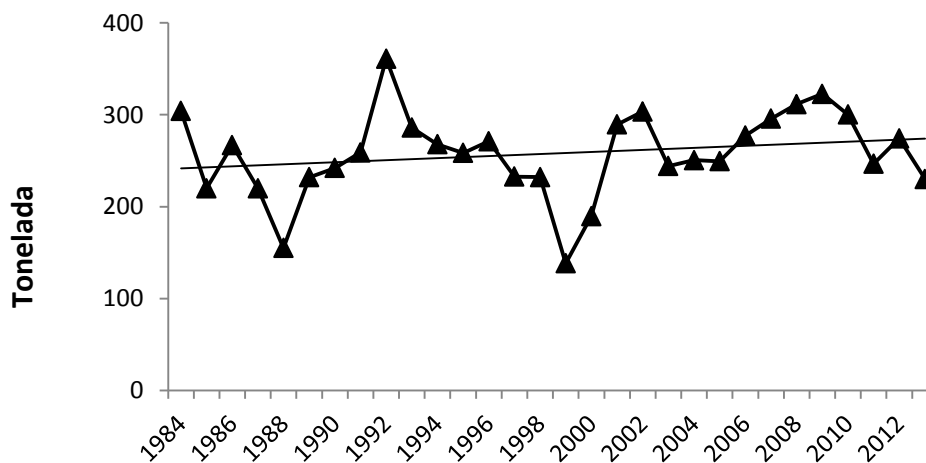


Fig 19. Desembarco periodo 1984-2013 (Toneladas/Año). Fuente Dir. Reg. Pro MDD 2014.

Esto viene acompañado de una tendencia registrada por los pescadores de río de la provincia de Tambopata donde el esfuerzo de muestreo aumentó para contrarrestar la falta de capturas. Durante los años 1995-1998 la Cantidad de Pesca por Unidad de Esfuerzo (CPUE) estimada en Kg de pescados por viaje realizado, bajó regularmente de 53 a 30, indicando un significativo decrecimiento en la disposición del recurso pesquero (Figura 20).

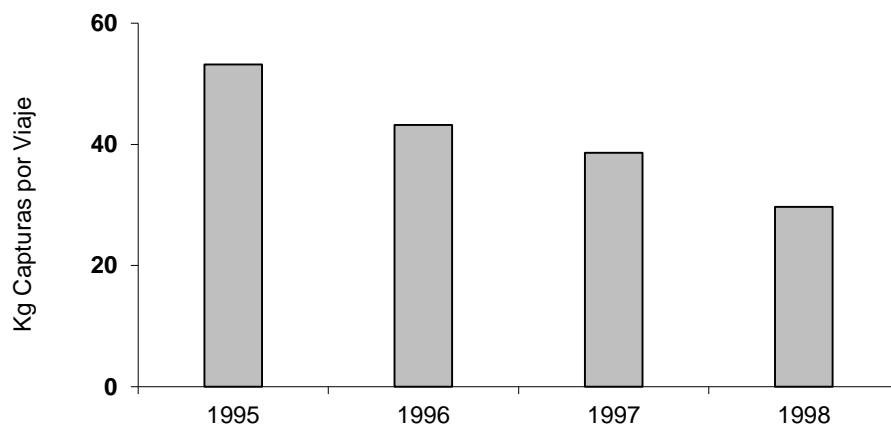


Fig 20. Cantidad de Pesca por Unidad de Esfuerzo (CPUE) Anual en la provincia de Tambopata 1995-1998. Adaptado de Cañas C.I. 2000

Esta situación indica una degradación de la oferta de pescado del caladero por sobreutilización o deterioro de la cuenca hidrográfica que impiden la renovación del recurso y el reclutamiento de nuevos individuos que garanticen la continuidad del mismo. Al analizar el desembarco procedente de río vemos una leve tendencia al alza en los volúmenes, probablemente acompañada de un aumento en el esfuerzo de pesca (Figura 19), sin embargo para explicar la evolución de la oferta pesquera en el departamento habría que analizar la calidad del desembarco que se expone a continuación en el apartado composición de las capturas.

La pesca que se realiza en Madre de Dios es de carácter artesanal y muy estacional, dependiendo en gran medida de los ciclos anuales. Las fluctuaciones que se observan en el recurso pesquero tienen su origen tanto en el deterioro del entorno -incluyendo transformación de vegetación ripariana y elevada carga de proyectos de represas hidroeléctricas en los sistemas fluviales- como en la sobrepesca. Sin embargo, cambios en la climatología tendrán efectos en los ciclos

vitales de las comunidades de peces afectando al recurso pesquero. Al observar el ciclo hidrológico anual podemos explicar, entender y predecir que viene sucediendo en la cuenca del río Madre de Dios (Figura 21).

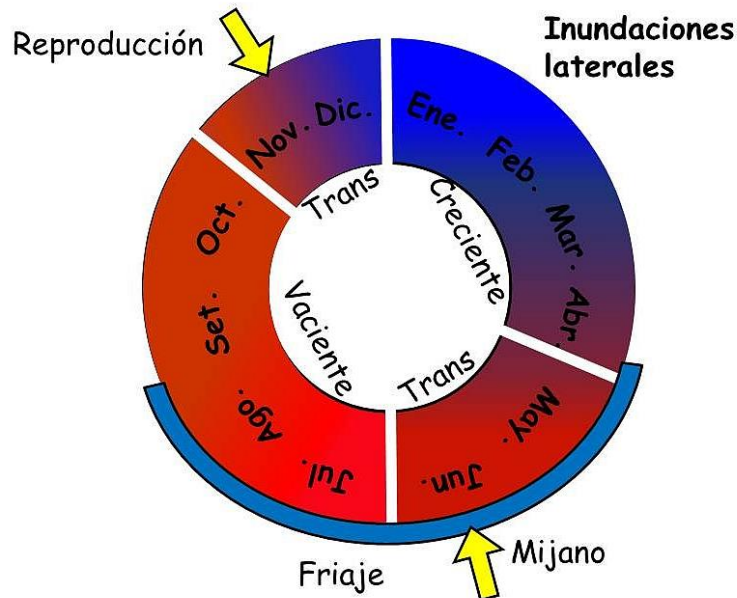


Fig 21. Ciclo hidrológico anual en Madre de Dios. Modificado de Cañas 2000.

La época de lluvia habitualmente comienza en el mes de diciembre hasta mayo y son el aumento en los caudales de ríos y la turbidez, las señales que esperan gran parte de especies de peces comerciales para desovar. Los alevinos encuentran refugio en esta agua turbias y en la vegetación inundada en migraciones laterales de los ríos. Los primeros friajes entorno a los meses de abril-mayo indican la transición de época lluviosa a seca. Esta época seca es máxima entre setiembre-noviembre dependiendo del año. Durante este ciclo se observan picos de pesca coincidiendo con eventos de fuertes crecidas al inicio de lluvias y también con el “mijano” o migraciones donde grandes grupos de peces surcan para completar su ciclo reproductor. La fluctuación en el caudal posibilita la migración de peces que ingresan desde la llanura, a las cabeceras para el desove y posteriormente retornen al río para continuar su ciclo de tal forma que del vínculo entre la llanura amazónica y sus cabeceras depende en gran medida la continuidad del recurso pesquero. En ese sentido, el grado de conservación del piedemonte de la cuenca del río Madre de Dios juegan un importante papel en la explotación del recurso pesquero ya que es una región de cabecera utilizada por

las especies migratorias que se trasladan anualmente como zona de desove, influenciado por el régimen hidrológico del propio río (Barthem y Goulding 1997, Cañas y Pinne 2010).

Muchos peces requieren de una alta conectividad en los cuerpos de agua para poder depositar sus huevos en quebradas cerradas y protegidas para el desarrollo seguro de los alevinos hasta el estado de juvenil, y así disminuir la posibilidad de ser depredados antes de descender hacia el río para cumplir con su ciclo biológico (Suzuki y Agostinho 1997). Sin embargo, fluctuaciones en este sistema repercuten en el recurso pesquero. Fuertes sequías en determinados años se asociaron con mortandad de peces –principalmente especímenes juveniles destinados a reemplazar a los adultos- que se quedan aislados en cochas próximas al cauce y sin posibilidad de conectar con el mismo. Demoras en el inicio de las lluvias afecta al desove de peces que están esperando esta situación para garantizar la viabilidad de sus progenies. Frijajes prolongados han sido letales para las comunidades de peces detectándose mortandades masivas en la cuenca hidrográfica del río Madeira a la que pertenece el río Madre de Dios.

En el caso de peces que habitan ríos, la conectividad de los cuerpos de agua es fundamental para que se puedan desplazar libremente para alimentarse, reproducirse y protegerse (Bennett, 2003). Si la conectividad puede entenderse como la capacidad del territorio para permitir el flujo de una especie entre bloques con recursos (Taylor *et al.*, 1993) y entendemos que las cabeceras del Madre de Dios y la gran llanura Amazónica constituyen esos reservorios de recursos, probablemente la degradación del río es una barrera para especies migratorias que aísla y fragmenta la conectividad que garantiza la continuidad del recurso pesquero.

Impactos antropogénicos que se vienen registrando en la cuenca del río Madre de Dios como los trabajos de minería en el entorno fluvial modifican las comunidades de peces (Brosse et al 2011), afectando al reclutamiento de individuos que garantizan la continuidad de las poblaciones y que a su vez dependen de las migraciones laterales del río y su estacionalidad para completar sus ciclos vitales (Suzuki y Agostinho 1997). Los grandes peces nativos que son habitualmente migratorios están sufriendo un deceso en su poblaciones debido a

barreras y actividades antropogénicas que se están generando en los sistemas fluviales en la Amazonia (Gubiani et al., 2009).

Composición de las Capturas

Actualmente la Dirección Regional de la Producción, ente promotor e impulsador del desarrollo de la pesquería, hace un seguimiento de la producción procedente de ríos y lagos listando 26 categorías de pescados (ver anexos, listado Taxonómico de especies y Datos de desembarco Dir. Reg. Pro. MDD). Las 26 especies consideradas por la estadística oficial son la Mota punteada, Yahuarachi, Doncella, Boquichico, Zúngaro, Yulilla, Puma zungaro, Mota flemosa, Maparate/Lejia, Paco, Corvina, Ashara, Dorado, Chambira, Sábalo, Gamitana, Bagre, Palometa, Carachama, Salton, Paiche, Pico de pato, Mota fina, Cebra, Chio-chio, Huasaco y Otros (piro, piraña, sardina, shiruy, lisa y sapamama). Sin embargo estos registros resultan imprecisos ya que estas 26 categorías de pescados se corresponden con al menos 56 especies debido a que varias categorías engloban más de una especie. Durante el proceso de elaboración del estudio se detectaron 48 especies de peces comercializadas en los mercados de Puerto Maldonado, mientras que estudios de mercado realizados durante el final de la década de los 90 listaron alrededor de 60 especies comercializadas (Cañas 2000).

No obstante, como ya se indicó la pesca de autoconsumo practicada en la Amazonía es muy superior a la comercial y si hablamos de especies potencialmente consumibles, en Madre de Dios podríamos registrar más de 100. En el apartado anexos se facilita un listado de las especies registradas actualmente en los mercados de la ciudad así como otro listado más extenso que incluye las especies potencialmente consumibles habituales en la región acompañada de láminas con registro fotográfico de las más representativas.

El estudio sigue la clasificación de las capturas en Madre de Dios propuestas por (Cañas 2000) que las agrupa en 5 categorías: 1) Grandes Bagres. Familia pimelodidae, Zúngaro, doncella, puma, dorado y saltón (< 1 metro), 2) Medianos con Escamas: Yahuarachi, yulilla, sabalo, palometa y bocachico promedio 25cm, 3) Grandes con Escamas: Paco, gamitana, corvina, chambira,

paiche (promedio 70 cm), 4) Medianos de Cuero: Familia pimelodidae (40-70 cm) ashara, cebra y motas incluyendo doradidae (piro y turushuqui) y 5) Otros: Bagre, sapamama, pico de pato, chio-chi, denton, pirañas, lisas, huasaco, pequeños bagres y carachamas. La evolución de estos grupos a lo largo del tiempo permite llegar a una serie de conclusiones al observar la representación gráfica (Figura 22 y Tabla 15).



Figura 22. Desembarco por categorías (Cañas 2000) y Dir. Reg. Producción MDD 2014

Las categorías Grandes bagres y Grandes con escamas sufren una mayor reducción mientras que Medianos de cuero y Medianos con escamas presentan aumentos relativos. Esto coincide con especies de segunda categoría, de menor preferencia que reemplazan a especies de preferencia que están desapareciendo paulatinamente del mercado.

Categorías/Toneladas	1996-1998	Actualidad
Grandes Bagres	33	16
Medianos con Escamas	22	30
Grandes con Escamas	19	6
Otros	13	15
Medianos de Cuero	13	33

Tabla 15. Porcentajes de desembarco por categorías (Cañas 2000) y Dir. Reg. Producción MDD 2014

Al representar gráficamente la abundancia relativa de las especies de peces de escama más reportadas (yulilla, yahuarachi, gamitana, paco y bocachico) en los desembarcos a lo largo de los últimos años vemos la dramática desaparición del paco y la gamitana de los ríos, siendo más disponibles en las piscigranjas (Figura 23).

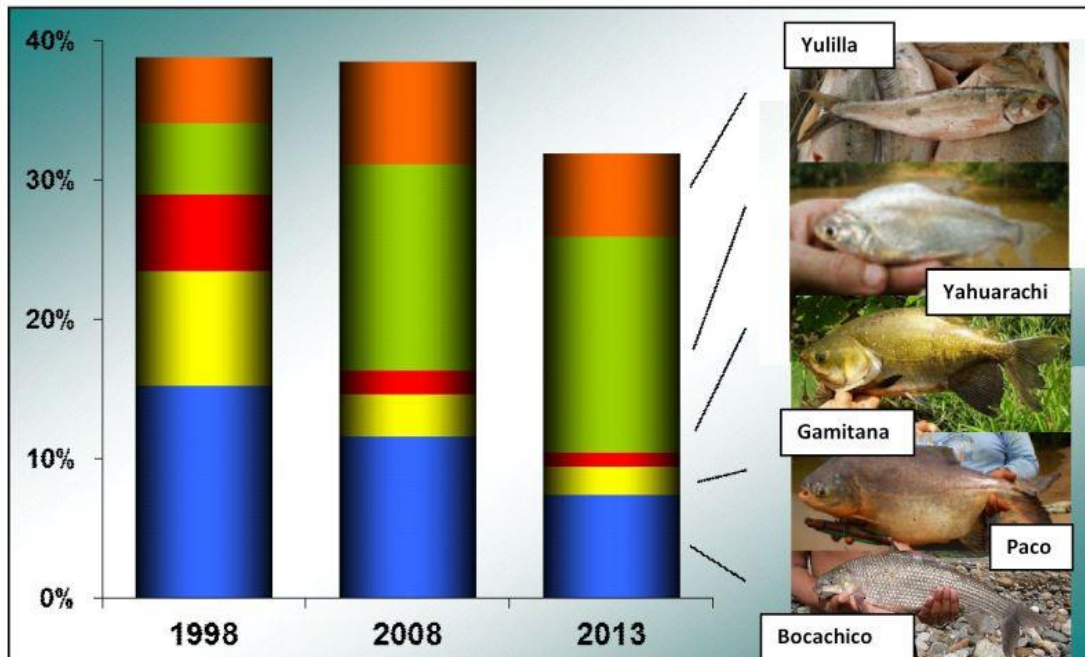


Figura 23. Cantidad relativa de desembarco de especies de escama. Fuente Dir. Reg. Pro MDD 2014.

El bocachico sufrió un decrecimiento relativo menor mientras que especies menos deseadas para el consumo como la yulilla y principalmente el yahuarachi han experimentado un gran crecimiento relacionado con la falta de especies de mejor calidad en el mercado.

Al realizar la misma comparación con las especies de peces de cuero más representativas (saltón, dorado, zúngaro y mota punteada) observamos una situación similar más acentuada aun (Figura 24). Según los datos del Ministerio de Producción el saltón ha desaparecido prácticamente de la explotación comercial así como el dorado que sufrió un decrecimiento algo menos pronunciado. El zúngaro sigue más o menos constante, bien representado, mientras que la mota punteada presenta un elevado incremento. Esta especie no es consumida en otras zonas de la selva por ser considerado un pescado carroñero y no fue incluida en las estadísticas del ministerio hasta hace 10 años, mientras que en el año 2013 supuso un tercio del total de capturas, la especie más consumida del mercado.

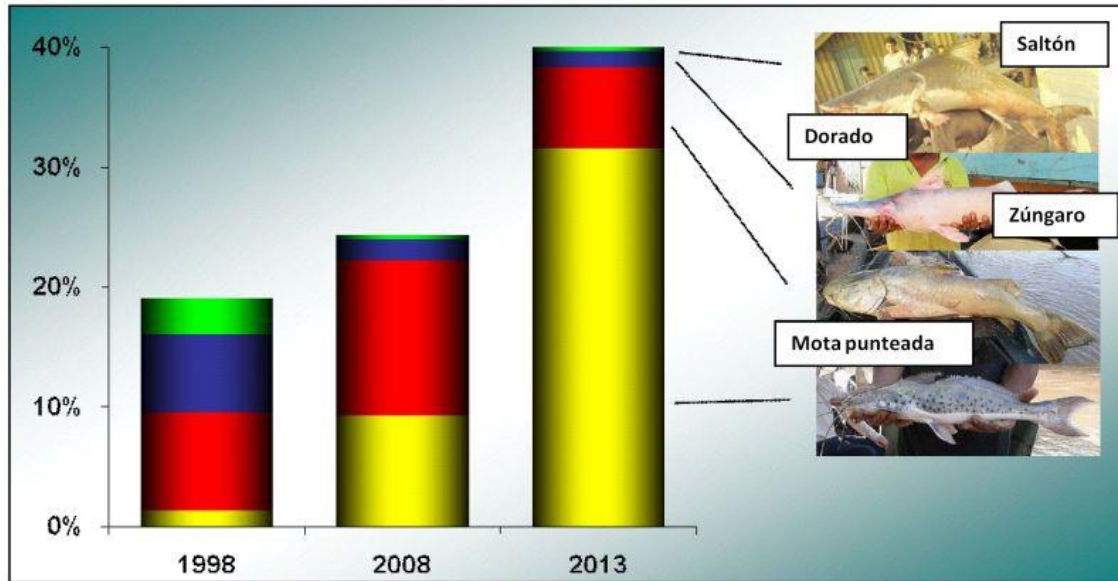


Figura 24. Cantidad relativa de desembarco de especies de cuero. Fuente Dir. Reg. Pro MDD 2014.

Si realizamos una representación individual de la especie mota punteada, se muestra un elevado incremento en su desembarco, hecho que no se repite en ninguna otra especie (Figura 25). En este sentido conviene señalar que esta situación supone un riesgo para la salud pública puesto que es una de las especies más contaminadas por la presencia de mercurio. Se viene observando una tendencia en la acumulación de mercurio en peces de consumo que se confirma en distintas áreas muestreadas en la región.

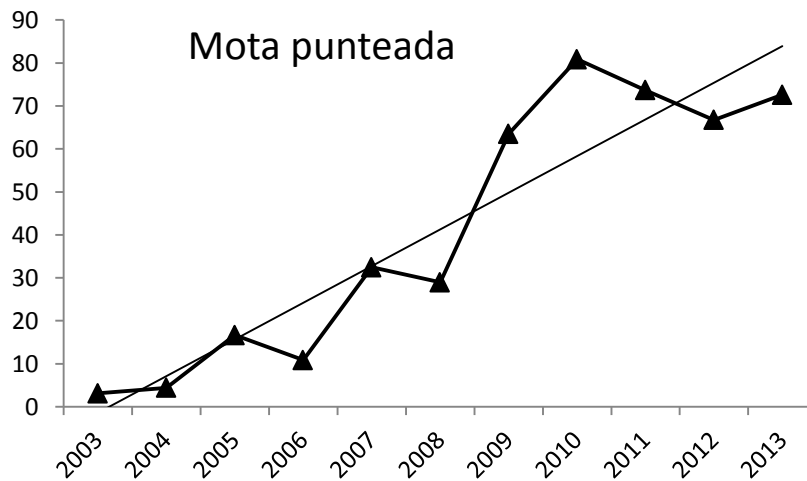


Figura 25. Variación anual de las Toneladas de desembarco de Mota Punteada. Fuente Dir. Reg. Pro MDD 2014.

Así ejemplares de las especies como la mota punteada o la chambira superan habitualmente los niveles recomendados por la OMS (Diringer et al., 2014). Se analiza a continuación la variación de desembarco por especies donde el saltón, la gamitana y el bocachico –por ese orden de incremento- han ido desapareciendo del mercado y sustituidos por otras de menor preferencia de consumo como el yahuarachi (Figura. 26). Esto indica un deterioro del medio, sobrepesca y por lo tanto la falta de reemplazo de nuevos individuos de esas especies.

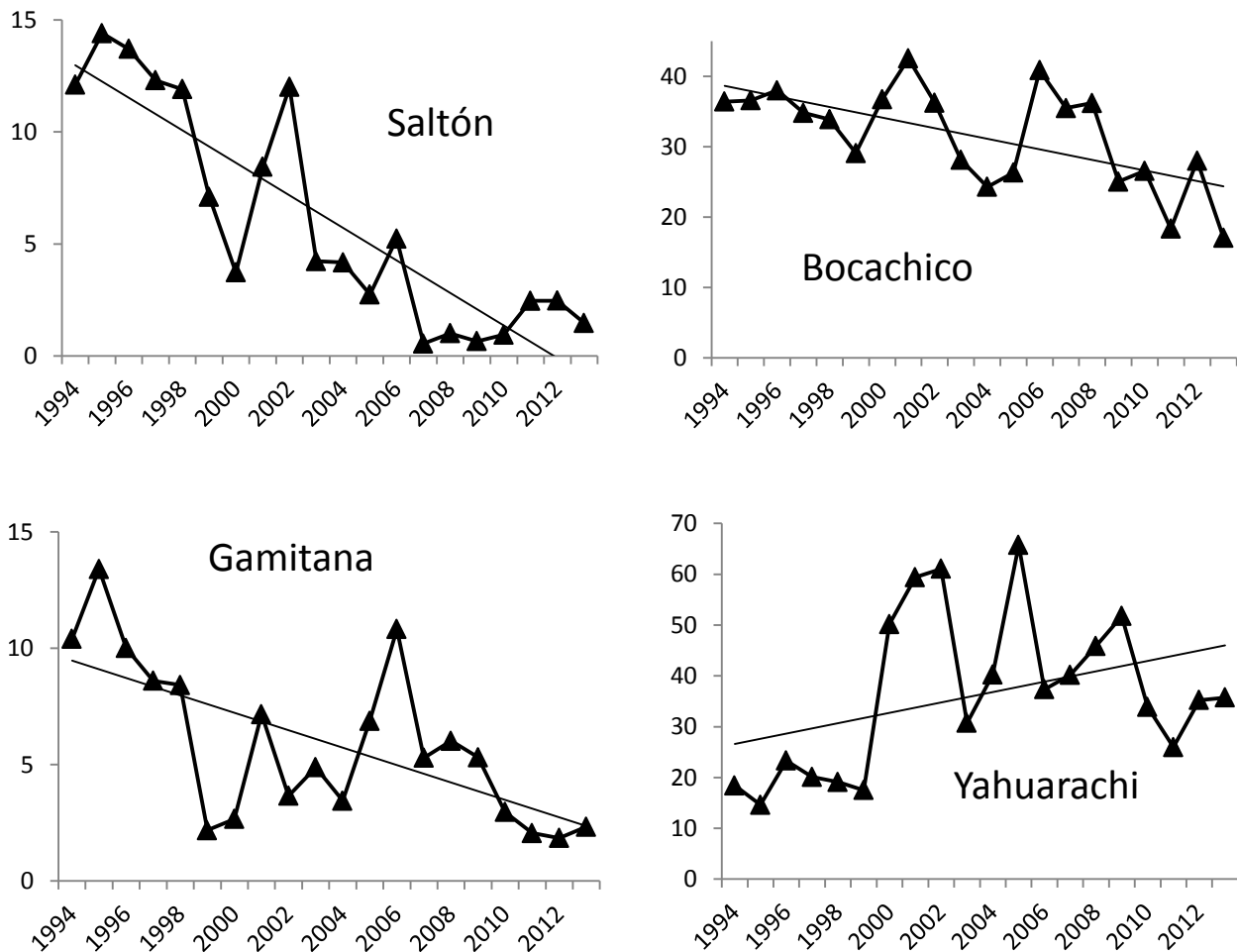


Figura 26. Variación anual de las Toneladas de desembarco de las especies más representativas Fuente Dir. Reg. Pro MDD 2014.

Durante el año 2004 una iniciativa de la UNM de San Marcos colectó larvas de especies comerciales en el entorno de la ciudad de Puerto Maldonado en los ríos

Tambopata y Madre de Dios. Coincidiendo con la época de desove según la bibliografía se realizaron 2 campañas de muestreo en noviembre y otra en diciembre registrando 83 mil individuos. Los Characiformes supusieron el 81% de las capturas seguido de los Siluriformes con el 18%. Dentro de los Siluriforme el proyecto se enfocó en el estudio de la familia Pimelodidae al que pertenecen los grandes bagres migratorios y de mayor importancia económica. De las 12 especies de consumo identificada desde su fase larvaria, la doncella (*Pseudoplatystoma punctifer*), puma zúngaro (*Pseudoplatystoma punctifer*) y el pico de pato (*sorubim lima*) fueron los mejor representados (Rojas et al 2007). Otra iniciativa el año 2006 liderada por el biólogo Carlos Cañas, realizó un muestreo de larvas de bagres migratorios más completo cubriendo todo el ciclo anual, siempre en el entorno de Puerto Maldonado en el río Madre de Dios. Los valores de proporción entre Characiformes y Siluriformes coinciden con los ya registrados 2 años antes. Este estudio definió cuando se produce el pico de desove en la cuenca del río Madre de Dios -coincidiendo con el inicio de la época de lluvia- que en ese año fue en el mes de Octubre y manteniéndose hasta el mes de Diciembre.

También se determinó la baja idoneidad para el desove del río Tambopata y que atendiendo al desarrollo de la fase larvaria los puntos de desove no se ubicarían a distancias mayores de 60 km del punto de muestreo probablemente en la franja de piedemonte 200-400m. Mediante un estudio a lo largo del transecto del canal también se determinó una mayor densidad de larvas próximas a las orillas a diferencia de los registros a mitad del río (Cañas y Pinne 2010).

Ordenación Pesquera

En el departamento de Madre de Dios se tienen censados 366 pescadores profesionales, según la Dirección Regional de la Producción, agrupados en 20 asociaciones de pescadores. La producción unificada de pescado para piscigranjas y río para el año 2013 se sitúa en torno a las 600Tn (ver Anexos y figura 27). Así en Madre de Dios tenemos la Dirección Regional de la Producción ente promotor e impulsor del desarrollo de la acuicultura y pesquería de ríos y lagos que ofrecerá información histórica de pesca de río y piscigranjas, el Instituto de Investigaciones

de la Amazonía Peruana - IIAP que viene trabajando en la Región brindando transferencia tecnológica en la actividad acuícola y oferta alevinos y por último el Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero – FONDEPES entidad que se dedica a brindar apoyo al sector acuícola y pesquero con acciones de capacitación, transferencia tecnológica así como apoyo crediticio y también la oferta alevinos.

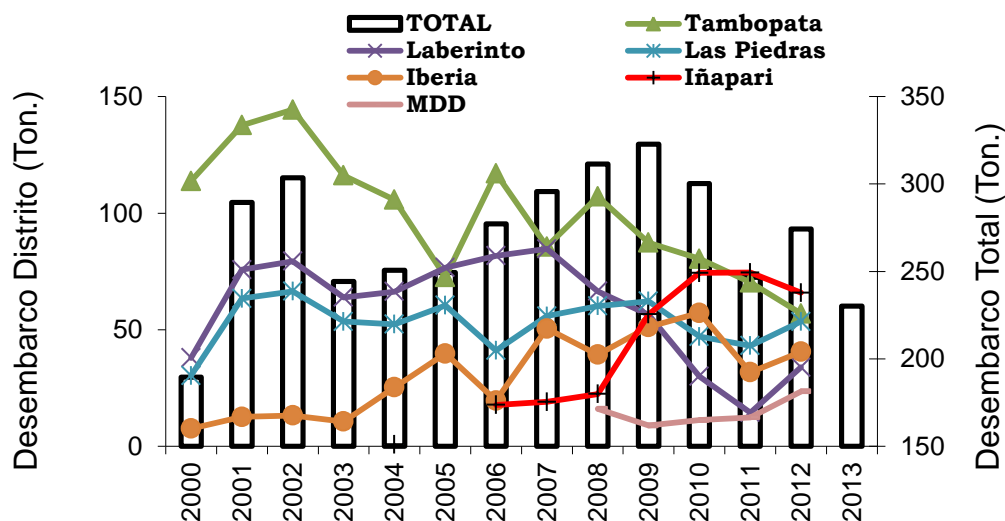


Figura 27 Extracción Anual de Pescado por Distrito y Total. Fuente: Dir. Reg. Producción 2014

La mayoría de asociaciones se ubican en la provincia de Tambopata sin embargo si comparamos las cifras de desembarco anual por distritos (ver anexos Dir. Reg. Pro. MDD (2000-2012) se observa un desbalance en los datos correspondientes a Iñapari (cuyas estadísticas comienzan en el 2006) en la frontera con Brasil.

Iñapari presenta una baja actividad de pesca comercial en el río Acre –en relación a otras áreas de Madre de Dios–sin embargo reporta el mayor volumen de producción (Figura 28).

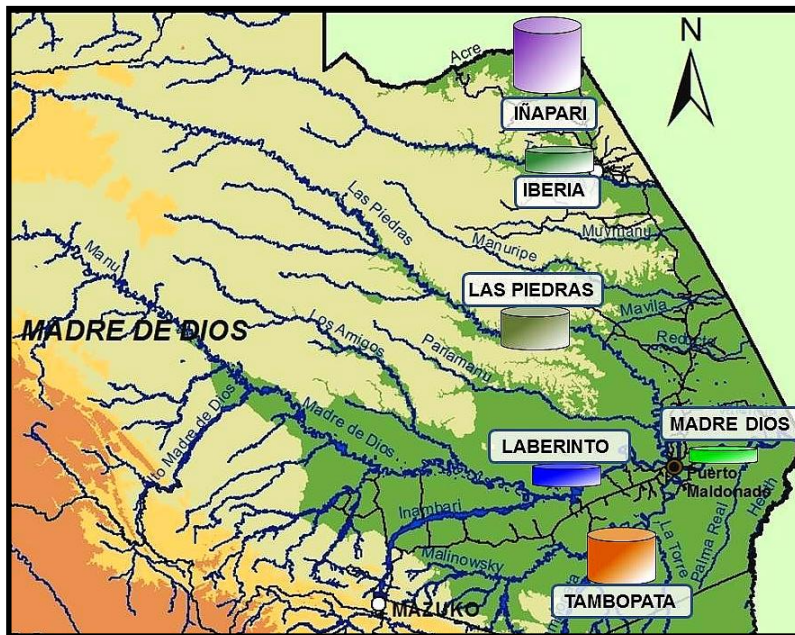


Figura 28. Desembarco porcentual de pescado por distritos de Madre de Dios.
Fuente: Dir. Reg. Producción 2014

Esto se debe a la entrada de pescado procedente de acuicultura que al ser transportado a Puerto Maldonado, principal punto de venta, las capturas de río y piscigranjas comparten movilidad y se hace complicado controlar la procedencia. Consultando a técnicos de instituciones públicas comentan la entrada de pescado procedente del vecino Brasil por parte de transportistas que no poseen pozas en producción. Así se calcula mediante estimaciones indirectas que de Iñapari se embarcan semanalmente al menos 10 toneladas, con origen en pozas en producción del lado peruano, brasileño y del propio río Acre. Durante los meses de junio-setiembre cuando la producción de explotaciones acuícolas disminuye la proporción del río Acre y sobretudo del lado Brasileño compensarán el déficit de producto. La técnica de pesca practicada en el río Acre se focaliza en pocas especies principalmente de motas (*Callophysus macropterus* y *Megalonema sp* ver anexo fotos) por lo que no resulta difícil identificar la procedencia de río o de piscigranja, donde predominan el paco (*Piaractus brachypomus*) y gamitana (*Colossoma macropomum*).

4.3.2 Caracterización de la Acuicultura

La producción de piscigranjas en Madre de Dios ha experimentado un elevado incremento pasando a convertirse en un relevante sector económico impulsado por planes de desarrollo de instituciones que apoyaron con transferencia de tecnología, capacitaciones, subvenciones y suministro de alevinos principalmente. En el año 2002 el Fondo de Desarrollo Pesquero (FONDEPES) abastecía de alevinos a tan solo 5 beneficiarios (F. Pomiano com. pers), en el 2008 el departamento contaba con 74 acuicultores (G. Pereyra com. pers.), mientras que el último censo vigente que data del año 2010 habla de 263 productores, con 104 ha de espejo de agua (Figura 29).

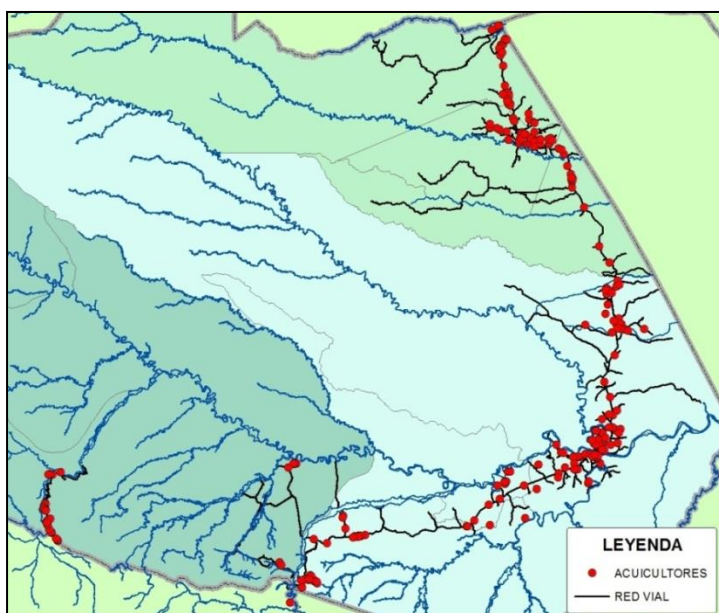


Figura 29. Mapa de piscigranjas registradas en el Departamento. Fuente: Dir. Reg. Producción 2010

Actualmente se estima en alrededor de 1 millón los alevinos que se generan en Madre de Dios para abastecer a sus pozas en producción. Esto implica que cada vez hay más productores que tienen esta actividad como una forma de ingreso económico a diferencia de años anteriores donde sólo era una actividad de subsistencia. Sin embargo técnicos consultados indican la baja fiabilidad de estos censos puesto que habitualmente se da el caso de titulares de pozas que están registradas y no se encuentran en producción o el caso contrario en que

propietarios producen pero no se encuentran registrados por lo que sería necesario actualizar esta situación que apoye a políticas de gestión.

Lo cierto es que los niveles de producción de acuicultura han superado ya al desembarco de pescado procedente de río llegando a generar 311 toneladas en el año 2013 (ver Anexos y Figura 30). Sin embargo son pocos productores -menos de 5- los responsables de la mayoría de esta producción con capacidad para adquirir alimento balanceado y distribuir su producto. Son pocas las especies criadas en las pozas, principalmente pacos, gamitanas y pacotanas, por ser las más demandadas por los productores que han modificado la oferta alevinos de las 2 instituciones que abastecen al sector el IIAP y FONDEPES.

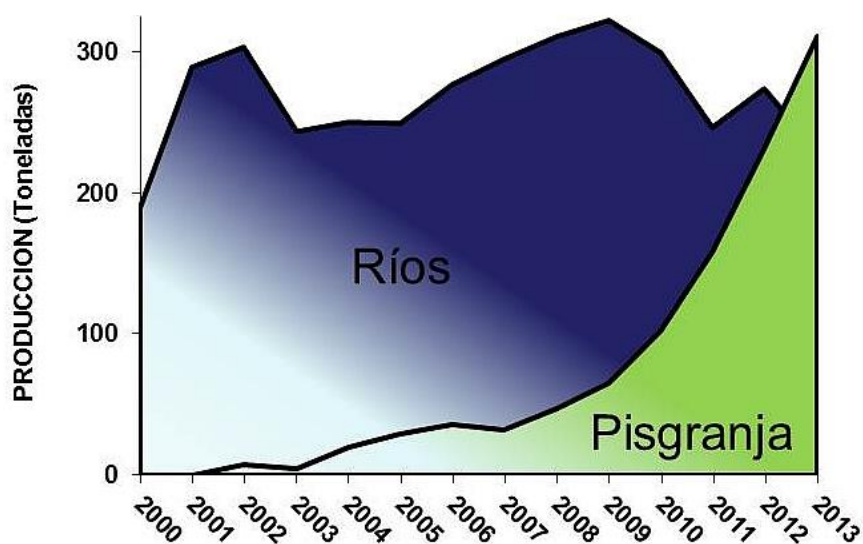


Figura 30. Relación entre producción de pescado de ríos y lagos y de Piscigranja.
Fuente: Dir. Reg. Producción 2010

Existen más especies criadas en piscigranjas pero el peso relativo en la producción total es mínimo. Entre estas especies se encuentran el bocachico, la tilapia, la lisa y el paiche. Al analizar la calidad de la producción se observa una variación a lo largo del tiempo. Mientras que la proporción entre paco y gamitana se mantenía constante en el año 2010, en los siguientes años el paco desplazó a la gamitana para convertirla en una especie minoritaria (Figura 31).

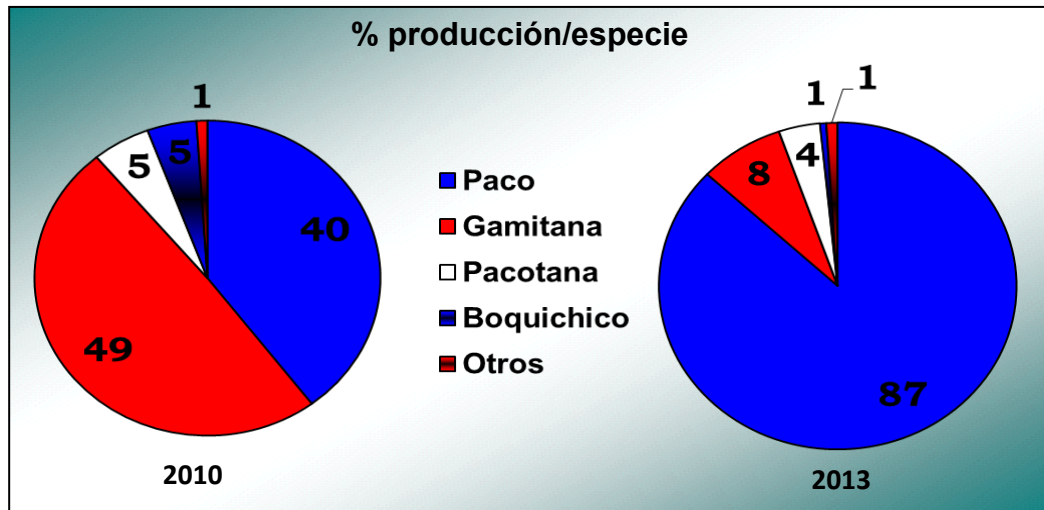


Figura 31. Variación en la cualidad de pescados en piscigranjas. Fuente: Dir. Reg. Producción 2013

Este fenómeno tiene su explicación en el aumento de demanda de paco en el mercado más valorado que la gamitana quizás por tener una cabeza mayor y así más valor culinario. Pero el otro punto es la fuerte resistencia que el paco presenta frente a los episodios de friaje. Durante el año 2010 se sufrió un de los friajes más intensos que se recuerda en cuanto a duración e intensidad que provocó una mortandad masiva de pescados, principalmente paiches y gamitanas, mientras que el paco no sufrió bajas de consideración según se detalla en el apartado relativo al cambio climático. Este episodio dejó pérdidas en el sector y afectó en la decisión de sembrar nuevamente con una especie más resistente a estos eventos climáticos extremos.

4.4.- Biodiversidad de Masas de Agua Sometidas a Diferente Presión Antrópica en el Entorno de un Área Urbana de la Amazonía Peruana (Puerto Maldonado, Madre de Dios).

Resumen

Los ecosistemas acuáticos tropicales son poco conocidos en relación a otros medios templados o fríos. Asimismo, el efecto de los impactos humanos sobre estos ecosistemas y su biodiversidad han sido poco abordados en la literatura científica. En este trabajo se analizan las características limnológicas básicas de ocho cuerpos de agua (quebradas, aguajales, un lago y ríos) sometidos a diferente presión humana (tres localidades expuestas a vertidos urbanos directos y cinco libres de este impacto, algunas incluso prístinas), en la cuenca del río Madre de Dios, en la Amazonia peruana. Se estudian siete parámetros físico-químicos del agua y la estructura de sus principales comunidades acuáticas: fitoplancton, zooplancton, macroinvertebrados y peces, con el objetivo general de verificar en qué medida cada uno de estos factores es sensible a los impactos humanos. Los muestreos se realizaron en dos épocas del año (lluviosa: diciembre 2011 y transición a época seca: mayo 2012). Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que solo las coliformes totales, así como la riqueza específica S y diversidad de Shannon (H') para la comunidad de peces fueron sensibles al impacto derivado del vertido de aguas residuales urbanas. En el primer caso se produjo un aumento de los coliformes en las localidades urbanas en periodo de lluvias, mientras que S y H' sufrieron una reducción significativa en estas localidades, con una menor importancia relativa del periodo del año.

