

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/281586011>

La Cuenca del río Inambari: Ambientes acuáticos, biodiversidad y represas

Book · January 2010

CITATION

1

READS

571

5 authors, including:



Ronaldo Borges Barthem

Museu Paraense Emilio Goeldi - MPEG

57 PUBLICATIONS 994 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Carlos Canas

Wildlife Conservation Society

11 PUBLICATIONS 164 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Max H. Hidalgo

National University of San Marcos

68 PUBLICATIONS 263 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Hernán Ortega

National University of San Marcos

86 PUBLICATIONS 610 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Laboratório de Ictiologia UEM [View project](#)



Ríos Vivos Andinos: Region-wide collaboration for conservation of free-flowing rivers [View project](#)

ACERCA DE LOS AUTORES

MICHAEL GOULDING es ecólogo y consultor de Wildlife Conservation Society (WCS), donde dirige el Programa Aguas, Humedales y Cuencas Amazónicas. Es autor de numerosos libros sobre ecología de los ríos amazónicos, incluyendo *The Fishes and the Forest*, *Floods of Fortune*, *The Smithsonian Atlas of the Amazon* y *Las fuentes del Amazonas*.

RONALDO BARTHEM es ecólogo pesquero, trabaja en el Museu Paraense Emilio Goeldi de Belém, Brasil. Es autor de numerosos artículos científicos y de los libros *The Catfish Connection*, *The Smithsonian Atlas of the Amazon*, *Ecología acuática del Madre de Dios* y *Un ecosistema inesperado: la Amazonía revelada por la pesca*.

CARLOS CAÑAS es biólogo pesquero e hidrólogo; actualmente está terminado su Ph.D. en la University of Florida. Ha trabajado muchos años en la cuenca del río Madre de Dios y es autor de *Evaluación de los recursos pesqueros de la provincia de Tambopata*, *Madre de Dios*, *Las fuentes del Amazonas* y *Ecología acuática del Madre de Dios*.

MAX HIDALGO es consultor y biólogo en el Departamento de Ictiología del Museo de Historia Natural Javier Prado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en Lima, Perú. Es autor de varios artículos científicos y ha realizado excursiones científicas a casi todas las cuencas principales del Perú.

HERNÁN ORTEGA es biólogo y director del Departamento de Ictiología del Museo de Historia Natural Javier Prado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en Lima, Perú. Es autor de numerosos artículos científicos y monografías importantes sobre los peces de agua dulce del Perú.



Esta publicación fue financiada en parte por Gordon and Betty Moore Foundation y Blue Moon Fund



LA CUENCA DEL RÍO INAMBARI

ambientes acuáticos, biodiversidad y represas

Michael Goulding • Ronaldo Barthem • Carlos Cañas
Max Hidalgo • Hernán Ortega

Fotografía principal • André Bärtschi



LA CUENCA DEL RÍO INAMBARI ambientes acuáticos, biodiversidad y represas

La Sociedad para la Conservación de la Vida Silvestre (WCS) concibe un mundo en el que la gente valore y asuma plenamente la diversidad de la vida, desarrolle su existencia de manera sostenible con la vida silvestre y asegure la integridad del mundo natural.

El Programa Global de WCS promueve la conservación de la vida silvestre y los paisajes naturales a través de un profundo entendimiento de los temas críticos, planteando soluciones basadas en la ciencia y emprendiendo actividades de conservación que benefician a la naturaleza y a la humanidad.



LA CUENCA DEL **RÍO INAMBARI**

ambientes acuáticos, biodiversidad y represas

Michael Goulding

Ronaldo Barthem

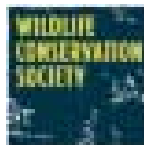
Carlos Cañas

Max Hidalgo

Hernán Ortega

Fotografía principal

André Bärtschi



Edición general

Wildlife Conservation Society

Producción editorial

Wust Ediciones

Fotografía complementaria

Michael Goulding, Walter H. Wust

Pre-prensa e impresión

Gráfica Biblos S.A.

Jr. Morococha 152, Surquillo

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca

Nacional del Perú Nº 2010-16532

ISBN: 978-612-45483-1-4

Todos los derechos reservados de acuerdo

con el D.L. 882 (Ley sobre el Derecho de Autor).

Prohibida la reproducción total o parcial de este libro.