Introducción

Debido a la actividad humana, los ecosistemas acuáticos continentales se encuentran entre los más amenazados del planeta y están sufriendo por ello una enorme pérdida de biodiversidad que afecta a todos sus componentes, especialmente a los peces (Dudgeon et al. 2006). En este sentido, alrededor del 30% de la ictiofauna continental -el grupo más diverso de vertebrados, suponiendo un cuarto del total de especies descritas- está amenazada (Duncan y Lockwood 2001, IUCN 2009, Pino-del-Carpio et al. 2010) y es también la peor conocida.

Los medios acuáticos templados y fríos son relativamente bien conocidos y los impactos humanos sobre ellos están, en general, bien documentados (Prenda et al. 2006). Sin embargo, no se puede decir lo mismo de los ecosistemas acuáticos tropicales. Ni su ecología, ni la biodiversidad que albergan, son ni mucho menos tan bien conocidos como los primeros. Asimismo se posee solo un conocimiento parcial sobre cómo están afectando las transformaciones antrópicas a estos medios peculiares, depositarios de la mayor parte de la riqueza biológica acuática del planeta (Boyero et al. 2009).

Aunque la biodiversidad acuática tropical, especialmente de la amazonia, está sometida a un bajo riesgo en la actualidad, como ocurre con todas las áreas del planeta en las que coinciden baja densidad de población humana y ausencia de agricultura a gran escala (Vörösmarty et al. 2010), se están iniciando cambios que pueden poner en peligro los ecosistemas acuáticos de muchas regiones tropicales, como es el caso de la amazonia peruana (Scullion et al. 2014).

Todas las transformaciones ambientales que se están registrando en Madre de Dios deben estar repercutiendo sobre los cuerpos de agua directamente e indirectamente a través de las comunidades acuáticas (fitoplancton, zooplancton, macroinvertebrados y peces) (Cleto-Filho & Walker 2001, Alexandre et al. 2010, Moya et al. 2011), cuyos descriptores estructurales funcionan como indicadores sensibles a las perturbaciones externas y son detectables mediante técnicas relativamente sencillas.

El plancton que habita la columna de agua incluye los productores primarios –algas unicelulares que conforman el fitoplancton- y a diferentes grupos faunísticos -rotíferos y crustáceos, componente básico del zooplancton-, que son la base de la cadena trófica. Los macroinvertebrados serían el siguiente grupo en la jerarquía trófica del sistema. La ictiofauna posee una enorme importancia estructural y funcional en los ecosistemas acuáticos conferida por su biomasa y diversidad. Cada una de estas comunidades acuáticas considerada en conjunto puede proporcionar información precisa acerca del estado de conservación de los cuerpos de agua y posee, además, la potencialidad de detectar perturbaciones antrópicas, tales como episodios de contaminación, ocurridas en diferentes momentos en el pasado.

En el presente estudio se describe la situación de las principales comunidades acuáticas (fitoplancton, zooplancton, macroinvertebrados y peces) en diferentes cuerpos de agua sometidos a una presión antrópica variable del entorno de la ciudad de Puerto Maldonado, en la Amazonia peruana. El trabajo se ha llevado a cabo en dos periodos contrastados: época seca y época lluviosa. Se trata de determinar la importancia relativa de la presión humana genérica sobre las variables ambientales de los cuerpos de agua, así como la potencialidad discriminadora de los parámetros estructurales de cada una de las comunidades biológicas consideradas, frente a esta presión antrópica.

El objetivo general de este estudio es, en fin, generar una línea hidrobiológica base para conocer la situación actual global del área de estudio y, así generar un marco de referencia para evaluar posibles cambios futuros. Asimismo, este trabajo dará lugar al primer inventario de plancton y macroinvertebrados realizado en el entorno de Puerto Maldonado.

Área de Estudio

La cuenca Madre de Dios, posiblemente el área menos intervenida y erosionada de la Amazonía peruana, se encuentra ubicada en la parte Sur Oriental del Perú. Si bien es cierto que la densidad de población no resulta elevada en el departamento de Madre de Dios (107.000 habitantes en total, 78.000 en el área de

influencia de Puerto Maldonado), las actividades antrópicas están modificando rápidamente la cuenca del río Madre de Dios, principal arteria fluvial de la región y abastecedor de agua a la capital del departamento. Algunas zonas se encuentran sometidas a fuertes transformaciones como consecuencia de la expansión de la frontera agrícola y urbana, el aprovechamiento forestal, la minería y la reciente construcción de la carretera interoceánica sur que acelera todos los procesos anteriores.. El uso actual del agua es liderado por el uso poblacional, con un 70%, seguido del industrial y minero con un 18% y 12% respectivamente. El uso agrario del agua es prácticamente nulo.

La reducción de la cobertura forestal en la cuenca y la turbidez de los ríos son una realidad incontestable, ambas mayoritariamente consecuencia directa de la minería informal (Swenson et al 2011). En la mayoría de los ríos se puede observar a simple vista el deterioro de las aguas, aparte por las razones aducidas, por los desagües de las ciudades y los residuos sólidos que se arrojan al río. En el período 2000-2005 se deforestó anualmente cerca de 10 km² y aumentó de forma alarmante la carga de materiales en suspensión en los medios fluviales. Si bien existe información local sobre la situación de la biodiversidad en la región, no se cuenta con estadísticas ni cartografía generales que ilustren sobre esta realidad a nivel de ecosistema (Ministerio de Agricultura 2010).

La temperatura media anual en Puerto Maldonado es de 26°C; las máximas llegan a 38°C entre agosto y septiembre y las mínimas descienden a 8°C. Las precipitaciones son escasas entre los meses de junio a agosto, con una época lluviosa entre diciembre y marzo.

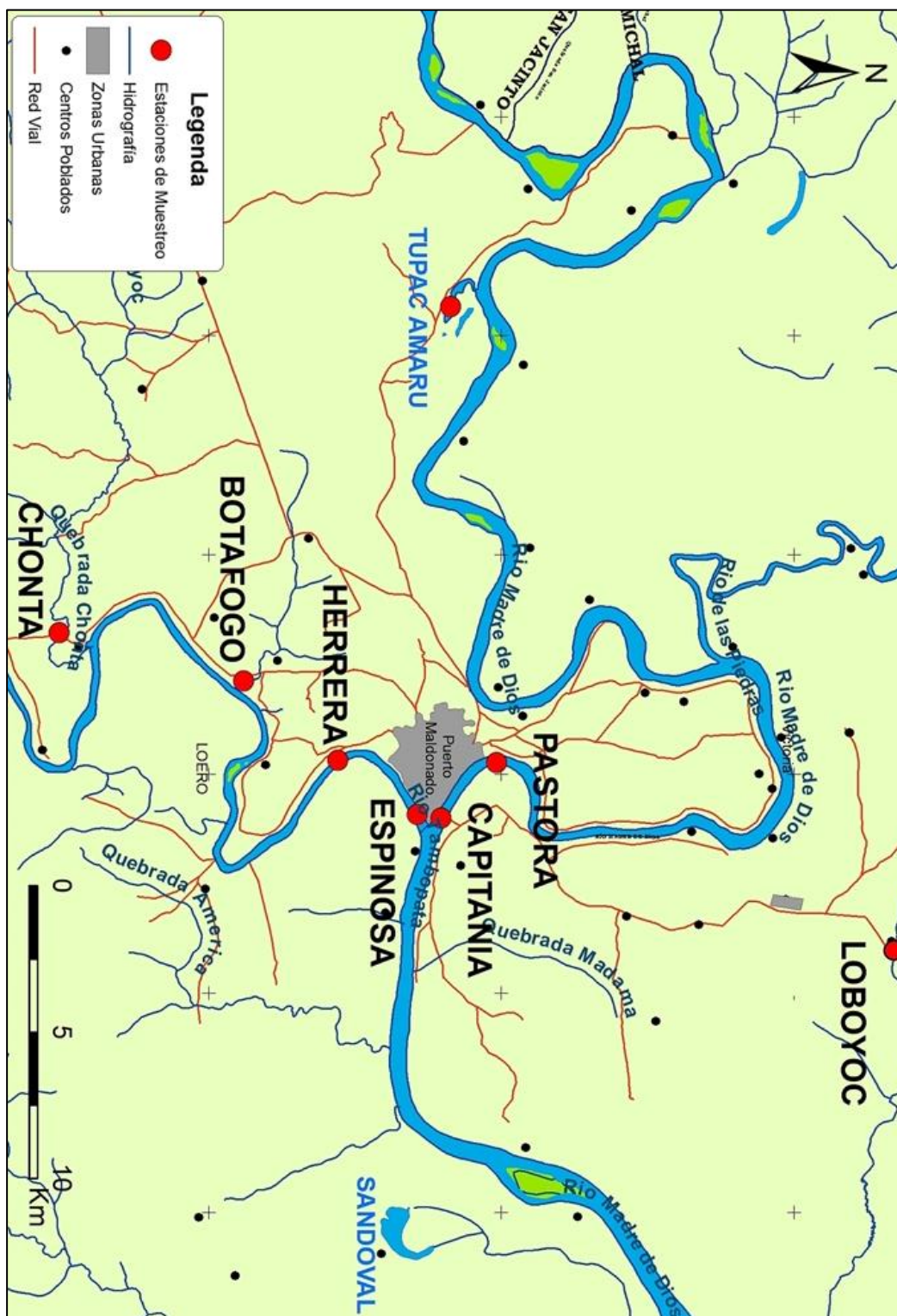
La actividad pesquera, que en los últimos años ha mostrado un notable crecimiento debido a la productividad de los ecosistemas acuáticos amazónicos (lagos, “cochas”, quebradas, ríos), se circunscribe principalmente al área de Puerto Maldonado, consecuencia probable del inicio de la acuicultura a partir del crecimiento del consumo per cápita de pescado.

La ciudad de Puerto Maldonado, capital del departamento, concentra la mayoría de la población del mismo, así como gran parte de su actividad económica, centrada en el sector servicios, en actividades extractivas (minería del oro, principalmente informal, explotación forestal maderera y no maderera -castaña,

Bertholletia excelsa) agropecuarias (agricultura y ganadería, localizados en torno a las carreteras y a las principales vías fluviales) y ecoturismo y conservación, alrededor del conjunto de áreas naturales protegidas. Las aguas residuales urbanas, así como el drenaje de toda la actividad económica referida, llegan a los cauces directamente sin depurar.

Caracterización del Medio Acuático

Se hizo un reconocimiento previo de la zona para determinar cuáles podrían ser los lugares propicios para este estudio. Para ello se siguieron criterios cartográficos (ZEE 2007), de campo, basados en la representatividad del área y se tuvo en cuenta la proximidad al polígono urbano de la ciudad de Puerto Maldonado. Se fijaron así ocho estaciones de muestreo; dos en el río Tambopata (Botafofo y Espinosa), dos en el río Madre de Dios (Pastora y Capitanía), una en cada una de las quebradas Chonta, Loboyoc y Herrera y una en el Lago Tupac Amaru (Mapa 12). Cada una de ellas fue muestreada en época lluviosa (diciembre 2011-enero 2012) y en la transición de época lluviosa a seca (abril-mayo 2012). Dichas estaciones fueron agrupadas según su fisonomía y proximidad a la ciudad en estaciones de muestreo ubicadas en áreas de alto impacto o urbanas (Herrera, Capitanía y Espinosa) y en áreas de bajo impacto (Chonta, Lago Tupac Amaru, Botafofo, La Pastora y Loboyoc). Las primeras mostraban signos evidentes de actividades antrópicas en sus inmediaciones, tales como vertidos, talas o extracciones, mientras que las segundas se encontraban en ambientes poco o nada modificados, algunos calificables de prístinos.



Mapa 12. Mapa del área de estudio, con indicación de las localidades muestreadas. Capitania, Herrera y Espinosa se han considerado perturbadas o muy perturbadas por la intensa actividad humana en sus inmediaciones consecuencia de la actividad de Puerto Maldonado. El resto son localidades de bajo impacto, incluso prístinas.

Resultados

Características del medio acuático

Las condiciones del medio acuático se mantuvieron dentro de los límites permisibles según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para cuerpos de agua de 4° Categoría o de Conservación del Ambiente Acuático (Tabla I). En general, aunque las características del hábitat fueron marcadamente diferentes entre las localidades estudiadas, los parámetros ambientales y limnológicos estudiados presentaron una homogeneidad muy elevada (Tabla 15). El coeficiente de variación (%) de la altitud, temperatura, pH y concentración de oxígeno disuelto se mantuvo por debajo del 10% en todos los casos. Solo conductividad y transparencia mostraron una aparente heterogeneidad (46,8% y 87,1%, respectivamente), aunque siempre dentro de márgenes estrechos, desde el punto de vista de su potencial repercusión biológica.

Estación	Altitud	Impacto	Época	Temperatura	Oxígeno	Conductividad	pH	Transparencia
Lago Tupac Amaru	179	Bajo	Seca	33.4	5.4	122	7.61	42
			Lluviosa	30.6	5.8	138	7.07	14
Pastora (Madre de Dios)	173	Bajo	Seca	29.3	6.2	88	7.55	3
			Lluviosa	26.1	6.8	78	7.31	6
Capitanía (Madre de Dios)	169	Alto	Seca	28.9	6.4	115	7.39	6
			Lluviosa	27.9	6.6	97	7.21	8
Espinosa (Tambopata)	170	Alto	Seca	30.5	6.8	66	7.15	22
			Lluviosa	28.8	7.0	79	7.27	56
Playa Botafogo (Tambopata)	172	Bajo	Seca	29.8	7.2	63	6.92	48
			Lluviosa	28.7	7.0	58	6.89	3.5
Quebrada Herrera	178	Alto	Seca	26.6	6.6	69	6.94	-
			Lluviosa	27.4	6.8	74	7.13	5
Quebrada Chonta	183	Bajo	Seca	26.9	6.8	55	6.85	65
			Lluviosa	25.3	7.0	14	6.72	28
Quebrada Loboyoc	189	Bajo	Seca	25.6	6.2	23	6.35	58
			Lluviosa	27.3	6.0	32	6.47	28
CV (%)	3,8			7,5	7,6	46,8	5,0	87,1

Tabla 15. Características ambientales y limnológicas básicas de algunos cuerpos de agua del entorno de Puerto Maldonado (Madre de Dios, Perú). Se incluye el coeficiente de variación (%) como una medida de la variabilidad de cada parámetro.

Esta homogeneidad ambiental se mantuvo a lo largo del espacio y del tiempo, sin que se detectasen diferencias significativas entre las localidades ubicadas en entornos humanizados y aquellas alejadas de los mismos, entre época lluviosa y época seca, salvo en el caso de las coliformes fecales (Tabla 16). Este indicador de

presencia de contaminación por vertidos de aguas residuales urbanas sin depurar, fue significativamente mayor ($F=9,6$, $p<0,002$) en áreas de alto impacto o humanizadas, concretamente en el entorno de Puerto Maldonado, en época lluviosa que en zonas alejadas del medio urbano.

	Zonas de bajo impacto		Zonas de alto impacto		F
	Seca (n=5)	Lluviosa (n=5)	Seca (n=3)	Lluviosa (n=3)	
altitud (msnm)	179,2±3,2		172,3±2,8		1,4
oxígeno disuelto (mg L ⁻¹)	6,4±0,3	6,5±0,3	6,6±0,1	6,8±0,1	0,4
temperatura (°C)	29,0±1,3	27,6±0,9	28,7±1,1	28,0±0,4	0,3
pH	7,1±0,2	6,9±0,1	7,2±0,1	7,2±0,0	0,6
conductividad (µS cm ⁻¹)	70,2±16,6	64,0±21,5	83,3±15,9	83,3±7,0	0,3
transparencia (cm)	43±11	16±5	13±5	23±17	0,9
coliformes totales (UPC)	1020±475	856±229	2500±681	54067±35340	9,6*

* $p<0,002$

Tabla 16. Efectos del impacto antrópico y la época del año (lluviosa o seca) sobre los siete parámetros ambientales medidos en cuerpos de agua del entorno de Puerto Maldonado (Perú) y comparación de los mismos mediante un ANOVA, indicado mediante el valor de F.

Los valores de coliformes fecales superaron los límites legales vigentes en tres estaciones de muestreo, la quebrada Herrera superó los límites en ambas épocas y el río Tambopata en Pueblo Viejo (Espinosa) y Madre de Dios (Capitanía) superan ampliamente los límites de 3000 UFC en época lluviosa (37.000 y 122.000 respectivamente), volviendo a la normalidad en época seca.

Características de las Comunidades Biológicas

Fitoplancton y zooplancton

En total se registraron 47 especies de fitoplancton en época seca (Bacillariophyta: 24 spp, Chlorophyta: 4 spp, Chrysophyta: 2 spp, Cyanophyta: 12 spp y Euglenophycota: 5 spp) y 41 en época lluviosa (Bacillariophyta: 18 spp, Chlorophyta: 13 spp y Cyanophyta: 10 spp). Para el zooplancton se registraron 19 especies en época seca, distribuidas en los siguientes Phylla: Arthropoda (1 sp),

Ciliophora (1 sp), Nemata (1 sp), Protozoa (6 spp) y Rotifera (10 spp). Para la época seca se identificaron 22 especies: Arthropoda (3 spp), Nemata (1 sp), Protozoa (6 spp), Rotifera (11 spp) y Tardigrada (1 sp).

Para el zooplancton el lago Tupac Amaru presentó los mayores índices de abundancia y riqueza, considerando ambos tipos de estaciones y épocas, seguido por la quebrada Herrera. Los protozoarios Aconchulinida y Arcellinida fueron dominantes en el estudio presente en todas las estaciones, exceptuando Capitanía y Herrera en época lluviosa.

Macroinvertebrados

El estudio de los macroinvertebrados contabilizó un total de 1928 especímenes distribuidos en tres phyla (Arthropoda, Annelida y Mollusca), 7 Clases, 13 Órdenes, 41 Familias y 57 especies, en época lluviosa y ocho Clases, 15 Órdenes, 34 Familias y 47 especies en época seca. En época lluviosa se contabilizaron 1322 individuos y 19 especies frente a los 606 ejemplares y 22 especies en la época seca.

De acuerdo a los índices de calidad del agua para las taxa de macroinvertebrados (EPT y BMWP) la quebrada Chonta, Loboyoc y Herrera (por este orden) representan los cuerpos de agua con mejor calidad, siendo el río Madre de Dios (Capitanía) y el Tambopata (Espinosa) los de menor calidad. Así, la Quebrada Chonta presentó los mayores valores de riqueza de especies para ambas épocas y las estaciones bajo la ciudad para los dos grandes ríos, fueron los menos diversos (Tabla 17).

Ictiofauna

En total se capturaron 1255 ejemplares de peces distribuidos en seis órdenes, 27 familias y 126 especies. Predominaron los órdenes Characiformes (peces de escamas pequeñas sin espinas en las aletas) con 61 especies y 536 individuos, Siluriformes (bagres, peces de cuero) con 43 especies y 565 individuos, Perciformes (corvinas y bujurquis) con 8 especies y 20 ejemplares, Gymnotiformes (macanas y peces eléctricos), con 5 especies y 60 especímenes.

Para peces, la playa Botafogo, en el río Tambopata, mostró el mayor número de especies registradas en época seca (28), mientras la quebrada Loboyoc

fue la estación de muestreo más rica en época de lluvias (31). Se observó un aumento en el número de capturas en la época seca con respecto a la época lluviosa (972 frente a 283 en época lluviosa). Sin embargo, el valor de riqueza de especies fue mayor en época lluviosa (89 frente a 60 en época seca). La quebrada Loboyoc mostró el mayor índice de diversidad Shannon ($H'=4.64$) y la comunidad más equilibrada, para un total de 7 especies registradas en época seca y 31 en época lluviosa.

		Zonas de bajo impacto		Zonas de alto impacto		F
		Seca (n=5)	Lluviosa (n=5)	Seca (n=3)	Lluviosa (n=3)	
Fitoplancton	N	274.0±194.6	63.0±23.5	170.0±105.0	183.3±51.7	1.2
	S	6.8±1.8	5.2±1.0	10.7±6.2	9.3±2.3	0.7
	H'	2.3±0.2	2.0±0.3	2.8±0.7	2.7±0.4	0.9
	J	0.9±0.1	0.9±0.0	1.0±0.0	0.9±0.0	0.6
Zooplancton	N	88.0±37.9	96.0±83.6	60.0±45.1	46.7±13.3	0.5
	S	5.2±1.9	3.6±1.6	4.3±2.8	4.3±1.2	0.2
	H'	1.8±0.6	1.1±0.3	1.3±0.9	1.9±0.5	0.5
	J	0.8±0.2	0.7±0.2	0.6±0.3	1.0±0.0	0.4
Macroinvertebrados	N	116.0±69.2	100.8±41.8	8.7±5.7	272.7±218.4	1.2
	S	12.8±5.4	15.0±5.2	3.7±0.9	11.0±7.0	0.6
	H'	2.1±0.7	2.4±0.5	1.7±0.3	1.6±0.4	0.4
	J	0.6±0.2	0.7±0.1	0.9±0.1	0.6±0.0	1.3
	EPT%	11.1±8.7	11.9±5.1	25.0±25.0	7.3±3.7	0.1
Peces	N	101.8±39.9	55.0±7.9	157.0±143.2	3.0±2.5	4.2*
	S	16.8±3.7	20.6±2.9	5.7±2.9	2.3±1.9	6.9**
	H'	2.0±0.3	3.8±0.3	0.8±0.7	0.6±0.6	12.2***
	J	0.7±0.1	0.9±0.0	0.4±0.3	0.2±0.2	4.3*

* $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.0001$

Tabla 17. Valores medios de los parámetros descriptores de las diferentes comunidades biológicas en áreas perturbadas y sin perturbar, durante el periodo seco y el periodo lluvioso del entorno del Puerto Maldonado (Madre de Dios, Perú). Se muestra el valor del estadístico F, tras la comparación de los mismos, mediante respectivos ANOVAs. Solo los peces fueron estadísticamente sensibles al efecto de los factores impacto y estación.

Las especies frecuentes con más capturas fueron *Pimelodella cristata*, (446 capturas), *Steindachnerina guentheri* (77 capturas) y *Serrapinus heterodon* (66 capturas). Tan solo *P. cristata* supuso 36% del total de capturas para todo el estudio. Otras especies importantes en cuanto número de capturas fueron *Thoracocharax stellatus*, *Parodon pongoensis*, *Eigenmannia virescens*, *Knodus savannensis* y *Odontostilbe fugitiva*.

En este estudio se han registrado tres nuevas citas para la cuenca peruana del río Madre de Dios: el bagre *Duopalatinus peruanus*, la carachama *Spatuloricaria aff. pугanensis* y el canero *Denticetopsis seducta*.

Descriptores de la comunidad: N, S, H' y J

Ninguno de los parámetros estructurales analizados de las comunidades de fitoplancton, zooplancton y macroinvertebrados mostró diferencias significativas entre localidades sometidas a diferente impacto, en condiciones ambientales secas o lluviosas (Tabla 18). El comportamiento de las mismas fue globalmente homogéneo y no discriminador.

	IMPACTO	BMWP		%EPT			
		lluviosa	seca	lluviosa		seca	
Capitanía	Bajo	Crítica	Crítica	Mala	0,00	Muy buena	75,00
Espinoza	Bajo	Muy crítica	Muy crítica	Mala	11,11	Mala	0,00
Herrera	Bajo	Buena	Muy crítica	Mala	10,91	Mala	0,00
Botafogo	Alto	Muy crítica	Muy crítica	Mala	0,00	Mala	0,00
Chonta	Alto	Buena	Buena	Regular	27,47	Regular	45,45
Lago Túpac	Alto	Aceptable	Aceptable	Mala	5,05	Mala	5,87
Loboyoc	Alto	Dudosa	Dudosa	Mala	19,70	Mala	4,23
Pastora	Alto	Muy crítica	Muy crítica	Mala	7,14	-	-

Tabla 18. Calidad de las Aguas de diferentes cuerpos de agua del entorno de Puerto Maldonado (Madre de Dios, Perú) según los índices BMWP y %EPT, basados en macroinvertebrados acuáticos.

Los peces fueron la excepción, respondiendo fuertemente, de manera estadísticamente significativa, al efecto de ambos factores. La riqueza de especies (S) y la diversidad de Shannon (H') fueron los parámetros sensibles (Figura 34). En el primer caso, se registraron más especies en áreas no perturbadas, que en áreas perturbadas, durante la época lluviosa (test post-hoc de Tukey HSD para muestras desiguales, $p < 0,03$), pero no en ningún otro caso ($p > 0,07$). La H' de Shannon fue más sensible aún. El valor de este parámetro en áreas no perturbadas durante la época lluviosa fue significativamente mayor que en los tres casos restantes (bajo impacto seco: $p < 0,03$; alto impacto seco: $p < 0,005$ y alto impacto lluvioso: $p < 0,004$) (Figura 34). En el caso de la abundancia de peces (N) y el índice de equitatividad,

aunque en apariencia mostraban diferencias significativas (Tabla 17), la aplicación del test post-hoc de Tukey, no detectó contrastes significativos en ningún caso.

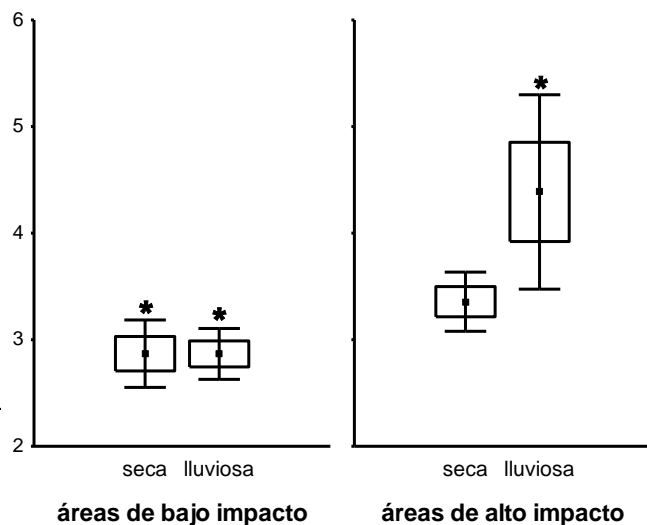


Figura 32. Índice de coliformes fecales totales (transformado logarítmicamente) medio en cuerpos de agua del entorno de Puerto Maldonado (Madre de Dios, Perú) en épocas seca y lluviosa. Se marcan con un asterisco las categorías que presentan diferencias significativas en un test post-hoc (test de Tukey HSD para muestras con N desigual). El índice de coliformes es significativamente mayor en áreas urbanas durante época lluviosa, que en áreas rurales, en ambas épocas ($p < 0,0051$, en los dos casos).

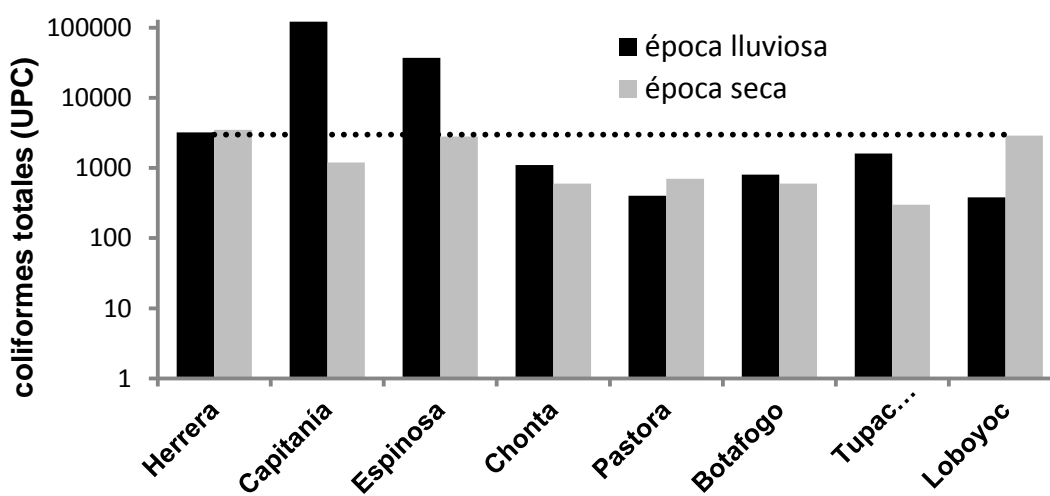


Figura 33. Índice de coliformes fecales totales (en escala logarítmica) en cuerpos de agua del entorno de Puerto Maldonado (Madre de Dios, Perú) en épocas seca y lluviosa. Con una línea de puntos se marca el valor de los 3000 UPC, límite legal vigente en Perú para este parámetro.

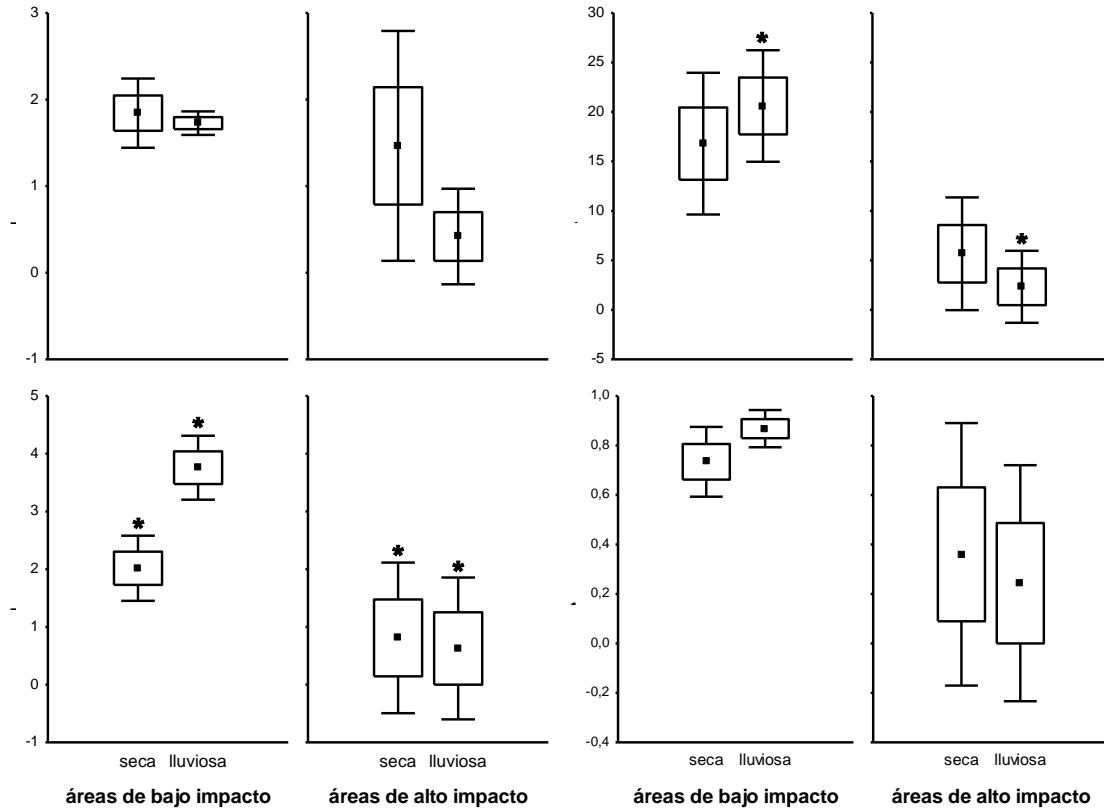


Figura 34. Efecto de la perturbación humana, alta o baja, y la época del año, seca o lluviosa, sobre cuatro parámetros descriptores de la comunidad de peces de diferentes cuerpos de agua del entorno de Puerto Maldonado (Madre de Dios, Perú). Se marcan con un asterisco las categorías que presentan diferencias significativas en un test post-hoc (test de Tukey HSD para muestras con N desigual). Solo la riqueza de especies (S) y el índice de Shannon (H') se muestran sensibles al efecto de los dos factores analizados. El índice de abundancia (N) es logarítmico.

Discusión

Los estudios básicos que integran datos físico-químicos con índices biológicos de las comunidades acuáticas son un importante aporte para el conocimiento y manejo de los recursos hídricos. Este estudio ha generado una importante base de datos que en muchos casos no es fácil interpretar en términos ecológicos, porque casi no existen precedentes que permitan comparaciones o aporten explicaciones a los patrones observados. Muchos de esos datos podrán ser

mejor interpretados si se contrastan con otros estudios que se realicen en el futuro. Así se podrá discernir, por ejemplo, entre fluctuaciones naturales y antrópicas.

Características Físico-Químicas del Medio Acuático

Globalmente el medio acuático analizado presentó una homogeneidad estadística muy notable. Aunque el hábitat de los distintos cuerpos de agua fuese marcadamente diferente (ríos, quebradas, lagos y cochas), los parámetros físico-químicos empleados para la caracterización de cada uno de ellos presentaron una baja capacidad de discriminación. Salvo un indicador directo de actividad humana, el índice de coliformes totales, los demás no mostraron diferencias, ni a lo largo del espacio, ni a lo largo del tiempo. De aquí se deduce que será necesario ampliar estos estudios, incorporando si es posible, otros parámetros más sensibles, tanto a la actividad humana, como a las variaciones no antrópicas, para caracterizar con precisión este tipo de medios.

Considerando los diferentes parámetros físicoquímicos uno a uno se pueden realizar diferentes apreciaciones sobre las razones que pueden justificar las pautas observadas en cada uno de ellos. En cuanto al pH, se registró una tendencia a su aumento en el canal de los ríos con respecto a los pequeños tributarios. El factor determinante en este proceso debe ser la materia orgánica en suspensión proveniente de la descomposición vegetal. Pero en este caso, la geología de la cuenca quizás juegue un papel importante dentro de este proceso (Sioli 1984). La quebrada Loboyoc presentó un característico pH ácido -el menor de todas las estaciones- propio de su condición de agua negra, cargada de materia orgánica procedente de la vegetación riparia. Existe una correlación entre la profundidad de los cauces y los niveles de oxígeno disuelto, lo que justificaría que los ríos Tambopata y Madre de Dios, los más profundos, sean también los más oxigenados de los cursos de agua estudiados. El rango de conductividad observado aquí está dentro de los valores habituales de la cuenca del río Madre de Dios, inferior al registrado, por ejemplo, en los ríos Tahuamanu y Las Piedras, que pueden alcanzar los $200\mu\text{s cm}^{-1}$ (Maco-García 2008).

Atendiendo a los parámetros abióticos, se puede afirmar que el conjunto de cuerpos de agua considerado en este estudio, así como el periodo de muestreo,

resultan insuficientes para alcanzar alguna conclusión definitiva sobre su funcionamiento ecológico. Además conviene recordar las grandes variaciones que estos sistemas sufren como consecuencia de fuertes lluvias esporádicas, que tienden a disminuir los valores de conductividad, neutralizar el pH o elevar la turbidez entre otras repercusiones.

El agua de lluvia transporta por escorrentía superficial las aguas residuales urbanas, normalmente estancadas, hasta los cuerpos de agua del entorno de la ciudad, aumentando los índices de contaminación con respecto a la época seca. En esta última el agua suele venir más limpia de origen, sin vertidos urbanos. Son los coliformes totales, el índice que detecta claramente estos episodios contaminantes. Se observaron carencias en materia de aguas residuales urbanas en zonas que deberían ser corregidas para evitar riesgos de salud pública. El uso recreativo de un cuerpo de agua contaminado puede generar enfermedades graves en los bañistas debido a la ingesta accidental agua. Estos índices se encuentran reglados en el Perú (Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM).

Estructura de las comunidades biológicas

A diferencia de los parámetros físico-químicos -incluyendo entre ellos a los coliformes fecales, que aunque sean seres vivos, su empleo e interpretación tiene que ver directamente con el estado del sistema y no con las características intrínsecas de un grupo de organismos- los parámetros estructurales de las comunidades investigadas si respondieron estadísticamente a la heterogeneidad espacio-temporal analizada, inducida por la actividad antrópica. Concretamente la comunidad de peces, su riqueza y su diversidad estimada con el índice H' de Shannon, se vieron afectados en áreas perturbadas por impactos antrópicos. Las otras tres comunidades (fitoplancton, zooplancton y macroinvertebrados acuáticos) no mostraron esta sensibilidad.

La estructura de la comunidad de fitoplancton depende del tiempo de residencia del agua, de tal forma que su biomasa está directamente relacionada con este factor. La estación lago Tupac Amaru es de carácter léntico, por tanto presenta una menor tasa de renovación y un mayor tiempo de residencia -es el

agua más antigua-, también, por lo tanto, la más cercana a eutrofizarse (Townsend 2006). El río Tambopata en Botafogo, por contra, presenta una elevada tasa de renovación del agua y una escasa población de fitoplancton. Las diatomeas (Bacillariophyta) estuvieron presentes en todas las estaciones y fueron el grupo algal dominante, suponiendo aproximadamente la mitad de todos los individuos analizados. Si se compara la abundancia de esta división en otras subcuencas de selva baja dentro de Madre de Dios, como los ríos Tambopata (32%) o Tahuamanu (27%), se aprecia la existencia de una correlación directa entre la condición naciente y la abundancia relativa de diatomeas (Compère et al., 2001, Cox et al., 2002, Araújo-Flores 2011). Así el tramo de la carretera Interoceánica que cubre el trayecto Inambari-Puerto Maldonado que combina cuencas propias de cabecera (río Inambari y quebrada Jayave) junto con cursos propios de llanura (ríos Madre de Dios y Tambopata) presenta un valor intermedio en la abundancia relativa de diatomeas (64%) mientras el área de Pilcopata (cabecera de Alto Madre de Dios) muestra un 99% (EISA IrsaSur tramo III 2010, Araujo-Flores 2012). En este estudio las diatomeas supusieron el 43% en periodo seco frente al 65% en época lluviosa. Las cianofitas se registraron en menor medida en los grandes cauces de los ríos (Tambopata y Madre de Dios). En época seca la familia Desmidiaceae solo se registró en la Quebrada Herrera, estando sin embargo presente en todas las estaciones en época lluviosa, exceptuando las dos correspondientes al río Madre de Dios (Capitania y Pastora). Esta familia perteneciente a la división Charophyta, está constituida por microalgas características de aguas ácidas. Las especies de *Gomphonema* - reportada tan solo en la quebrada Herrera en época seca- también son tolerantes a polución orgánica y es precisamente esta estación la única que superó los límites establecidos para coliformes fecales en ambas estaciones del año. Las cabeceras presentan aguas más ácidas y de coloración negra que generalmente se asocia con la descomposición de materia orgánica aportada de forma natural por el bosque (Sioli, 1984) o también por vertidos antrópicos. *Surirella* -reportada en Loboyoc, Herrera y lago Tupac Amaru- es un género que prefiere aguas neutras a ligeramente alcalinas y puede tolerar una mediana polución orgánica y presenta especies típicas para la Amazonía y los Andes (Spaulding y Edlund, 2010). La

presencia del Phylum Nemata se relaciona con la disponibilidad de materia orgánica en el medio.

Los índices basados en macroinvertebrados acuáticos permiten estimar de manera indirecta el estado de salud de los cuerpos de agua (Prenda & Gallardo 1996). No todos estos índices vienen explicados por la acción antrópica. Por ejemplo, los odonatos se caracterizan por desarrollarse en aguas lénticas y poco profundas, siendo indicadores de aguas limpias a ligeramente contaminadas; la riqueza de odonatos en las Quebradas Herrera, Chonta, Loboyoc y el lago Tupac Amaru puede ser explicada por la gran adaptabilidad de estos organismos a diferentes hábitats y condiciones ambientales, incluyendo sitios con ligera eutrofización (Arango y Roldán 1983). El Orden Ephemeroptera se caracteriza por poseer especies con baja tolerancia a la contaminación, tales como la mayoría de las pertenecientes a las familias Baetidae y Leptohyphidae, muy abundantes en Herrera y Chonta. En general viven en sitios con buena oxigenación, en sustratos de piedras y arena, característicos de los sitios donde se colectaron dichas familias (Roldán 2003). Los miembros de la familia Baetidae también pueden vivir adheridos a la vegetación sumergida y tolerar cierto grado de contaminación (Roldán 1988, Torres et al. 2006). Es una de las familias más abundantes en ecosistemas acuáticos amazónicos. El orden Ephemeroptera estuvo bien representado en todos los cuerpos de agua exceptuando los grandes ríos Tambopata y Madre de Dios. El Orden Coleóptera es típico de zonas ribereñas donde nadan libremente o sobre la vegetación (Anzola & Pinilla, 1994). Ejemplares adultos y larvas del mismo orden fueron colectados en aguas quietas, especialmente en Chonta, y esporádicamente en las demás estaciones. Algunas de sus familias son indicadoras de aguas limpias como Elmidae. Los miembros de la familia Dytiscidae se caracterizan por ser depredadoras (Swamy y Rao 1974, Herrera et al., 1991). Es posible que su baja abundancia en este estudio se deba a la poca cantidad de presas.

La comunidad de peces fue la más interesante por ser la única sensible a las perturbaciones antrópicas. Las localidades de Botafogo y Pastora (Tambopata y Madre de Dios, respectivamente) fueron las que contuvieron más riqueza y abundancia (28 y 20 especies respectivamente), a excepción de la elevada riqueza observada en Loboyoc, en época lluviosa, lo que apunta a la necesidad de

aumentar el esfuerzo de muestreo para caracterizar esta interesante corriente de agua negra. Ambos ríos -Tambopata y Madre de Dios- son los de mayores dimensiones y los de mayor contenido energético potencial, lo que explica su mayor riqueza íctica (Vannotte et al. 1980, Guégan et al. 1998).

Las plantas ribereñas en la orilla de Espinosa (Tambopata) impidieron el arrastre en ambas estaciones, así como en Capitanía en época lluviosa. Lago Tupac Amaru y quebrada Chonta son los siguientes cuerpos de agua más diversos. Factores ambientales, como la fisico-química del agua y la disponibilidad de alimento, condicionan la composición de las comunidades de peces (Gerson-Araujo 2009). Esto 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. Se observó un claro aumento en la abundancia de registros de ictiofauna en todas las estaciones para la época seca. En el caso de Capitanía, además, se observó una exagerada abundancia, siendo responsable una única especie (*Pimelodella cristata*), que supuso el 92 % de las capturas para esa estación. Esto denota un desbalance en la comunidad que se traduce en los valores más bajos de diversidad (H') y equidad (J) para todo el estudio. Estos mismos valores muestran a la quebrada Herrera y a Loboyoc muy cambiantes. La presencia de unas pocas especies de peces generalistas con una elevada abundancia se correlaciona habitualmente con ecosistemas deteriorados (Soto-Galera et al. 1998). En el caso de Herrera, el río Tambopata ejerce una gran influencia, represando las aguas y se interna en tierra firme aportando un aumento en la diversidad específica que recoge este estudio, detectándose esporádicamente especies emblemáticas de la llanura amazónica como la nutria gigante (*Pteronura brasiliensis*) y la anaconda (*Eunectes murinus*). El perfil que describen los grandes cuerpos de agua Botafogo, Pastora y Lago Tupac para el índice de equidad J no parece sufrir alteraciones durante el cambio de época lluviosa a época seca, sin embargo los cuerpos de agua menores como Herrera, Chonta y Loboyoc sí sufren una marcada estacionalidad.

Es muy probable que las previsiones de especies para esta cuenca sean mucho mayores y estudios continuados podrían reportar nuevos registros e incluso especies aun no descritas para la ciencia (Carvalho et al. 2012).

Conclusiones y Recomendaciones

A la vista de los resultados obtenidos se puede concluir que los ríos Tambopata y Madre de Dios a su paso por la ciudad de Puerto Maldonado están sufriendo un deterioro ambiental que afecta a las comunidades acuáticas y que los posicionan como los cuerpos de agua peor conservados de todos. Por otro lado las quebradas Chonta y Loboyoc, presentan los índices de calidad mayores de todo el estudio, seguidos por el lago Tupac Amaru.

El deterioro ambiental de los ríos Madre de Dios y Tambopata a su paso por Puerto Maldonado es consecuencia de la presión antrópica. Se recomienda un seguimiento continuado de estos cursos de agua para normalizar su uso, a través de una reducción en los niveles de coliformes fecales procedente de aguas residuales de explotaciones ganaderas o de vertidos domésticos directos.

Existen playas de elevada afluencia de bañistas -Espinosa en Tambopata o Capitanía - con índices de coliformes fecales hasta 40 veces superiores a lo permitido, que deben ser una prioridad en políticas correctoras. Sin embargo, el riesgo en Capitanía no es tan alto puesto que no registra uso recreativo. La población no dispone de una planta de tratamiento de aguas residuales y la apertura de una mejoraría considerablemente los niveles de contaminación en el entorno de la ciudad.

Estos resultados indican un mayor grado de conservación de las comunidades de peces en las estaciones consideradas como no perturbadas o de bajo impacto, en términos de diversidad específica Shannon (H') y riqueza (S), así como un apreciable deterioro de las mismas, junto con elevados niveles de coliformes fecales en las zonas urbanas.

4.5 Ejemplo de Monitoreo Participativo en un Área Natural Protegida. Biota acuática en la Amazonía Andina Peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el Río Colorado (Madre de Dios)

Resumen

En el presente trabajo se describen la diversidad y estado de conservación de los cuerpos de agua, determinado en un programa de 06 inventarios biológicos rápidos, realizado entre noviembre del 2013 y mayo del 2015 en cuerpos de agua en el ANP Reserva Comunal Amarakaeri y el territorio de la comunidad Nativa de Puerto Luz. Se colectaron datos y muestras en 06 estaciones de muestreo en el área de estudio ubicada entre los 275 y 345 m de altitud en el departamento amazónico de Madre de Dios en el suroriente de Perú. Los peces fueron colectados con redes de arrastre a la orilla, el bentos con red "Surber", el plancton con red estándar (40 micras) y el perifiton por raspado de piezas de roca sumergida. En cada estación, se anotaron coordenadas (UTM) y se describieron hábitats limnológicamente (pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto). La riqueza de especies en peces fue de 98, predominando los órdenes Characiformes (56 especies) y Siluriformes (30 especies). La riqueza de fitoplancton fue de 97 especies, zooplancton 32, perifiton 88 y bentos 110. Para determinar la integridad de los ambientes acuáticos se usó el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, y Trichoptera) para macroinvertebrados. Los resultados indican que en las zonas mejor conservadas se encuentran en el río Cupodne.

Introducción

Los ecosistemas acuáticos continentales suponen un importante reservorio de biodiversidad además de contener una fuente incalculable de recursos. El neotrópico es la zona con mayor diversidad y endemismo de peces continentales y

una región prioritaria para la conservación (Abell et al. 2008, Lévêque et al. 2008).

Debido a la actividad humana, estos ecosistemas se encuentran entre los más amenazados del planeta y están sufriendo por ello una enorme pérdida de biodiversidad que afecta a todos sus componentes, especialmente a los peces (Dudgeon et al. 2006) e iniciando cambios que pueden poner en peligro los ecosistemas acuáticos de muchas regiones tropicales, como es el caso de la amazonia peruana (Scullion et al. 2014). Ni su ecología, ni la biodiversidad que albergan son aun bien conocidas. Asimismo se posee solo un conocimiento parcial sobre cómo están afectando las transformaciones antrópicas a estos medios peculiares, depositarios también de la mayor parte de la riqueza biológica acuática del planeta (Boyero et al. 2009).

Madre de Dios es una región que alberga una gran diversidad biológica y paisajística de relevancia no solo en Perú sino a nivel mundial. La región cuenta con áreas naturales emblemáticas como el Parque Nacional del Manu - reserva de la biosfera reconocida por la UNESCO - y cuencas en gran parte inexploradas. Esta región de fuertes contrastes conjuga zonas de alto grado de conservación con áreas fuertemente impactadas por la actividad antropogénica. Algunas zonas se encuentran sometidas a fuertes transformaciones como consecuencia de la expansión de la frontera agrícola y urbana, el aprovechamiento forestal, la minería y la reciente construcción de la carretera interoceánica sur, que acelera todos los procesos anteriores (Asner *et al* 2013). Todas las transformaciones ambientales que se están registrando en Madre de Dios deben estar repercutiendo sobre los cuerpos de agua directamente e indirectamente.

El presente trabajo informa los resultados del monitoreo biológico realizado entre el año 2013 y 2015, en las comunidades de plancton, perifiton, bentos y peces, en seis localidades del Río Colorado. Se genera así una línea hidrobiológica base para conocer la situación actual del área de estudio y un marco de referencia para evaluar posibles cambios futuros.

Área de estudio

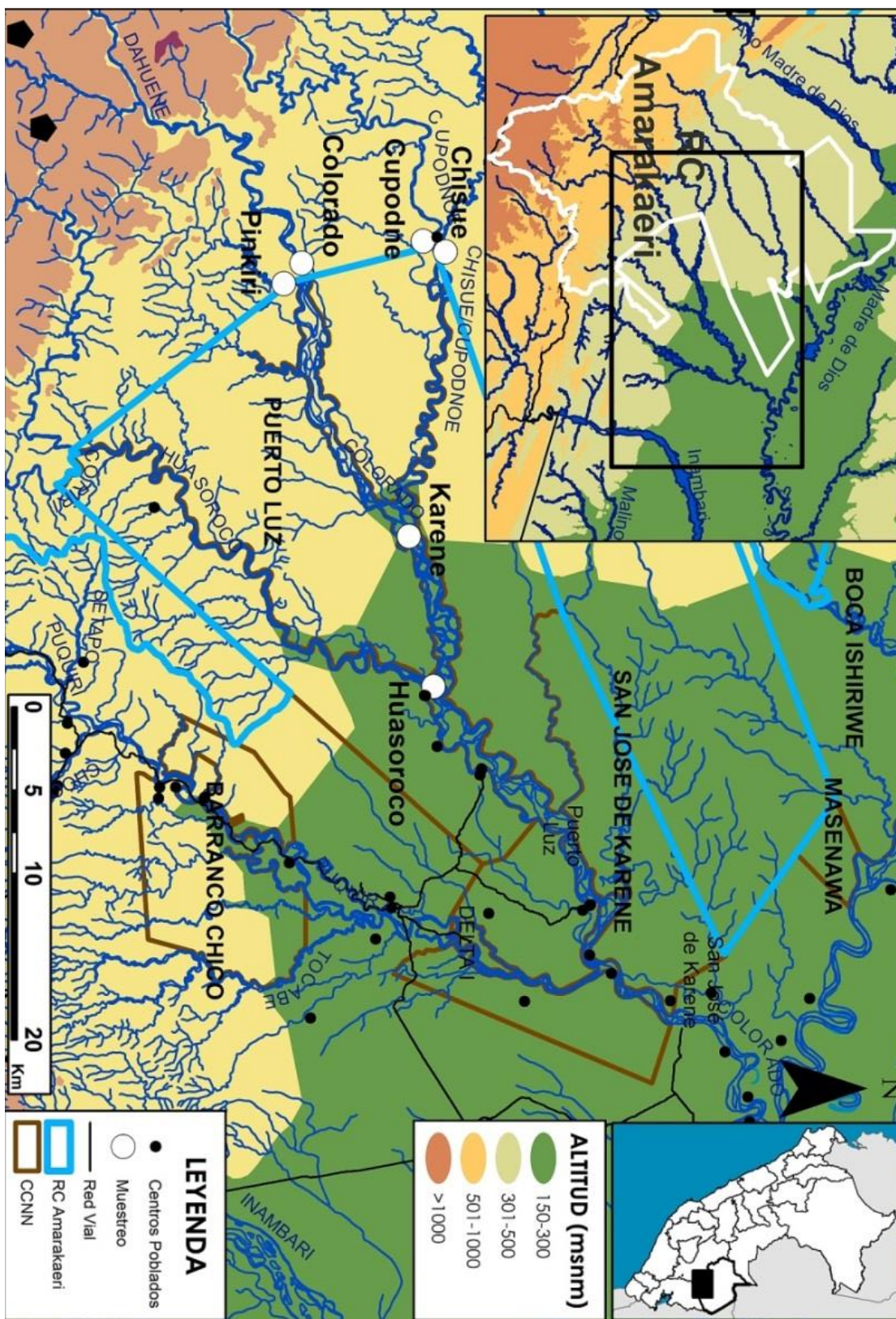
El estudio se realizó en ambientes lóticos ubicados en seis estaciones de muestreo en la cuenca hidrográfica del río Colorado (Karene en idioma nativo local, Harakbut), tributario del margen derecho del río Madre de Dios (Tabla 19).

Tabla 19. Ubicación de las estaciones de muestreo en Coordenadas UTM

Estaciones	X	Y
Huasoroco	18L 0321744	8587463
Karene la "Y"	18L 0297515	8578471
Cupodne	18L 0302380	8587242
Chisue	18L 0295607	8588186
Colorado "Colpa"	18L 0296278	8579555
Pinkiri	18L 0302937	8579313

Entre noviembre del 2013 y mayo del 2015 se monitoreó el tramo considerado del río que se encuentra en el ANP Reserva Comunal Amarakaeri y el territorio adyacente de la comunidad nativa de Puerto Luz ambos en el departamento selvático de Madre de Dios (Mapa 13).

Las estaciones se sitúan en un gradiente altitudinal de 275 a 345 msnm. Dos se sitúan en el canal principal del río; la estación Karene en el tramo bajo y Colorado en el alto. Este tramo del Río Colorado presenta un sustrato rocoso, agua clara y torrentosa que ocasionan ramificaciones del cauce y numerosas islas. A continuación se consideraron otros cuatro tributarios. La estación en el Río Huasoroco se sitúa en el margen derecho en el tramo bajo, próximo al centro poblado de la CN de Puerto Luz. Presenta sustrato rocoso, agua blanca y evidencias de pasivos ambientales dejados por la minería aurífera aluvial. La estación en el Río Pinkiri se sitúa en el margen derecho, en el tramo alto, conectándose con el río principal 1.5Km bajo la estación Colorado. Presenta sustrato arenoso, agua clara, cauce encajonado en la orografía y fuerte influencia de la vegetación ripariana que habitualmente cubre el cauce.



Mapa 13. Cuenca del Río Colorado y localidades de estudio. Madre de Dios, Perú.

Finalmente en el tramo medio se conecta el Río Cupodne a 2km aguas arriba de la estación Karene. El Río Cupodne presenta sustrato arenoso, agua clara y habitualmente bajo caudal que dificulta la navegación. A 16 km aguas arriba de la desembocadura recibe a su tributario en Río Cupodne de similares características pero con menor caudal y mayor influencia de la vegetación. Los muestreos se ubicaron a 2.5km aguas arriba de la intersección de ambos para la estación de muestreo Chisue y a 1.5km para Cupodne.

En el campo se registraron las variables ambientales, y comunidades acuáticas (peces, plancton, macroinvertebrados y perifiton) siguiendo el protocolo expuesto en la metodología del estudio.

Resultados

Los ambientes acuáticos evaluados corresponden a la cuenca del río Colorado comprendiendo la zona de transición de selva alta a llanura amazónica. Las características de los hábitats acuáticos y parámetros limnológicos difieren entre las estaciones consideradas con aguas frías, torrentosas y de sustrato duro en el propio canal del río (Karene y Colorado), mientras que las aguas en los tributarios son más calmadas y el sustrato es más blando y particulado como en los sectores Pinkiri, Cupodne, Chisue y Huasoroco.

En resumen observamos valores similares en oxígeno disuelto, mientras que la temperatura descendió a lo largo del canal del río hacia la cabecera, registrándose las mínimas en la estación Colorado, la más elevada. Además los tributarios también presentaron una mayor dependencia de la temperatura a la climatología y mayores valores que el canal del río. La transparencia mostró una gran dependencia de la climatología pero habitualmente fue la estación Huasoroco la que presentó las aguas más turbias.

La vegetación observada en las márgenes de los ríos fue de bosque ribereño compuesto principalmente por *Tessaria integri folia* (pájaro bobo), *Gynerium* spp. (caña brava), *Cecropia* spp. (cetico), (*Ochroma* spp (topa), *Ficus* spp. (ojé), *Calliandra angustifolia* (bobinsana) y diversas palmeras.

Plancton

El Fitoplancton registró 97 especies de algas reunidas en cinco Divisiones. La mayor diversidad fue observada en Bacillariophyta, seguida de lejos por Cyanophyta, Euglenophycota, Charophyta, mientras Chlorophyta presentó valores mínimos (Tabla 20).

Tabla 20. Riqueza Total (S) de fitoplancton por División. Río Colorado. Noviembre 2013 - Mayo 2015.

División	Riqueza total
Bacillariophycota	63
Cyanophycota	13
Euglenophycota	10
Charophyta	7
Chlorophyta	4
Total Especies	97

Tabla 21. Riqueza Total (S) de fitoplancton por División y estación de muestreo. Río Colorado. Noviembre 2013 - Mayo 2015.

División	HUASOROCO	KARENE	CUPODNE	CHISUE	COLORADO	PINKIRI
BACILLARIOPHYTA	13	24	22	12	31	14
CHAROPHYTA	2	1	1	1	4	1
CHLOROPHYTA	1	1	2	0	2	0
CYANOPHYCOTA	4	5	4	3	5	9
EUGLENOPHYCOTA	6	0	3	3	4	0
Total Especies	26	31	32	19	46	24

Los resultados obtenidos por localidades, señalan que la riqueza total (S) fue mayor en Colorado y menor en Chisue y Huasoroco con grandes fluctuaciones entre estaciones. Por divisiones Bacillariophyta fue la más abundante presentando el mayor registro en Colorado, al igual que ocurre con Chlorophyta, Cyanophyta en Pinkiri y las Euglenophycotas fueron las más diversas en Huasoroco (Tabla 21).

Durante las evaluaciones hubo fluctuaciones de la riqueza, relacionados con la climatología y el caudal de los ríos. No se observaron tendencias en la riqueza acumulada por estaciones pero si una gran tendencia a la disminución de especies a partir del mes de septiembre del 2014 (Fig. 35).

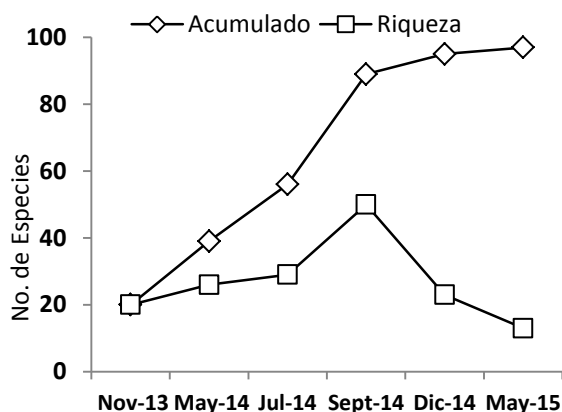


Figura 35. Riqueza (S) del Fitoplancton por evaluaciones. Río Colorado. Noviembre 2013 - Mayo 2015.

El Zooplancton registró 32 especies de plancton heterótrofo reunidas en cinco Divisiones. La mayor diversidad fue observada en Rotífera seguida de Lobosa, y Cercozoa mientras que Artrópoda y Nemata presentaron valores mínimos (Tabla 22).

Tabla 22. Riqueza Total (S) de Zooplancton por División. Río Colorado. Noviembre 2013 - Mayo 2015.

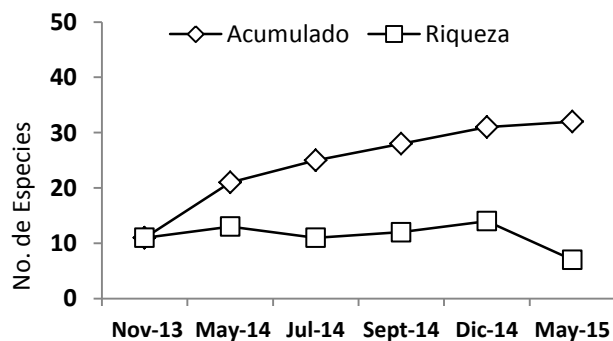
División	Riqueza total
ARTHROPODA	1
CERCOZOA	6
NEMATA	1
LOBOSA	11
ROTIFERA	13
Total Especies	32

Tabla 23. Riqueza Total (S) de zooplancton por División y estación de muestreo. Río Colorado. Noviembre 2013 - Mayo 2015.

División	HUASOROCO	KARENE	CUPODNE	CHISUE	COLORADO	PINKIRI
ARTHROPODA	0	0	0	1	0	0
CERCOZOA	4	4	5	3	2	6
NEMATA	1	2	2	1	1	1
LOBOSA	8	4	5	6	6	5
ROTIFERA	4	3	4	3	7	2
Total Especies	25	17	21	20	22	19

Los resultados obtenidos por localidades, señalan que la riqueza total (S) fue mayor en Huasoroco y menor en Karene, con pequeñas fluctuaciones entre estaciones. Por divisiones Lobosa fue la más abundante presentando el mayor registro en Huasoroco, al igual que ocurre con Rotifera en Colorado y Cercozoa en Pinkiri. Por otro lado Arthropoda fue la división menos representada con tan solo un registro en Chisue (Tabla 23).

Durante las evaluaciones no se registró fluctuaciones de la riqueza a excepción del ultimo monitoreo en mayo de 2015. Se registró también una tendencias asintótica y uniforme en la riqueza acumulada (Fig. 36).

**Figura 36.** Riqueza (S) del Zooplancton por evaluaciones. Río Colorado. Noviembre 2013 - Mayo 2015.

El Perifiton registró 88 especies de algas adheridas al sustrato en cinco Divisiones. La mayor diversidad fue observada en Bacillariophyta, seguida de lejos por Cyanophyta,

Euglenophycota, mientras Chlorophyta y Charophyta presentaron los un único registro (Tabla 24).

Tabla 24. Riqueza Total (S) de Perifiton por División. Río Colorado. Noviembre 2013 - Mayo 2015.

División	Riqueza total
BACILLARIOPHYTA	67
CHAROPHYTA	1
CHLOROPHYTA	1
CYANOPHYCOTA	14
EUGLENOPHYCOTA	5
Total Especies	88

Tabla 25. Riqueza Total (S) de Perifiton por División y estación de muestreo. Río Colorado. Noviembre 2013 - Mayo 2015.

División	HUASOROCO	KARENE	CUPODNE	CHISUE	COLORADO	PINKIRI
BACILLARIOPHYTA	17	26	27	24	12	37
CHAROPHYTA	1	0	0	0	0	0
CHLOROPHYTA	0	0	0	1	0	0
CYANOPHYCOTA	6	4	6	9	5	8
EUGLENOPHYCOTA	1	0	2	4	1	0
Total Especies	25	30	35	38	18	45

Los resultados obtenidos por localidades, señalan que la riqueza total (S) fue mayor en Pinkiri y menor en Colorado y Huasoroco con grandes fluctuaciones entre estaciones. Por divisiones Bacillariophytas fue la más abundante en Pinkiri, Cyanophycotas y Euglenophycotas en Chisue. Por otro lado Chlorophyta, Charophyta fueron las menos diversas presentando un solo registro en Chisue y en Huasoroco respectivamente (Tabla 25).

Durante las evaluaciones hubo fluctuaciones de la riqueza, relacionados con la climatología y el caudal de los ríos. No se observaron tendencias en la riqueza acumulada por estaciones pero si una gran tendencia a la disminución de especies a partir del mes de julio del 2014, similar a lo registrado en el fitoplancton (Fig. 37).

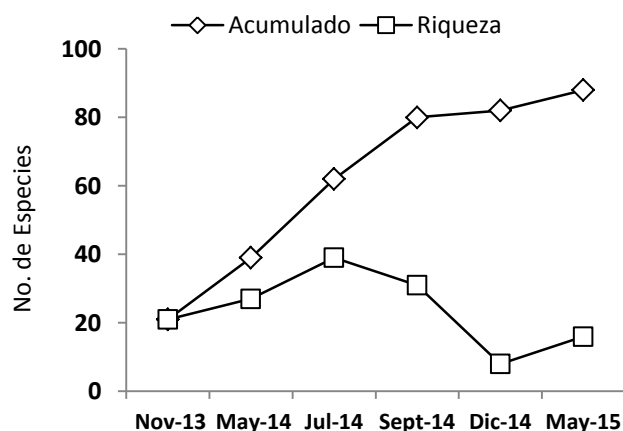


Figura 37. Riqueza (S) del Perifion por evaluaciones. Río Colorado. Noviembre 2013 - Mayo 2015.

Bentos

La riqueza total del bentos registró de 110 especies, representando a 13 órdenes en dos phyla (Annelida y Arthropoda). Los órdenes más diversos son los Diptera seguidos de lejos por Coleoptera, Ephemeroptera y por último Trichoptera. La diversidad para los Orthoptera, Megaloptera, Isopoda, Haplotaxida, Decapoda y Plecoptera fue mínima (Tabla 26).

Tabla 26. Riqueza Total (S) de Bentos por Orden. Río Colorado. Noviembre 2013 - Mayo 2015.

Orden	Riqueza
Coleoptera	18
Decapoda	1
Diptera	40
Ephemeroptera	15
Haplotaxida	1
Hemiptera	8
Isopoda	1
Lepidoptera	2
Megaloptera	1
Odonata	9
Orthoptera	1
Plecoptera	1
Trichoptera	12
Total Especies	110

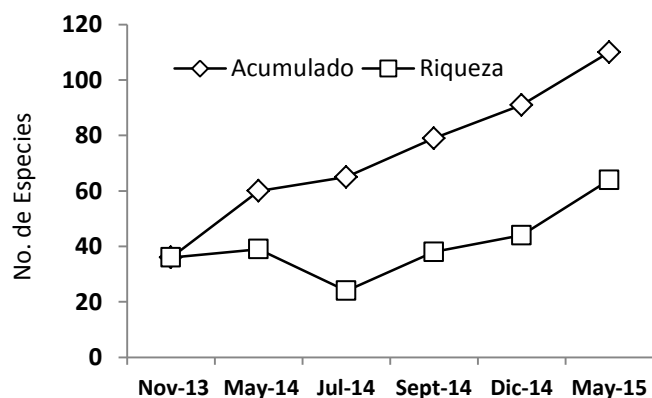
La mayor riqueza por órdenes fue registrada en Pinkiri y la menor en Huasoroco, siendo Diptera y Ephemeroptera los mejor representados (tabla 27).

De acuerdo a las evaluaciones realizadas hubo fluctuaciones en la riqueza, relacionados con la climatología y el caudal de los ríos presentando un incremento constante desde julio del 2014. La representación de riqueza acumulada para bentos mostró la pendiente más acusada indicando una mayor diferencia entre la diversidad registrada y la esperada al aumentar el esfuerzo de muestreo (Fig. 37).

Tabla 27. Riqueza Total (S) de Bentos por División y estación de muestreo. Río Colorado. Noviembre 2013 - Mayo 2015.

División	HUASOROCO	KARENE	CUPODNE	CHISUE	COLORADO	PINKIRI
Coleoptera	2	6	8	3	6	11
Decapoda	1	1	1	1	1	1
Diptera	13	24	13	13	13	24
Ephemeroptera	8	8	12	11	9	10
Haplotaxida	1	1	1	1	0	1
Hemiptera	1	2	4	3	0	5
Isopoda	1	1	0	1	1	0
Lepidoptera	0	0	2	0	0	0
Megaloptera	0	0	0	0	0	1
Odonata	1	4	1	3	1	8
Orthoptera	0	0	0	1	0	0
Plecoptera	0	0	1	0	1	1
Trichoptera	1	4	3	4	0	6
Total Especies	29	51	46	41	32	68

Figura 37. Riqueza (S) del Bentos por evaluaciones. Río Colorado. Noviembre 2013 - Mayo 2015.



En relación al Índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (%EPT), para los muestreos tan solo un valor registrado en Huasoroco fue ubicado en el rango superior (75 – 100) indicando la presencia de aguas de muy buena calidad. De los 35 valores reportados en total, 6 se agruparon en el rango de buena calidad (50 – 74), 10 en el rango de calidad regular (25-49) y 18 en el rango de aguas de mala calidad (0-24) (tabla 28) (Carrera y Hierro 2001). El orden Plecoptera fue muy escaso registrando una única especie en tres estaciones repercutiendo en los valores totales del índice EPT.

Tabla 28. Valores del Índice Ephemeroptera + Plecoptera + Trichoptera (%EPT) por evaluaciones y estaciones Río Colorado. Noviembre 2013 - Mayo 2015.

%EPT	HUASOROCO	KARENE	CUPODNE	CHISUE	COLORADO	PINKIRI
Nov-13	78	12	19	33	36	20
May-14	31	24	69	0	0	12
Jul-14	28	41	33	0	50	24
Sept-14	0	17	36	3	17	52
Dic-14	0	22	59	-	0	36
May-15	36	0	61	71	8	46

Peces

La riqueza total durante la evaluación fue de 98 especies para 9230 capturas, resultando más diversos los órdenes Characiformes, peces con escamas chicas sin espinas en las aletas con 56 especies y Siluriformes, bagres, peces de cuero con 30 especies. Los órdenes Clupeiformes (anchovetas), Myliobatiformes (rayas) y Pleuronectiforme (lenguados) fueron los órdenes menos representados (Tabla 29).

Tabla 29. Riqueza Total (S) de Ictiofauna por División. Río Colorado. Noviembre 2013 Mayo 2015.

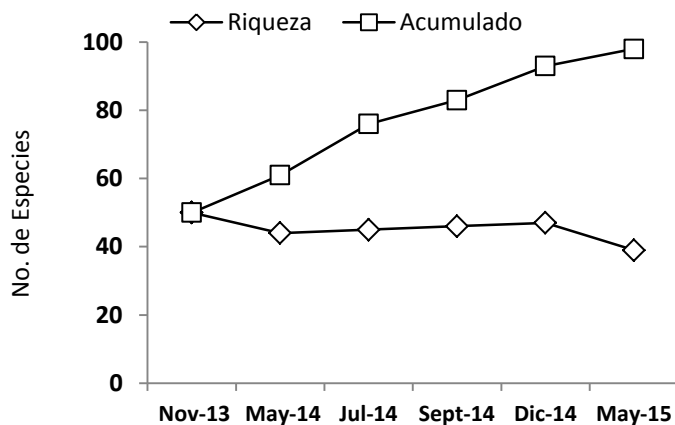
DIVISION	Riqueza total
CHARACIFORMES	56
CLUPEIFORMES	1
GYMNOTIFORMES	4
MYLIOBATIFORMES	2
PERCIFORMES	4
PLEURONECTIFORMES	1
SILURIFORMES	30
Total Especies	98

Por localidades, la mayor riqueza de especies se registró en Cupodne y la menor en Colorado (tabla 30). Durante las evaluaciones no se detectaron fluctuaciones importantes en términos de riqueza de especies, pero si en la cualidad de las mismas, así en arrastres en época de vaciante se registraron especies bentónicas como leguados y rayas. La representación de riqueza acumulada mostró una tendencia al incremento de especies indicando diferencias entre la diversidad registrada y la esperada al aumentar el esfuerzo de muestreo (Fig. 38).

Tabla 30. Riqueza Total (S) de Ictiofauna por División y estación de muestreo. Río Colorado. Noviembre 2013 - Mayo 2015.

División	HUASOROCO	KARENE	CUPODNE	CHISUE	COLORADO	PINKIRI
CHARACIFORMES	31	32	39	36	32	27
CLUPEIFORMES	1	1	0	0	0	0
GYMNOTIFORME	3	2	0	1	0	0
MYLIOBATIFORME	0	0	1	1	0	0
PERCIFORMES	1	1	4	4	2	5
PLEURONECTIFOR	0	0	1	0	0	0
SILURIFORMES	17	18	16	13	13	17
Total Especies	53	54	61	55	47	49

Figura 38. Riqueza (S) de Ictiofauna por evaluaciones. Río Colorado. Noviembre 2013 - Mayo 2015.



Discusión

El estudio de los factores abióticos indicó que para los tributarios la temperatura aumentó respecto del canal del río, mostrando una correlación directa con la influencia de la vegetación ripariana que genera una cobertura arbórea sobre el cauce. Así Pinkiri presentó valores más bajos que Cupodne y Chisue. Los pequeños tributarios Cupodne, Chisue y Pinkiri presentaron mayor afluencia de aguas lixiviadas del bosque circundante generando aguas de transición clara a negra bajando así los niveles de pH respecto a los demás cuerpos de agua del estudio (Sioli 1984).

El EISA para la extracción de hidrocarburos en el lote 76 solapando con la RC Amarakaeri, con esfuerzo de muestreo similar al presente (dos campañas en 2009-10), consideró las cuencas del Alto Madre de Dios, Inambari y el propio Madre de Dios reportando 127 especies para 9000 capturas. Este estudio se encuentran en el rango de los datos obtenidos en el presente estudio considerando que el muestreo del EISA tuvo mayor cobertura geográfica y gradiente altitudinal (300-800msnm).

Las zonas bajas del río, con mayor caudal, se encuentran cargadas de material vegetal en descomposición, procedente de la vegetación ribereña excedente de cabeceras capaz de abastecer a una mayor biomasa de peces

incrementándose así los valores de abundancia y riqueza (Vannote et al. 1980). En nuestro estudio el eje principal del río se muestreó a diferente gradiente altitudinal y así observamos como en la zona más alta considerada (Colorado) la riqueza de especies fue menor que aguas abajo (Karene), con mayor caudal tras recibir aportes de varios tributarios entre los que destaca el Río Cupodne. Esta característica se observó en nuestro estudio para las comunidades residentes de perifiton, peces y macroinvertebrados acuáticos.

La diversidad de la comunidad de peces se basó en principalmente en los peces con escamas (Characiformes) y los peces de cuero (Siluriformes), patrón habitual en distintas partes de la Amazonía predominando además el tamaño menudo a mediano (Ortega et al. 2010).

Cupodne y Chisue son tributarios que alternaron bancos de arena con material particulado y vegetación sumergida, ofreciendo ambientes con menor declive y caudal con velocidad más lenta. Esto posibilitó la existencia de mayor variedad de hábitats acuáticos y heterogeneidad de espacio y recursos siendo las estaciones con mayor riqueza de especies de peces (Welcomme 1985, Castro et al., 2005).

Se registró la presencia de peces de interés para el consumo de tallas medianas a grandes e incluso comercializables como *Pimelodus ornatus* (Bagre), *Pseudoplatystoma punctifer* (Doncella), *Hoplias malabaricus* (Huasaco), *Rhaphiodon vulpinus* (Chambira), *Leporinus friderici* (Lisa), *Prochilodus nigricans* (Bocachico), *Brycon melanopterus* (Sábalo) y *Salminus brasiliensis* (Sábalo macho), siendo bocachico y sábalo las más abundantes y distribuidas.

La diversidad registrada del plancton se sustentó principalmente en la variedad de Bacillariophyta (diatomeas) y Cyanophyta (algas azul-verdes) y Euglenophytas, (unicelulares flageladas) resultado similar al reportado en el Alto Madre de Dios (Araujo-Flores, 2012). Las diatomeas son indicadoras de calidad de sistemas lóticos, y su abundancia se suele correlacionar a la proximidad a las cabeceras de los ríos andino-amazónicos. Destacó como más diversa la estación Colorado siendo Chisue y Pinkiri las que presentaron menor riqueza de especies probablemente por ser los ríos más oligotrofizados donde la distancia a sus nacientes resultó menor.

En el bentos, el sumatorio de todos los índices EPT obtenidos por estación de muestreo indica a Cupodne como el cuerpo de agua de mejor calidad y Colorado el de menor puntuación. Los valores encontrados fueron muy dependientes de la época del año; vaciante deja al descubierto zonas más propicias para ser colonizadas por los macroinvertebrados, así se recomienda cotejar estos datos a lo largo de todo el monitoreo donde la disminución de los mismos en creciente no implica necesariamente aguas de peor calidad.

Tomando todos los análisis, la estación Cupodne evidencia el mayor grado de conservación mientras que Huasoroco presenta una mayor transformación generada principalmente por la actividad minera.

La finalidad de este proyecto es generar una línea base hidrobiológica para conocer cuál es la situación actual del área de estudio. Este tipo de estudios que integran datos fisico-químicos con índices biológicos en las comunidades acuáticas son un importante aporte en el conocimiento y manejo de los recursos hídricos. La base de datos generada nos ayudará a discernir entre fluctuaciones naturales de las que se puedan provocar por la acción del hombre como la minería, extracción de hidrocarburos y otras actividades que alteran las riberas.

V.- DISCUSION GENERAL

5.1- variables ambientales

El presente estudio ha recorrido la geografía de la cuenca del río Madre de Dios, con el objetivo de caracterizar las variables ambientales y su relación con las comunidades de peces principalmente. De esta forma se pretende describir los mecanismos que regulan este sistema en primer término, sin embargo este conocimiento también puede constituir una herramienta de diagnóstico ambiental que nos ayude a entender, explicar y predecir los procesos de cambio que de hecho se vienen registrando en la historia reciente de la región. Algunas zonas del departamento de Madre de Dios se encuentran sometidas a fuertes procesos de transformación como lo son la expansión de la frontera agrícola y urbana, el aprovechamiento forestal, la minería aurífera aluvial y la reciente construcción de la carretera interoceánica sur que acelera todos los procesos anteriores. 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.

Ante la imposibilidad de muestrear todos los cuerpos de agua de esta cuenca (95,749 km² ca. la quinta parte de España), el presente trabajo abordó el estudio siguiendo criterios de representatividad a la hora de ubicar las distintas localidades de muestreo. Así se obtuvo información de los cuerpos de agua más representativos presentes en la cuenca tanto en selva baja de llanura (zonas inundables y *terra firme*) como en el piedemonte Andino-Amazónico. Estos fueron el canal principal de ríos, tributarios menores (localmente denominadas “quebradas”) y los cuerpos de agua lénticos (lagos, cochas y aguajales).

Atendiendo a los parámetros físico-químicos registrados conviene recordar las grandes variaciones que sufren sus valores como consecuencia de la climatología. Fuertes lluvias esporádicas registradas que tienden a disminuir los valores de conductividad por ejemplo, dificultan las estimaciones de niveles basales y sugieren la necesidad de monitorear de forma más continuada las

distintas localidades. Sin embargo la logística y la inaccesibilidad de la mayoría de las ubicaciones muestreadas dificultan esta planificación a largo plazo. Fuertes friajes o lluvias acompañaron varios muestreos a lugares en los que no se pudo regresar (como los ríos Heath o Távvara en Tambopata), sin embargo la gran cantidad de información recopilada durante los cinco años de muestreo, nos permiten identificar tendencias y llegar a conclusiones fiables.

En general se correlaciona un aumento de la conductividad con un deterioro en las aguas -con mayor cantidad de sólidos en suspensión- sin embargo la geología de la cuenca jugó un papel importante determinado en gran parte de la carga iónica. Las diferencias geológicas entre los ríos que se originan en la llanura respecto a los de piedemonte con influencia de la cordillera andina, tuvieron implicaciones en los valores de conductividad medidos.

Este es el caso de los ríos Las Piedras, Tahuamanu y Acre cuyas nacientes se ubican muy próximas entre sí en el denominado Arco de Fitzcarrald, un sistema de cordilleras bajas geológicamente diferentes y más antiguas que los Andes (Espurt *et al.*, 2010). Estos ríos se ubican en una zona de transición entre *terra firme* y la gran llanura inundable con la mayor parte de su cuenca superando los 200m Los ríos Tahuamanu y Las Piedras presentan de forma natural mayores valores de conductividad que el resto de las cuencas de Madre de Dios pudiendo alcanzar los 200 μ s/cm. Además el río Las Piedras posee el tributario Pariamanu (en su margen derecha, próximo a su desembocadura con el Madre de Dios) donde se realiza minería aluvial a gran escala desde al menos el año 2008 lo cual generó un aumento de la turbidez que se correlaciona con la conductividad. Harían falta más estudios continuados para determinar que aporte depende de la geología y cual es antrópico.

Los valores de conductividad dependen de las sales y los iones disueltos del agua, que esta va adquiriendo a lo largo de su recorrido en las cabeceras andinas de la cuenca. Conforme el curso de agua va internándose en la llanura amazónica, esta va perdiendo su carga iónica y transfiriéndosela a la biomasa que constituye la vegetación ripariana (Galvis *et al.*, 2006).

De acuerdo con esta premisa, se observó una bajada de los valores de conductividad conforme bajamos por el canal principal de los ríos. Sin embargo, este gradiente se confirmó a gran escala, por ejemplo bajando el río Tambopata desde Puno o el río Tahuamanu desde la quebrada Canales (límite del Parque Nacional Alto Purus) hasta la carretera interoceánica próxima ya a la frontera boliviana.

El monitoreo en la RN Tambopata en la época seca del 2010 confirmó la disminución de la conductividad de los cuatro lagos muestreados respecto del canal del río. Para los lagos la conductividad se situó entorno a los $(25-2)\mu\text{s}$ 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. La principal fuente de sales e iones proviene del río, así que cuanto menos influencia presentó una cocha del río, menor resultó la conductividad registrada. En este sentido cabe destacar que el lago Treschimbadas (el más cercano al canal de río) presentó el mayor valor de conductividad mientras que Sachavacayoc, (el más alejado) tuvo la conductividad más baja. La maraña de bosque que atraviesa el agua del río para alcanzar el lago Sachavacayoc captó una elevada porción de las sales disueltas, predominando en el lago un tipo de agua clara con gran influencia de las precipitaciones. El lago Sachavacayoc además reportó la mayor transparencia de la cuenca del Tambopata. Del mismo modo el lago Condenado, presentó menores niveles de conductividad que Cocococha pese a estar más cerca al río. El lago Condenado es el más antiguo de todos los monitoreados y presenta un avanzado estado de colmatación, presentando gran parte de su espejo de agua ya invadido por la vegetación, explicando este evento (ver Apéndice 1, N. 19).