Wildlife Conservation Society

Luis Arias Schreiber 347, La Aurora-Miraflores

Primera edición. Diciembre 2010

www.wcs.org

AGRADECIMIENTOS

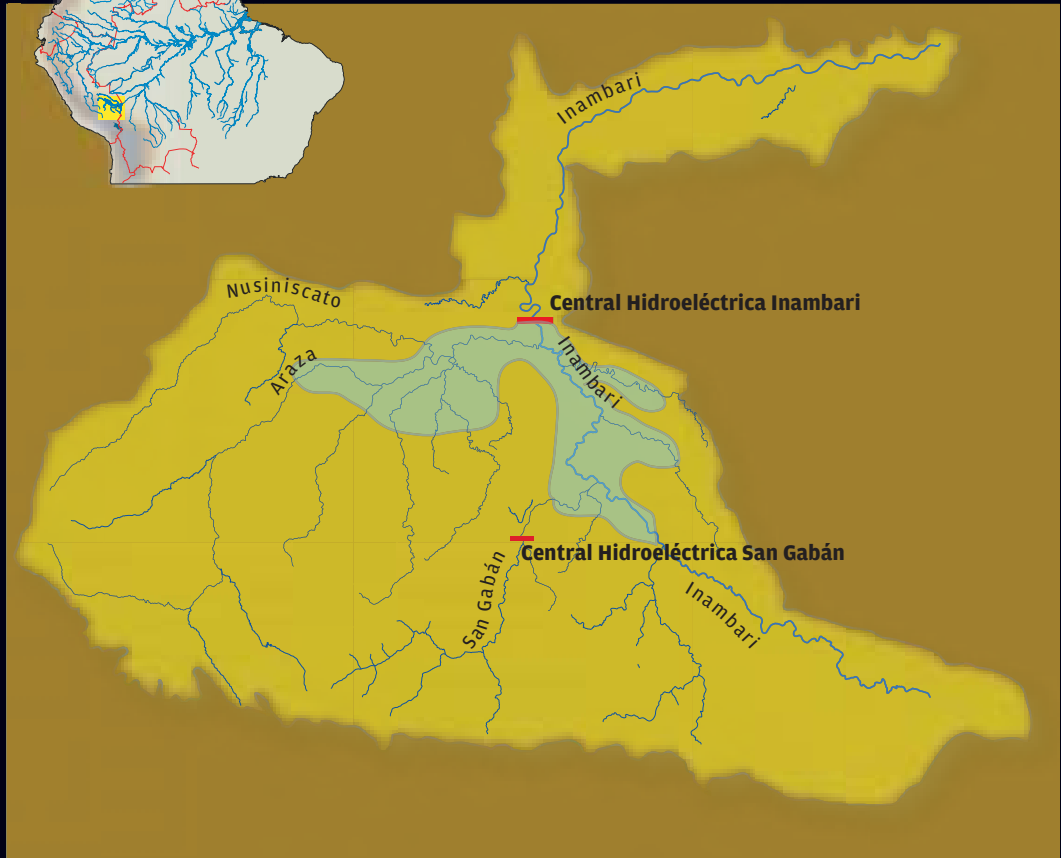
La mayor parte de la investigación que sustenta las conclusiones que figuran en este documento fue financiada por Gordon and Betty Moore Foundation y Blue Moon Foundation. También agradecemos a Adrian Forsyth, Bruce Forsberg, Rosseval Leite, Peter Waylen, Ernesto Ráez, Mariano Castro, Oscar Castillo, Pablo Peña y Simy Benzaquén por facilitar datos y/o sugerencias a este documento, y a Micaela Varese por preparar un borrador del diseño. Agradecemos a Mariana Varese y AVECITA Chicchón por coordinar esfuerzos en Perú para incorporar en la agenda de trabajo de WCS el tema de conservación de cabeceras andino-amazónicas, incluidas las migraciones de peces, y también por promover la alianza entre la ciencia y la aplicación de políticas ambientales.

Un agradecimiento especial a André Bärtschi quien trabajó con nosotros en la fotografía durante nuestras expediciones. Agradecemos también a Walter H. Wust por facilitarnos imágenes adicionales, a Ian Leader y al usuario Aofrerger por el uso de imágenes de Google Earth. Agradecemos también a Gabriel Herrera por el diseño final.