Los factores ambientales como la física química del agua o la disponibilidad de alimento condicionan la composición de las comunidades de peces (Gerson-Araújo 2009). La peculiaridad del medio acuáticos en Sachavacayoc propició la presencia de una comunidad de peces muy diferenciada de todas las registradas en el estudio, siendo este la única localidad que reportó la especie *Chilodus fritillus*, recientemente descrita en madre de Dios en la cercana microcuenca de Palma Real, afluente del Bajo Madre de Dios.

Puntualmente en el valle del Kosñipata-Alto Madre de Dios se observaron incidentes generando elevados niveles de conductividad achacables a suelos con una mineralogía singular en tres localidades (Pacchayoc, quebradas Piñi-Piñi y quebrada Amarilla frente a Mascuitania) donde se superaron los 200 μ s, muy por encima del promedio de esa cuenca.

El estudio registró una disminución esperable del pH en los cuerpos de agua de menor caudal, las quebradas tributarias de agua negra procedentes del bosque, con una mayor influencia de degradación de la materia orgánica procedente de la vegetación que acidifica el medio (Sioli et al., 1984). La mayoría del pH registrado en las cochas del Tambopata 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. Esta situación similar se reportó también en cocha Onda (Tahuamanu).

Como se explicó con anterioridad el río Malinowski, que es un área fuertemente impactada por la minería, presentó una elevada sedimentación y los valores más altos de temperatura y turbidez de todos los cuerpos de agua evaluados de la cuenca del Tambopata. La elevada corriente así como el tipo de sustrato del lecho (grava-canto rodado) presentes en la parte alta del río Tambopata favorecieron el aumento en los índices de oxígeno disuelto, mientras que su tributario el río Malinowski reportó los niveles más bajos de todos los ríos considerados en el estudio. El promedio en los niveles de oxígeno del río Malinowski registraron una bajada de medio punto respecto de los valores registrados en el 2003, así como una duplicación de los valores de conductividad (Barbieri 2005).

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 por 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 (Kirk 1994). En general una mayor concentración de oxígeno disuelto indica un cuerpo de agua más saludable.

Aguas arriba del Malinowski en las faldas de la primeras estribaciones de los Andes (1080m) se ubica una zona prístina, muy aislada y bien conservada que fue monitoreada durante 3 semanas en este estudio, su tributario el río Chocolatillo. Pese a que no se apreció ningún tipo de pasivo ambiental relacionado con actividad humana en esta zona de cabecera, es altamente probable que las actividades de minería que ocurren aguas abajo estén afectando a este tributarios de las cabeceras. Así en el Chocolatillo no se reportó la presencia de ninguna especie de talla media como bocachico, sábalo o bagres de consumo de la familia pimelodidae quizás esperables en esta cuenca (Chang 1998, Cañas 2007).

Situaciones de degradación similares al Malinowski se detectaron en otras zonas del estudio como el río Jayave (afluente del Inambari) y en menor medida el río Manuani (afluente del Malinowski), ambos ubicados en el corazón del corredor minero. Como se expuso en los resultados habitualmente estos procesos se correlacionan con un aumento en la presencia de metales pesados en sedimento, y de forma esporádica en la columna de agua. Un informe técnico de calidad de aguas realizado en la cuenca minera por parte de la Autoridad Nacional del Agua en el año 2010 reportó varios incidentes que superaron los niveles máximos permitidos (MINAM 2008) de los metales pesados Mercurio, Níquel y Cobre en el río Jayave. Es muy inusual detectar un metal pesado en suspensión en agua - siendo más habitual en sedimentos aluviales- debido a que su elevado peso específico lo hace precipitar rápidamente. Estos incidentes se achacan a la proximidad del foco de emisión, presumiblemente la actividad minera. Los volúmenes de material movilizados en la cuenca del Jayave para la actividad minera en relación con su bajo caudal sugieren una mayor entrada de metales al medio que normalmente permanecerían inmovilizados. Si bien es cierto que existen trazas naturales de estos elementos procedentes de la actividad volcánica y geotermal que se encuentran inmovilizados en su mayoría en el suelo (Biney et al., 1994), es probable que la actividad minera este generando esta situación; por adición directa de algunos metales y por la liberación de trazas geológicas removilizadas tras los trabajos de minería. El río Madre de Dios por ejemplo soporta mayor superficie dedicada a la minería que Malinowski, sin embargo el caudal de agua de este último es muy inferior acentuando esta situación.

Incidentes por presencia de mercurio en sedimentos del Malinowski se detectaron ya en el año 2003, donde superó los niveles permitidos en todas las ubicaciones consideradas desde su desembocadura en el Tambopata, hasta sus nacientes. Este estudio reportó pequeños ingenios dedicados a la minería de oro aluvial ubicados ya desde las nacientes de los ríos de la cuenca minera (ver apéndice 1, N 69).

La actividad minera o el represamiento de cursos de agua que se describen en este estudio son puntos críticos que afectan a las comunidades de peces (Habit et al., 2006, Brosse et al., 2011). Los sistemas hidrográficos cumplen un rol de conectores biológicos del paisaje y además estudios recientes revelan que la biodiversidad de las tierras bajas amazónicas dependen en gran medida de la preservación de las zonas de cabeceras (Carrara et al., 2012). La fluctuación en el caudal de la quebrada Jayave posibilita la migración de peces que ingresan desde el río Inambari para continuar su desarrollo biológico. Para tributarios con un bajo caudal, las actividades que implican mover grandes masas de tierra, pueden comprometer su continuidad, y de hecho ya se reportan zonas de la cuenca minera donde la transformación del paisaje degradó las condiciones a tal extremo que eliminó la presencia de peces. El río Dos de Mayo, en la localidad de Mazuko reportó peces por última vez en el año 2006 (EISA Walsh 2006) mientras que la quebrada Guacamayo tributario del río Inambari y paralela a la quebrada Jayave ya desapareció del mapa (Ver Apéndice 1, N73, 74 y 74).

En el estudio se realizó una caracterización del lago Huitoto, por aquel entonces impactado por la actividad directa de varias dragas mineras trabajando en su orilla. Esto generó una turbidez en el agua que afectó la producción de oxígeno por parte de las macrófitas acuáticas (plantas). Este aumento de la turbidez bajo las tasas de fotosíntesis y por lo tanto una disminución en su biomasa y consecuente bajada en la producción de oxígeno (Kirk 1994). Mediante el disco de secchi se reportaron valores menores de 10 cm, mientras que en otros lagos como Sachavacayoc o Condenado se acercaron al metro. Así se detectan

valores de oxígeno disuelto en agua superficial de 4.4 ppm en el norte del lago, próximos al yacimiento minero, mientras que otros estudios revelan que en los lagos de Madre de Dios próximos como Inambarillo y Cachuela nunca se baja de valores de 6.5 ppm para oxígeno superficial. En la estación de muestreo ubicada al sur de la isla se detectó unos niveles de 2.2 ppm de oxígeno en el fondo del lago (12m) que quizás explique la mortandad de peces que se produjo esa misma semana en el lago. Este hecho forma parte de un proceso natural que se da en los lagos de cierta profundidad en la cuenca del río Madre de Dios, al aparecer los primeros friajes del año por inversión térmica de los estratos de agua elevan a la superficie agua anóxica, mortal para gran variedad de peces. Sin embargo hay evidencias que indican que la actividad minera está interfiriendo en estos procesos.

5.2- ICTIOFAUNA

El estudio pretende describir las comunidades de peces para entender su dinámica, actualizando el conocimiento de esta ciencia en la cuenca de Madre de Dios en primera instancia, para finalmente concluir qué aspectos observados pueden ser aplicados para diagnosticar el estado de conservación de las aguas. Para ello se debe tener un inventario completo y fiable de las especies presentes.

El listado de especies que se muestra aquí es considerado como una contribución a la ictiofauna continental peruana, que con sus 1064 especies ocupa el 5° puesto a nivel mundial (Ortega et al., 2012). De las 528 especies que se reportaron en el presente estudio, se estimó en 22 los nuevos reportes para Perú cotejando con la lista anotada de peces de agua continental. Las especies son *Achiropsis nattereri* (Steindachner, 1876), *Apareiodon* sp., *Aphionichthys* sp, *Characidium bolivianum* (Pearson, 1924), *Characidium zebra* (Eigenmann 1909), *Cynopotamus gouldingi* (Menezes, 1987), *Distocyclus conirostris* (Eigenmann & Allen, 1942), *Galeocharax goeldii* (Fowler 1913), *Gymnorhamphichthys cf petit* (Géry & Vu-Tân-Tuê, 1964), *Imparfinis stictonotus* (Fowler 1940), *Knodus breviceps* (Eigenmann, 1908), *Knodus savannensis* (Géry, 1961), *Knodus septentrionalis* (Géry, 1972), *Knodus shinahota* (Ferreira & Carvajal, 2007), *Leporinus aff pearsoni*

(Fowler, 1940), *Moenkhausia cf intermedia* (Eigenmann, 1908), *Parodon aff nasus*, *Pseudocetopsis cf gobioides* (Kner, 1858), *Rineloricaria beni* (Pearson 1924), *Rivulus taeniatus* (Fowler, 1945), *Serrapinnus micropterus* (Eigenmann, 1907) y *Serrapinnus micropterus* (Eigenmann, 1907). Se incluyeron las identificaciones por confirmar (cf.), a nivel de género cuando el mismo estuviese ausente del listado oficial para Perú.

Las zonas del piedemonte andino amazónico albergan una mayor proporción de especies endémicas (Jacobsen 2008), muchas de ellas aun no descritas por lo que como se comentó anteriormente, en ocasiones resultó complicado determinar las especies debido al déficit de claves taxonómicas debiendo trabajar con morfoespecies en muchos casos. La descripción de especies nuevas para la ciencia puede ser un camino largo y complicado que implica identificar la morfoespecie, obtener un número razonable de individuos y contactar con el taxónomo interesado. Durante el estudio se pudo identificar varias especies potencialmente nuevas e incluso especialista de ese género, dispuestos a describirlas, sin embargo el número de especímenes recolectados no alcanzó la cantidad mínima necesaria. Esto ocurrió con una especie del género *Characidium* con dos ejemplares reportados en los valles interandinos de Kosñipata y Chocolatillo. También se reportó una nueva especie de *Crenicichla* en algunos lagos de la llanura. Otros géneros observados con potencial de albergar nuevas especies fueron *Astroblepus*, *Trichomycterus*, *Astyanax*, *Bryconamericus*, *Corydoras*, *Serrasalmus*, *Knodus*, *Bujurquina*, *Chaetostoma*, *Knodus*, *Hemibrycon*, *Ancistrus*, *Hyphessobrycon*, *Synbranchus*, *Gymnotus* y *Chrysobrycon*.

El estudio confirmó a los Characiformes como el orden predominante con nueve de las diez especies más distribuidas demostrando la mayor versatilidad y adaptación de este orden a los diferentes ambientes. Tan sólo se ausentaron de los ambientes en selva alta, donde su dominancia fue reemplazada por los Siluriformes (*Astroblepus* y *Trichomycterus*). Los géneros *Bryconamericus* y *Characidium* fueron los únicos que superaron los 1000m. Las cinco especies más abundantes también fueron Characiformes. Destacaron por su distribución y abundancia las especies *Knodus savannensis*, *Moenkhausia dichrourea*, *Pimelodella cristata*, *Thoracocharax stellatus* y *Astyanax bimaculatus*. Para los

demás órdenes tan solo *Eigenmannia virescens* (Gymnotiformes) se posicionó entre las especies más distribuidas y abundantes, mientras que *Crenicichla semicineta* (Perciformes) y *Pimelodella cristata* (Siluriformes) si entraron entre las diez especies más abundantes.

El análisis de la distribución de especies más representativas por tipos de masa de agua (río, quebrada o lago) reveló preferencias para algunas especies. *Knodus sp1*, *Aphyocharax pusillus*, *Thoracocharax stellatus* o *Eigenmannia virescens* se ubicaron principalmente en el canal de los ríos, mientras que *Hoplias malabaricus*, *Crenicichla semicineta*, y *Prochilodus nigricans* prefirieron los lagos. Ninguna de las especies más distribuidas ocupó preferentemente las quebradas.

Estas conclusiones tienen grandes implicaciones ecológicas y sociales debido al porte que poseen algunas de estas especies, siendo responsables de una buena parte de la biomasa de la comunidad, además de ser especies comerciales como *Hoplias malabaricus* (Huasaco) y *Prochilodus nigricans* (Bocachico) o de pesca de subsistencia como *Crenicichla semicineta* (Bocon, pejerrey) o *Astyanax bimaculatus* (Mojarra).

La especie más distribuida del estudio *Astyanax bimaculatus* no mostró preferencia por ningún hábitat repartiéndose por igual en lagos, ríos y quebradas. Esta especie generalista se registró hasta los 650m, siendo la más fácil de capturar en la zona de estudio debido a su gran capacidad de adaptación a la oferta trófica en cada localidad (Hartz et. al., 1996). La presencia de unas pocas especies de peces generalistas, (como *Astyanax bimaculatus*) con una elevada abundancia se correlaciona habitualmente con ecosistemas deteriorados o afectados por una perturbación natural como puede ser el estiaje en meandros o cochas temporales (Soto-Galera et al. 1998). En nuestro estudio se detectó la proliferación de esta especie en pozas y quebradas en proceso de desecación y también como especies no deseadas en explotaciones de acuicultura. También se detectaron otras especies muy resistentes a procesos de desecación en cochas y quebradas como *Gymnotus carapo*, *Hoplosternum littorale*, *Callichthys callichthys*, *Hoplerythrinus unitaeniatus* y *Trachelyopterus galeatus* y otros peces de pequeño porte en charcos estacionales como *Pyrrhulina vittata*, *Aphyolebias*

rubrocaudatus, *Moema pepotei* y *Rivulus cf christinae* todas ellas especies de interés ornamental.

La especie de Siluriforme más representativa fue otra generalista, *Pimelodella cristata* que se mostró exageradamente abundante en una localidad muy impactada ubicada en la playa del puerto pesquero de la capital Puerto Maldonado y en otras playas en el canal de los ríos siempre con sustrato fangoso (río Madre de Dios en el puerto de Laberinto).

Conviene resaltar la elevada presencia del orden Gymnotiformes (macanas, peces eléctricos) con 32 especies. La cuenca del Madre de Dios supone un excelente ubicación para el estudio de este orden taxonómico debido a su diversidad de habitats, así en la zona de Manuani -pese al grado de impacto que presentó- con un bajo esfuerzo de muestreo se llegaron a reportar 8 especies en tan solo 500m de tramo de río. El estudio indica que la macana *Eigenmannia virescens* es el gymnotiforme más abundante y distribuido, prefiriendo zonas de sustrato arenoso en ríos y quebradas. En muchas localidades supuso una importante porción de la biomasa total de peces. *E. virescens* se puede considerar un importante sustento para la cadena trófica, no en vano estos peces -al igual que las lagartijas- poseen la capacidad de perder y regenerar su cola como estrategia de escape frente a un depredador (Kirschbaum 1979). Por otro lado *E. virescens* resultó muy abundante en los monitoreos hidrobiológicos en la quebrada Jayave, por lo que parece acomodarse bien a la elevada turbidez y al deterioro de este entorno, detectándose su proliferación en otras zonas impactadas como el río Manuani y el Madre de Dios a su paso por la ciudad de Puerto Maldonado (Puerto Pastora). También resultó especialmente abundante en las playas arenosas y limosas de los ríos de selva baja los comúnmente denominados como “caneros” o peces parásitos (orden Siluriformes) que pueden generar problemas de salud a los bañistas.

En contraposición a las especies generalistas el estudio mostró que la gran mayoría de las especies estuvieron presentes en un número reducido de localidades; el 85% de especies se reportaron en menos de 20 localidades y un tercio del total de las 513 especies solo se reportó en un único lugar, uno o más individuos. Algunas de estas especies no resultaron muy habituales pero si

mostraron un amplio rango geográfico de distribución, asociándose con hábitats particulares. Entre estas especies tenemos por ejemplo a la piraña roja (*Pygocentrus nattereri*), carachama negra (*Pterygoplichthys disjunctivus*) o bacalao (*Pellona flavipinnis*) en lagos. El pez cuchillo negro (*Apteronotus albifrons*), sábalo cola negra (*Brycon melanopterus*), pez hacha (*Gasteropelecus sternicla*) o macana (*Platyurosternarchus macrostomus*) fueron detectados esporádicamente en quebradas muy alejadas entre sí como Tambopata y Tahuamanu. Esto nos indica que la metodología no permite detectar a todas las especies presentes, aun siendo abundantes como ocurre con especies bentónicas (lenguados), de actividad nocturna (macanas o atingas) o especies que buscan refugio en la espesura vegetal (algunas carachamas y peces gato). Sabemos de la presencia de especies en el canal de los grandes ríos -asociados a material vegetal residuo de las cabeceras- que resultó imposible de detectar o muy esporádico por requerir otras técnicas de pesca como arrastre de fondo, no aplicada en este muestreo (ejm. *Panaque spp.* o *Xyliphius spp.*).

Sin embargo aplicando el mismo esfuerzo de muestreo si se detectaron especies muy abundantes en lugares y ausentes de otros donde eran esperables. La especie de cíclido *Mesonauta festivus* resultó muy común y fácil de detectar a simple vista en todos los lagos de Tambopata y Sandoval (Madre de Dios), pero estuvo ausente en todos los demás lagos muestreados en Heath, Las Piedras y en Madre de Dios aguas arriba de Puerto Maldonado. Algo similar pasó con la especie de lisa *Chilodus fritillus* (Apéndice 2, N143), que tan solo se detectó en el lago Sachavacayoc y a la sardina *Parecbasis cyclolepis* (Apéndice 2, N77), solo detectada en el lago Treschimbadas-Tambopata y lago Valencia-Bajo Madre de Dios. Pero también en ríos encontramos este fenómeno, la especie de carachama *Lamontichthys filamentosus*, solo se reportó en dos localidades muy próximas entre sí, los ríos Las Piedras y Manuripe donde resultó ser muy abundante. Ambos ríos nacen en un sistema de cordilleras bajas y fluyen en paralelo un largo tramo.

Estas circunstancias evidencian que el número de peces esperable en la cuenca del Madre de Dios es muy superior a las 528 especies reportadas en este estudio, superando también las 770 especies que se alcanza unificando nuestro

trabajo con la bibliografía. Un estudio exhaustivo llevado a cabo en una zona de selva baja, el río Los Amigos (287 especies para 27,846 capturas) concluyó que la mitad de estas especies se encontraron en 25km² estimando en 600 las especies presentes en la zona de estudio (Goulding et. al., 2003).

En este estudio se propone un grupo de especies índice, bien por su elevada tasa de distribución o bien por poseer alguna cualidad que ayude a explicar las características y/o las transformaciones que se están produciendo en los cuerpos de agua. Como indicamos con anterioridad, las comunidades acuáticas alto andinas poseen adaptaciones a las condiciones abióticas extremas que las hace más vulnerables al cambio climático, pudiendo servir de indicadores (Schaefer et al., 2011).

Factores ambientales como la física química del agua y la disponibilidad de alimento condicionan la composición de las comunidades de peces (Gerson-Araujo 2009). El estudio reveló diferencias significativas entre la composición de especies en las comunidades en agua clara frente a las presentes en agua blanca, mientras las comunidades ubicadas en agua negra, principalmente quebradas de llanura se ubicaron en un lugar de transición entre ambas. En campo se observó las grandes diferencias entre las aguas claras próximas al piedemonte y las aguas blancas cargadas con sedimentos en la llanura. Entre las comunidades de agua clara se observó una mayor proporción de especies que dependían de la vista para su alimentación, principalmente cíclidos (bujurquis), o especies raspadoras del perifiton que prolifera en el lecho rocoso, como loricáridos (carachamas) y algunos carácidos (sardinas y mojarras). En selva baja el agua turbia y el lecho areno-limoso propician la presencia de especies detritívoras, carroñeras o parasitas -primando su sentido táctil para alimentarse- que aprovechan la mayor proliferación de la biomasa íctica que genera nuevos nichos ecológicos, encontrando más especies de Siluriformes como loricaridaos (carachamas) y pimelodidos (bagres, peces gato). Son en este medio donde los medianos y grandes bagres migratorios (pimelodidos) de importancia en pesca comercial y de

subsistencia, los que asumen la mayor parte de la biomasa de la comunidad de peces.

Los cambios que se producen en las corrientes de agua por la presión de la minería afectan a la conectividad y en este sentido los bagres y en general las especies migratorias nos indican el estado de conservación y fluidez de intercambio entre la quebrada y los grandes ríos. Monitorear la presencia-ausencia de este grupo de especies y sus índices comunitarios sería una herramienta para diagnosticar el grado de conectividad. La eventual desaparición de este grupo de especies tendría profundas repercusiones en la comunidad. La quebrada Jayave ya se encuentra en un estado avanzado de transformación donde especies migratorias, antaño presentes como el *Pimelodus ornatus*, ya resultan difíciles de detectar. Otra información relativa al estado de conservación de la quebrada Jayave es la desaparición de otra especie de carachama adaptada a corrientes de agua clara y sustrato rocoso, *Chaetostoma lineopunctatum*, desde hace casi una década. Un agravante a esta situación de deterioro es la existencia en el entorno de ríos y quebradas que bien han perdido la comunidad de peces (Dos de Mayo) o han desaparecido completamente del mapa (Guacamayo).

El estudio observa una correlación esperable entre el gradiente altitudinal y la riqueza y abundancia de peces. En el piedemonte las comunidades son completamente diferentes a las de selva baja, concurriendo aquí las que se adaptan mejor las condiciones de cabecera de cuencas, es decir sustratos rocosos con aguas más claras y elevada corriente (Maldonado et al., 2010, Albert et al., 2011). Nuestro estudio a lo largo del gradiente altitudinal describió la disminución de la riqueza de especies conforme se incrementaron los muestreos en la altura, para un rango considerado de 2400-180m. Los datos nos revelaron que en Madre de Dios sólo 118 especies superan los 500m, que es considerado el inicio del piedemonte Andino-Amazónico (Jacobsen 2008). Al aumentar el gradiente altitudinal tan solo se contabilizan 12 especies que se ubican entre 1000-1500m y finalmente solo dos géneros (*Astroblepus* y *Trichomycterus*) alcanzaron el techo del estudio ubicado a 2200m.

Ubicando nuestro estudio en el contexto geográfico neotropical vemos que por encima de los 2200m se registran tan solo 6 especies en Colombia y 17 en

Ecuador (Maldonado et. al. 2011). El macizo altoandino en general alberga una baja diversidad de especies de peces, con un alto grado de endemismos, contabilizando 311 especies por encima de los 1000m para todo el neotrópico en Ecuador, Colombia, Perú y Bolivia (Albert et. al., 2011). Los géneros *Astroblepus* y *Trichomycterus* explican la mayor diversidad de especies altoandinas. En cuanto a estudios en la altura, Perú es el país más diverso del Neotrópico contabilizando al menos 61 especies nativas por encima de los 1500m, siendo el género *Orestias* el responsable de casi la mitad de esta diversidad (Ortega & Hidalgo 2008). Este género (presente sólo en Perú y Bolivia), que se especializa y prolifera en ambientes acuáticos Altoandinos superando los 3000m, presenta un alto grado de endemismos. Estos ecosistemas no se encuentran en nuestra cuenca. La baja riqueza de especies lleva asociado un elevado grado de especies endémicas – adaptadas a condiciones abióticas extremas- muchas de ellas aun no descritas debido a la falta de estudios en el piedemonte andino (Maldonado-Ocampo et al., 2005).

En el caso de las comunidades de peces, las bruscas alteraciones junto a la baja carga de material orgánico presentes en el cuerpo de agua relacionada con la disponibilidad de alimento, determinan la estructura de estas comunidades presentando bajos niveles de riqueza y abundancia (Lowe-McConnell 1987, Gerson-Araujo 2009). Las condiciones de física-química del agua producen la alteración de las comunidades de peces en espacios muy cortos (Jaramillo-Villa et al., 2010, Ostrand y Wilde 2002). En nuestro estudio este fenómeno se acentúa más en las partes más elevadas. Conversaciones con comuneros en el valle de Kosñipata (Alto Madre de Dios), nos indicaban que fuertes temporales producían corrimientos de tierra que “vacían” el río de pescados de forma periódica. Así los peces que recolonizaban primero resultaron ser *Astroblepus* y *Tricomycetus*, mientras que los carácidos demoraban más en regresar (*Bryconamericus* principalmente).

Pese a la gran variedad de valles interandinos existe un patrón de comunidades de ictiofauna que se repite a lo largo del piedemonte y que se confirma en este trabajo (Géry 1977). Nuestro estudio y otros muestreos realizados en diversos valles de la cuenca del Madre de Dios como Távara-Tambopata, Chocolatillo-Tambopata, Marcapata-Inambari y Kosñipata-Alto Madre de Dios

presentan los mismos géneros; *Astroblepus*, *Trichomycterus*, *Characidium*, *Creagrutus*, *Bryconamericus*, *Hemibrycon*, *Ancistrus*, *Parodon*, *Knodus* y *Charax*. (Chang 1998, Palacios y Ortega 2009, Lujan et al., 2013, R. Miranda com. pers.). Tras nuestra observación en campo llegamos a la conclusión que, si bien estudios genéticos puedan concluir la presencia de diferentes especies debido al aislamiento, sin embargo morfológicamente las especies son muy similares a excepción de los géneros *Astroblepus* y *Trichomycterus*. En el estudio se observó como el canal de grandes ríos como el Alto Madre de Dios parecían constituir una barrera para pequeñas especies como *Monotocheirodon*, *Creagrutus* e incluso *Astroblepus* y *Trichomycterus*. Así se observaron en pequeños tributarios comunidades muy diferentes dependiendo del margen del río en el que se dispusieran.

El estudio de especies reportadas por rango altitudinal indicó que al incrementar el gradiente, la riqueza de especies disminuirá y un aumento en el esfuerzo de muestreo, no se acompañó de un mayor número de especies reportadas. Estos datos son muy valiosos para diseñar planes de manejo o de monitoreo de cuerpos de agua en el gradiente altitudinal, ayudándonos a definir el número de localidades por rango altitudinal para economizar el esfuerzo, y obteniendo resultados fiables en estudios a largo plazo. Del mismo modo el estudio confirmó al canal de los grandes ríos como el principal factor que explica la diversidad de especies reportadas. Por otro lado los tributarios fueron los depositarios de la mayoría de la riqueza específica por encima de los 500m, principalmente porque se registraron más localidades en tributarios a esa altura.

Dentro de este estudio se realizó un monitoreo con similar esfuerzo de muestreo (5 días de trabajo en campo) considerando la orilla del río Alto Madre de Dios y pequeños tributarios en dos ubicaciones diferentes (Villa Carmen en Pilcopata y Mascuitania frente a Salvación a 510 y 460m respectivamente). El número de especies reportadas fue la misma (44) para un similar número de individuos (527 en Villa Carmen y 463 en Mascuitania). Sin embargo el mismo esfuerzo de muestreo aplicado en el entorno de Quincemil (Valle de Marcapata-Inambari) a 560m reportó 52 especies para 620 capturas, dando la sensación de ser más diverso que el valle del Alto Madre de Dios.

Se reportó una fuerte estacionalidad generando comunidades de peces diferenciadas en la misma localidad en función de la época del año en que se muestreó. Durante la época de lluvia las condiciones suelen trasladar a los peces de su hábitat habitual desorientando y facilitando su captura (Rincón 1999). Así se constató que el estudio continuado en el tiempo de un río o quebrada, abarcando varias épocas del año, generará mayor riqueza de especies que si se intensifica el esfuerzo de muestreo aumentando el número de localidades a lo largo de un gradiente altitudinal en el mismo muestreo. Así tenemos la quebrada Jayave (un curso de agua de 60km entre 420-210m, tributario del río Inambari) que acumuló 5 monitoreos desde el año 2009 para 5 estaciones reportando 85 especies para 1285 capturas. Por otro lado el río Inambari reportó 52 especies en un único muestreo con un gradiente de 1100-350m y 22 estaciones. Otro trabajo en el mismo río Inambari listó 140 especies y 5500 capturas para un gradiente de 4300-200msnm en un único monitoreo considerando 41 localidades, sin embargo este último reporte presentó un mayor esfuerzo de muestreo combinando métodos tradicionales con pesca eléctrica (Lujan et al. 2013).

Los lagos presentaron el mayor rendimiento en términos de abundancia de individuos, donde la riqueza de especies fue menor y las comunidades estuvieron más desbalanceadas con predominancia de unas especies sobre otras. Estos constituyen un importante reservorio pesquero que requiere un mayor nivel de conocimiento, y que han recibido escasa atención hasta el día de hoy. Fenómenos como los friajes que generan mortandad de peces todos los años en ambientes lacustres merecen mayor atención desde el punto de vista científico. Estudios de la estratificación del agua en los grandes lagos nos podrán dar una valiosa información que puede tener implicaciones en el sector productivo. Los lagos en el río Tambopata muestreados en el periodo de una semana mostraron un número similar de especies para un esfuerzo similar (mallas de arrastre, tramperas y anzuelos) oscilando entre 19-25 especies en los lagos Sachavacayoc y Cocococha respectivamente.

Al analizar los resultados del muestreo de peces en relación al orden hidrológico de jerarquía de afluentes de Strahler, se observó una correlación directa esperable entre el orden del afluente con la riqueza y abundancia de

especies (Fausch et al., 1984). El gradiente altitudinal no explica todas las variaciones de los índices comunitarios registrados para la ictiofauna. Este índice de Strahler se relaciona con el número de tributarios que un río posee aguas arriba habitualmente correlacionado con el caudal. Así se tienen en cuenta las diferencias obvias entre ríos tan distintos como Chocolatillo o Manu que se encuentran a la misma altura.

El estudio describió un incremento en el rendimiento del monitoreo en términos de riqueza y abundancia hasta el orden 5. Sin embargo los índices bajan y se estabilizan igualándose para 6 y 7. El río Madre de Dios es el único curso considerado en el estudio de orden 7, mientras que el orden 6 está representado por los ríos Tambopata, Manu, Alto Madre de Dios e Inambari. Los ríos de orden 5 fueron de menor caudal y anchura en donde los métodos de pesca fueron más efectivos al poder abarcar mayor porción del cauce, inviable e incluso peligroso en ríos de mayor anchura. Esta limitación del estudio no se corresponde con la realidad ya que los ríos mayores van a tener una mayor riqueza y biomasa de peces.

El concepto de río continuo (Vannote et al., 1980) explica que en la parte alta de las cuencas hidrográficas 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 -excedente de las cabeceras- es capaz de abastecer a una mayor biomasa de peces incrementándose así los valores de abundancia y riqueza. Así un curso de agua con un menor recorrido desde la cabecera, soportará menor riqueza y abundancia que un gran río de llanura. Este fenómeno se confirmó en este estudio en playas en ríos de llanura como el Tambopata, Tahuamanu o Las Piedras donde es habitual superar las 20 especies y 200 capturas por estación de muestreo. Al internarnos en la llanura se registra una mayor variedad de hábitats acuáticos y heterogeneidad de espacio y recursos presentando una mayor riqueza de especies de peces (Welcomme 1985, Castro et al., 2005). Siguiendo esta premisa y pese a la gran diversidad de peces detectada en nuestra zona de estudio, al descender por la cuenca del Amazonas, la riqueza de especies irá aumentando siendo máxima en la ecoregión de la Amazonía Occidental, la llanura inundable (varzea) próximos a la confluencia del río Negro y el Amazonas y las fronteras Perú, Brasil y Colombia

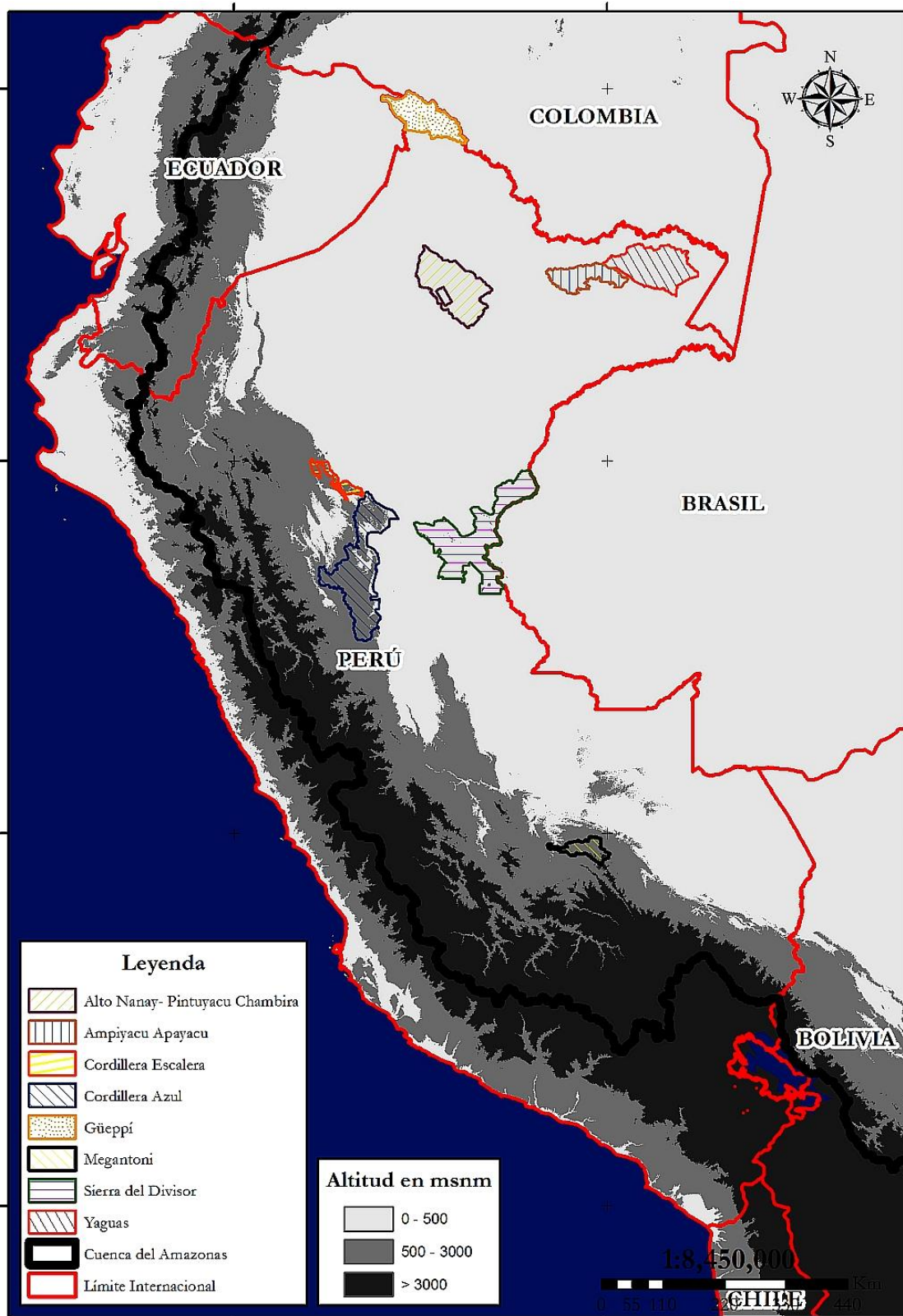
(Albert et. al. 2011). A modo ilustrativo mencionar que un esfuerzo de muestreo de 3 semanas reportó 64 especies en las nacientes del río Malinowski-Chocolatillo (WCS 2015), 144 especies en el río Las Piedras, (Carvalho et. al. 2012), mientras que ya fuera del área de estudio, el mismo esfuerzo reportó 290 especies en los ríos Yaguas y Cotuhé en la selva baja peruana de Loreto próxima a Leticia, frontera con Colombia (Pitman et. al. 2011).

La diversidad de peces reportados en varias Áreas Naturales Protegidas de Perú así como otras zonas de interés para la conservación se correlacionan con el piso altitudinal en el que se ubiquen. Así el lugar más diverso se ubicó en Yaguas y Yavarí ambos en la llanura con 337 y 240 respectivamente, mientras que las ANPs menos diversas fueron Megantoni y Cordillera Escalera ubicadas a mayor altura con 22 y 33 especies respectivamente. (M. Hidalgo com. pers., Tabla 31, Mapa 14).

Tabla 31. Diversidad de peces en varias ANP de Perú y otras áreas de interés para la conservación

Área	Riqueza total
Yahuas-Cotuhé	337
Yavarí	240
Ampiyacu-Apayacu	207
Güeppí	184
Cordillera Azul	160
Alto Nanany-Pintoyacu-Cambira	154
Sierra del Divisor	109
Cordillera Escalera-Loreto	30
Megantoni	22

El sector pesquero evidencia una falta de manejo eficiente por parte de las autoridades. Este viene registrando una serie de cambios relacionados quizás con la sobrepesca o con las transformaciones que se vienen registrando aguas abajo como la concentración de proyectos de represas en el eje fluvial Beni-Madeira. Especies de grandes bagres migratorios están comenzando a escasear y otras especies de menor preferencia para el consumo están empezando a sustituir a las que están desapareciendo del mercado.



Mapa 13. Ubicación de ANPs y otras áreas de interés para conservación con inventario de peces en Perú y su ubicación en el gradiente altitudinal.

Es llamativo como durante todo el estudio no se registró ningún ejemplar de gamitana (*Colossoma macropomum*) fuera de las pozas de acuicultura y otros ejemplares de especies antaño más comunes como el pez torre (*Phractocephalus hemiliopterus*) o el saltón (*Brachyplatystoma filamentosum*). En este estudio se actualizó el listado de especies presentes en el mercado constatando variaciones respecto de años anteriores. También se presenta un listado de especies de pescados importantes en el consumo de subsistencia, habitualmente obviados en las estadísticas oficiales (ver anexos).

En el presente trabajo se aportan varias evidencias del deterioro ambiental que se está produciendo en los cuerpos de agua, relacionados principalmente con la expansión agrícola y la actividad minera. Existen zonas fuertemente impactadas como los ríos Dos de Mayo (Mazuko) y Guacamayo como consecuencia de la actividad minera explicado por las variables ambientales y donde las comunidades de peces ya no funcionan como herramientas de diagnóstico por carecer de ellas. Otras zonas presentan impactos medibles, que nos ayudan a entender cómo las comunidades de peces pueden explicar esos cambios en lugares tan dispersos en la geografía como el lago Huitoto, la quebrada Jayave y el río Malinowski, todos ellos ubicados dentro de la denominada cuenca minera de Madre de Dios.

Este deterioro ambiental está comenzando a tenerse en cuenta a nivel gubernamental porque ha pasado a ser un problema de salud pública afectando a la población. Se detecta presencia de mercurio, derivado de la actividad minera, en productos de consumo y la población está registrando ya índices superiores a los permitidos por la organización mundial de la salud. Las especies piscívoras y migratorias que presentan un mayor rango de movilidad en el río, abarcando áreas alejadas con actividad minera, son las de mayor preferencia por el consumidor y a la vez las más impactadas. Es difícil explicar cómo especies estrictamente herbívoras que habitan sistemas acuáticos cerrados y remotos como lagos en un área alejada de la minería como el río Tahuamanu, presentan niveles de mercurio. La explicación podría ser que ejemplares de peces migratorios contaminados traen el mercurio y al descomponerse o ser alimento de otros organismos ceden su mercurio a la cadena trófica. Además como se viene

observando desde principios de la década de los 90, el mercurio viaja a través del aire y precipita con la lluvia en áreas alejadas del foco de emisión, contaminando a especies de peces locales en áreas prístinas como el Parque Nacional del Manu (Gutleb & Shenck 1993).

En contraposición, el tramo norte de la carretera hacia Brasil, que recorre áreas dedicadas a la explotación agropecuaria y de recursos forestales, libre de minería, presenta una población más saludable en términos de contaminación por mercurio.

VI.- CONCLUSIONES

Se caracterizaron las variables ambientales en los principales microhábitats naturales, discriminando por subcuencas. Por otro lado también se describieron localidades con diferente grado de transformación por el impacto antropogénico.

Las comunidades de peces en la cuenca Andino-Amazónica del río Madre de Dios presentan zonas con un elevado grado de conservación, e índices de diversidad de relevancia a escala planetaria. La diversidad de su orografía presenta una gran heterogeneidad de comunidades acuáticas, muy dependientes del gradiente altitudinal y de las características de los cuerpos de agua.

El estudio describió especies clave que pueden ayudar a diagnosticar el estado de conservación de los cuerpos de agua. Se proponen un grupo de especies siguiendo criterios de dispersión geográfica, otras tolerantes a la degradación del medio y por último especies sensibles que se relacionan con cuerpos de agua bien conservados.

De las 528 especies que se reportaron en el presente estudio, se estima que 22 especies fueron nuevos reportes para Perú y varias especies potencialmente nuevas para la ciencia principalmente en el piedemonte y en el bosque inundable. Las comunidades en el piedemonte resultaron menos diversas pero completamente diferentes que en la llanura. En humedales de difícil acceso en el interior del bosque de llanura en selva baja (aguajales y charcos temporales), también se constató un vacío de información y déficit en el conocimiento de la taxonomía de las especies al igual que en el piedemonte.