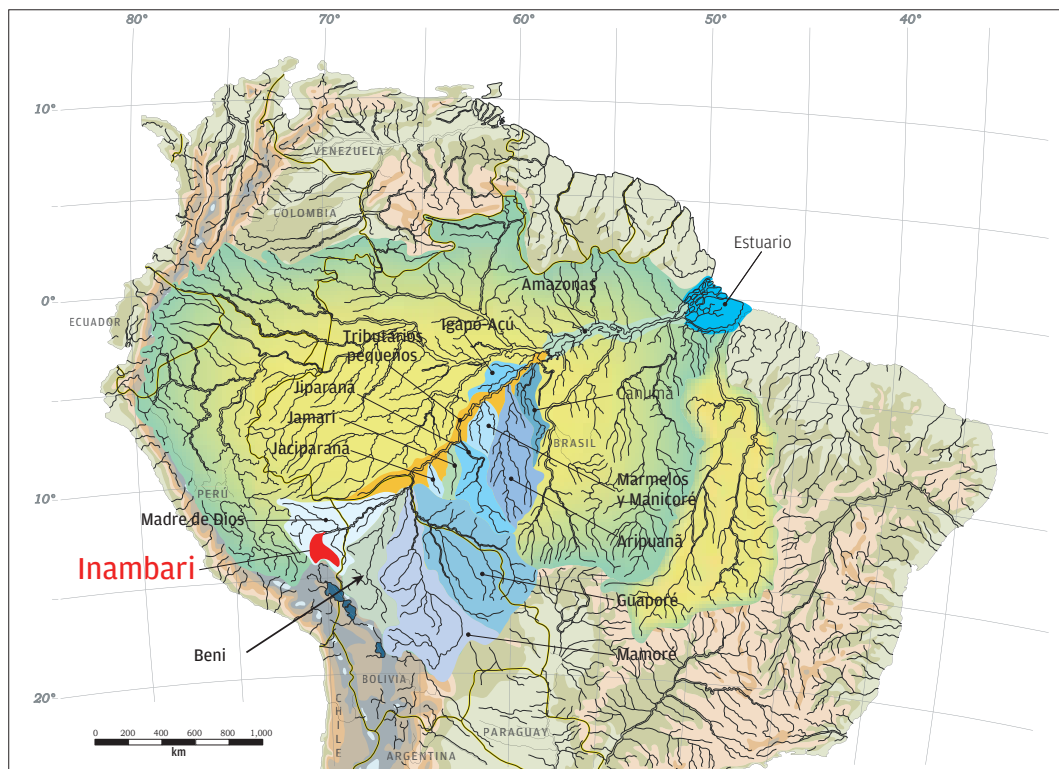


Introducción	5
Zonas ecológicas de la cuenca del Inambari	9
La cuenca del Inambari y sus hábitats acuáticos	13
La diversidad de peces en la cuenca del Inambari	27
Migraciones de peces	31
Impactos humanos en los ecosistemas acuáticos de la cuenca del Inambari	43
La fauna de peces	50
Referencias	69

SUMARIO



▲ Esta carachama (*Chaetostoma marcapatae*, Loricariidae) se encuentra solamente en la cuenca del Inambari.



INTRODUCCIÓN

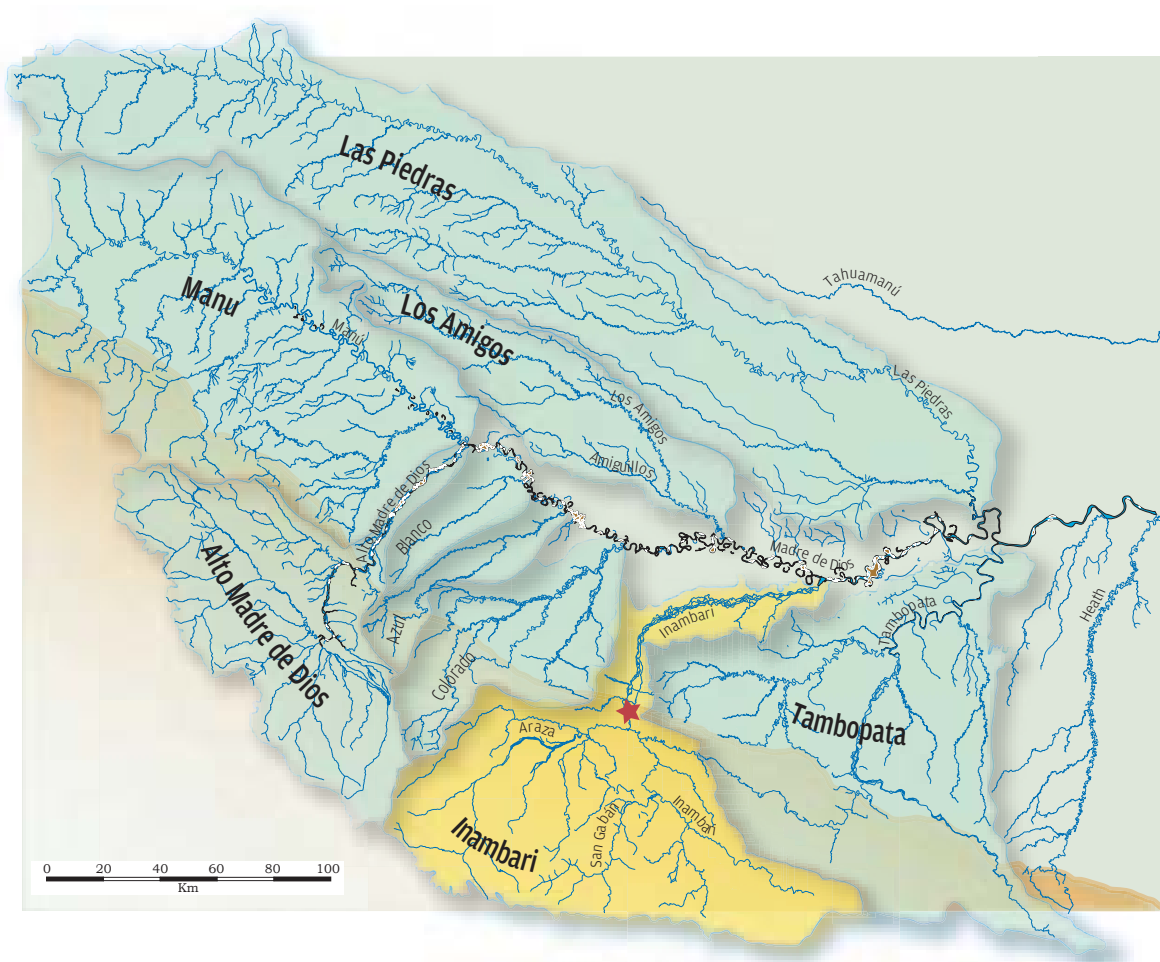
En junio de 2010 los ministros de Energía y Minas de Perú y Brasil firmaron el Acuerdo de Integración Energética, avanzando en la consolidación del Convenio de Integración Energética suscrito en 2008 por dichos ministerios. En este convenio, la parte peruana identificó un conjunto de 15 proyectos de grandes hidroeléctricas¹ “con potencial para la exportación al Brasil”. La gran mayoría de estas represas se encuentra ubicada en la Amazonía andina, en las cabeceras de las cuencas de los ríos Madre de Dios, Ucayali y Marañón. Hemos elaborado este documento con la finalidad de proveer un marco inicial para abordar las recomendaciones principales que proponemos y, al mismo tiempo, presentar una descripción visual y fácil de comprender de la cuenca del río Inambari haciendo énfasis en sus hábitats acuáticos y la vida de los peces.

▲ La cuenca del Inambari dentro de la cuenca del Madeira. La descarga del río Inambari representa casi 5% de la descarga del río Madeira, y casi 1% de la del río Amazonas.

Los planes para la construcción de la primera gran represa, la Central Hidroeléctrica Inambari², ubicada en uno de los mayores tributarios de la región de cabeceras andino-amazónicas, han sido puestos en marcha bajo un calendario de plazos muy cortos, sin un marco realista que evalúe sus principales impactos ecológicos. Ninguno de estos dos países cuenta aún con capacidad para entender los procesos ecológicos de los ecosistemas de las cabeceras andino-amazónicas. A pesar de ello, ya están en proceso proyectos bilaterales de infraestructura a gran escala y se ha previsto la construcción de una serie de grandes represas.

¹ Ver tabla 1 anexa.

² EGASUR, formada por las empresas brasileñas Eletrobras, OAS y FURNAS es la responsable de realizar el estudio de factibilidad técnica, económica y ambiental de la Central Hidroeléctrica Inambari.