La actividad pesquera necesita de un manejo coherente por parte de las autoridades, en la que se viene observando un deterioro de la calidad del

desembarco en los últimos años. Se constató un mayor rendimiento pesquero en lagos respecto de los cuerpos lóticos donde la riqueza de especies fue menor y las comunidades estuvieron más desbalanceadas con predominancia de unas sobre otras. Y por último se detectaron incidentes de contaminación por mercurio en las principales especies de consumo que están afectando más a la población rural, que a la urbana, y principalmente a la población nativa presumiblemente por sus hábitos de consumo de pescado.

Se describieron algunos eventos negativos relacionados con el cambio climático y el recurso pesquero principalmente y se describieron en que aspectos puede afectar este fenómeno en la comunidad de peces.

Y por último se identificaron diversas áreas degradadas por el hombre, como el entorno urbano y sobre todo las zonas impactadas por la minería aurífera aluvial, el principal problema ambiental que pesa sobre la cuenca de Madre de Dios. En estas zonas se caracterizaron las variables ambientales y su relación con las comunidades de peces. Se describen localidades donde la comunidad de peces ha desaparecido completamente por la actividad minera.

VI.- CONCLUSIONS

Environmental variables were characterized in major natural microhabitats discriminating by sub-riverbasin. Moreover locations with different degree of transformation by anthropogenic impact were also described.

Fish communities in the Andes-Amazon basin of Madre de Dios have areas with a high degree of conservation, and diversity index of relevance on a global scale. The diversity of its geography presents a great diversity of aquatic communities, highly dependent on the altitudinal gradient and the characteristics of the water bodies .

The study outlined key species that can help diagnose the condition of water bodies. A group of species geographic dispersion following criteria are proposed, other tolerant environmental degradation and ultimately susceptible species are associated with well-preserved bodies of water.

528 species that were reported in this study, it is estimated that 22 species were new records for Peru and several potentially new species for science mainly in the piedemonte and the lowland rainforest. The communities in the foothills were less diverse but completely different than in the plain. Inaccessible wetland inside the forest lowland plain (aguajales and temporary pools), an information gap and deficit was also found in the knowledge of the taxonomy of the species as in the foothills .

Fishing requires a coherent management by the authorities, which has been observed a deterioration of the quality of the landing in recent years. A higher fish yield were found in lakes regarding lotic bodies where species richness was lower and communities were more unbalanced with predominance of some over others. Finally pollution incidents were detected mercury in major consumer species that are affecting more to that rural to urban population and the native population mainly presumably by their consumption of fish.

Some adverse events related to climate change and the fisheries resource were described. Primarily on aspects that can affect this phenomenon in the fish community.

And last several areas degraded by man, as the urban environment and especially the areas impacted by the alluvial gold mining, the main environmental problem hanging over the Madre de Dios basin were identified. In these areas the environmental variables and their relationship with fish communities were characterized. Locations where the fish community has completely disappeared by mining are described.

IX.- AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha extendido bastante en el tiempo y en el espacio, implicando a un inmenso grupo humano sin el cual no hubiese sido posible llegar a ninguna conclusión. Confío en que sepan perdonarme aquellas personas que siempre se olvidan mencionar.

En primer lugar agradezco, el interés mostrado hacia mi trabajo y la confianza depositada durante todo el proceso a mi director de tesis y catedrático José Prenda Marín (Universidad de Huelva). Con él empezó esta “locura” de romper con todo y venirme a pescar a la selva de Perú.

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

Al docente Mishari García Roca (Unamad), por su apoyo institucional y al Instituto de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente (INRENMA) dentro de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD) por la financiación para la realización del trabajo de calidad de aguas en el entorno urbano de Puerto Maldonado.

A Junior Chuctaya miembro también del grupo de investigación del Museo de San Marcos, por sus consejos y ayuda en la identificación de la ictiofauna y por las horas que pasamos respirando formol en mis primeros meses en Perú.

A Ronald Mendoza por su continuo y desinteresado apoyo con el SIG, al igual que Adrian Ramos, por su apoyo con la estadística y buenos consejos.

Al biólogo PhD Carlos Cañas por la revisión y valiosos comentarios. A los especialistas Max Hidalgo (Peces), Diana López (Plancton), Vanesa Meza (Peces), Dario Faustino (Peces) Roberto Quispe (peces) por el aporte de sus trabajos en la RC Amarakaeri, Miguel Velazquez (peces) y Jorge Peralta (Bentos) todos ellos San Marquinos.

Al biólogo PhD Rafael Miranda, Ibon Tobes Sesma y Andrea Pino del Carpio (Universidad de Navarra-España) por sus datos y darme la oportunidad de muestrear con eléctrica en el valle del Alto Madre de Dios.

A la Wildlife Conservation Society (WCS) y su personal en Lima, en especial a PhD Renzo Piana (ahora en ACCA) y Steven Sevillano por la oportunidad de trabajar en Chocolatillo. A los comuneros de Infierno que nos apoyaron en las labores de campo y a mis asistentes Emerson Leao Gutiérrez y Jesús Alférez Flores por su entrega, dedicación y buen humor persistente durante todo el monitoreo.

Agradezco las indicaciones para la identificación de los ejemplares del genero *Characidium* a PhD Paulo A. Backup -Departamento de Vertebrados Museu Nacional Río de Janeiro, Brasil y PhD Carla S. Pavanelli -Fundação Universidade Estadual de Maringá, Brasi, las indicaciones para la identificación de los ejemplares del genero *Hypostomus* a PhD Jonathan W. Armbruster -Department of Biological Sciences, Auburn University USA

Al Proyecto Especial Madre de Dios y a su personal en Puerto Maldonado, en especial a Héctor Vilchez por la financiación para la realización del estudio climático en pesquerías., la Dirección Regional del Ministerio de la Producción en Puerto Maldonado y en especial al Biólogo Eusebio Carpio. Al personal del Instituto de Investigacion de la Amazonia Peruana (IIAP) en Puerto Maldonado y en especial al técnico Gustavo Pereyra Panduro. Al técnico Fidel Pomiano por su apoyo desde la oficina de FONDEPES en La Cachuela. Al emprendedor Elías Cardozo por permitirme conocer sus instalaciones de acuicultura y por su paciencia. Al biólogo Msc. Olger Mochcco Muñoz por su tiempo y valiosas recomendaciones.

A los pescadores del lago Valencia Salustiano Segundo Chávez Cárdenas, Jessica Guevara Macuyama, Ubert González Aquino, Hernán Huallahua Sinti y Jelmer Romel Maileva Vargas, Edwin Enrique Vela Pinedo y en especial al pescador comercial más veterano de Madre de Dios Gustavo Huayahua Huesembe. A los pescadores de Iberia David Nishida Añez, Candelaria Añez Dos Santos, Maria Nelva Chapiama, Pura Ventura Tirina, Freddy Cáceres Moreno, Rudy Leon Valdez, Teresa Ruiz Quispe y en especial a mi amigo Antonio López Espinoza. A los pescadores de Puerto Maldonado Victor Apucusi Zegarra, Emilio Perdomo Pacaya, Martin Gaona

Díaz, Aquiles Palomino Huipa y Zacarias Mandujado Quispe y a todos los pescadores y personas que han participado en los talleres. A los comuneros de Puerto Arturo, especialmente al señor Wilber, a Sergio y su familia en el lago Tupac Amaru.

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

VIII.- BIBLIOGRAFIA

- Abell, R., M.L. Thieme, C. Revenga, M. Bryer, M. Kottelat, N. Bogutskaya, B. Coad, N. Mandrak, S.C. Balderas, W. Bussing, M.L.J. Stiassny, P. Skelton, G.R. Allen, P. Unmack, A. Naseka, R. Ng, N. Sindorf, J. Robertson, E. Armijo, J.V. Higgins, T.J. Heibel, E. Wikramanayake, D. Olson, H.L. Lopez, R.E. Reis, J.G. Lundberg, M.H.S. Perez and P. Petry. 2008. Freshwater Ecoregions of the World: A New Map of Biogeographic Units for Freshwater Biodiversity Conservation. *BioScience*. Vol. 58 No. 5: 403-414.
- Alba-Tercedor, J. & Sánchez-Ortega, A. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*, 4: 51-56.
- Albert, J.S., Petry, P. & Reis, R.E. 2011. Major biogeographic and phylogenetic patterns. Historical biogeography of neotropical freshwater fishes (ed. by J.S. Albert and R.E. Reis), pp. 21-57. University of California Press, Berkeley, CA.
- Alexandre, V. A., Esteves, K. E., & Moura & Mello, M. A. M. 2010. Analysis of fish communities along a rural-urban gradient in a neotropical stream (Piracicaba River Basin, São Paulo, Brazil). *Hydrobiologia*, 641, 97-114.
- ANA 2010. Auoridad Nacional del Agua. INFORME TÉCNICO N° 173 - -ANA-DGCRH
- Andersen A, Julshamn K, Ringdal O, Mørkøre. 1987 Trace elements intake in the Faroe Islands. II. Intake of mercury and other elements by consumption of pilot whales (*Globicephalus meleanus*). *J. Sci Total Environ Sep*;65:63-8.
- Anderson, E.P. & Maldonado-Ocampo, J.A. 2011. A regional perspective on the diversity and conservation of tropical Andean fishes. *Conservation Biology*, 25, 30-39.
- Anzola R. & Pinilla G. 1994. El subsistema litoral de pequeños lagos artificiales en la microcuenca de la quebrada La Playa (Caldas, Boyacá) En: Pinilla, G. ed. Memorias del Taller Seminario Taller de Limnología “Investigaciones Limnológicas recientes en Ecosistemas Acuáticos Tropicales”.

- Diciembre 1 y 2 de 1994. Ed. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (Colombia). 1994. p. 102-123.
- Arana M. y Chang, J. 2005. Evaluación de los Pasivos Ambientales de la Minería del río Malinowski en la Reserva Nacional Tambopata y su Zona de Amortiguamiento. Informe de consultaría
- Arango MC, Roldán G. 1983. Odonatos inmaduros del departamento de Antioquia a diferentes pisos latitudinales. *Actualidades Biológicas*, 12: 91-105
- Araújo-Flores, J. 2010. Informe Hidrobiológico Reserva Nacional Tambopata y Parque Nacional Bahuaja-Sonene (Época Seca 2010) Plan Maestro 2013 AIDER-SERNANP
- Araújo-Flores, J. 2011. Impactos de la represa Inambari en las Pesquerías. “Cabildo Abierto” - Puno: www.noticiasser.pe/11/05/2011/informe/impactos-de-la-represa-inambari-en-la-pesqueria
- Araújo-Flores, J. 2011. Proyecto Hidrobiológico Río Tahuamanu – Madre de Dios – PERÚ. USAID, Universidad de Florida, Proyecto especial Madre de Dios.
- Araújo-Flores, J. 2012. Estudio hidrobiológico en la concesión de conservación Villa Carmen – Pilcopata (ACCA) Cusco y Madre de Dios, Perú. Informe Técnico, Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica (ACCA) 64 p.
- Araujo-Lima C, Ruffino ML. 2003. Migratory Fishes of the Brazilian Amazon. In: Carosfeld J, Harvey B, Ross C, Baer A (eds.) *Migratory Fishes of South America: Biology, Fisheries and Conservation Status*. Ottawa. The World Bank; 2003. p233-302.
- Ashe K. 2012. Elevated mercury concentrations in humans of Madre de Dios, Peru. *PLoS ONE* 7(3):e33305
- Asner G.P., W. Lactayo, R. Tupayachi & E.R. Luna. 2013. Elevated rates of gold mining in the Amazon revealed through high-resolution monitoring. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 110: 18454-18459.
- Asner, G. P. and Alencar, A. 2010. Drought impacts on the Amazon forest: the remote sensing perspective. *New Phytologist*, 187: 569-578. doi: 10.1111/j.1469-8137.2010.03310.x
- Bailly D, Agostinho AA, Suzuki HI. 2008. Influence of the flood regime on the reproduction of fish species with different reproductive strategies in the Cuiabá River, Upper Pantanal, Brazil. *River Research and Applications*; 24:1218-1229.
- Barbieri-Noce, G. 2005. Evaluación de Mercurio Total en Peces, Agua y Sedimentos en la Cuenca del Río Malinowski. Tesis de Grado UNA La Molina y WWF.
- Barclay, F., Rodriguez, M., Santos, F., & Valcarcel, M. 1991. Amazonia 1940 - 1990, el extravío de una ilusión. Lima: Terra Nuova - CISEPA.

- Barthem, R. B., and Goulding M. 1997. The catfish connection: Ecology, migration, and conservation of Amazon predators. Columbia University Press, New York, NY.
- 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
- Barthem, R.M., and Goulding M. Un Ecosistema Inesperado: La Amazonía Revelada Por La Pesca. Perú: Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica (ACCA) : Amazon Conservation Association (ACA), 2007.
- 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.
- Batista VS, Inhamuns AJ, Freitas CEC, Freire-Brasil D. 1998. Characterization of the fishery in river communities in the low-Solimões/high-Amazon region. Fisheries Management and Ecology 1998;5(5):419-435.
- Bennett, A.F. 2003. Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 254 pp.
- Biney, C.; Amuzu, A.T.; Calamari, D.; Kaba, N.; Mbome, I.L.; Naeve, H.; Ochumba, P.B.O.; Osibanjo, O.; Radegonde, V.; Saad, M.A.H. 1994. REVIEW OF HEAVY METALS FAO, Rome
- Boisichio A A P, Henshel D. 2000. Fish consumption, fishlore, and mercury pollution–risk contamination for the Madeira River people. Environmental Research 84:108-126.
- Boyero, L., Ramírez, A., Dudgeon, E. & Pearson, R.G. 2009. Are tropical streams really different? J. N. Am. Benthol. Soc., 28, 397–403.
- Brooks WE, Sandoval E, Yopez MA, Howell H (2007) Peru Mercury Inventory 2006: U.S. Geological Survey Open-File Report 2007-1252. Available <http://pubs.usgs.gov/of/2007/1252/>. Accessed 2009 Dec 15. 55 p.
- Brosse S., Grenouillet, G. Gevrey M., Khazraie K., Tudesque L. 2011. Small-scale gold mining erodes fish assemblage structure in small neotropical streams Biodivers Conserv 20:1013–1026
- Brown, ., Santos, G, Pires, F and da Costa, C. 2012. World Resources Report Case Study. Brazil: Drought and Fire Response in the Amazon. World Resources Report, Washington DC. Available online at <http://www.worldresourcesreport.org>

- Bührnheim, C.M. and L.R. Malabarba, 2006. Redescription of the type species of *Odontostilbe* Cope, 1870 (Teleostei: Characidae: Cheirodontinae), and description of three new species from the Amazon basin. *Neotrop. Ichthyol.* 4(2):167-196
- Cañas C.M. 2007. Hydrologic regime and downstream movement of catfish larvae in the Madre de Dios River, Southeastern Peru. M.S. Thesis, University of Florida.
- Cañas, C. M. y Pinne III W. E. 2011. Documentation of the Temporal and Spatial Patterns of Pimelodidae Catfish Spawning and Larvae Dispersion in the Madre de Dios River (Peru): Insights for Conservation in the Andean-Amazon Headwaters. *River Res. Applic.* 27: 602–611
- Cañas. C. 2000. Evaluación de los recursos pesqueros en la provincia de Tambopata– Madre de Dios julio 1995- diciembre 1998 Serie técnica 1. Conservación Internacional Perú.CI - Perú ediciones. Lima.
- Carrara, F., Altermatt, F., Rodriguez-Iturbe, I. & Rinaldo, A. 2012. Dendritic connectivity controls biodiversity patterns in experimental metacommunities. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 109, 5761–5766.
- Carrera, C y Hierro, K. 2001. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. *EcoCiencia*. Quito. Ecuador.
- Carvajal-Vallejos F. & Zeballos-Fernández A., 2011. Diversidad y distribución de los peces de la Amazonía Boliviana. p.101-147. En: *Los peces y delfines de la Amazonía boliviana: hábitats, potencialidades y amenazas*. Van Damme P., Carvajal-Vallejos F. & Molina C.J. (Eds.). Edit. INIA, Cochabamba, Bolivia. 490 p
- Carvajal-Vallejos F. & Zeballos-Fernández A., 2011. Diversidad y distribución de los peces de la Amazonía Boliviana. p.101-147. En: *Los peces y delfines de la Amazonía boliviana: hábitats, potencialidades y amenazas*.
- Carvalho Freitas, Rivas, Pereira Campos, Sant'Ana, Randall Kahn, Almeida Correa and Fabiano Catarino 2012. *The Potential Impacts of Global Climatic Changes and Dams on Amazonian Fish and Their Fisheries, New Advances and Contributions to Fish Biology*, Prof. HakanTurker (Ed.), ISBN: 978-953-51-0909-9, InTech, DOI: 10.5772/54549.
- Carvalho, T. Araújo-Flores J., Espino J., Trevejo, G., Ortega, H., Jerep, F. C., Reis R. E. and Albert J. S. 2012. Fishes from the Las Piedras River, Madre de Dios basin, Peruvian Amazon. *Check List* 8(5): 973–1019
- Carvalho, T. P., C. S. Ramos and J. S. Albert 2011 A new species of *Gymnorhamphichthys* (Gymnotiformes: Rhamphichthyidae) from the Paraná-Paraguay basin. *Copeia* 2011 (no. 3): 400-406.

- Castro, R., L. Cassati, H.F. Santos, R.P. Vari, A.L.A Melo, L.S.F. Martins, T.X. Abreu, R.C. Benine, F.Z. Gibran, A.C. Ribeiro, F.A. Bockman, M. Carvalho, G.Z.P. Pelicao, K.M. Ferreira, R. Stopiglis & A. Akama. 2005. Structure and composition of the stream ichthyofauna of four tributary rivers of the upper Parana basin, Brazil. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*. Vol. 16 (3): 193-214.
- Castro, R., L. Cassati, H.F. Santos, R.P. Vari, A.L.A Melo, L.S.F. Martins, T.X. Abreu, R.C. Benine, F.Z. Gibran, A.C. Ribeiro, F.A. Bockman, M. Carvalho, G.Z.P. Pelicao, K.M. Ferreira, R. Stopiglis & A. Akama. 2005. Structure and composition of the stream ichthyofauna of four tributary rivers of the upper Parana basin, Brazil. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*. Vol. 16 (3): 193-214.
- Chang Fonchii 1998 FISHES OF THE TAMBOPATA-CANDAMO RESERVED ZONE, SOUTHEASTERN PERÚ *Revista Peruana de Biología* Vol. 5 • N° 1
- Chang, F. and E. Castro. 1999. *Crossoloricaria bahuaja*, a new loricariid fish from Madre de Dios, southeastern Peru. *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, 10 (1): 81-88.
- Chang, F., Fang, T.G. 1999. *La pesquería en Madre de Dios, Perú*. . La Paz, Bolivia , Instituto de Ecología .
- Chavez Michaelsen, A. y Huamani Briceño, L. 2014. Evaluación de la Vulnerabilidad de los Patrones de Quemas al Cambio Climático en Madre de Dios. Proyecto Consolidación de la Capacidad Regional en Gestión Ambiental en Madre de Dios para el Siglo 21. Consultoría presentada al Proyecto Especial Madre de Dios, Iberia, Junio 2014, 121pp.
- 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.
- Chernoff, B. and A. Machado-Allison. 1990. Characid fishes of the genus *Ceratobranchia*, with descriptions of new species from Venezuela and Peru. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia*, 142: 261-290.
- Cleto-Filho, S. E. N. & Walker, I. 2001. Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um igarapé da cidade de Manaus/AM – Amazônia Central. – *Acta Amazon*. 31: 69 – 89.
- Compère, P. (2001). *Ulnaria* (Kützing) Compère, a new genus name for *Fragilaria* subgen. *Alterasynedra* Lange-Bertalot with comments on the typification of *Synedra* Ehrenberg. In: Lange-Bertalot *Festschrift*. Studies on diatoms dedicated to Prof. Dr. Dr. h.c. Horst Lange-Bertalot on the occasion of his 65th birthday. (Jahn, R., Kociolek, J.P., Witkowski, A. & Compère, P. Eds), pp. 97-101. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.G.
- Cox E. *Identification of Freshwater Diatoms from Live Material*. Londres: Chapman & Hall; 1996.

- Crampton, W.G.R., J.K. Wells, C. Smyth and S.A. Walz. 2007. Design and construction of an Electric Fish Finder. *Neotropical Neotropical ichthyology* 5 (3) 425-42
- Crespo, A., P. van Damme, and M. Zapata. 2008. Clasificación de cuencas de Bolivia según la metodología de Pfafstetter. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 22:69-76.
- Cushing DH. 1990 Plankton production and year-class strength in fish populations: an update of the match/mismatch hypothesis. *Advances in Marine Biology* 26:249-293.
- Cutipa-Chávez L. & Araújo-Flores J.M.. 2012. Calidad de Aguas Urbanas y Periurbanas en Puerto Maldonado-Perú 2011-2012 Informe técnico 85p. Proyecto Investigación UNAMAD-INRENMA
- Daze, A., Ambrose, K., & Ehrhart, C. 2010. Manual para el Analisis de Capacidad y Vulnerabilidad Climática. Lima: CARE International.
- de Santana, C. D. and R.P. Vari, 2010. Electric fishes of the genus *Sternarchorhynchus* (Teleostei, Ostariophysi, Gymnotiformes); phylogenetic and revisionary studies. *Zool. J. Linn. Soc.* 159:223-371.
- Deza Arroyo, Nilton Eduardo 1997. Mercury Accumulation in Fish from Madre de Dios, a Goldmining Area in the Amazon Basin -Peru. Thesis Master of Science - Oregon Estate University.
- Diringer S.E., B.J. Feingold, E.J. Ortiz, J.A. Gallis, J.M. Araujo-Flores, A. Berky, W.K.Y. Pan & H. Hsu Kim. 2014. River transport of mercury from artisanal and small-scale gold mining and risks for dietary mercury exposure in Madre de Dios, Peru. *Environmental Science Processes and Impacts*. 17: 478-487.
- Dudgeon D., Arthington A.H., Gessner M.O. et al. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Review*, 81, 163-182.
- 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.
- EIA RC Amaraeri Domus-2008-09
- EISA, 2006. Corredor Vial Interoceanico Sur, Peru - Brasil. Tramo 3, WALSH.
- EISA, 2009. Corredor Vial Interoceanico Sur, Peru - Brasil. Tramo 3, CONIRSA
- EISA, 2010. Corredor Vial Interoceanico Sur, Peru - Brasil. Tramo 3, CONIRSA
- EISA. 2010. Corredor Vial Interoceanico Sur, Peru - Brasil. Tramo 3, CONIRSA.
- Eschmeyer, W. N. (Ed.) 2015. Catalog of Fishes. Available at <http://research.calacademy.org/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> (last accessed 1 November 2015).

- Esput, N., P. Baby, S. Brusset, M. Roddaz, W. Hermoza and J. Barbarand. 2010. The Nazca ridge and uplift of the Fitzcarrald Arch: Implication for regional geology in northern South America; p. 89-100 In C. Hoorn and F.P. Wesselingh (ed.). Amazonia, landscape and species evolution: a look into the past. Blackwell Publishing Oxford.
- Fabré N, Alonso J. 1998. Recursos ícticos no Alto Amazonas. Sua importância para as populações ribeirinhas. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Serie Zoologia 14(1):19-55.
- Fausch, K. D., J. R. Karr & P. R. Yant, 1984. Regional application of an index of biotic integrity based on stream fish communities. Transactions
- Fearnside, P. 2005. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates, and Consequences. Conservation Biology, 19 (3), 680-688.
- Feddema, J. J., Oleson, K. W., Bonan, G. B., Mearns, L. O., Buja, L. E., Meehl, G. A. 2005. The importance of land-cover change in simulating future climate. Science, 310, 1674e1678.
- Ficke AD, Myrick CA, Hansen LJ. 2007 Potential impacts of climate changes on freshwater fisheries. Review in Fish Biology and Fisheries 17:581-613.
- Galvis, Mojica y Duque 2006 Peces del medio Amazonas, Región de Leticia . Serie de Guías de Campo, Conservación Internacional Colombia.
- García A, Tello S, Vargas G, Duponchelle F. 2009. Patterns of commercial fish landings in the Loreto region (Peruvian Amazon) between 1984 and 2006. Fish Physiol Biochem. Mar;35(1):53-67.
- García-Alzate, C., Roman-Valencia, C. y Ortega H. 2013 *Hypessobrycon taphorni* y *H. eschwartze* (Teleostei: Characidae) dos nuevas especies de peces de la cuenca del río Madre de Dios, Perú. Rev. biol. trop [online]., vol.61, n.2 [cited 2015-09-30], pp. 859-873
- 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
- Gerson-Araujo, F., Carvalho-Teixeira, B., Pires-Teixeira, T. 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
- Gomes LC, Agostinho AA. 1997. Influence of the flooding regime on the nutritional state and juvenile recruitment of the curimba, *Prochilodus scrofa*, Steindachner, in Upper Paraná river, Brazil. Fisheries Management and Ecology 4:263-274.
- GOREMAD 2009. Ordenanza Regional N°024-2009-GOREMAD/CR

- 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
- Gubiani EA, Gomes LC, Agostinho AA, Baumgartner G. 2009. Variations in fish assemblages in a tributary of the Upper Paraná River, Brazil: a comparison between pre and post-closure phases of dams. *River Research and Applications*. DOI: 10.1002/rra.1298
- Guégan, J.-F., Lek, S. & Oberdorff, T. 1998. Energy availability and habitat heterogeneity predict global riverine fish diversity. *Nature* 391: 382–384.
- Gutiérrez-Fonseca, P. E. & C. M. Lorion. 2014. Application of the BMWP-Costa Rica biotic index in aquatic biomonitoring: sensitivity to collection method and sampling intensity. *Rev. Biol. Trop.*, 62: 275-289.
- Gutleb, A. C, Schenck. 1993. "Total mercury and methylmercury levels in fish from the Department of Madre de Dios, Peru." *IUCN Otter Specialist Group Bulletin* 17(1): 34-44.
- Habit, E., M. C. Belk, R. C. Tuckfield & O. Parra, 2006. Response of the fish community to human-induced changes in the Biobío River in Chile. *Freshwater Biology* 51: 1–11.
- 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. Alimentacao das especies de *Astyanax* Baird & Girard, 1854 ocorrentes na Lagoa Caconde, RS, Brasil (Teleostei, Characidae). *Revista Unimar* 18: 269–281.
- Herrera G, Torrente A, Rojas W. Inventario y ecología de insectos acuáticos depredadores de larvas de mosquitos *Culex* en cuatro regiones de Colombia. *Rev. Col. Entomol.* 1991;17:34-40
- Hidalgo, M. y M. Velazquez. 2006. The fues. Peces. Reseva Comunal Matses. Rapid Biological Inventories Report 15. Chicago, IL The Field Musseum.
- Huamán J., V. Chique & D. Madrid. 2014. Caracterización del Departamento de Madre de Dios. Banco Central de Reserva del Perú Sucursal Cusco. URL <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Cusco/madre-de-dios-caracterizacion.pdf>
- Huber, J.H. 1992. Review of *Rivulus*: Ecobiogeography --Relationships. The most widespread Neotropical cyprinodont genus. Paris, Société Française d'Ichtyologie. 572 p., 40 pl. 12 unnumbered maps
- Humphries, P. & Baldwin, D.S. 2003. Drought and aquatic ecosystems: an introduction *Freshwater Biology*. Vol 48, Issue 7, p 1141-1146 Blackwell Science Ltd

- IPCC. 2007. Summary for Policymakers. Climate Change The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Avryt KB, Tignor M, Miller HL (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA, 113p
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (C. U. Press Ed.). Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
- IUCN. 2008. IUCN Red List of Threatened Species. Available from: <http://www.iucnredlist.org> .23 June 2009.
- Jacobsen, D. 2008. Tropical high-altitude streams. Pp. 219-256 in Tropical stream ecology, edited by D. Dudgeon. Amsterdam: Elsevier – Academic Press.
- Junk, W. J., M. G. M. Soares, and P. B. Bailey. 2007. Freshwater fishes of the Amazon River basin: their biodiversity, fisheries, and habitats. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 10:153–173.
- Kirk, J. T. O. 1994 *Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems* 2nd Ed. Cambridge University Press
- Kirschbaum, Frank. 1979. Reproduction of the weakly electric fish *Eigenmannia virescens* (Rhamphichthyidae, Teleostei) in captivity. *J Behavioral Ecology and Sociobiology*. Springer-Verlag V 4, N 4331-355
- Kullander, S.O. 1986. *Cichlid fishes of the Amazon River drainage of Peru*. Swedish Museum of Natural History, Stockholm, 431 pp.
- Larmer B 2009. The real price of Gold. *Nat Geo*. Jan Ministerio de Energía y Minas 2011. Produccion Annual. Web Rec.
- 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
- Lewis, S. L., Brando, P. M., Phillips, O. L., van der Heijden, G. M. F., & Nepstad, D. 2011. The 2010 Amazon Drought. *Science*, 331(6017), 554-554. doi: 10.1126/science.1200807
- LIZARRO, D.; CHOLIMA, B.R. y TORRES, V.L. 2014. Lista preliminar de peces en los ríos orthon, manuripi y tahuamanu, Pando, Bolivia, 2014. *Rev.Cient.Agro.Amaz.* [online]. n.3 [citado 2015-10-29], pp. 7-16 .
- Lowe-McConnell R. H., 1987. *Ecological studies in tropical fish communities*. Cambridge University Press. Cambridge 382 pp
- Lucena, C.A.S. 1987. Revisão e redefinição do gênero Neotropical *Charax* Scopoli, 1777, com a descrição de quatro espécies novas (Pisces; Characiformes; Characidae). *Comun. Mus. Ciênc. PUCRS*, no. 40: 5-124.

- Lujan, N.K., Roach, K.A., Jacobsen, D., Winemiller, K.O., Meza, V., Rimarachín, V. & Arana, J. 2013. Aquatic community structure across an Andes to Amazon fluvial gradient. *Journal of Biogeography*.
- Maco-García J. 2008. Informe Hidrografía. Zonificación ecológica y económica del departamento de Madre de Dios. Gobierno Regional de Madre de Dios e Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonía Peruana
- Maldonado, M. 2010. Diversity in aquatic systems. In press in S. K. Herzog, R. Martínez, P. M. Jørgensen, and H. Tiessen, editors. *Climate change effects on the biodiversity of the tropical Andes: an assessment of the status of scientific knowledge*. IAI-SCOPE, São José dos Campos, Brazil.
- Maldonado, M., Maldonado-Ocampo, J.A., Ortega, H., Encalada, A.C., Carvajal-Vallejos, F.M., Rivadeneira, J.V., Acosta, F., Jacobsen, D., Crespo, A. & Rivera-Rondon, C.A. 2011 Biodiversity in aquatic systems of the tropical Andes. *Climate change and biodiversity in the tropical Andes* (ed. by S.K. Herzog, R. Martinez, P.M. Jørgensen and H. Tiessen), pp. 276–294. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), São Jose dos Campos, São Paulo.
- Maldonado-Ocampo, J. A., A. Ortega-Lara, J. Usma, G. Galvis, F. Villa-Navarro, G. Vásquez, S. Prada-Pedrerros, and C. Ardila. 2005. *Peces de los Andes de Colombia, Guía de Campo*. Instituto de Investigacion de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Columbia.
- Malhi Y, Roberts T, Betts RA, Killen TJ, Li W, Nobre CA. 2008. Climate Change, Deforestation, and the Fate of the Amazon. *Science* 2008;319:169-172.
- Marengo, J. A., Borma, L. S., Rodriguez, D. A., Pinho, P., Soares, W. R., & Alves, L. M. 2013. Recent Extremes of Drought and Flooding in Amazonia: Vulnerabilities and Human Adaptation. *American Journal of Climate Change*, 2, 10.
- Marengo, J. A., Nobre, C. A., Tomasella, J., Oyama, M. D., De Oliveira, G. S., De Oliveira, R., Camargo, H., Alves, L. M., Brown, I. F. 2008. The drought of Amazonia in 2005. *Journal of Climate*, 21 (3), 495-516 doi:10.1175/2007JCLI1600.1
- Mayama, S. & Kobayasi, H. 1984. The separated distribution of the two varieties of *Achnanthes minutissima* Ktitz. according to the degree of river water pollution. *Japanese Journal of Limnology* 45: 304-312.
- McKinsey, D. M. & L. J. Chapman., 1998. Dissolved oxygen and fish distribution in a Florida spring. *Environmental Biology of Fishes* 53: 211–223.
- McNeely JA. Ed. 1993. *Parks for life: Report of the IVth World Congress on National Parks and Protected Areas*. UICN. Gland, Suiza.

- Menezes, N, Weitzman, S.H. & Quagio-Grassiott I. 2013. Two new species and a review of the inseminating freshwater fish genus *Monotocheirodon* (Characiformes: Characidae) from Peru and Bolivia. *Papéis Avulsos de Zoologia* Volume 53(10):129-144, 2013
- MINAM 2008. Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles. DECRETO SUPREMO N° 003-2008. Medio Ambiente-Perú
- Ministerio de Agricultura, Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos Área de Aguas Superficiales. 2010. Estudio Diagnóstico Hidrológico de la Cuenca Madre de Dios. URL: <http://www.ana.gob.pe/media/390258/diagnostico%20hidrologico%20madre%20de%20dios.pdf>
- Ministerio de la Producción. 2011. Bioacumulación de Mercurio en Peces de Mayor Importancia Comercial Recolectados en los Ríos de Madre de Dios. Dirección General de Asuntos Ambientales de Pesquería – DIGAAP. Informe N° 20-2011
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M & T Manuales y Tesis SEA. Volumen I. Zaragoza, España.
- Moya, N., E. Domínguez, E. Goitia & T. Oberdorff. 2011. Desarrollo de un Índice multimétrico basado en macroinvertebrados acuáticos para evaluar la integridad biológica en ríos de los valles interandinos de Bolivia. *Ecología Austral* 21: 135-147.
- Murrieta RSS, Dufour DL. 2004. Fish and farinha: protein and energy consumption in Amazonia rural communities on Ituqui Island, Brazil. *Ecology of Food and Nutrition* 43(3):231-255.
- Myers Gary J. Philip W. Davidson, and J. J. Strain. 2007. Nutrient and Methyl Mercury Exposure from Consuming Fish *American Society for Nutrition* Sep;65:63-8
- Nepstad DC, Stickler C, Soares Filho BS, Merry F 2008. Interactions among Amazon land use, forests, and climate: prospects for a near-term forest tipping point. *Philos Trans R Soc B* 363(1498):1737–1746
- Olson, D., Dinerstein, E., Canevari, P., Davidson, I., Castro, G., Morisset, V., Abell, R., Toledo, E. 1998. Freshwater Biodiversity of Latin America and the Caribbean. A Conservation Assessment. Biodiversity Support Program, Washington, DC.
- Ortega H, Hidalgo M, Trevejo G, Correa E, Cortijo AM, Meza V, Espino J. 2012. Lista anotada de los peces de aguas continentales del Perú: Estado actual del conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación. Lima: Ministerio del Ambiente, Dirección General de Diversidad Biológica - Museo de Historia Natural, UNMSM. 56 p
- Ortega H., Rengifo B., Samanez I. y Palma C. 2007. Diversidad y el estado de conservación de cuerpos de agua Amazónicos en el nororiente del Perú. *Rev. Peru. Biol.* 13: 189 - 193.

- 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. 1994. Fish fauna of the Pampas del Heath National Sancturay, Madre de Dio Peru. In: *RAP Working Papers* 6:156-161.
- 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, H. and R. Vari. 1986. Annotated Checklist of the Freshwater Fishes of Peru. *Smithsonian Contrib. Zool.* 437: 1-25.
- Ortega, H., Chocano, L., Palma, C. y Samanez, I. 2010. Biota acuática en la Amazonía Peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el Bajo Urubamba (Cusco - Ucayali) / Aquatic biota in the Peruvian Amazon: diversity and uses as environmental indicators in the lower Urubamba (Cusco - Ucayali) *Rev. peru. biol.*; 17(1); 29-36
- Ortega, H., I. Samanez, E. Castro, M. Hidalgo y N. Salcedo. 1998. Protocolos Sugeridos para la Evaluación y el Monitoreo de los Sistemas Acuáticos del Bajo Urubamba, Perú. *Biodiversity Assessment & Monitoring*, Smithsonian Institution/ MAB Series #2: 278-280.
- Ortega, H.; B. Rengifo, I. Samané y C. Palma. 2007. Diversidad y Estado de conservación de cuerpos de agua amazónicos en el nororiente del Perú. *Rev. peru. biol.* Lima, Perú. Vol.13 (3):185-194.
- 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.
- PEM Araújo-Flores J.M. 2014. Análisis de vulnerabilidad frente al cambio climático de las PESQUERÍAS, Madre de Dios, Proyecto Especial Madre de Dios, Puerto Maldonado, Informe Técnico 79pp.
- Peralta-Argomeda J., Araujo-Flores J.M., Rodriguez-Achata L., Prenda Marin J. & Loayza Muro R. 2015. Guía de Macroinvertebrados Acuáticos de Madre de Dios-Perú. Proyecto HED, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios y Universidad de Florida. Serie Técnica 64pp Junio 2015.
- Pfeiffer WC, Lacerda. LD, Salomons W, Malm O. 1993. Environmental fate of mercury from gold mining in the Brazilian Amazon. *Environ Rev*;1:26_37.
- Pino-del-Carpio, A. Miranda, R. Puig .J .2010. Non-native freshwater fish management in Biosphere Piscicultura Amazonica con Especies Nativas. Guerra, H. Alcantara, F. Campos, L. Tratado de Cooperacion Amazonica. PNUD-Proyecto RLA/92/G 32.
- Pitman N., 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.

- Pitman, N., C. V riesendorp, D. K. Moskovits, R. von May, D. Alvira, T. Wachter, D.F. Stotz, y/and Á. del Campo, eds. 2011. Perú: Yaguas-Cotuhé. Rapid Biological and Social Inventories Report 23. The Field Museum, Chicago.
- Prenda J, Clavero M, Blanco-Garrido F, Menor A, Hermoso V. 2006. Threats to the conservation of biotic integrity in Iberian fluvial ecosystems. *Limnetica* 25: 377-388
- Prenda, J. and Gallardo-Mayenco, A. 1996. Self-purification, temporal variability and the macroinvertebrate community in small lowland Mediterranean streams receiving crude domestic sewage effluents. *Arch. Hydrobiol.* 136: 159-170.
- Regan, C.T. 1903. Descriptions of new South-American fishes in the collection of the British Museum. *Ann. Mag. Nat. Hist. (Ser. 7),* 12 (72): 621-630.
- Regan, C.T. 1904. A monograph of the fishes of the family Loricariidae. *Trans. Zool. Soc. London,* 17 (pt 3, no. 1): 191- 350, pls. 9-21.
- Regan, C.T. 1904. A monograph of the fishes of the family Loricariidae. *Trans. Zool. Soc. London,* 17 (3, no. 1): 191-350, pls. 9-21.
- Regan, C.T. 1912. Descriptions of new fishes of the family Loricariidae in the British Museum Collection. *Proc. Zool. Soc. London,* 1912 (3): 666-670, pls. 75-77.
- 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.
- 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.
- Reis, R.E. 1997. Revision of the Neotropical catfish genus *Hoplosternum* (Ostariophysi: Siluriformes: Callichthyidae), with the description of two new genera and three new species. *Ichthyol. Explor. Freshwaters,* 7 (3): 299-326.
- Rincon. P.A 1999. Uso do micro-habitat em peixes de riachos: metodos e perspectivas. Pp 23 -90. In Caramaschi, E.P; Mazzoni,R y P.R. Peres - Neto (eds). *Ecologia de Peixes de Riachos. Serie Oecologia Brasiliensis, vol VI PPGE-UFRJ Rio de Janeiro, Brasil.*
- Roach, Jacobsen, Fiorello, Stronza & Winemiller. 2013 Gold Mining and Mercury Bioaccumulation in a Floodplain Lake and Main Channel of the Tambopata River, Perú. *Journal of Environmental Protection,* January 2013, 4
- Rodrigues-Bastos W., Paulo-Oliveira J., Cavalcante-Oliveira R., Almeida-ElisabeJ.V. Nascimento L., Drude de Lacerda L. Christian Pfeiffer W.2006. Mercury in the environment and riverside population in the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. *Science of the Total Environment* 368, 344- 351

- Rojas M, Robinson Olivera R, Roberto Quispe R, Ortega H 2007. Preliminary study of the Peruvian Amazon ichthyoplankton with emphasis on the Pimelodidae family. *Rev. peru. biol.* número especial 13(3): 263 - 265 (Julio 2007)
- Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/ Col. Primera Edición. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia.
- Roulet M, Lucotte M, Farella N et al. 1999. Effects of recent human colonization on the presence of mercury in Amazonian ecosystems. *Water Air Soil Pollut* 112 3_4 : 297_313.
- Samáñez, I. Rimarachin-Ching, V., Palma-Gonzales, C. Arana-Maestre, J. Ortega-Torres, H., Correa-Roldan, V. y Hidalgo-del Aguila M. 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Departamento de Limnología, departamento de Ictiología- Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Museo de Historia Natural Lima: Ministerio del Ambiente,. 75p
- Sánchez R. 2008. Cuenca Alto Madre de Dios: Estudio de mercado de piscicultura Serie: Estudios y Monitoreo del Mercado sobre productos forestales locales (Actividad 2.5) N° 05. CEDIA-IBC
- Saunders, D. L., Meeuwig J. J. and. Vincent C. J. 2002. Freshwater protected areas: strategies for conservation. *Conservation Biology* 16: 30-41.
- Schaefer, S.A. 1996. *Nannoptopoma*, a new genus of loricariid catfishes (Siluriformes: Loricariidae) from the Amazon and Orinoco River basins. *Copeia*, 1996 (4): 913-926.
- Schaefer, S.A., Chakrabarty, P., Geneva, A.J. & Sabaj Pérez, M.H. 2011. Nucleotide sequence data confirm diagnosis and local endemism of variable morphospecies of Andean astroblepid catfishes (Siluriformes: Astroblepidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 162, 90–102.
- Scullion, J. J., Vogt, K. A., Sienkiewicz, A., Gmur, S. J., & Trujillo, C. 2014. Assessing the influence of land-cover change and conflicting land-use authorizations on ecosystem conversion on the forest frontier of Madre de Dios, Peru. *Biol. Conserv.* 171: 247-258.
- Seegers, L. 1984. Ein neuer Rivuline aus Peru: *Pterolebias rubrocaudatus* (Pisces: Atheriniformes: Cyprinodontidae). *Bonner Zool. Beitr.*, 35 (1-3): 243-250.
- Senahmi-Minam 2013. Campaña Abrigata Perú del Frijaje. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – Ministerio del Medio Ambiente.
- Shrimpton R, Giugliano R. 1979. Consumo de alimentos e alguns nutriente em Manaus, Amazonas. *Acta Amazónica* 9(1):117-141.