EGASUR presentó al Ministerio de Energía y Minas (MEM) el Estudio de factibilidad técnica económica y ambiental (7 de octubre de 2010), donde se informa que se trata de una central hidroeléctrica con capacidad de 2.200 MW, con un embalse de 378 km² que inundará un conjunto de poblados y comunidades, desplazando a 7.731³ personas. Este proyecto prevé una inversión de US\$ 4.179 millones⁴ de los cuales US\$ 631 millones⁵ (15% del total) estarían destinados a programas sociales, la reubicación de población desplazada y programas ambientales.

Ya se han hecho anuncios oficiales para iniciar la construcción de la Central Hidroeléctrica Inambari en setiembre de 2011. Dicha fecha es tan próxima que

▲ La cuenca del Inambari abarca aproximadamente una novena parte del área de la cuenca del Madre de Dios. El lugar de la represa propuesta está indicado con la estrella roja.

no permitirá el desarrollo de una evaluación seria de impactos ambientales (EIA) de la obra. El estudio de factibilidad de la Central Hidroeléctrica Inambari afirma que no hay conocimiento de las migraciones de peces, en este trabajo mostraremos que hay una gran probabilidad de migraciones importantes en la cuenca del Inambari.

Aunque la responsabilidad principal de realizar una evaluación estratégica ambiental de las grandes represas planeadas para la Amazonía andina yace en el

³ Página 21, Estudio de factibilidad técnica de la Central Hidroeléctrica Inambari.

⁴ Página 139 Estudio de Factibilidad de la Central Hidroeléctrica Inambari.

⁵ Página 125, Estudio de Factibilidad Técnica de la Central Hidroeléctrica Inambari.

gobierno del Perú, no se puede dejar fuera de la ecuación a Brasil y las grandes empresas privadas a cargo de la construcción. Las empresas brasileñas, respaldadas por iniciativas de desarrollo de su gobierno, serían las principales financistas de la central hidroeléctrica del río Inambari, un afluente del río Madre de Dios, en el sureste de Perú. El río Inambari constituye una de las nueve cabeceras andino-amazónicas más importantes de la cuenca alta del río Madeira, ubicadas en Perú y Bolivia. La cuenca del río Madre de Dios contiene cuatro de estas cabeceras importantes: los ríos Inambari, Alto Madre de Dios, Manu y Tambopata. Los ambientes acuáticos de las zonas andinas de ninguna de estas cabeceras han sido satisfactoriamente investigados desde una perspectiva ecológica. A la fecha, el principal riesgo ambiental de la Central Hidroeléctrica Inambari para la región es el peligroso precedente de evaluación ambiental que sentará para otras represas planeadas para las cabeceras andino-amazónicas, las cuales probablemente tendrán impactos ambientales mucho mayores. Incluso en el contexto de la cuenca del Madeira, los proyectos brasileños de represas no pueden ser considerados como ejemplos de EIAs para la región andino-amazónica. Los EIA para las dos grandes represas en el Madeira actualmente en construcción en el estado de Rondônia, Brasil, fueron muy generales, de alcance y escala muy limitados, y sin tomar en consideración los impactos a producirse río arriba, en Bolivia y Perú.

En el caso de las represas del Madeira, la migración de peces se convirtió en el punto principal de negociación ambiental, el cual convenció a las autoridades ambientales brasileñas (IBAMA) de que algo debía y podía hacerse para prevenir un gran desastre ecológico. Sin embargo, nada significativo fue requerido por IBAMA con el fin de promover la conservación de la biodiversidad acuática en general, y tampoco se realizaron estudios ecológicos significativos. Se obligó a las empresas constructoras de las represas a trabajar con ecólogos a fin de diseñar planes que teóricamente permitieran la continuidad de las migraciones aguas arriba y aguas

abajo. Aunque estos planes –que incluyen escaleras laterales que teóricamente ayudarían a disminuir la mortalidad de peces adultos– todavía presentan imperfecciones, representan el primer ejemplo para la Amazonía de un proyecto de infraestructura a gran escala que se ha visto obligado a invertir de manera seria y significativa en un programa de mitigación, en respuesta a un problema ambiental importante.

Cabe señalar, sin embargo, que la mayoría de los estudios que permitieron desarrollar los modelos de migración de peces del río Madeira fueron financiados por fundaciones y ONGs, y no a través de los proyectos mismos. Si el modelo de migraciones de peces no hubiera existido, es muy poco probable que hubiera habido alguna consideración seria sobre los peces migratorios, ya que el gobierno brasileño no desarrolló investigaciones ecológicas a gran escala en otros lugares de la Amazonía en los que se ha construido represas. Este hecho se menciona aquí con la finalidad de enfatizar que la legislación ambiental brasileña, en materia de protección de la biodiversidad acuática dentro del contexto de represas, no debe ser tomada como un modelo ideal, aunque algunas facetas de los procesos de mitigación de las represas del Madeira podrían ser relevantes para la propuesta de una represa en el Inambari.