- Silva, J. P. C. B. y M. R. de Carvalho. 2011. A new species of Neotropical freshwater stingray of the genus *Potamotrygon* Garman, 1877 from the Río Madre de Dios, Peru (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Papéis Avulsos de Zoologia* 51: 139-154.
- Sioli, H. 1984. *The Amazon, Limnology and landscape ecology of a mighty river and its basin*. DR. W. Junk Publishers. Dordrecht.
- Soares-Filho, B., Silvestrini, R., Nepstad, D., Brando, P., Rodrigues, H., Alencar, A., Coe, M., Locks, C., Lima, L., Hissa, L., Stickler, C., 2012. Forest fragmentation, climate change and understory fire regimes on the Amazonian landscapes of the Xingu headwaters.
- Soto-Galera, 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.
- Spaulding, S., y Edlund, M. 2010. Diatoms of the United States from westerndiatoms.colorado.edu
- Stanford, J. A. & J. V. Ward, 2001. Revisiting the serial discontinuity concept. *Regulated Rivers: Research & Management* 17: 303–310.
- Strahler, A. N. 1952. Hypsometric area altitude analysis of erosional topology. *Geological Society of America Bulletin* 63:1117–1142.
- Suzuki, H. I. & Agostinho A., A. 1997. Reprodução de peixes do reservatório de Segredo. Pp. 163-182. In: Agostinho, A. A. & L. C. Gomes (Eds.). *Reservatório de Segredo: Bases Ecológicas para o Manejo*. Maringá, EDUEM, 387p.
- Swamy GC, RAO KH. Studies on the feeding habitats of *Eretes sticticus* (Dytiscidae-Coleoptera). *Curr. Sci.* 1974;43:220-222
- Swenson, J.J., Carter, C.E., Domec, J.-C. & Delgado, C.I. 2011. Gold mining in the Peruvian Amazon: global prices, deforestation, and mercury imports. *PLoS ONE*, 6, e18875.
- Tang -Tuesta, M. 2001. Consultaría para la Elaboración del Estudio de la Diversidad Ictica con Perspectiva para un Aprovechamiento Pesquero Ordenado en la Zona de Intervención Amazónica del Proyecto Pro-Manu. Proyecto de Aprovechamiento y Manejo Sostenible de la Reserva de Biosfera y Parque Nacional del Manu. Convenio Unión Europea y Gobierno Peruano.
- Taylor, P.D., Fahrig, L., Henein, K. and Merriam, G., 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* 68: 571–73.
- Tello S, Bayley PB. 2001. La pesquería comercial de Loreto con énfasis en el análisis de la relación entre captura y esfuerzo pesquero de la flota comercial de Iquitos.
- Tello S. 2002. Situación actual de la pesca y la acuicultura en Madre de Dios: reporte de viaje. IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana). 22 p.

- Telmer KH, Veiga MM 2009. World emissions of mercury from small scale and artisanal gold mining. In: Pirrone N, Mason R, eds. *Mercury Fate and Transport in the Global Atmosphere: Emissions, Measurements and Models*. New York: Springer. pp 131–172.
- Thieme, M., B. Lehner, R. Abell, S.K. Hamilton, J. Kellendorfer, G. Powell and J.C. Riveros. 2007. Freshwater conservation planning in data-poor areas: An example from a remote Amazonian basin (Madre de Dios River, Peru and Bolivia). *Biological Conservation* 135: 500-517.
- Torres, Y., Roldan, G.; Asprilla, S. y Rivas, T.S. 2006.- Estudio preliminar de algunos aspectos ambientales y ecológicos de las comunidades de peces y macroinvertebrados acuáticos en el río Tuntunendo, Chocó, Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 30 (114): 67-76.
- Townsend, S. A. 2006. Hydraulic phases, persistent stratification, and phytoplankton in a tropical floodplain lake (Mary River, Northern Australia). *Hydrobiologia* 556: 163-179.
- Van Damme P., Carvajal-Vallejos F. & Molina C.J. 2011. Edit. INIA, Cochabamba, Bolivia. 490 p
- Van Der Laan, R. Eschmeyer, W. N.; FRICKE, R.. 2014. Family-group names of Recent fishes. *Zootaxa*, [S.l.], v. 3882, n. 1, p. 1–230, nov. 2014. ISSN 1175-5334. Available at: <<http://biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.3882.1.1>>. Date accessed: 27 Oct. 2015. doi:<http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3882.1.1>.
- Vanegas-Ríos, J. A., Azpelicueta M. M. and Ortega H. 2011. *Chrysobrycon eliasi*, new species of stevardiine fish (Characiformes: Characidae) from the río Madre de Dios and upper río Manuripe basins, Peru. *Neotropical Ichthyology* 9(4): 731-740.
- 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.
- Vari, P. R. & H. Ortega, 1997. A new *Chilodus* species from southeastern Peru (Ostariophysi: Characiformes: Chilodontidae): description, phylogenetic discussion, and comments on the distribution of other chilodontids. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, Vol.8, No.1 pp.71-80.
- Vari, P. R. & H. Ortega. 2000. *Attonitus* a new genus of sexually dimorphic characiforms Ostariophysi: Characidae) from western Amazonia; a phylogenetic definition and description of three new species. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, Vol 11 pp. 113- 140. ISSN 0936-9902.
- Vari, R. P. & A. S. Harold 2001. Phylogenetic study of the neotropical fish genera *Creagrutus* Günther and *Piabina* Reinhardt (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes), with revision of the Cis-Andean species. *Smithson. Contrib. Zool. Núm.* 613: i-v + 1-239.
- Vari, R.P. and D.J. Siebert. 1990. A new, unusually sexually dimorphic species of *Bryconamericus* (Pisces: Ostariophysi: Characidae) from the Peruvian Amazon. *Proc. Biol. Soc. Washington*, 103 (3): 516-524.

- Veiga MM, Maxson PA, Hylander LD. 2006. Origin and Consumption of Mercury in Small-Scale Gold Mining. *J Cleaner Prod* 14: 436–447.
- Vörösmarty CJ, McIntyre PB, Gessner MO. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467: 555–61.
- WALSH, 2006. EISA Corredor Vial Interoceanico Sur, Peru – Brasil. Tramo 3.
- WCS 2015. Parque Nacional Bahuaja Sonene: Inventarios Biológicos Rápidos. Wildlife Conservation Society. Lima Perú. Junio 2015
- Weitzman, S. & H. Ortega, 1995. A new species of *Tytttocharax* (Teleostei: Characidae: Glandulocaudinae: Xenurobryconini) from the Rio Madre de Dios basin of Peru. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, Vol.6, No.2, pp.129-148.
- Welcomme, R. L. 1985. River Fisheries. *FAO Fish. Tech. Pap.*,(26): 330 pp.
- Zarske, A. and J. Géry, 2004. *Hyphessobrycon nigricinctus* sp. n. -- ein neuer Salmier (Teleostei: Characiformes: Characidae) aus dem Stromgebiet des río Madre de Dios in Peru. *Zool. Abh., Staat. Mus. Tierk. Dresden* 54:31-38.
- ZEE. 2008. Zonificación ecológica y económica del departamento de Madre de Dios. Gobierno Regional de Madre de Dios e Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonía Peruana.

IX.- ANEXOS

- | | |
|------------|--|
| Apéndice 1 | Fotografía de Ecosistemas y Metodología |
| Apéndice 2 | Listado de Peces Registrados en el Estudio |
| Apéndice 3 | Listado de Pescados Comerciales |
| Apéndice 4 | Listado de Pescados de Subsistencia |
| Apéndice 5 | Láminas de Peces |
| Apéndice 6 | Detallado de Producción Pesquera en Madre de Dios |
| Apéndice 7 | Encuesta Realizada en Estudio de Pesquerías |
| Apéndice 8 | Ficha de Monitoreo en Campo |
| Apéndice 9 | Ubicación y Descripción de las Estaciones de Muestreo. Variables Ambientales y Pescas. |



1- Vista del Valle del río Alto Madre de Dios, (Atalaya) de agua clara, ubicado a unos 500msnm



2- Vista de la cordillera Andina desde el río Colorado 310msnm



3- Vista del valle de Kosñipata (Asunción) a unos 720m



4- Vista del río Colorado



5- Sustrato de grava y cantos rodados en el río Piñi-Piñi tributario del Alto Madre de Dios



6- Vista del río Chocolatillo a 300msnm cabeceras del río Malinowski



7- Desembocadura del río La Torre en el río Tambopata ya en la llanura, con agua blanca y sustrato arenoso



8- Río Los Amigos serpenteando y con migraciones laterales que originan los lagos de llanura



9- Vista del río Tambopata



10- Vista del río Malinowski



11- Arrastre en el río Madre de Dios proximo al río Las Piedras



12- Arrastre en el río Tahumanu a 270msnm



13- Característica quebrada de agua negra en el bosque de la llanura con mucha influencia de la vegetación



14- Arrastre en quebrada negra en Quincemil a 550msnm



15- Cuerpo de agua temporal en época de lluvia



16- Arrastre en una poza dejada por el río Chocolatillo



17- Vista del lago Cocococha en Tambopata



18- Aguajal Madama, proximo a la ciudad de Puerto Maldonado



19- Avanzado estado de colmatacion natural en el lago Condenado, Tambopata



20- Lago recién originado en el río Tahumanu, Cocha Onda



21- Arrastre en el lago Treschimbadas, Tambopata



22- Arrastre en el lago Tupac Amaru, en el río Madre de Dios



23- Arrastre en el río Malinowski, zona impactada por la actividad minera



24- Arrastre en el río Colorado



25- Arrastre de palos y hojas en quebrada en Villacarmen Pilcopata, valle del Alto Madre de Dios



26- Arrastre en el río Chisue Reserva Comunal Amaraakaeri



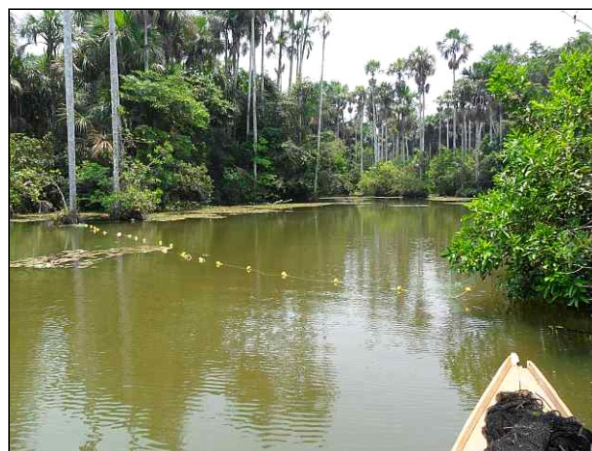
27- Pesca por remocion de sustrato en el río Pinkiri Reserva Comunal Amaraakaeri



28- Levantando maya trampera en el lago Tupac Amaru



29- Pesca con malla trampera en el río Cupodne



20- Pesca con trampera en el lago Sandoval antiguo del departamento, del lago Valencia



31- Pesca con atarrafe en una cocha en el Tahuamanu en una cocha dentro del PN (Manu pirañas)



32- Capturas con arrastre en el río Jayave



33- Gran rendimiento pesquero en cocha seca La Torre Tambopata



34- Material de trabajo y vista en la quebrada Elias Aguirre Chuncho en Tambopata



35- Kit la Motte de Oxigeno Disuelto



36- Sonda multiparametro Combo Hanna (pH, Temperatura, y Conductividad)



37- Muestreando macroinvertebrados con malla Surber



38- Filtrando agua para captar plancton



39- Muestra de macroinvertebrados



40- Vista de ejemplares de fitoplancton



41- Medida de transparencia con disco de Secchi



42- Muestreando músculo de pescado para determinar niveles de mercurio



43- Capturas en lago Treschimbadas (Tambopata) en época de lluvia



44- Capturas en el río Madre de Dios (Pastora)



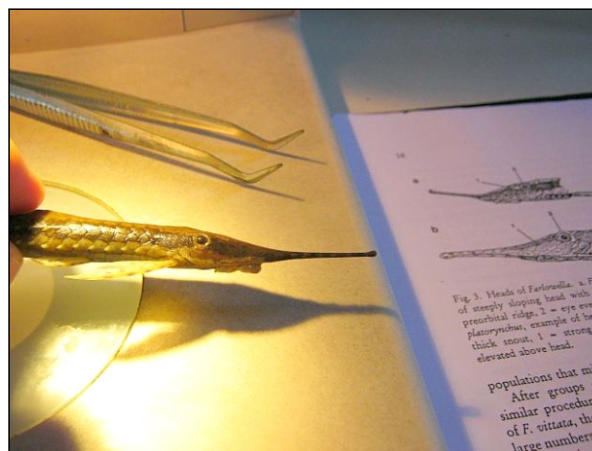
45- Capturas en el lago Treschimbadas (Tambopata) en época seca



46- Registro fotográfico de especies en acuario



47- Vista de la colección ictológica del Museo de Historia de la San Marcos



48- Determinando especies mediante el uso de claves taxonómicas



49- Pescados en el mercado de Mazuko



50- Lisas (*Ileporinus* spp) y Gamitanas (*Colossoma macro-
pomum*) de piscigranja en el mercado de Puerto M.



51- Pesca en piscigranja en Iñapari



52- Pacos (*Piaractus brachypomus*) de piscigranja hacia el mercado de Puerto Maldonado



53- Mercado de Puerto Maldonado



54- Taller con pescadores



55- Pesca con anzuelo en el río Tahuamanu
Zungaros



56- Capturas de pescado en el río Acre (Iñapari)



57- Niños indígenas consumiendo un zúngaro ahumado



58- Pesca con barbasco (rotenona) en el río Palotoa



59- Pesca de subsistencia en el lago Valencia



60- Pesca de subsistencia en el lago Tupac Amaru antiguo del departamento, del lago Valencia



61- Palizada dificultan el avance en el río Tahuamanu en una cocha dentro del PN (Manu pirañas)



62- Caudal bajo complica el avance en el río Colorado



63- Palizada en el río Tahuamanu



64- Abriendo camino en el río Tahuamanu



65- bajo caudal complica la subida del río



66- Arrastrando bote en el río Cupodne



67- Minería en el interior del bosque en una cocha dentro del PN (Manu pirañas)



68- Minería en la orilla del río Inambari



69- Minería en las nacientes del río Jayave



70- Dragas en el río Bajo Madre de Dios



71- Minería a orillas del lago Huitoto



72- Agua deteriorada en el lago Huitoto



73- Río Guacamayo tras actividad minera



74- Orilla transformada por minería



75- Río Dos de Mayo con la la carretera interoceánica



76- Union de los ríos Malinoewski (izq.) y Tambopata



77- Taller en Iberia



78- Entrevista a Gustavo Huallagua e hijo, pescador mas antiguo del departamento, del lago Valencia

Especies de Peces Muestreados en la cuenca del Rio Madre de Dios-Perú

Blgo. Julio Araújo Flores (octubre-2015)

Orden MYLIOBATIFORMES (rayas)

Familia POTAMOTRYGONIDAE

Potamotrygon falkneri Castex & Maciel, 1963

Potamotrygon motoro (Müller & Henle, 1841)

Potamotrygon sp

Orden CLUPEIFORMES (peces con escamas y espinas débiles, anchovetas)

Familia PRISTIGASTERIDAE

Pellona flavipinnis (Valenciennes, 1836)

Pellona sp.

Familia ENGRAULIDIDAE

Anchoviella alleni (Myers, 1940)

Anchoviella carrikeri Fowler, 1940

Anchoviella jamesi (Jordan & Seale, 1926)

Anchoviella sp

Lycengraulis batesii (Günther, 1868)

Orden CHARACIFORMES (peces con escamas y espinas débiles)

Familia HEMIODONTIDAE

Anodus elongatus Agassiz, 1829

Familia PARODONTIDAE

Apareiodon sp.

Parodon sp1.

Parodon sp2 (grande, aff buckleyi (Boulenger,1887)

Parodon sp3 "complejo suborbitalis"

Parodon sp4. (chico)

Parodon buckleyi (Boulenger,1887)

Parodon aff nasus Kner, 1859

Parodon pongoensis (Allen, 1942)

Familia CURIMATIDAE

Curimata sp.

Curimatella meyeri (Steindachner, 1882)

Cyphocharax spiluroopsis (Eigenmann & Eigenmann, 1889)

Potamorhina altamazonica Cope,1878

Potamorhina latior (Spix & Agassiz, 1829)

Psectrogaster amazonica Eigenmann & Eigenmann, 1889

Psectrogaster rutiloides Günter,1864

Steindachnerina binotata Pearson,1924

Steindachnerina guentheri Eigenmann & Eigenmann,1889

Steindachnerina bimaculata (Steindachner, 1876)
Steindachnerina dobula (Günther, 1868)
Steindachnerina hypostoma (Boulenger, 1887)
Steindachnerina leucisca (Günther, 1868)
Steindachnerina sp

Familia PROCHILODONTIDAE

Prochilodus nigricans Agassiz, 1829

Familia ANOSTOMIDAE

Abramites hypselonotus (Günther, 1868)
Leporellus sp
Leporellus vittatus Valenciennes, 1850
Leporinus striatus Kner, 1859
Leporinus friderici Bloch, 1794
Leporinus pearsoni Fowler, 1940
Leporinus aff pearsoni
Leporinus sp.
Leporinus yophorus Eigenmann, 1922
Schizodon fasciatus Spix, 1829

Familia CHILODONTIDAE

Chilodus fritillus Vari & Ortega, 1997

Familia ERYTHRINIDAE

Hoplerythrinus unitaeniatus (Agassiz, 1829)
Erythrinus erythrinus Bloch & Schneider, 1801
Hoplias malabaricus (Bloch, 1794)

Familia LEBIASINIDAE

Nannostomus trifasciatus (Steindachner, 1876)
Pyrrhulina vittata Regan, 1912
Pyrrhulina sp

Familia GASTEROPELECIDAE

Carnegiella myersi Fernández-Yépez, 1950
Carnegiella strigata (Günther, 1864)
Gasteropelecus sternicla (Linnaeus, 1758)
Gasteropelecus sp.
Thoracocharax stellatus (Kner, 1858)
Thoracocharax aff stellatus

Familia ACESTRORHYNCHIDAE

Acestrorhynchus altus (Menezes, 1969)
Acestrorhynchus falcatus (Bloch, 1794)
Acestrorhynchus heterolepis (Cope, 1878)
Acestrorhynchus lacustris (Lütken, 1875)

Acestrorhynchus microlepis (Schomburgk, 1841)

Familia CYNODONTIDAE

Cynodon gibbus Spix & Agassiz, 1829

Hydrolicus scomberoides (Cuvier, 1817)

Hydrolycus armatus (Jardine & Schomburgk, 1841)

Rhaphiodon vulpinus Spix & Agassiz, 1829

Familia SERRASALMIDAE

Myleus sp.

Mylossoma duriventre (Cuvier, 1818)

Colossoma macropomum (Cuvier, 1818)

Piaractus brachypomus Cuvier, 1818

Pristobrycon sp

Pygocentrus nattereri Kner, 1858

Serrasalmus maculatus (Kner, 1858)

Serrasalmus nigricans (Agassiz, 1829)

Serrasalmus rhombeus (Linnaeus, 1766)

Serrasalmus sp1.

Serrasalmus sp.(alevino)

Serrasalmus sp2.

Serrasalmus spilopleura Kner, 1860

Familia CHARACIDAE

Acestrocephalus boehlkei Menezes, 1977

Acestrocephalus sp.

Aphyocharax aff. *alburnus*

Aphyocharax alburnus Günther, 1869

Aphyocharax pusillus Günther, 1868

Aphyocharax sp

Aphyocheirodon sp

Aphyocheirodon (mancha dorsal)

Astyanacinus multidens Pearson, 1924

Astyanax abramis Jenyns, 1842

Astyanax bimaculatus (Linnaeus, 1758)

Astyanax fasciatus Cuvier, 1819

Astyanax maximus Steindachner, 1875

Astyanax sp

Attonitus bounites Vari & Ortega, 2000

Attonitus ephimeros (Vari & Ortega, 2000)

Attonitus sp.

Bario steindachneri (Eigenmann 1893)

Brachychalcinus aff. *nummus*

Brachychalcinus copei Steindachner, 1882
Brachychalcinus nummus (Böhlke, 1958)
Brachychalcinus sp.
Brachychalcinus sp.
Bryconacidnus ellisi (Pearson, 1924)
Bryconacidnus sp.
Bryconamericus diaphanus (Cope 1878)
Bryconamericus beta (Eigenmann 1914)
Bryconamericus pectinatus Vari & Siebert 1990
Bryconamericus aff peruanus (Müller & Troschel, 1845)
Bryconamericus sp1
Bryconamericus sp2 (aff pectinatus Vari & Siebert, 1991 ??) diaphanus
Bryconops melanurus (Bloch, 1794)
Bryconops sp.
Ceratobranchia delotaenia Chernoff & Machado-Allison 1990
Characidae sp aleta blanca
Characidae sp
Cheirodon rosaceus Durbin 1909
Cheirodon sp.
Cheirodontinae sp
Chrysobrycon sp.
Creagrutus unguis Vari & Harold, 2001
Creagrutus aff. ortegai
Creagrutus anary Fowler, 1913
Creagrutus barrigai (Vari & Harold, 2001)
Creagrutus beni Eigenmann, 1911
Creagrutus changae Vari & Harold, 2001
Creagrutus manu Vari & Harold, 2001
Creagrutus muelleri (Günther 1859)
Creagrutus occidaneus Vari & Harold, 2001
Creagrutus pearsoni (Mahnert & Géry, 1988)
Creagrutus peruanus (Steindachner, 1875)
Creagrutus pila (Vari & Harold, 2001)
Creagrutus sp1.
Creagrutus sp2.
Creagrutus sp3. "sin manchas"
Creagrutus sp4. "blanco"
Creagrutus yanatili Harold & Salcedo 2010
Ctenobrycon hauxwellianus (Cope, 1870)
Ctenobrycon sp

Ctenobrycon spilurus (Valenciennes, 1850)
Cynopotamus amazonum (Günther, 1868)
Cynopotamus gouldingi Menezes, 1987
Galeocharax goeldii (Fowler 1913)
Galeocharax gulo (Cope, 1870)
Galeocharax sp
Gephyrocharax sp
Gephyrocharax major Myers, 1929
glandulocaudinae
Gymnocorymbus thayeri Eigenmann, 1908
Hemibrycon jabonero Schultz 1944
Hemibrycon jelskii (Steindachner, 1877)
Hemibrycon sp
Hemigrammus analis (Durbin, 1909)
Hemigrammus lunatus Durbin, 1918
Hemigrammus ocellifer (Steindachner, 1882)
Hemigrammus sp
Hyphessobrycon sp.
Jupiaba anteroides Géry 1965
Knodus aff. geryi Lima, Britski & Machado 2004
Knodus aff. mizquae
Knodus aff. ortegasae
Knodus aff. savannensis.
Knodus aff. victoriae (Steindachner 1907)
Knodus aff. septentrionalis
Knodus alargado
Knodus breviceps (Eigenmann, 1908)
Knodus hypopterus (Fowler, 1943)
Knodus megalops Myers, 1929
Knodus moenkhausii (Eigenmann & Kennedy, 1903)
Knodus ortegasae (Fowler, 1943)
Knodus punteado
Knodus picudito
Knodus punto en cola
Knodus savannensis (Géry, 1961)
Knodus septentrionalis (Géry, 1972)
Knodus smithi (Fowler, 1913)
Knodus shinahota (Ferreira & Carvajal, 2007)
Knodus sp 1
knodus sp 2

Knodus sp 3. cola roja
Knodus sp 4. (largo)
Knodus sp 5. (corto)
Knodus sp 6. (chocolatillo sin nombre)
Knodus sp 7. (ojon)
Knodus sp 8. (claro)
Knodus sp 9. (anal colorada)
Leptagoniates sp.
Microchemobrycon aff. geisleri Géry, 1974
Microchemobrycon sp1
Moenkhausia aff. simulata
Moenkhausia aff. Intermedia.
Moenkhausia aff. Barbouri
Moenkhausia barbouri Eigenmann, 1908
Moenkhausia ceros
Moenkhausia collettii Steindachner, 1882
Moenkhausia cotinho Eigenmann, 1908
Moenkhausia dichroura (Kner, 1858)
Moenkhausia intermedia Eigenmann, 1908
Moenkhausia lepidura (Kner, 1858)
Moenkhausia oligolepis (Günther, 1864)
Moenkhausia sp1
Moenkhausia sp2 "alto"
Moenkhausia sp3. (alargado)
Moenkhausia sp4. "mancha caudal"
Monotocheirodon pearsoni Pearson, 1924
Odontostilbe fugitiva Cope, 1870
Odontostilbe nareuda (Bührnheim & Malabarba 2006)
Odontostilbe sp1.
Odontostilbe sp2.
Paracheirodon innesi (Myers, 1936)
Paragoniates alburnus Steindachner, 1876
Paragoniates sp.
Parecbasis cyclolepis Eigenmann, 1914
Phenacogaster megalostictus (Eigenmann, 1909)
Phenacogaster pectinatus Cope, 1870
Phenacogaster sp.
Piabarchus analis (Eigenmann, 1914)
Piabucus sp
Poptella compressa (Günther, 1864)

Prionobrama filigera (Cope, 1870)
Prodontocharax alleni (Böhlke, 1953)
Prodontocharax melanotus Pearson, 1924
Roeboides affinis (Günther, 1868)
Roeboides myersii Gill, 1870
Roeboides sp.
Serrapinnus aff. microdon (Eigenmann, 1907)
Serrapinnus heterodon Eigenmann, 1915
Serrapinnus micropterus (Eigenmann, 1907)
Serrapinnus notomelas (Eigenmann, 1915)
Serrapinnus sp
Tetragonopterus argenteus Cuvier, 1816
Tyttobrycon dorsimaculatus Géry, 1973
Tyttobrycon sp.
Xenurobrycon polyancistrus Weitzman, 1987

Familia BRYCONIDAE

Brycon cephalus (Günther, 1869)
Brycon melanopterus (Cope, 1872)
Brycon sp.
Salminus cf affinis Steindachner, 1880
Salminus brasiliensis (Cuvier, 1816)
Salminus sp

Familia TRIPORTHEIDAE

Clupeacharax anchoveoides Pearson, 1924
Clupeacharax sp
Engraulisoma taeniatum Castro, 1981
Engraulisoma sp
Triportheus albus Cope, 1862
Triportheus angulatus Spix & Agassiz, 1829

Familia IGUANODECTIDAE

Iguanodectes sp
Iguanodectes spilurus (Günther, 1864)

Familia CHALCEIDAE

Chalceus erythrurus (Cope, 1870)
Chalceus macrolepidotus (Cuvier, 1816)
Charax aff tectifer Cope, 1870
Charax caudimaculatus Lucena, 1987
Charax sp1.
Charax sp2.
Charax tectifer (Cope 1870)

Familia CRENUCHIDAE

- Characidium bolivianum Pearson, 1924
- Characidium cf steindachneri Cope, 1878
- Characidium sp1.
- Characidium sp2. "etheostoma"
- Characidium sp3. (melano.)
- Characidium zebra Eigenmann 1909
- Melanocharacidium sp.

Orden SILURIFORMES (bagres de cuero, carachamas, shiruis y caneros)

Familia DORADIDAE

- Leptodoras acipenserinus (Günther, 1868)
- Megalodoras uranoscopus (Eigenmann & Eigenmann, 1888)
- Nemadoras humeralis
- Nemadoras sp.
- Oxydoras niger (Valenciennes, 1821)
- Trachydoras steindachneri (Perugia, 1897)

Familia AUCHENIPTERIDAE

- Ageneiosus inermis (Linnaeus, 1766)
- Ageneiosus sp
- Ageneiosus ucayalensis Castelnau, 1855
- Auchenipterichthys coracoideus (Eigenmann & Allen, 1942)
- Auchenipterus ambyiacus (Fowler, 1915)
- Auchenipterus brachyurus (Cope, 1878)
- Auchenipterus sp
- Centromochlus perugiae (Steindachner, 1882)
- Centromochlus sp
- Trachelyopterus cf galeatus (Linnaeus, 1766)
- Trachelyopterus sp

Familia PIMELODIDAE

- Aguarunichthys torosus Stewart, 1986
- Brachyplatystoma juruense (Boulenger, 1898)
- Brachyplatystoma tigrinum (Britski, 1981)
- Goslinia platynema (Boulenger, 1898)
- Calophysus macropterus Lichtenstein, 1819
- Cheirocerus eques Eigenmann, 1917
- Cheirocerus sp
- Duopalatinus peruanus (Eigenmann & Allen, 1942)
- Hemisorubim platyrhynchos (Valenciennes, 1840)
- Hypophthalmus edentatus Spix & Agassiz 1829
- Leiarius marmoratus Gill, 1870

Megalonema platycephalum (Eigenmann, 1912)
Megalonema sp
Megalonema amaxanthum (Eigenmann, 1912)
Pimelodina flavipinnis Steindachner, 1877
Pimelodina sp
Pimelodus ornatus Kner, 1858
Pimelodus pictus Steindachner, 1876
Pimelodus altissimus Eigenmann & Pearson, 1942
Pimelodus Blochii Valenciennes, 1840
Pimelodus blochii var A
Pimelodus blochii var B
Pimelodus maculatus La Cepède, 1803
Pimelodus sp1
Pimelodus sp2.
Pimelodus tetramerus Ribeiro & Lucena, 2006
Pimirampus pirinampu (Spix & Agassiz, 1829)
Platysilurus mucosus Vaillant, 1880
Platystomatichthys sturio (Kner, 1857)
Pseudoplatystoma punctifer (Castelnau, 1855)
Pseudoplatystoma tigrinum (Valenciennes, 1840)
Platynematichthys notatus (Jardine, 1841)
Brachyplatystoma vaillantii (Valenciennes, 1840)
Sorubim lima (Bloch & Schneider, 1801)
Sorubimichthys planiceps (Agassiz, 1829)
Zungaro zungaro (Humboldt, 1821)

Familia PSEUDOPIMELODIDAE

Batrochoglanis raninus (Valenciennes 1840)
Microglanis aff. iheringi

Familia HEPTAPTERIDAE

Cetopsorhamdia sp
Chasmocranus quadrizonatus (Pearson 1937)
Heptapteridae sp
Imparfinis sp
Imparfinis stictonotus (Fowler 1940)
Phenacorhamdia aff. boliviana
Phenacorhamdia boliviana (Pearson, 1924)
Pimelodella aff. gracilis
Pimelodella cristata (Müller & Troschel, 1848)
Pimelodella gracilis (Valenciennes, 1840)
Pimelodella sp1.

Pimelodella sp2.

Rhamdia quelen (Quoy & Gaimard, 1824)

Rhamdia sp1

Familia CETOPSIDAE

Acanthopoma sp

Cetopsis pearsoni (Vari, Ferraris & de Pinna, 2005)

Cetopsis coecutiens (Lichtenstein, 1819)

Cetopsis montana (Vari, Ferraris & de Pinna, 2005)

Cetopsis oliveirai (Lundberg & Rapp Py-Daniel, 1994)

Cetopsis plumbea (Steindachner, 1882)

Cetopsis sp

Denticetopsis seducta (Vari, Ferraris & de Pinna 2005)

Pseudocetopsis gobioides (Kner, 1858)

Familia CETOPSIDAE

Bunocephalus knerii Steindachner, 1882

Bunocephalus coracoideo (Cope, 1874)

Bunocephalus sp1

Bunocephalus sp2

Dupouyichthys sp

Familia TRICHOMYCTERIDAE

Henonemus punctatus (Boulenger, 1887)

Ituglanis amazonicus Steindachner, 1883

Ochmacanthus sp

Paravandellia sp1

Pareidon sp

Plectrochilus sp

Pseodostegophilus nemurus Günter, 1869

Trichomicterus cf taczanowski

Trichomycterus sp. 1

Trichomycterus sp. 2

Trichomycterus sp. 3

Trichomycterus sp. 4

Trichomycterus sp. 5

Trichomycterus sp. 6

Tridentopsis pearsoni Myers, 1925

Vandellia cirrhosa Valenciennes, 1846

Familia CALLICHTHYDAE

Callichthys callichthys (Linnaeus, 1758)

Corydoras acutus Cope, 1872

Corydoras aff. aeneus

Corydoras arcuatus (Elwin, 1939)
Corydoras armatus (Günther, 1868)
Corydoras aff armatus
Corydoras cf aeneus
Corydoras cf trilineatus (Cope, 1872)
Corydoras julii (Steindachner, 1906)
Corydoras sp1.
Corydoras sp2. (homocerca) arcuatus Elwin, 1939
Corydoras sp3. (heterocerca) julii (Steindachner, 1906)
Corydoras stenocephalus
Corydoras weitzmani Nijssen, 1971
Hoplosternum littorale (Hancock, 1828)

Familia LORICARIIDAE

Ancistrus heterorhynchus (Regan 1912)
Ancistrus megalostomus Pearson, 1924
Ancistrus tamboensis (Fowler, 1945)
Ancistrus picudo.
Ancistrus sp1.
Ancistrus sp2.
Ancistrus sp3.
Ancistrus sp4. (moteado rechoncho)
Ancistrus sp5. Liso
Ancistrus sp6. (moteado)
Ancistrus sp7. (labio)
Aphanotorulus unicolor (Steindachner, 1908)
Apistoloricaria ommation (Nijssen & Isbrücker, 1988)
Apistoloricaria sp.
Brochiloricaria
Chaetostoma aff lineopunctatum
Chaetostoma aff. marcapatae Regan 1904
Chaetostoma lineopunctatum (Eigenmann & Allen, 1942)
Chaetostoma sp1.
Chaetostoma sp2
Chaetostoma sp3 (Liso Alargado)
Crossoloricaria bahuaja (Chang & Castro, 1999)
Crossoloricaria cf.bahuaja
Crossoloricaria rhami Isbrücker & Nijssen 1983
Farlowella aff smithi
Farlowella cf nattereri
Farlowella nattereri Steindachner, 1910

Farlowella smithi (Fowler, 1913)
Farlowella sp.
Hemiodontichthys acipenserinus (Kner, 1853)
Hemiodontichthys sp.
Hypoptopoma sp
Hypostomus aff cochliodon
Hypostomus niceforoi (Fowler, 1943)
Hypostomus oculus(Fowler 1943)
Hypostomus pyrineusi (Miranda Ribeiro, 1920)
Hypostomus sp1.
Hypostomus sp2. boquita
Hypostomus unicolor (Steindachner, 1908)
Lamontichthys filamentosus (La Monte, 1935)
Limatulichthys sp.
Pterygoplichthys disjunctivus Weber, 1991
Pterygoplichthys sp
Loricaria aff pongoensis
Loricaria cataphracta (Linnaeus, 1758)
Loricaria clavipinna Fowler, 1940
Loricaria sp1.
Loricaria sp2.
Loricarichthys sp
Loricariichthys maculatus (Bloch, 1794)
Loricarinae
Peckoltia sp.
Planiloricaria sp
Pseudohemiodon laminus (Günther, 1868)
Pseudohemiodon sp
Pterygoplichthys punctatus (Kner, 1854)
Rineloricaria sp
Rineloricaria cf beni
Rineloricaria lanceolata (Günther, 1868)
Rineloricaria morrowi Fowler, 1940
Spatuloricaria aff. pугanensis
Spatuloricaria cf. evansii (Boulenger, 1892)
Squaliforma emarginata (Valenciennes, 1840)
Squaliforma phrixosoma (Fowler, 1940)
Squaliforma sp
Sturisoma nigrirostrum Fowler, 1940
Sturisoma sp

Familia ASTROBLEPIDAE

- Astroblepus aff. longifilis (Steindachner 1882)
- Astroblepus aff. mancoi
- Astroblepus aff. trifasciatus (Eigenmann 1912)
- Astroblepus mancoi Eigenmann 1928
- Astroblepus sp1
- Astroblepus sp2
- Astroblepus sp3 (Largo)
- Astroblepus sp4 (corto)

Orden GYMNOTIOFORMES (macanas, peces electricos)

Familia STERNOPYGIDAE

- Eigenmannia virescens (Valenciennes, 1842)
- Eigenmannia aff. virescens
- Eigenmannia macrops (Boulenger, 1897)
- Eigenmannia sp.
- Rhabdolichops cf. Electrogrammus Lundberg & Mago leccia, 1986
- Sternopygus macrurus (Bloch & Schneider, 1801)
- Distocyclus conirostris (Eigenmann & Allen, 1942)

Familia APTERONOTIDAE

- Adontosternarchus cf. balaenops (Cope, 1878)
- Adontosternarchus sp.
- Apteronotus albifrons (Linnaeus, 1766)
- Apteronotus bonaparti (Castelnau, 1855)
- Apteronotus sp. A
- Apteronotus sp. B
- Compsaraia sp.
- Platyrosternarchus macrostomus (Günther, 1870)
- Sternarchogiton cf. porcinum
- Sternarchogiton nattereri (Steindachner, 1868)
- Sternarchogiton sp.
- Sternarchorhynchus cf. curvirostris
- Sternarchorhynchus hagedornae (de Santana & Vari, 2010)
- Sternarchorhynchus sp

Familia RHAMPHICHTHYDAE

- Gymnorhamphichthys hypostomus Ellis, 1912
- Gymnorhamphichthys petit (Géry & Vu-Tân-Tuê, 1964)
- Gymnorhamphichthys sp. A
- Rhamphichthys marmoratus Castelnau, 1855

Familia HYPOPOMIDAE

- Brachyhopomus pinnicaudatus Hopkins, 1991

Brachyhypopomus aff. pinnicaudatus
Brachyhypopomus bervostris (Steindachner, 1868)
Brachyhypopomus sp

Familia GYMNOTIDAE

Electrophorus electricus (Linnaeus, 1766)
Gymnotus carapo Linnaeus, 1758
Gymnotus chaviro Maxime & Albert, 2009
Gymnotus sp

Orden CYPRINODONTIFORMES (molis o quilis)

Familia RIVULIDAE

Aphyolebias rubrocaudatus (Seegers, 1984)
Moema pepotei (Costa, 1992)
Rivulus cf christinae Huber, 1992
Rivulus sp
Rivulus taeniatus Fowler, 1945
Rivulus urophthalmus Günther, 1866

Orden BELONIFORMES (PECES AGUJA)

Familia BELONIDAE

Potamorhaphis eigenmanni Miranda Ribeiro, 1915

Orden SYNBRANCHIFORMES (Atinga)

Familia SYNBRANCHIDAE

Synbranchus marmoratus (Bloch, 1795)
Synbranchus sp.

Orden PERCIFORMES (Peces con escamas y espinas en las aletas, bujurquis y corvinas)

Familia SCIAENIDAE

Pachypops cf. fourcroi
Pachypops fourcroi (La Cepède, 1802)
Pachypops sp.
Pachyurus schomburgkii Günther, 1860
Plagioscion squamosissimus (Heckel, 1840)

Familia CICHLIDAE

Aequidens sp
Aequidens tetramerus (Heckel, 1840)
Apistogramma luelingi Kullander, 1976
Apistogramma sp.
Apistogramma urteagai Kullander, 1986
Astronotus ocellatus (Agassiz, 1831)
Bujurquina aff. apoparuana Kullander 1986
Bujurquina aff. cordemadi Kullander 1986
Bujurquina aff. eurhinus Kullander 1986

Bujurquina aff. huallagae Kullander 1986
Bujurquina cordemadi Kullander, 1986
Bujurquina eurhinus Kullander, 1986
Bujurquina labiosa (Kullander, 1986)
Bujurquina sp1
Bujurquina sp2 mancha negra
Bujurquina sp3 (cordemadi, eurhinus, tambopatae)
Bujurquina tambopatae Kullander, 1986
Cichlasoma amazonarum (Kullander, 1983)
Cichlasoma boliviense Kullander, 1983
Cichlasoma sp
Cichlidae sp
Crenicichla aff. semicineta
Crenicichla saxatilis (Linnaeus, 1758)
Crenicichla semicineta Steindachner, 1892
Crenicichla sp1
Crenicichla sp2
Mesonauta festivus (Heckel, 1840)
Satanoperca jurupari (Heckel, 1840)

Orden PLEURONECTIFORMES (Peces con simetría dorso-ventral, lenguados)

Familia ACHIRIDAE

Achiropsis nattereri (Steindachner, 1876)
Aphionichthys sp
Hypoclinemus mentalis (Günther, 1862)

# ORDENES	10
# FAMILIAS	43
# GENEROS	208
# ESPECIES	528

Listado de Pescados Potencialmente Consumibles Comunes en Madre de Dios-Perú.

ORDEN	FAMILIA	Nombre Científico	Nombre Común
OSTEOGLOSSIFORMES	Arapaimatidae	Arapaima gigas (Schinz 1822)	Paiche
ENGRAULIFORMES (escamas chicas, anchovetas y peces aguja)	Clupeidae	Pellona castelnaeana (Valenciennes, 1847)	Bacalao
		Pellona flavipinnis (Valenciennes, 1836)	Bacalao
CHARACIFORMES (peces con escamas y espinas débiles)	Curimatidae	Curimatella sp.	Lisa
		Potamorhina altamazonica (Cope,1878)	Yahuarachi
		Potamorhina latior (Spix & Agassiz, 1829)	Yahuarachi
		Psectrogaster rutiloides (Günter,1864)	Chio-chio
		Steindachnerina guentheri (Eigenmann & Eigenmann,1889)	Sardina
		Steindachnerina bimaculata (Steindachner, 1876)	Sardina
		Steindachnerina dobula (Günther, 1868)	Sardina
		Steindachnerina hypostoma (Boulenger, 1887)	Sardina
	Prochilodontidae	Prochilodus nigricans (Agassiz, 1829)	Bocachico
	Anostomidae	Leporinus friderici (Bloch,1794)	Lisa
		Leporinus yophorus Eigenmann, 1922	Lisa
		Schizodon fasciatus (Spix,1829)	Lisa
		Rhytiodus sp	Lisa
	Hemiodontidae	Anodus elongatus (Agassiz, 1829)	Yulilla
	Chraracidae	Astyanacinus multidentis (Pearson,1924)	Mojarra
		Astyanax fasciatus (Cuvier,1819)	Mojarra
		Astyanax maximus (Steindachner,1875)	Mojarra
		Astyanax abramis (Jenyns,1842)	Mojarra
		Astyanax bimaculatus (Linnaeus, 1758)	Mojarra
		Brycon amazonicus (Spix & Agassiz, 1829)	Sábalo
		Brycon melanopterus (Cope, 1872)	Sábalo
		Charax spp	Denton
		Colossoma macropomum (Cuvier,1818)	Gamitana
		Mylossoma duriventre (Cuvier, 1818)	Palometa
		Mylossoma aureum (Agassiz, 1829)	Palometa chica
		Piaractus brachypomus (Cuvier,1818)	Paco
		Pygocentrus nattereri (Kner, 1858)	Piraña roja
		Salminus affinis (Steindachner, 1880)	Sábalo macho
		Salminus brasiliensis (Cuvier, 1816)	Sábalo macho
		Serrasalmus maculatus (Kner, 1858)	Piraña negra
		Serrasalmus rhombeus (Linnaeus, 1766)	Piraña blanca,
		Serrasalmus spilopleura (Kner, 1860)	Piraña amarilla
		Triporthus albus (Cope,1862)	Sapamama
		Triporthus angulatus (Spix & Agassiz, 1829)	Sapamama
	Tetragonopterus argenteus (Cuvier, 1816)	Lamista	
	Acestrorhynchidae	Acestrorhynchus falcatus (Bloch, 1794)	sabalo macho
		Acestrorhynchus microlepis (Schomburgk, 1841)	Peje perro
	Cynodontidae	Cynodon gibbus (Spix & Agassiz, 1829)	Chambira
		Hydrolycus armatus (Jardine & Schomburgk, 1841)	Chambira, Cachorro
		Rhaphiodon vulpinus (Spix & Agassiz, 1829)	Machete
	Erythrinidae	Hoplias malabaricus (Bloch, 1794)	Huasaco
		Erythrinus erythrinus (Bloch & Schneider, 1801)	Chuyo
	SILURIFORMES	Heptapteridae	Rhamdia quelen (Quoy & Gaimard, 1824)
Pimelodella spp			Bagre de quebrada
Callichthyidae		Callichthys callichthys (Linnaeus, 1758)	Shirui

SILURIFORMES (bagres de cuero, carachamas, shiruis y caneros)		Hoplosternum littorale (Hancock, 1828)	Shirui	
	Cetopcidae	Cetopsis montana (Vari, Ferraris & de Pinna, 2005)	Canero, pablucha	
	Loricariidae	Ancistrus spp	Carachama	
		Hypostomus cochliodon (Kner 1854)	Carachama	
		Hypostomus pyrineusi (Miranda Ribeiro, 1920)	Carachama	
		Hypostomus unicolor (Steindachner, 1908)	Carachama	
		Hypostomus sp	Carachama	
		Loricaria clavipinna (Fowler, 1940)	Carachama	
		Loricariichthys maculatus (Bloch, 1794)	Carachama	
		Liposarcus sp	Carachama	
		Pterygoplichthys punctatus (Kner, 1854)	Carachama	
	Pimelodidae	Aguarunichthys torosus (Stewart, 1986)	Ashara	
		Brachyplatystoma filamentosum (Lichtenstein, 1819)	Saltón	
		Brachyplatystoma rouseauxii (Castelnau, 1855)	Dorado	
		Brachyplatystoma tigrinum (Britski, 1981)	Cebra	
		Brachyplatystoma vaillantii (Valenciennes, 1840)	Dorado	
		Calophysus macropterus (Lichtenstein, 1819)	Mota punteada	
		Goslinia platynema (Boulenger, 1898)	Mota flemosa	
		Hemisorubim platyrhynchus (Valenciennes, 1840)	Toa	
		Hypophthalmus edentatus (Spix & Agassiz 1829)	Maparate	
		Learius marmoratus (Gill, 1870)	Ashara	
		Megalonema xanthum (Eigenmann, 1912)	Cunchi	
		Megalonema platycephalum (Eigenmann, 1912)	Cunchi	
		Pimelodina flavipinnis (Steindachner, 1877)	Mota punteada	
		Pimelodus blochii (Valenciennes, 1840)	Cunchi	
		Pimelodus maculatus La Cepède, 1803	Cunchi	
		Pimelodus ornatus Kner, 1858	Bagre	
		Pinirampus pirinampu (Spix & Agassiz, 1829)	Mota fina, barbachata	
		Platynematchthys notatus (Jardine 1841)	Mota redonda	
		Platysilurus mucosus (Vaillant, 1880)	Pico pato	
		Platystomatchthys sturio (Kner, 1857)	Pico pato	
		Phractocephalus hemiiopterus (Bloch & Schneider, 1801)	Torre	
		Pseudoplatystoma punctifer (Castelnau, 1855)	Doncella	
		Pseudoplatystoma tigrinum (Valenciennes, 1840)	Puma zungaro	
		Sorubim lima (Bloch & Schneider, 1801)	Pico pato	
		Sorubimichthys planiceps (Agassiz, 1829)	Pico paco	
		Zungaro zungaro (Humboldt, 1821)	Zungaro	
	Doradidae	Megalodoras uranoscopus (Eigenmann & Eigenmann, 1888)	Piro	
		Oxydoras niger (Valenciennes, 1821)	Turushuqui	
	Auchenipteridae	Ageneiosus inermis (Valenciennes, 1840)	Bocon	
		Auchenipterus sp	Maparate	
	GYMNOTIFORMES (Peces eléctricos, Macanas)	Rhamphichthyidae	Rhamphichthys marmoratus Castelnau, 1855	Macana bufeo
	PERCIFORMES (Peces con escamas y espinas en las aletas)	Sciaenidae	Plagioscion squamosissimus (Heckel, 1840)	Corvina
		Cichlidae	Aequidens tetramerus (Heckel, 1840)	Bujurqui
			Bujurquina spp	Bujurqui
			Cichlasoma boliviense (Kullander, 1983)	Bujurqui
			Crenicichla spp	Añasua
Satanoperca jurupari (Heckel, 1840)	Bujurqui			
PLEURONECTIFORMES	Achiridae	Hypoclinemus mentalis (Günther, 1862)	Lenguado	
		Apionichthys dumerili (Kaup, 1858)	Lenguado	

Listado de pescados presentes en los mercados de Madre de Dios-Perú.

FAMILIA	Nombre Científico	Nombre Común
Arapaimatidae	<i>Arapaima gigas</i> (Schinz 1822)	Paiche
Clupeidae	<i>Pellona castelnaeana</i> (Valenciennes, 1847)	Bacalao
Curimatidae	<i>Potamorhina altamazonica</i> (Cope,1878)	Yahuarachi
	<i>Potamorhina latior</i> (Spix & Agassiz, 1829)	Yahuarachi
	<i>Psectrogaster rutiloides</i> (Günter,1864)	Chio-chio
Prochilodontidae	<i>Prochilodus nigricans</i> (Agassiz, 1829)	Bocachico
Anostomidae	<i>Leporinus friderici</i> (Bloch,1794)	Lisa
	<i>Schizodon fasciatus</i> (Spix,1829)	Lisa
	<i>Rhytiodus</i> sp	Lisa
Hemiodontidae	<i>Anodus elongatus</i> (Agassiz, 1829)	Yulilla
Chraracidae	<i>Brycon amazonicus</i> (Spix & Agassiz, 1829)	Sábalo
	<i>Colossoma macropomum</i> (Cuvier,1818)	Gamitana
	<i>Mylossoma duriventre</i> (Cuvier, 1818)	Palometa
	<i>Mylossoma aureum</i> (Agassiz, 1829)	Palometa chica
	<i>Piaractus brachypomus</i> (Cuvier,1818)	Paco
	<i>Salminus brasiliensis</i> (Cuvier, 1816)	Sábalo macho
	<i>Serrasalmus rhombeus</i> (Linnaeus, 1766)	Piraña blanca,
Acestrorhynchidae	<i>Acestrorhynchus microlepis</i> (Schomburgk, 1841)	Sabalo macho
Cynodontidae	<i>Hydrolycus armatus</i> (Jardine & Schomburgk, 1841)	Chambira, Cachorro
	<i>Rhaphiodon vulpinus</i> (Spix & Agassiz, 1829)	Machete
Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)	Huasaco
Loricariidae	<i>Hypostomus</i> sp	Carachama
	<i>Liposarcus</i> sp	Carachama
Pimelodidae	<i>Aguarunichthys torosus</i> (Stewart, 1986)	Ashara
	<i>Brachyplatystoma filamentosum</i> (Lichtenstein, 1819)	Saltón
	<i>Brachyplatystoma rouseauxii</i> (Castelnau, 1855)	Dorado
	<i>Brachyplatystoma tigrinum</i> (Britski, 1981)	Cebra
	<i>Brachyplatystoma vaillantii</i> (Valenciennes, 1840)	Dorado
	<i>Calophysus macropterus</i> (Lichtenstein, 1819)	Mota
	<i>Goslinia platynema</i> (Boulenger, 1898)	Mota flemosa
	<i>Hemisorubim platyrhynchus</i> (Valenciennes, 1840)	Toa
	<i>Hypophthalmus edentatus</i> (Spix & Agassiz 1829)	Maparate
	<i>Leiarius marmoratus</i> (Gill, 1870)	Ashara
	<i>Megalonema xanthum</i> (Eigenmann, 1912)	Cunchi
	<i>Megalonema platycephalum</i> (Eigenmann, 1912)	Cunchi
	<i>Pimelodina flavipinnis</i> (Steindachner, 1877)	Mota con puntos
	<i>Pimelodus blochii</i> (Valenciennes, 1840)	Cunchi
	<i>Pinirampus pirinampu</i> (Spix & Agassiz, 1829)	Mota fina, barbachata
	<i>Platynemathichthys notatus</i> (Jardine 1841)	Mota redonda
	<i>Platysilurus mucosus</i> (Vaillant,1880)	Pico pato
	<i>Phractocephalus hemioliopus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	Torre
	<i>Pseudoplatystoma punctifer</i> (Castelnau, 1855)	Doncella
	<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i> (Valenciennes, 1840)	Puma zungaro
<i>Sorubim lima</i> (Bloch & Schneider, 1801)	Pico pato	
<i>Sorubimichthys planiceps</i> (Agassiz,1829)	Pico paco	
<i>Zungaro zungaro</i> (Humboldt, 1821)	Zungaro	
Doradidae	<i>Megalodoras uranoscopus</i> (Eigenmann & Eigenmann, 1888)	Piro
Auchenipteridae	<i>Ageneiosus inermis</i> (Valenciennes, 1840)	Bocon
Sciaenidae	<i>Plagioscion squamosissimus</i> (Heckel, 1840)	Corvina

ORDEN MYLIOBATIFORMES

familia Potamotrygonidae



1 *Potamotrygon falkneri* Raya



2 *Potamotrygon motoro* Raya



3 *Potamotrygon* sp Raya



4 *Potamotrygon* sp Raya

ORDEN OSTEOGLOSSIFORMES

familia Arapaimatidae



5 *Arapaima* sp Paiche

ORDEN ENGRAULIFORMES

Familia Pristigasteridae



6 *Pellona flavipinnis* Bacalao

Familia Engraulididae



7 *Lycengraulis batesii* Anchoveta, sabalillo



8 *Anchoviella guianensis* Anchoveta, sabalillo



9 *Potamotrygon* sp Raya

ORDEN CHARACIFORMES

familia Triportheidae



10 *Engraulisoma taeniatum*, Sabalillo



11 *Clupeacharax anchoveoides*, Anchoveta

familia Chalceidae



12 *Chalceus erythrus*



13 *Chalceus macrolepidotus*

ORDEN CHARACIFORMES

Familia Chalceidae



14 *Charax caudimaculatus*



16 *Aphyocharax pusillus* Sabalillo



18 *Astyanacinus multidentis*, Sardina



20 *Astyanax bimaculatus*, Sardina

Familia Characidae



15 *Aphyocharax alburnus* Sabalillo



17 *Astyanax maximus*, Sardina



19 *Astyanax abramis*, Sardina



21 *Astyanax fasciatus*, Sardina

ORDEN CHARACIFORMES

Familia Characidae



22 *Odontostilbe fugitiva*



23 *Odontostilbe* sp



24 *Serrapinnus heterodon*



25 *Serrapinnus micropterus*



26 *Serrapinnus notomelas*



27 *Phenacogaster pectinatus*



28 *Phenacogaster cf pectinatus*



29 *Phenacogaster* sp

ORDEN CHARACIFORMES

Familia Characidae



30 *Brachyhalcinus aff. nummus* Palometita



31 *Brachyhalcinus copei* Palometita



32 *Piabucus sp.*



33 *Tyttobrycon sp.*



34 *Bryconacidnus ellisi*



35 *Bryconamericus sp.*



36 *Bryconops melanurus*, Sabalillo



37 *Chrysobrycon sp.*

ORDEN CHARACIFORMES

Familia Characidae



38 *Prodonotocharax melanotus*



39 *Prodonotocharax* sp



40 *Attonitus bounites*



41 *Roeboides myersii*, Denton



42 *Roeboides affinis*, Denton



43 *Cynopotamus amazonus*, Denton



44 *Acestrocephalus boehlkei* Dentón



45 *Galeocharax gulo* Dentón

ORDEN CHARACIFORMES

Familia Characidae



46 *Creagrutus occidentalis*



47 *Creagrutus pila*



48 *Creagrutus unguis*



49 *Creagrutus changae*



50 *Ctenobrycon hauxwellianus*



51 *Gephyrocharax major*



52 *Gymnocorymbus thayeri*



53 *Jupiaba anteroides*

ORDEN CHARACIFORMES

Familia Characidae



54 *Bryconamericus* sp



55 *Bryconamericus diaphanus*



56 *Hemibrycon* sp



57 *Hemigrammus ocellifer*



58 *Hemigrammus* sp



59 *Hyphessobrycon nigricinctus*



60 *Hyphessobrycon* sp



61 *Leptagoniates steindachneri*

ORDEN CHARACIFORMES

Familia Characidae



62 *Knodus shinahota*



63 *Knodus savannensis*



64 *Knodus aff hypopterus*



65 *Knodus ortegasae*



66 *Knodus megalops*



67 *Knodus sp*



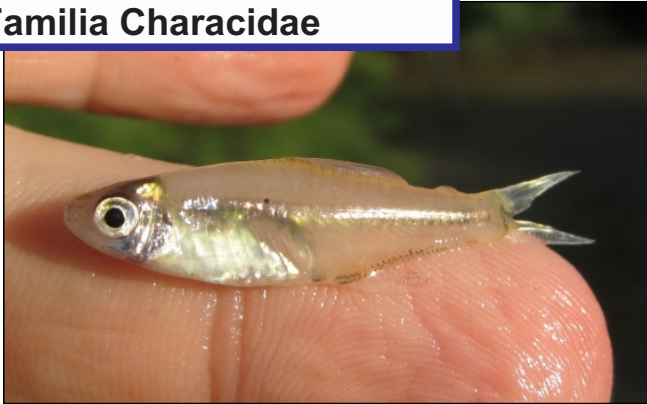
68 *Knodus sp*



69 *Knodus sp*

ORDEN CHARACIFORMES

Familia Characidae



70 *Microschemobrycon* sp



71 *Moenkhausia lepidura*



72 *Moenkhausia ceros*



73 *Moenkhausia dichroua*



74 *Moenkhausia lepidura*



75 *Moenkhausia oligolepis*



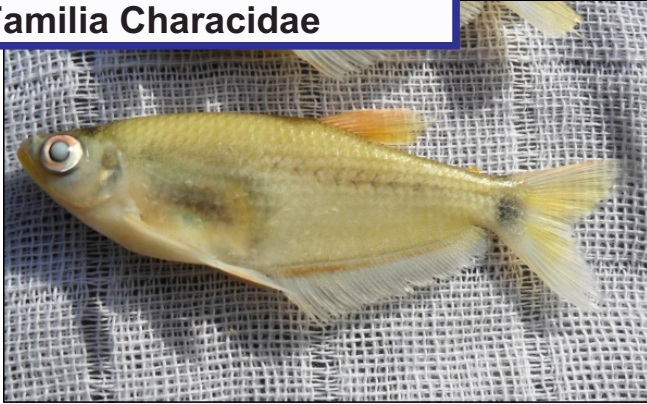
76 *Monotocheirodon pearsoni*



77 *Parecbasis cyclolepis*

ORDEN CHARACIFORMES

Familia Characidae



78 *Paragoniates alburnus*



79 *Paragoniates sp*



80 *Prionobrama filigera*



81 *Tetragonopterus argenteus*, Lamista

Familia Bryconidae



82 *Brycon amazonicus*, Sábalo



83 *Brycon melanopterus*, Sábalo



84 *Salminus brasiliensis*



85 *Salminus affinis*

ORDEN CHARACIFORMES

Familia Triportheidae



86 *Triportheus angulatus*, Sapamama



87 *Triportheus angulatus*, Sapamama juvenil



88 *Triportheus albus*, Sapamama



89 *Engraulisoma taeniatum*, Sabalillo



90 *Clupeacharax anchoveoides*, Anchoveta

Familia Hemiodontidae



91 *Anodus elongatus*, Yulilla

Familia Acestrorhynchidae



92 *Acestrorhynchus falcatus*



93 *Acestrorhynchus microlepis*

ORDEN CHARACIFORMES

Familia Crenuchidae



94 *Characidium bolivianum*



95 *Characidium cf bolivianum*



96 *Characidium cf steindachneri*



97 *Characidium zebra*



98 *Melanocharacidium sp1*



99 *Melanocharacidium sp2*



100 *Characidium sp (especie no descrita)*

Familia Chilodontidae



101 *Chilodus fritillus*

ORDEN CHARACIFORMES

Familia Gasteropelecidae



102 *Gasteropelecus sternicla*, Pechito



103 *Carnegiella myersi*, Pechito



104 *Thoracocharax stellatus*, Pechito, mañana me voy

Familia Cynodontidae



105 *Cynodon gibbus*, Chambira



106 *Hydrolycus armatus*, Chambira



107 *Rhaphiodon vulpinus*, Chambira, machete

Familia Lebiasinidae



118 *Pyrrhulina vittata*, Pez lápiz



119 *Nannostomus trifasciatus*

ORDEN CHARACIFORMES

Familia Parodontidae



108 *Parodon buckleyi*, Chupapiedras



109 *Parodon pongoensis*, Chupapiedras



110 *Parodon pongoensis*, Chupapiedras

Familia Erythrinidae



111 *Erythrinus erythrinus*, Shuyo



112 *Hoplias malabaricus*, Huasaco



113 *Hoplias malabaricus*, Huasaco juvenil



114 *Hoplerythrinus unitaeniatus*, Shuyo



115 *Hoplerythrinus unitaeniatus*, Shuyo juvenil

ORDEN CHARACIFORMES

Familia Serrasalminidae



116 *Myleus* sp., Palometa



117 *Mylossoma aureum*, Palometa



118 *Mylossoma duriventre*, Palometa



119 *Colossoma macropomum*, Gamitana



120 *Piaractus brachipomus*, Paco



121 *Piaractus brachipomus*, Paco juvenil



122 *Serrasalmus spilopleuras*



123 *Serrasalmus* sp

ORDEN CHARACIFORMES

Familia Serrasalmidae



124 *Serrasalmus maculatus*



125 *Pristobrycon* sp



126 *Serrasalmus rhombeus*



127 *Serrasalmus rhombeus*



128 *Serrasalmus rhombeus*



129 *Serrasalmus cf compressus*



130 *Pygocentrus nattereri*



131 *Pygocentrus nattereri*

ORDEN CHARACIFORMES

Familia Prochilodontidae

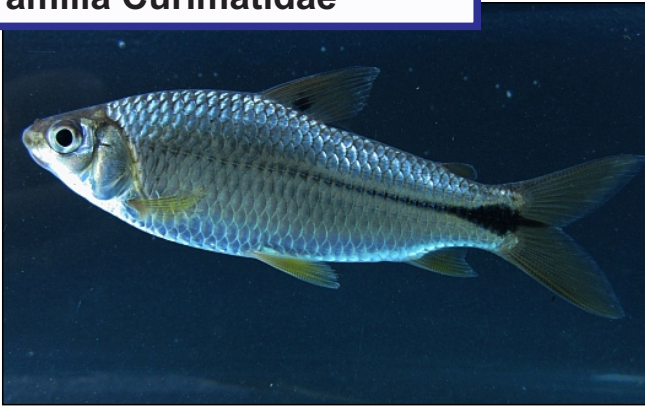


132 *Prochilodus nigricans*, Bocachico



132 *Prochilodus nigricans*, Bocachico juvenil

Familia Curimatidae



133 *Steindachnerina guentheri*



134 *Steindachnerina bimaculata*



135 *Steindachnerina binotata*



136 *Steindachnerina hypostoma*



137 *Steindachnerina dobula*



138 *Curimatella meyeri*

ORDEN CHARACIFORMES

Familia Curimatidae



139 *Potamorhina latior*, Yahuarachi



140 *Potamorhina altamazonica*, Yahuarachi



141 *Psectrogaster rutiloides*, Chio-chio



142 *Cyphocharax spiluroopsis*

Familia Anostomidae



143 *Abramites hypselonotus*, San Pedro



144 *Chilodus fritillus*



145 *Schizodon fasciatus*, Lisa



146 *Leporinus pearsoni*, Lisa

ORDEN CHARACIFORMES

Familia Anostomidae



146 *Leporinus striatus*, Lisa



147 *Leporinus friderici*, Lisa

ORDEN GYMNOTIFORMES

Familia Gymnotidae



148 *Electrophorus electricus*, Anguila



149 *Electrophorus electricus*, Detalle de la cabeza



150 *Gymnotus carapo*, Macana



151 *Gymnotus carapo*, Detalle de la cabeza



152 *Gymnotus carapo*, Juvenil



153 *Gymnotus* sp, Macana

ORDEN GYMNOTIFORMES

Familia Sternopygidae



154 *Eigenmannia virescens*, Macana



155 *Eigenmannia virescens*, Detalle de la cabeza con hueveras



156 *Eigenmannia macrops*, Macana



157 *Eigenmannia macrops*, Detalle de la cabeza



158 *Rhabdolichops cf. Longicaudatus*, Macana



159 *Rhabdolichops cf. Longicaudatus*, Detalle de la cabeza



160 *Sternopygus macrurus*, Macana



161 *Sternopygus macrurus*, Detalle de la cabeza



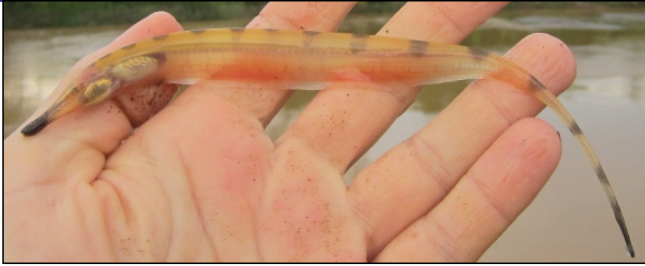
162 *Distocyclus conirostris*, Macana



163 *Distocyclus conirostris*, Cabeza

ORDEN GYMNOTIFORMES

Familia Rhamphichthyidae



164 *Gymnorhamphichthys hypostomus*, Macana



165 *Gymnorhamphichthys hypostomus*, Detalle de la cabeza



166 *Gymnorhamphichthys petit*, Macana



167 *Gymnorhamphichthys petit*, Detalle de la cabeza



168 *Rhamphichthys marmoratus*, Macana

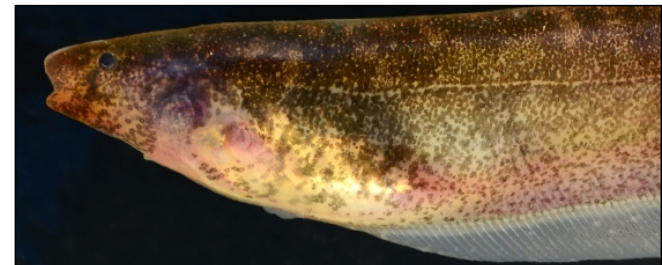


169 *Rhamphichthys marmoratus*, Detalle de la cabeza

Familia Hypopomidae



170 *Brachyhypopomus pinnicaudatus*, Macana



171 *Brachyhypopomus pinnicaudatus*, Detalle de la cabeza



172 *Brachyhypopomus bervirostris*, Macana



173 *Brachyhypopomus bervirostris*, Detalle de la cabeza

ORDEN GYMNOTIFORMES

Familia Apterontidae



174 *Apteronotus albifrons*, Macana, fantasma negro



175 *Apteronotus albifrons*, Detalle de la cabeza



176 *Apteronotus bonaparti*, Macana



177 *Apteronotus bonaparti*, Detalle de la cabeza



178 *Compsaraia* sp, Macana



179 *Compsaraia* sp, Detalle de la cabeza



180 *Platyrostermarchus macrostomus*, Macana



181 *Platyrostermarchus macrostomus*, Detalle de la cabeza



182 *Sternarchogiton nattereri*, Macana



183 *Sternarchogiton nattereri*, Detalle de la cabeza

ORDEN GYMNOTIFORMES

Familia Apterotonidae



184 *Sternarchogiton* sp, Macana



185 *Sternarchogiton* sp, Detalle de la cabeza



186 *Sternarchorhynchus hagedornae*, Macana



187 *Sternarchorhynchus hagedornae*, Detalle de la cabeza



188 *Sternarchorhynchus* sp, Macana



189 *Sternarchorhynchus* sp, Detalle de la cabeza



190 *Adontosternarchus* cf. *Balaenops*, Macana



191 *Adontosternarchus* cf. *Balaenops*, Detalle de la cabeza

ORDEN SILURIFORMES

Familia Doradidae



192 *Oxydoras niger*, Turushuki



193 *Leptodoras acipenserinus*, Pirillo



194 *Megalodoras uranoscopus*, Piro



195 *Megalodoras uranoscopus*, Piro juvenil



196 *Trachydoras steindachneri*, Pirillo



197 *Nemadoras humeralis*, Pirillo

Familia Auchenipteridae



198 *Ageniosus inermis*, Toa, Bocon



199 *Ageneiosus ucayalensis*, Maparate

ORDEN SILURIFORMES

Familia Auchenipteridae



200 *Auchenipterichthys coracoideus*, platanito



202 *Auchenipterus brachyurus*



203 *Centromochlus perugiae*, asharita



204 *Centromochlus* sp

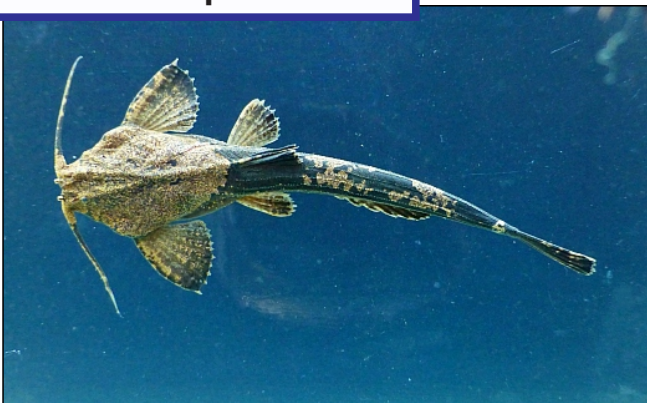


205 *Trachelyopterus cf galeatus*, Sapocunchi



206 *Trachelyopterus* sp, Sapocunchi

Familia Aspredinidae



207 *Bunocephalus coracoideo*, Pez banjo



208 *Bunocephalus* sp, Pez banjo

ORDEN SILURIFORMES

Familia Auchenipteridae



209 *Bunocephalus* sp, Pez banjo

Familia Heptapteridae



210 *Cetopsorhamdia* sp



211 *Chasmocranus quadrizonatus*



212 *Imparfinis stictonotus*



213 *Phenacorhamdia boliviana*



214 *Rhamdia quelen*, Bagre de quebrada, novia



215 *Rhamdia quelen*, juvenil

ORDEN SILURIFORMES

Familia Heptapteridae



216 *Pimelodella gracilis*, Cunchi



217 *Pimelodella cristata*, Cunchi



218 *Pimelodella* sp, Cunchi



219 *Pimelodella* sp, Cunchi



220 *Cetopsis coecutiens*, Canero



221 *Denticetopsis seducta*



222 *Cetopsis montana*, Canero



223 *Cetopsis plumbea*

ORDEN SILURIFORMES

Familia Cetopsidae



224 *Cetopsis oliveirai*

Familia Trichomycteridae



225 *Ituglanis amazonicus*



226 *Trichomycterus sp*



227 *Trichomycterus sp*



228 *Trichomycterus sp*



229 *Trichomycterus sp*



230 *Trichomycterus sp*



231 *Trichomycterus sp*

ORDEN SILURIFORMES

Familia Trichomycteridae



232 *Plectrochilus* sp



233 *Vandellia cirrhosa*



234 *Henonemus punctatus*



235 *Pseudostegophilus nemurus*

Apéndice 6. CUADROS DE PRODUCCION PESQUERA EN MADRE DE DIOS

Tabla I. Desembarco Anual de Pescado Fresco- 2000-2013

DESEMBARQUE ANUAL DE PESCADO FRESCO 2000 - 2013 (Kg)

AÑO ESPECIE	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ashara				5,536	7,985	5,088	6,510	5,355	7,822	5110	5,086	4,160	5,134	3,185
Bagre				6,064	9,028	3,367	7,315	5,216	6,065	4466	5,031	6,191	1,991	2,132
Boquichico	36,73 3	42,54 9	36,26 0	28,10 8	24,28 9	26,30 7	40,86 3	35,48 7	36,20 5	25017	26,55 1	18,34 1	28,01 0	17,04 2
Carachama				3,988	4,491	3,790	2,222	4,829	5,344	3823	3,044	2,010	3,225	1,546
Cebra				322	330	394	944	1,741	1,183	1281	543	434	546	186
Chambira	2,211	6,154	8,261	8,195	6,619	6,178	7,262	8,812	6,740	7027	6,204	3,213	4,522	2,614
Chio chio				3,189	1,509	728	127	3,438	4,486	4603	6,086	1,627	1,283	156
Corvina	3,385	8,931	9,061	9,265	9,644	5,814	8,373	4,326	6,950	5508	4,622	4,217	4,489	4,007
Doncella	17,02 0	35,62 0	29,27 4	26,12 9	22,35 5	23,59 8	24,03 5	32,14 4	29,82 8	24039	18,33 3	17,34 1	21,70 0	18,82 8
Dorado	4,813	8,300	10,02 6	4,380	6,420	3,186	7,863	5,323	5,595	4510	3,468	7,741	6,641	3,075
Gamitana	2,664	7,164	3,660	4,882	3,448	6,870	10,82 1	5,294	6,017	5311	2,961	2,054	1,849	2,327
Huasaco				301	252	36		174	224	148	209		112	117
Maparate				6,413	5,510	3,494	4,825	6,803	5,308	6279	5,657	4,073	4,882	5,575
Mota fina	11,59 9	15,96 4	15,81 8	9,430	8,898	8,315	8,891	10,07 7	8,376	14456	13,65 0	1,720	859	624
Mota flemosa				2,656	7,453	142		1,000	7,619	17346	5,308	10,81 9	10,40 0	6,927
Mota punteada				3,109	4,401	16,67 4	10,85 1	32,44 2	28,94 6	63512	80,86 0	73,66 3	66,75 1	72,58 8
Paco	8,094	14,45 0	17,54 8	11,70 4	11,57 7	9,935	17,34 4	7,947	9,366	7219	9,010	6,370	8,652	4,584
Paiche	1,714	2,303	3,860	1,510	1,627	642	305	1,346	859	1863	1,577	197	788	868
Palometa	1,105	4,015	3,797	5,004	3,875	2,740	2,443	1,938	1,838	1018	1,219	1,152	1,097	1,697
Pico de pato				2,457	1,266	29	745	1,061	791	312	434		461	677
Puma zungaro				9,088	8,733	8,335	6,664	16,85 2	9,612	10255	11,61 5	10,65 5	19,58 9	8,682
Sábalo				2,464	4,718	3,387	10,42 3	2,176	7,192	5519	2,674	4,260	1,936	2,376
Salton	3,722	8,436	11,99 9	4,228	4,169	2,743	5,234	547	1,006	655	946	2,458	2,462	1,465
Yahuarachi	50,17 2	59,39 1	61,03 8	30,73 0	40,24 4	65,72 1	37,33 5	40,17 8	45,86 4	51748	33,84 2	25,96 8	35,23 6	35,72 3
Yulilla				9,691	21,65 9	9,732	9,763	23,30 0	22,92 8	18244	15,69 2	7,106	10,04 5	13,74 0
Zúngaro	21,86 0	29,45 0	27,02 5	22,77 5	25,59 4	24,73 4	32,13 5	27,67 5	40,23 1	28781	32,16 0	27,31 1	26,83 3	15,60 6
Otros*	24,53 8	46,77 2	65,87 5	22,58 2	4,512	7,500	13,93 4	10,15 8	5,120	4674	3,438	3,538	4,855	3,762
TOTAL	189, 630	289, 499	303, 502	244, 200	250, 606	249, 479	277, 227	295, 639	311, 515	322, 724	300, 220	246, 619	274, 348	230, 109

FUENTE: DIREPRO -
MDD/DEPA - 2014

(*)Referido a: piro, piraña, sardina, shiruy, lisa, sapamama.

Apéndice 6. CUADROS DE PRODUCCION PESQUERA EN MADRE DE DIOS

Tabla II. Desembarco por distritos (2000-2012) Toneladas

DESEMBARQUE ANUAL DE PESCADO FRESCO POR DISTRITOS(TN) DEL 2000 AL 2012

DISTRITO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Tambopata	113.78	137.72	144.37	116.17	105.74	72.60	117.05	85.61	107.08	87.32	80.38	70.29	56.98	52.99
Laberinto	37.93	75.73	79.40	63.88	66.37	76.62	81.71	84.65	66.49	56.50	29.96	14.47	33.88	22.92
Las Piedras	30.34	63.43	66.50	53.50	52.38	60.46	41.11	55.84	60.20	62.21	47.07	43.16	53.52	41.56
Iberia	7.59	12.62	13.23	10.65	25.34	39.80	19.60	50.51	39.31	51.16	57.22	31.76	40.54	25.94
Iñapari					0.78		17.75	19.04	22.41	56.60	74.34	74.53	65.87	71.72
MDD									16.03	8.94	11.24	12.41	23.56	14.98
TOTAL	189.64	289.50	303.50	244.20	250.61	249.48	277.22	295.64	311.51	322.72	300.22	246.62	274.35	230.11

FUENTE : DIREPRO - MDD / DEPA

Tabla III. Desembarco Anual de Pescado Fresco Por Categorías- 2000-2013 (Toneladas)

ESPECIES*	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Grandes Bagres	66.60	67.27	62.60	76.85	82.54	86.27	68.24	66.54	65.51	77.22
Medianos de Cuero	25.04	33.56	34.40	29.42	60.58	61.60	108.22	110.58	95.25	89.45
Peces Grandes con Escama	35.56	32.92	29.44	44.11	27.73	29.93	26.93	24.37	16.05	20.29
Peces Medianos con Escama	76.00	94.79	107.89	99.91	103.08	114.03	101.55	79.98	56.83	76.31
Otros	41.01	22.08	15.15	26.95	21.72	19.69	17.79	18.75	12.98	11.03
TOTAL	244.20	250.61	249.48	277.23	295.64	311.52	322.72	300.22	246.62	274.30

OTROS: Refefido a piraña, piro, sardina, sapamama, shiruy, lisa.

FUENTE : DIREPRO - MDD/ DEPA

Tabla IV. Producción de Pescado Seco-Salado (Kg)

ESPECIES	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Boquichico	1,817	1,279					613	178		30	200
Corvina	263	264					100	15			
Chambira	284								20		
Doncella	576	153		50	43		59	229	330	20	89
Dorado							10			230	80
Gamitana					23			106			
Mota	620	169					13	35	109		397
Paco	411	244					20		164		
Paiche	242	348	94				30	27	307	95	
Palometa	70	70						194			
Puma zungaro							25	173	150	359	80
Sábalo							78	275	15		90
Salton	60									102	
Yahuarachi	883	495		64	200		405	317	114	214	230
Yulilla							30				
Zúngaro	929	691	218	929	637	59	239	437	182	132	248
Otros*	1,815	194			416			12			
TOTAL	7,970	3,907	312	1,043	1,319	59	1,622	1,998	1,391	1,182	1,414

Fuente: Direccion regional de la Producción/DEPA - Madre de Dios

Apéndice 6. CUADROS DE PRODUCCION PESQUERA EN MADRE DE DIOS

Tabla V. Producción Acuícola (Piscigranja) Toneladas

AÑO ESPECIE	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Boquichico			1,072	623	1,740	420	600	1,360	2,701	4,847	5,641	2,800	1,335	0.75
Carachama	200	250	184	60	321	40	10	30			36	506	384	1.15
Carpa			1,446	170	370	60	62	300	30	3,635		65	70	7.958
Doncella													105	5.171
Gamitana	100	300	5,046	3,986	12,427	12,421	17,606	16,841	16,566	23,796	40,084	66,086	17,880	19.735
Lisa			32		832	200	150		622	100	570		56	29.902
Paco			22		1,110	15,011	17,102	13,506	25,647	28,517	53,222	78,210	201,886	36.09
Pacotana					1,450	1,600	523	400	750	2,150	3,150	9,255	8,725	32.637
Sábalo														47.073
Tilapia	450	400		140	1,280	150	37	200	724	2,191		100	425	65.74
Shiruy					105				30	50	30	61	30	102.733
Paiche										420		1,000	147	158.083
Otros(*)		200	156	192	100				3	34				231.043
TOTAL	750	1,150	7,958	5,171	19,735	29,902	36,090	32,637	47,073	65,740	103	158	231	311

ENCUESTA: Vulnerabilidad al cambio climático del Sector Pesquero

N° Ref.:

Mi nombre es trabajo en el Proyecto Especial Madre de Dios, estamos realizando un estudio sobre el impacto del cambio climático en el sector pesquero. Este estudio servirá para ayudará a la Estrategia Regional de Adaptación al Cambio Climático, que definirá la maneras como el gobierno regional debe apoyar a los pescadores frente a los problemas con el clima. Ya hemos informado a las autoridades de la comunidad, es importante realizar esta encuesta para recoger la información de los pescadores, esperamos que Ud. pueda colaborar con nosotros. El tiempo estimado de la encuesta es de 15 min.

Información para identificación

- Comunidad/sector.....Distrito/Provincia.....
- Nombre.....Edad.....Sexo.....
- Tamaño de hogar.....Nivel educativo alcanzado.....
- Prov. y Depto. de nacimiento.....

Características de la actividad pesquera

1. Lugar donde realiza la actividad pesquera:.....
2. ¿Cuál es su papel en el sector pesquero?.....
3. ¿Pesca con bote propio? Si..... No..... ¿Cuántos metros mide el bote?
4. ¿Pesca por contrato?..Si.....No..... ¿Trabaja solo?.....
5. ¿Pertenece a una asociación de pescadores, cual?.....
6. ¿Con que frecuencia pesca/viajes.....semanal,.....mensual?.....

Señale el número de salidas por mes del año. Variaciones Cantidad y Especies

Ene	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.

7. ¿Cuántos Kg suele capturar en cada pesca? ¿Vende toda su producción?
Si..... NO.....
8. ¿Qué porcentaje es para la venta?... ¿Consumo familiar Semanal?.....
9. ¿Dónde vende?.....
10. ¿Qué artes de pesca usa?.....
11. ¿Cuánto se desplaza para realizar la actividad?.....
12. ¿Observó variaciones de capturas a lo largo de los últimos años?.....
.....
13. ¿Cuánto tiempo se dedica a la profesión de pesca en Madre de Dios?.....
14. ¿Practica veda de pesca?
15. ¿Qué tipo de capturas tiene?

- 1..... Porcentaje de producción.....
- 2..... porcentaje de producción.....
- 3..... porcentaje de producción.....
- 4..... porcentaje de producción.....
- 5..... porcentaje de producción.....
16. ¿Observó enfermedades o parásitos en pescados o pescados muertos? Si.....No.....
17. ¿Ha pescado con barbasco? Si..... No..... ¿Dónde?.....
18. ¿Qué otra actividad laboral realiza para sostener el hogar? Ordene según tiempo dedicado e ingresos

Nro.	Actividad	Quien o quienes la realizan	% del ingreso al hogar
1.	Pesca		
2.			
3.			

Eventos de Cambio Climático

19. ¿Recuerda un cambio en el clima que ha afectado la pesca? Describa el tipo de cambio (lluvia, sequía, frío) el año(s) y como le ha afectado.
.....
20. ¿Se vieron afectadas las capturas por los eventos climáticos?.....
21. ¿Que hizo para adaptarse al cambio?.....
22. ¿Recuerda un año con una temporada de lluvias excesivas en los últimos 10 años?
No..... Si..... el año/los años.....
23. ¿Observó mortandad de peces? Si..... No..... Descripción.....

Observaciones:

.....

.....

.....

.....

¡Muchas gracias por su participación!

Hoja de Campo para el Monitoreo Hidrobiológico

Técnicos de Muestreo:

Hoja n°:

Fecha/Hora:

Código Estación:

Río:

Localidad/Municipio:

Localización UTM:

Fecha Muestreo anterior:

Tipo de agua:

Color aparente del agua

Clima:

Oxígeno (ppm)		Anchura media (m)		Cobertura arbórea (%)	
Secchi (cm)		Profundidad (cm)		Pendiente Orilla (%)	
pH		Tª aire (°C)			
Conductivid. (µS)		Veloc. Media (m/s)			
Tª agua (°C)		Veloc. Maxima (m/s)			

*Tipo sustrato/Fondo +++++ +++ ++ +

Arena (A)				
Grava (GR)				
Guijarros (G)				
Rocas (R)				
Placas de piedra (P)				

Vegetación sumergida +++++ +++ ++ +

Algas				
Musgos				
Sin vegetación				

Ribera +++++ +++ ++ +

No vegetación				
Graveras				
Bancos de arena				
Arboles				
Especies de árboles				
Raíces laterales				

Foto de Muestra (X4): Orilla Derecha Aguas Arriba y Orilla Derecha Aguas Abajo. Orilla Izquierda Aguas Arriba y Orilla Izquierda Aguas Abajo.

Observaciones

Tabla 3 Descripción de las localidades muestreadas consideradas en el muestreo físico químico. Cuerpo de Agua: 1 Río, 2 Tributario y 3 ambiente léntico.

# Ref.	Nombre Localidad	Coordendas UTM (19L)		Altura msnm	Orden Strahler	Cuerpo Aguas	# Muestreos	SUBCUENCA
		X	Y					
1	Q. PACCHAYOC	218307	8544002	2411	2	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
2	Q. AMERICO	220493	8547120	2218	1	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
3	Q. UNION	221330	8553583	1673	3	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
4	Q. SAN PEDRO	223820	8555368	1394	1	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
5	RIO KOSÑIPATA SAN PEDRO	224165	8555230	1347	4	1	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
6	Q. QUITA CALZON	228880	8558658	1064	1	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
7	Quebrada Paredes	234119	8579950	561	4	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
8	RIO KOSÑIPATA ASUNCION	236353	8560454	720	4	1	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
9	TONO	236449	8570800	551	4	1	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
10	HOSPITAL	237147	8570407	547	3	1	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
11	Cocha Cashu (centro)	237519	8685254	323	0	3	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
12	Q. Makisapa	237544	8685379	355	0	3	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
13	AGUAJAL AGUA SANTA	238234	8568005	622	0	3	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
14	R. Manu (orilla Cashu)	238658	8684597	320	6	1	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
15	Quebradas Piñi-piñi	238666	8573828	527	5	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
16	Q Totora	238936	8685757	353	2	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
17	Q. trocha 27	239032	8688704	363	1	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
18	Poza Maloca	239195	8573168	525	0	3	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
19	PILCOPATA (VILLA CARMEN)	239596	8573186	511	6	1	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
20	Quebrada Pista	239669	8573020	523	6	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
21	Q. PIÑI PIÑI	239996	8574304	518	5	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
22	Quebrada Mascuitania	239997	8584255	492	1	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
23	Q. Playa Bonita	240132	8690115	339	2	1	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
24	PIÑI PIÑI (VILLA CARMEN)	240343	8574269	518	5	1	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
25	Playa Orilla MLC CREES	240495	8584947	463	6	1	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
26	Quebrada Locumayo	240905	8586450	452	6	1	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
27	MASCUITANIA	240981	8584894	459	6	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
28	Quebrada amarilla frente mlc	241210	8584842	481	2	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
29	SALVACION	244680	8579504	558	2	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
30	CARBON	245102	8573594	499	4	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
31	km DOS CINCUENTA	245321	8597475	462	6	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
32	Rio Palotoa (pesca con Nativos)	245356	8601294	448	5	1	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
33	QUEROS	246165	8565316	587	4	1	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
34	SABALUYOC	246557	8566397	593	4	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
35	Q. SHINTUYA	249667	8598116	424	2	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
36	Q. ANACONDA	250520	8596971	428	1	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
37	Alto Madre (Aguas Calientes)	253772	8598109	398	6	1	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
38	Boca Chisue	295607	8588186	339	3	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
39	Colorado Collpa	300756	8580195	332	5	1	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
40	Boca Cupodne	302380	8587242	311	4	1	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
41	Pinkiri	302937	8579313	313	3	2	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
42	Yanamayo cabecera	306858	8534846	743	1	2	1	Cuenca Inambari
43	Cauce rio Araza (quebradita)	308095	8535298	668	5	2	1	Cuenca Inambari
44	camino a Nusiniscato	308624	8544680	566	3	2	1	Cuenca Inambari
45	Rio Araza	308732	8535425	655	5	1	1	Cuenca Inambari
46	Yanamayo (Quincemil)	309256	8537368	681	1	2	1	Cuenca Inambari
47	Karene La Y	312699	8585998	292	5	1	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
48	Huasoroco	321744	8587463	275	5	1	1	Intercuenca Alto Madre de Dios

# Ref.	Nombre Localidad	Coordendas UTM (19L)		Altura msnm	Orden Strahler	Cuerpo Aguas	# Muestréos	SUBCUENCA
		X	Y					
49	Cochita en el Puesto de	342866	8758928	305	0	3	1	Tahumanu
50	Cochita en el rio	344095	8758950	316	0	3	1	Tahumanu
51	Playa Puesto Control	344758	8758267	314	4	1	1	Tahumanu
52	R. Inambari	348317	8545784	353	6	1	1	Cuenca Inambari
53	Q. Palmera (sin nombre)	349694	8545090	364	1	2	1	Cuenca Inambari
54	Rio Inambari (Q. Loromayo)	349775	8544402	363	6	1	1	Cuenca Inambari
55	R. Chiforongo	351361	8550008	343	2	2	1	Cuenca Inambari
56	Q. s/n tributaria Río Dos de	353210	8555080	337	3	2	1	Cuenca Inambari
57	R. Inambari (Playa Santa	353833	8571770	234	6	1	1	Cuenca Inambari
58	Q. Arenal (Tigremayo)	356920	8571594	291	3	2	1	Cuenca Inambari
59	La Cumbre (Santa Rosa)	358930	8566536	368	2	2	1	Cuenca Inambari
60	Santa Rita	366180	8567967	271	3	1	1	Cuenca Inambari
61	Puente Interoceanica	372895	8572224	259	4	2	1	Cuenca Inambari
62	de subida, caiman en malla	374910	8750184	298	5	1	1	Tahumanu
63	Chocolatillo 3 arrastres pozas	375975	8541714	346	2	2	1	Cuenca Tambopata
64	Pesca Subida Poza con Buser	376101	8541808	330	2	2	1	Cuenca Tambopata
65	Tramperas abajo del	376166	8541242	346	2	2	1	Cuenca Tambopata
66	Pesca Campamento	376209	8541229	332	2	2	1	Cuenca Tambopata
67	Chocolatillo Abajo del	376237	8541720	334	2	2	1	Cuenca Tambopata
68	Quebrada 1080	376305	8536130	1080	1	2	1	Cuenca Tambopata
69	Chocolatillo Anzuelo Brazo	376417	8541871	326	2	2	1	Cuenca Tambopata
70	Chocolatillo Agalleras abajo	376418	8542064	329	2	1	1	Cuenca Tambopata
71	Chocolatillo Arrastre Brazo	376569	8542313	327	2	2	1	Cuenca Tambopata
72	Chocolatillo Anzuelo Choco	376662	8541537	319	1	2	1	Cuenca Tambopata
73	Tarrafa Brazo Campa y	376793	8542926	325	2	2	1	Cuenca Tambopata
74	Q Campamento	376837	8542544	327	2	2	1	Cuenca Tambopata
75	Trampera Choco Medio	376927	8541397	361	1	2	1	Cuenca Tambopata
76	Choco Medio	376946	8541273	361	1	2	1	Cuenca Tambopata
77	Chocolatillo Arrastre abajo	377154	8543030	316	2	1	1	Cuenca Tambopata
78	Chocolatillo Anzuelo	377256	8541063	371	1	2	1	Cuenca Tambopata
79	Cocha Zancudo	377280	8540995	362	0	3	1	Cuenca Tambopata
80	Chocolatillo Arrastre Q Choco	377357	8541368	377	1	2	1	Cuenca Tambopata
81	Quebrada 550	377674	8537466	550	1	2	1	Cuenca Tambopata
82	Trampera boca	377758	8541508	376	1	1	1	Cuenca Tambopata
83	Choco Escalera	377853	8539546	339	2	2	1	Cuenca Tambopata
84	Tramper	378020	8540842	364	1	1	1	Cuenca Tambopata
85	Tramperas Pozas Escalera	378136	8539351	337	2	2	1	Cuenca Tambopata
86	Chocolatillo Arrastre en	378361	8540816	364	1	1	1	Cuenca Tambopata
87	Chocolatillo Arrastre bajo	378641	8540921	362	1	1	1	Cuenca Tambopata
88	Rio Manuani arriba comuni	380011	8563381	254	4	1	1	Cuenca Tambopata
89	Tributario Manuani	380768	8563178	264	4	2	1	Cuenca Tambopata
90	Rio Manuani abajo comuni	380845	8562972	249	4	1	1	Cuenca Tambopata
91	Malinowski -bocaManuani	384131	8560034	243	4	1	1	Cuenca Tambopata
92	Camino Sarayacu	387055	8579709	239	4	1	1	Cuenca Inambari
93	Alto Tahuamanu (Shupiwi-	392253	8739745	301	1	1	1	Tahumanu
94	Desembocadura en Rio	392512	8585374	218	4	1	1	Cuenca Inambari
95	Lago Huitoto	394129	8604475	210	0	3	1	Intercuenca Alto Madre de Dios
96	Malinowski	394776	8560947	237	4	1	1	Cuenca Tambopata

# Ref.	Nombre Localidad	Coordendas UTM (19L)		Altura msnm	Orden Strahler	Cuerpo Aguas	# Muestreos	SUBCUENCA
		X	Y					
97	de subida (Pacazo)	396765	8748756	281	5	1	1	Tahumanu
98	Q. Alto Libertad	396793	8574660	204	1	2	1	Cuenca Inambari
99	Azul	398601	8553162	229	4	2	1	Cuenca Tambopata
100	Cocha Onda Tahua	422765	8739653	290	0	3	1	Tahumanu
101	Alto Tambopata	430021	8531728	254	6	1	1	Cuenca Tambopata
102	Medio-Bajo Tahuamanu	432348	8735658	260	1	1	1	Tahumanu
103	Medio-Alto Tahuamanu	432373	8739909	282	1	1	1	Tahumanu
104	Qda. Guacamayo	432561	8739253	291	1	2	1	Tahumanu
105	Tavara	435508	8517551	261	5	1	1	Cuenca Tambopata
106	Rio Madre de Dios -	436034	8593836	183	7	1	1	Intercuenca Medio Alto Madre de
107	R. Acre (= 19159, 22181)	437078	8790316	229	4	1	1	Intercuenca Alto Acre
108	Bajo Piedras 2º noche	437906	8668661	233	6	1	1	Cuenca De Las Piedras
109	Q. Yaverija (= 19158,	438003	8787448	236	4	2	1	Intercuenca Alto Acre
110	Q. Primavera	439498	8783086	245	2	2	1	Intercuenca Alto Acre
111	CH-1 Florida Baja	441808	8587610	223	1	2	1	Cuenca Tambopata
112	Chuncho (Elias Aguirre)	444192	8567322	198	6	2	1	Cuenca Tambopata
113	Medio Tambopata	444920	8570360	179	6	1	1	Cuenca Tambopata
114	Bajo Tahuamanu (Iberia-	445509	8738073	234	6	1	1	Tahumanu
115	CH-2 C. A Baltimore	450261	8590990	213	2	2	1	Cuenca Tambopata
116	Bajo Piedras 3º dia, Orilla	455867	8658898	202	6	1	1	Cuenca De Las Piedras
117	Gallocunca (epoca lluviosa)	456371	8582096	214	3	2	1	Cuenca Tambopata
118	Condenado	456793	8577719	187	0	3	1	Cuenca Tambopata
119	playa tambopata (frente a	458536	8582825	171	6	1	1	Cuenca Tambopata
120	CH-4 Fitzcarral	458825	8595294	226	1	2	1	Cuenca Tambopata
121	Sachavacayoc	460861	8574521	187	0	3	2	Cuenca Tambopata
122	CH-5 Sabaluyoc	461160	8599105	220	1	2	2	Cuenca Tambopata
123	Treschimbadas	463897	8586393	179	0	3	2	Cuenca Tambopata
124	Lago Tupac Amaru	464012	8608249	179	0	3	2	Intercuenca Medio Alto Madre de
125	CH-3 San Bernardo	465432	8595654	218	3	2	2	Cuenca Tambopata
126	R. Tahuamanu	466734	8732750	239	6	1	2	Tahumanu
127	Playa Inotawa orilla	467216	8584139	165	6	1	2	Cuenca Tambopata
128	Cocha seca (La Torre)	467554	8580172	187	0	3	2	Cuenca Tambopata
129	CH-6 (C. Tres Estrellas)	469151	8597138	193	3	2	2	Cuenca Tambopata
130	Cocococha	471632	8582945	184	0	3	2	Cuenca Tambopata
131	CH-7 CEDEGA	471732	8594679	192	3	2	2	Cuenca Tambopata
132	Bajo Piedras 1 º Noche Orilla	472334	8627471	173	6	1	2	Cuenca De Las Piedras
133	Bajo Piedras 4º dia, Orilla	472337	8640546	188	6	1	2	Cuenca De Las Piedras
134	R. Muymanu	473881	8712100	257	4	1	2	Tahumanu
135	Playa Rio Piedras	474356	8616890	175	6	1	2	Cuenca De Las Piedras
136	Quebrada Chonta	475173	8594869	183	3	2	3	Cuenca Tambopata
137	CH-8 (C Infierno Km17)	475220	8594885	190	3	2	3	Cuenca Tambopata
138	Madre Dios Arriba Boca	476559	8616698	176	7	1	3	Intercuenca Medio Alto Madre de
139	Rio Tambopata - Botafogo	476819	8601165	172	6	1	3	Cuenca Tambopata
140	Qbrada. Puerto Arturo	477213	8619463	181	2	2	3	Intercuenca Medio Madre de Dio
141	Madre Dios Abajo Boca	477286	8619116	175	7	1	3	Intercuenca Medio Madre de Dio
142	Puente Herrera	479533	8604392	178	6	2	3	Cuenca Tambopata
143	Rio Madre de Dios - Pastora	479624	8609824	173	7	1	3	Intercuenca Medio Madre de Dio
144	Playa Tambopata Anthony	480097	8600997	166	6	1	3	Cuenca Tambopata

# Ref.	Nombre Localidad	Coordendas UTM (19L)		Altura msnm	Orden Strahler	Cuerpo Aguas	# Muestréos	SUBCUENCA
		X	Y					
145	Espinoza Tambopata	481398	8607104	170	6	1	3	Cuenca Tambopata
146	Rio Madre de Dios -	481525	8607923	169	7	1	4	Intercuenca Medio Madre de Dic
147	R. Tambopata - Botafogo	482394	8600512	174	6	1	4	Cuenca Tambopata
148	Loboyoc	486551	8623591	189	2	2	4	Intercuenca Medio Bajo Madre c
149	R. Manuripe	487157	8681168	224	5	1	4	Manuripi
150	Rio Manuripe	487348	8681444	224	5	1	4	Manuripi
151	Q. Reducto	487485	8661302	249	3	2	4	Manuripi
152	Loboyoc (Bello Horizonte)	493909	8622315	181	3	2	4	Intercuenca Medio Bajo Madre c
153	Sandoval	494823	8606861	180	0	3	4	Intercuenca Medio Bajo Madre c
154	Cocha Platanillal	529264	8600198	165	0	3	4	Heath
155	Heath	529813	8599517	170	5	1	6	Heath
145	Espinoza Tambopata	481398	8607104	170	6	1	3	Cuenca Tambopata
146	Rio Madre de Dios -	481525	8607923	169	7	1	4	Intercuenca Medio Madre de Dic
147	R. Tambopata - Botafogo	482394	8600512	174	6	1	4	Cuenca Tambopata
148	Loboyoc	486551	8623591	189	2	2	4	Intercuenca Medio Bajo Madre c
149	R. Manuripe	487157	8681168	224	5	1	4	Manuripi
150	Rio Manuripe	487348	8681444	224	5	1	4	Manuripi
151	Q. Reducto	487485	8661302	249	3	2	4	Manuripi
152	Loboyoc (Bello Horizonte)	493909	8622315	181	3	2	4	Intercuenca Medio Bajo Madre c
153	Sandoval	494823	8606861	180	0	3	4	Intercuenca Medio Bajo Madre c
154	Cocha Platanillal	529264	8600198	165	0	3	4	Heath
155	Heath	529813	8599517	170	5	1	6	Heath

Tabla 4 Datos fisico-químicos procedente de los cuerpos de agua **clara** para parámetros abióticos agrupados por subcuencas. N, número de medidas. En la tabla: Promedio (Mx-min) donde corresponda

Subcuenca	N	Altura (msnm)	pH	Conductividad (μ s/cm)	Ox. (mgr/L)	Temp.(°C)
Cuenca Inambari	9	743-368	7.0(7.4-6.8)	34.2(74.3-9.0)	7.5(7.8-7.2)	22.3(24.1-20.1)
Cuenca Tambopata	27	1080-261	7.3(8.0-5.6)	34.1(71.5-6.0)	4.6(7.5-3.4)	24.0(27.0-19.3)
Intercuenca Alto Madre de Dios	39	2411-292	7.4(8.8-4.4)	79.0(214-26)	7.4(9.0-2.6)	20.9(25.4-11.4)
TOTAL	75	2411-178	7.2(8.8-4.4)	49.1(214-6)	6.5(9.0-2.6)	22.4(27.0-11.4)

Tabla 5 Datos fisico-químicos procedente de los cuerpos de agua **blanca** para parámetros abióticos agrupados por subcuencas. N, número de medidas. En la tabla: Promedio (Mx-min) donde corresponda

Subcuenca	N	Altura (msnm)	pH	Conductividad (us/cm)	Ox. (mgr/L)	Temp.(°C)
Cuenca De Las Piedras	5	233-173	7.2(7.4-7.0)	171(194-159)	7.0(7.2-6.8)	25.1(26.0-22.8)
Cuenca Inambari	22	364-218	7.0(7.4-6.6)	77.2(164-27)	6.6(7.4-5.6)	26.6(28.6-24.6)
Cuenca Tambopata	15	254-165	7.0(7.5-6.2)	54.6(66-28.3)	6.9(7.5-6.4)	28.2(31.0-24.5)
Heath	1	170	6.3	80	7.0	21.5
Intercuenca Alto Acre	3	229	7.6 (8.2-6.5)	212(259-138)	6.3 (7.2-5.8)	28.8 (31-27)
Intercuenca Alto Madre de Dios	14	363-275	7.0(7.5-6.6)	60.2(139-33.8)	6.9(7.3-6.4)	25.4(26.4-24.6)
Intercuenca Medio Alto Madre de Dios	4	183-176	7.0(7.2-6.9)	95(110-80)	7.1(7.3-6.8)	27.0(28.9-25.1)
Intercuenca Medio Madre de Dios	5	175-169	7.2(7.4-6.9)	116.3(151-83)	6.6(7.0-6.4)	27.2(28.9-25.0)
Tahumanu	10	314-234	6.7(7.4-6.4)	187.4(262-109)	7.3(7.8-6.1)	27.7(31.1-24.4)
Total	79	364-165	7.0(7.6-6.2)	117.2(262-27)	6.8(7.8-5.6)	26.4(31.1-21.5)

Tabla 6 Datos fisico-químicos procedente de los cuerpos de agua **negra** para parámetros abióticos agrupados por subcuencas. N, número de medidas. En la tabla: Promedio (Mx-min) donde corresponda

Subcuenca	N	Altura (msnm)	pH	Conductividad (us/cm)	Ox. (mgr/L)	Temp.(°C)
Cuenca Inambari	5	(668-204)	6.7(7.3-5.8)	143.8(260-53.3)	7.0(7.4-6.7)	27.4(28.0-26.2)
Cuenca Tambopata	16	(264-183)	6.7(7.5-5.3)	30.9(69-6)	6.5(7.3-3.6)	26.2(28.6-22.5)
Intercuenca Alto Acre	4	(245-236)	7.4(7.5-7.3)	122(133-111)	6.4(6.6-6.2)	27.6(28.0-27.2)
Intercuenca Alto Madre de Dios	8	(527-339)	7.2(7.9-6.5)	125.5(236-41)	7.3(7.4-7.2)	25.1(25.8-24.2)
Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios	3	(189-181)	6.6(6.8-6.4)	24.3(28-21)	6.2(6.2-6.1)	25.4(26.5-24.4)
Intercuenca Medio Madre de Dios	1	181	6.4	90	5.8	20.9
Manuripi	4	(249-224)	7.1(7.5-6.8)	18.8(27-13)	5.7(6.2-4.8)	28.0(29.4-26.1)
Tahumanu	2	(291-257)	6.7(7.3-6.1)	106(181-31)	6.9(7.8-6.0)	29.6(32.9-26.2)
Total	43	(668-181)	6.8(7.9-5.3)	127.9(260-6)	6.8(7.8-3.6)	27.5 (32.9-20.9)

Tabla 7 Descripción de las localidades muestreadas para la pesca detallando el esfuerzo de muestreo y resultados más representativos (Número de especies y de individuos por localidad). Cuerpo de Agua: 1 Río, 2 Tributario y 3 ambiente léntico.

# Ref.	Nombre Localidad	FECHA	MASA DE AGUA	Cuerpo Agua	Método/Esfuerzo de muestreo	# Especies	# Individuos
49	Chocolatillo Agalleras abajo	14/06/2013	Rio Chocolatillo	1	3 agalleras	5	14
50	Chocolatillo Arrastre en choco	14/06/2013	Rio Chocolatillo	1	4 arrastres	21	187
51	Tramper	15/06/2013	Rio Chocolatillo	1	3 agalleras	2	18
52	Chocolatillo Arrastre bajo	15/06/2013	Rio Chocolatillo	1	3 arrastres	13	56
53	Trampera boca	16/06/2013	Rio Chocolatillo	1	2 tramperas	5	14
54	Cocha Zancudo	14/06/2013	Rio Chocolatillo	3	Arrastre	8	19
55	Choco Medio	16/06/2013	Rio Chocolatillo	2	2 arrastres	2	4
56	Trampera Choco Medio	17/06/2013	Rio Chocolatillo	2	2 tramperas	6	8
57	Chocolatillo Anzuelo	18/06/2013	Rio Chocolatillo	2	anzuelo	1	3
58	Chocolatillo Arrastre Q Choco	20/06/2013	Rio Chocolatillo	2	1 arrastre	6	16
59	Chocolatillo Anzuelo Choco	20/06/2013	Rio Chocolatillo	2	Anzuelo	3	5
60	Playa Rio Piedras	22/05/2013	CN Puerto Arturo	1	5 arrastres	17	129
61	Madre Dios Arriba Boca	22/05/2013	CN Puerto Arturo	1	5 arrastres	14	37
62	Qbrada. Puerto Arturo	23/05/2013	CN Puerto Arturo	2	5 arrastres	15	40
63	Madre Dios Abajo Boca	23/05/2013	CN Puerto Arturo	1	4 arrastres	20	105
64	Madre Dios Abajo Boca	23/05/2013	CN Puerto Arturo	1	Trampera	10	21
65	Rio Manuani abajo comuni	27/05/2013	Rio Manuani	1	5 arrastres	20	41
66	Tributario Manuani	27/05/2013	Rio Manuani	2	3 arrastres	10	16
67	Malinowski -bocaManuani	28/05/2013	Rio Manuani	1	5 arrastres	17	111
68	Rio Manuani arriba comuni	28/05/2013	Rio Manuani	1	5 arrastres	19	75
69	Alto Madre (Aguas Calientes)	13/06/2012	Rio Alto Madre de	1	Pesca electrica	17	53
70	Q. SHINTUYA	12/06/2012	Rio Alto Madre de	2	Pesca electrica	18	155
71	Q. ANACONDA	13/06/2012	Rio Alto Madre de	2	Pesca electrica	10	52
72	MASCUITANIA	14/06/2012	Rio Alto Madre de	2	Pesca electrica	15	49
73	km DOS CINCUENTA	14/06/2012	Rio Alto Madre de	2	Pesca electrica	19	107
74	CARBON	11/06/2012	Rio Alto Madre de	2	Pesca electrica	14	111
75	PILCOPATA (VILLA CARMEN)	10/06/2012	Rio Alto Madre de	1	Pesca electrica	11	139
76	PIÑI PIÑI (VILLA CARMEN)	07/06/2012	Rio Alto Madre de	1	Pesca electrica	10	45
77	Q. PIÑI PIÑI	07/06/2012	Rio Alto Madre de	2	Pesca electrica	13	125
78	HOSPITAL	08/06/2012	Rio Alto Madre de	1	Pesca electrica	15	44
79	TONO	08/06/2012	Rio Alto Madre de	1	Pesca electrica	15	44
80	SALVACION	11/06/2012	Rio Alto Madre de	2	Pesca electrica	16	140
81	QUEROS	09/06/2012	Rio Alto Madre de	1	Pesca electrica	22	72
82	SABALUYOC	09/06/2012	Rio Alto Madre de	2	Pesca electrica	9	40
83	AGUAJAL AGUA SANTA	17/06/2012	Rio Alto Madre de	3	Pesca electrica	3	74
84	RIO KOSÑIPATA ASUNCION	10/06/2012	Rio Alto Madre de	1	Pesca electrica	10	91
85	Q. QUITA CALZON	16/06/2012	Rio Alto Madre de	2	Pesca electrica	7	92
86	RIO KOSÑIPATA SAN PEDRO	16/06/2012	Rio Alto Madre de	1	Pesca electrica	3	63
87	Q. SAN PEDRO	16/06/2012	Rio Alto Madre de	2	Pesca electrica	7	108
88	Q. UNION	17/06/2012	Rio Alto Madre de	2	Pesca electrica	2	33
89	Q. AMERICO	18/06/2012	Rio Alto Madre de	2	Pesca electrica	2	101
90	Q. PACCHAYOC	18/06/2012	Rio Alto Madre de	2	Pesca electrica	0	0
91	Rio Palotoa (pesca con	14/06/2011	Rio Alto Madre de	1	Barbasqueo (Rotenona)	20	621
92	Rio Pilcopata	25/01/2012	Villacarmen	1	4 arrastres y deep net	19	89
93	Quebrada Boca Piñi	30/01/2012	Villacarmen	2	3 arrastres	12	115
94	Rio Piñi-Piñi	27/01/2012	Villacarmen	1	5 arrastres	13	103
95	Quebrada Pista	26/01/2012	Villacarmen	2	Deepnet y 2 arrastres	6	21
96	Quebrada Paredes	29/01/2012	Villacarmen	2	5 arrastres y deepnet	11	25

# Ref.	Nombre Localidad	FECHA	MASA DE AGUA	Cuerpo Agua	Método/Esfuerzo de muestreo	# Especies	# Individuos
97	Poza Maloca	28/01/2012	Villacarmen	3	5 arrastres	5	144
98	Quebradas Piñi-piñi	30/01/2012	Villacarmen	2	Arrastre, agallera y anzuelos	9	33
99	Rio Tambopata - Botafogo	02/05/2012	Entorno P. Maldonado	1	5 arrastres	28	230
100	Rio Madre de Dios - Capitanía	06/05/2012	Entorno P. Maldonado	1	3 arrastres	5	443
101	Puente Herrera	02/05/2012	Entorno P. Maldonado	2	3 arrastres	11	27
102	Loboyoc	03/05/2012	Entorno P. Maldonado	2	5 arrastres	7	28
103	Lago Tupac Amaru	04/05/2012	Entorno P. Maldonado	3	5 arrastres	18	153
104	Rio Madre de Dios - Pastora	03/05/2012	Entorno P. Maldonado	1	5 arrastres	20	79
105	Espinoza Tambopata	07/05/2012	Entorno P. Maldonado	1	5 arrastres	1	1
106	Quebrada Chonta	09/05/2012	Entorno P. Maldonado	2	5 arrastres	11	19
107	Quebrada Chonta	01/10/2011	Entorno P. Maldonado	2	5 arrastres, 1 trampera	20	78
108	Quebrada Loboyoc	07/01/2012	Entorno P. Maldonado	2	5 arrastres, 1 trampera	31	53
109	Puente Herrera	02/10/2011	Entorno P. Maldonado	2	anzuelos, 1 arrastre	6	8
110	Rio Tambopata - Playa	07/01/2012	Entorno P. Maldonado	1	5 arrastres	15	29
111	Rio Madre de Dios - Pastora	18/12/2011	Entorno P. Maldonado	1	5 arrastres	23	54
112	Lago Tupac Amaru	22/12/2011	Entorno P. Maldonado	3	5 arrastres, 1 arrastre de	17	61
113	Gallocunca (epoca lluviosa)	04/01/2011	Rio Tambopata	2	5 arrastres y agallera	10	13
114	Gallocunca (epoca seca)	02/07/2011	Rio Tambopata	2	5 arrastres	17	30
115	Bajo Tahuamanu (Iberia-	16-21/06/2011	Rio Tahuamanu	1	15 arrastres	22	97
116	Medio-Bajo Tahuamanu	17-20/06/2011	Rio Tahuamanu	1	15 arrastres y anzuelos	41	103
117	Medio-Alto Tahuamanu	19/06/2011	Rio Tahuamanu	1	10 arrastres, agallera y	35	133
118	Alto Tahuamanu (Shupiwi-	17-18/06/2011	Rio Tahuamanu	1	10 arrastres y anzuelos	54	219
119	Qda. Guacamayo	17-20/06/2011	Rio Tahuamanu	2	Agallera y 3 arrastres	14	23
120	Cocha Onda Tahua	18/06/2011	Rio Tahuamanu	3	Agallera	21	50
121	Lago Huitoto	15-17/05/2010	Rio Madre de Dios	3	Arrastre, agallera y anzuelos	25	149
122	Tavara	3-4/11/2010	Rio Tambopata	1	5 arrastres	28	161
123	Chuncho (Elias Aguirre)	26/08/2010	Rio Tambopata	2	5 arrastres	6	23
124	Alto Tambopata	4-5 /11/2010	Rio Tambopata	1	15 arrastres	36	196
125	Medio Tambopata	5/11/2010	Rio Tambopata	1	10 arrastres	46	450
126	Azul	20/10/2010	Rio Tambopata	2	5 arrastres	16	98
127	Malinowski	19-21/10/2010	Rio Tambopata	1	10 arrastres	11	117
128	Heath	12-13/07/2010	Rio Heath	1	10 arrastres y anzuelos	31	116
129	Treschimbadas	20/10/2010	Lagos Tambopata	3	3 tramperas, deepnet	24	629
130	Cocococha	21/10/2010	Lagos Tambopata	3	3 tramperas, deepnet	25	208
131	Condenado	22/10/2010	Lagos Tambopata	3	3 tramperas, deepnet	22	119
132	Sachavacayoc	24/10/2010	Lagos Tambopata	3	3 tramperas, deepnet	19	85
133	Sandoval	13/10/2010	Lagos Tambopata	3	3 tramperas, deepnet, 2	25	232
134	Cocha seca (La Torre)	12/08/2010	Lagos Tambopata	3	1 arrastres	22	191
135	Cocha Platanillal	13/07/2010	Lagos Tambopata	3	3 arrastres	21	132
136	de subida (Pacazo)	26/05/2010	Rio Tahuamanu	1	5 arrastres	12	23
137	de subida, caiman en malla	27/05/2010	Rio Tahuamanu	1	2 arrastres	9	37
138	Playa Puesto Control	28/05/2010	Rio Tahuamanu	1	5 arrastres, agallera,	32	176
139	Cochita en el rio	29/05/2010	Rio Tahuamanu	3	Tarrafa y agallera	19	24
140	Cochita en el Puesto	30/05/2010	Rio Tahuamanu	3	anzuelo y agallera	6	8
141	Treschimbadas	23/02/2010	Lagos Tambopata	3	2 agalleras, deep net	0	0
142	R. Inambari	25/09/2010	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres, 1 trampera	16	351
143	R. Chiforongo	25/09/2010	Carretera Interoceanica	2	5 arrastres	20	254
144	Q. Jayave	27/09/2010	Carretera Interoceanica	2	5 arrastres	15	98

# Ref.	Nombre Localidad	FECHA	MASA DE AGUA	Cuerpo Agua	Método/Esfuerzo de muestreo	# Especies	# Individuos
145	Rio Madre de Dios - Laberinto	28/09/2010	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	6	22
146	R. Tambopata - Botafogo	29/09/2010	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	19	222
147	R. Manuripe	06/10/2010	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	21	79
148	R. Tahuamanu	08/10/2010	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	28	349
149	Q. Yaverija	10/10/2010	Carretera Interoceanica	2	5 arrastres	19	91
150	R. Acre	09/10/2010	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	18	206
151	R. Inambari	18/04/2010	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	5	40
152	Q. Chiforongo	20/04/2010	Carretera Interoceanica	2	5 arrastres	10	22
153	Q. Javave	20/04/2010	Carretera Interoceanica	2	5 arrastres	8	29
154	R. Madre de Dios - Laberinto	21/04/2010	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	5	13
155	R. Tambopata - Botafogo	23/04/2010	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	8	33
156	R. Manuripe	27/04/2010	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	23	69
157	R. Tahuamanu	27/04/2010	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	30	130
158	Q. Yaverija	25/04/2010	Carretera Interoceanica	2	5 arrastres	6	13
159	R. Acre	25/04/2010	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	10	41
160	Loboyoc (Bello Horizonte)	15/04/2010	Albergue	2	5 arrastres, anzuelos,	17	27
161	Cabecera Santa Rosa	06/09/2010	Quebrada Jayave	2	5 arrastres, tarrafa	13	36
162	Puente Interoceanica	07/09/2010	Quebrada Jayave	2	5 arrastres	16	62
163	Boca Jayave en Rio Inambari	11/09/2010	Quebrada Jayave	1	5 arrastres	21	99
164	Rio Inambari (Q. Loromayo)	10/10/2009	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	6	44
165	Q. Palmera (sin nombre)	11/10/2009	Carretera Interoceanica	2	5 arrastres	0	0
166	Q. s/n tributaria Río Dos de	12/10/2009	Carretera Interoceanica	2	5 arrastres	10	28
167	R. Inambari (Playa Santa	11/10/2009	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	16	29
168	Q. Arenal (Tigremayo)	11/10/2009	Carretera Interoceanica	2	5 arrastres	0	0
169	Q. Alto Libertad	13/11/2009	Carretera Interoceanica	2	3 arrastres	4	12
170	R. Inambari	16/11/2009	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	13	50
171	R. Chiforon	17/11/2009	Carretera Interoceanica	2	5 arrastres	13	33
172	Q. Jayave	18/11/2009	Carretera Interoceanica	2	5 arrastres	9	25
173	Rio Madre Dios - Laberinto	19/11/2009	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	6	14
174	R. Tambopata - Botafogo	20/11/2009	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	11	27
175	Q. Reducto	21/11/2009	Carretera Interoceanica	2	5 arrastres	9	59
176	R. Muymanu	22/11/2009	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	9	15
177	Q. Primavera	23/11/2009	Carretera Interoceanica	2	5 arrastres	3	8
178	Rio Manuripe	24/11/2009	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	9	17
179	R. Tahuamanu	25/11/2009	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	11	14
180	Q. Yaverija	26/11/2009	Carretera Interoceanica	2	5 arrastres	10	25
181	R. Acre	27/11/2009	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	18	58
182	Rio Inambari	11/10/2009	Carretera Interoceanica	1	5 arrastres	3	11
183	Lago Treschimbadas Budi	23/02/2010	Rio Tambopata	3	2 agalleras	11	79
184	playa tambopata (frente a	29/09/2009	Rio Tambopata	1	2 arratres	5	18
185	Quebrada Gallocunca (TPL)	29/09/2009	Rio Tambopata	2	agallera y anzuelos	8	10
186	Lago Condenado	30/09/2009	Rio Tambopata	3	Agallera	7	39
187	Playa Tambopata Anthony	26/09/2009	Rio Tambopata	1	2 arrastres	5	10
188	Cocha seca La Torre	07/08/2009	Rio Tambopata	3	1 arrastre	19	2057
189	Playa Inotawa orilla	17/06/2009	Rio Tambopata	1	3 arrastres (nocturno)	12	64
190	cocha seca La Torre	17/06/2009	Rio Tambopata	3	2 arrastres	15	87

# Ref.	Nombre Localidad	FECHA	MASA DE AGUA	Cuerpo Agua	Método/Esfuerzo de muestreo	# Especies	# Individuos
191	Lago Treschimbadas	18/06/2009	Rio Tambopata	3	agallera	8	102
192	Playa Orilla MLC CREES	20/08/2009	Frente a Salvacion	1	4 arrastres en creciente	12	58
193	Quebrada Mascuitania	21/08/2009	Frente a Salvacion	2	Deepnet y cal cal	18	41
194	Playa Orilla MLC CREES	22/08/2009	Frente a Salvacion	1	2 arrastres	9	13
195	Quebrada Locumayo	21/08/2009	Frente a Salvacion	1	agallera, tarrafa y 3 arrastres	10	17
196	Quebrada amarilla frente mlc	23/08/2009	Frente a Salvacion	2	2 arrastres y cal cal	16	35
197	camino a Nusiniscato	14/07/2009	Quincemil	2	Carterpilar con pala	9	16
198	Rio Araza	13/07/2009	Quincemil	1	Brazo desecado (Carterpilar)	13	124
199	Yanamayo cabecera	12/07/2009	Quincemil	2	Cal cal	3	7
200	Yanamayo (Quincemil)	11/07/2009	Quincemil	2	3 Arrastres, y tarrafa	8	33
201	Cauce rio Araza (Cocha y	10/07/2009	Quincemil	2	4 arrastres, calcal y tarrafa	15	105
202	Rio Araza (Nocturno)	10/07/2009	Quincemil	1	5 arrastres (nocturno)	15	122
203	Rio Araza	10/07/2009	Quincemil	1	4 arrastres	12	72
204	Bajo Piedras 1 ° Noche Orilla	27/07/2009	Rio Las Piedras	1	2 arrastres, agallera y anzuelos	10	71
205	Bajo Piedras 2° noche	28/07/2009	Rio Las Piedras	1	Anzuelos	5	7
206	Bajo Piedras 3° dia, Orilla	29/07/2009	Rio Las Piedras	1	1 arrastres	18	238
207	Bajo Piedras 4° dia, Orilla	29/07/2009	Rio Las Piedras	1	2 arrastres	26	124
Número Total de especies						513	
Número Total de Capturas						22,586	