El Perú se enfrenta a una situación aún más difícil que la de Brasil con respecto a la protección de su biodiversidad acuática. En primer lugar, los peces y otros organismos acuáticos no son legalmente considerados como parte de la biodiversidad del Perú, sino más bien como parte del sector productivo. Esto significa que algunos conceptos ecológicos importantes, tales como especies endémicas, migraciones de peces y especies clave para un ecosistema, no pueden ser utilizados fácilmente desde una perspectiva legal cuando se evalúan los potenciales impactos ambientales de las represas. En segundo lugar, a diferencia de la autoridad ambiental en Brasil, el IBAMA, las opiniones del Ministerio del Ambiente (MINAM) y de autoridades regionales (o departamentales) no son

vinculantes en el caso de proyectos de energía y minas. La Dirección General de Asuntos Ambientales del MEM es la única agencia gubernamental con mandato legal para aprobar o denegar dichos proyectos. Al mismo tiempo, el mandato legal del MEM incluye la promoción, negociación y aprobación de proyectos de inversión energética y minera, tanto públicos como privados. Los Términos de Referencia (TdR) para la Central Hidroeléctrica Inambari (Términos de Referencia del Proyecto central hidroeléctrica, 2 dic. 2009) elaborado por la Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos del MEM son demasiado generales como para proporcionar un marco realista para llevar a cabo estudios ecológicos adecuados. Además, la fecha recientemente anunciada para el inicio de la construcción de la Central Hidroeléctrica Inambari, representa un plazo tan corto que haría imposible evaluar las migraciones de peces y otras grandes preocupaciones sobre la ecología de las cuencas del Inambari y del Madre de Dios en general. Todo lo que se podría completar bajo el actual marco de los TdR serían inventarios de especies y otras listas que probablemente no estarían vinculadas a procesos ecológicos o a servicios ambientales significativos de las cuencas.

Necesidades críticas de estudios de impacto ambiental

Con las consideraciones arriba mencionadas en mente, creemos que las siguientes recomendaciones deben contribuir a fortalecer significativamente el componente ambiental de la Central Hidroeléctrica Inambari:

1. Establecer un plazo mínimo realista de dos años para el Estudio de Impacto Ambiental de la central hidroeléctrica que posibilitaría llevar a cabo estudios adecuados dirigidos a evaluar los procesos ecológicos y servicios ambientales de la cuenca. Esto incluiría instalar estaciones climatológicas e hidrológicas para que el modelo climático/hidrológico sea realista y no, como en el presente, un modelo mayormente extrapolado a partir de información de cuencas vecinas y variables indirectas.
2. Integrar exhaustivamente los impactos de los procesos ecológicos y servicios ambientales de un río andino-amazónico con los impactos de las represas del río Madeira en Brasil para establecer un ejemplo de línea base que sirva para la evaluación de impactos de infraestructura de gran escala sobre ecosistemas acuáticos y así contribuir a desarrollar medidas de mitigación ambiental transnacionales y multilaterales significativas.
3. Definir datos críticos que son necesarios registrar y analizar para identificar y prevenir potenciales procesos de extinción de peces migratorios en las cabeceras (por ejemplo, estudios genéticos para determinar si los peces regresan a su lugar de nacimiento para desovar).
4. Desarrollar un marco de categorización de humedales similar a RAMSAR basado en sistemas de información geográfica, que pueda servir como base para clasificarlos como ecosistemas acuáticos y poder analizar los impactos ambientales sobre estos ecosistemas.
5. Realizar muestreos a una escala suficiente para detectar migraciones y la diversidad real de peces en la cuenca del Inambari.
6. Desarrollar una metodología para investigar de forma paralela las cuencas del Alto Madre de Dios y el Tambopata, y así evaluar de una manera realista la singularidad de la diversidad acuática del río Inambari y los impactos que ocasionaría una represa dentro de la cuenca del río Madre de Dios.
7. Con los seis estudios arriba mencionados, identificar la pérdida de biodiversidad y los daños a los servicios ecosistémicos, y elaborar metodologías y mecanismos integrados para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad o afectación de integridad funcional de ecosistemas.

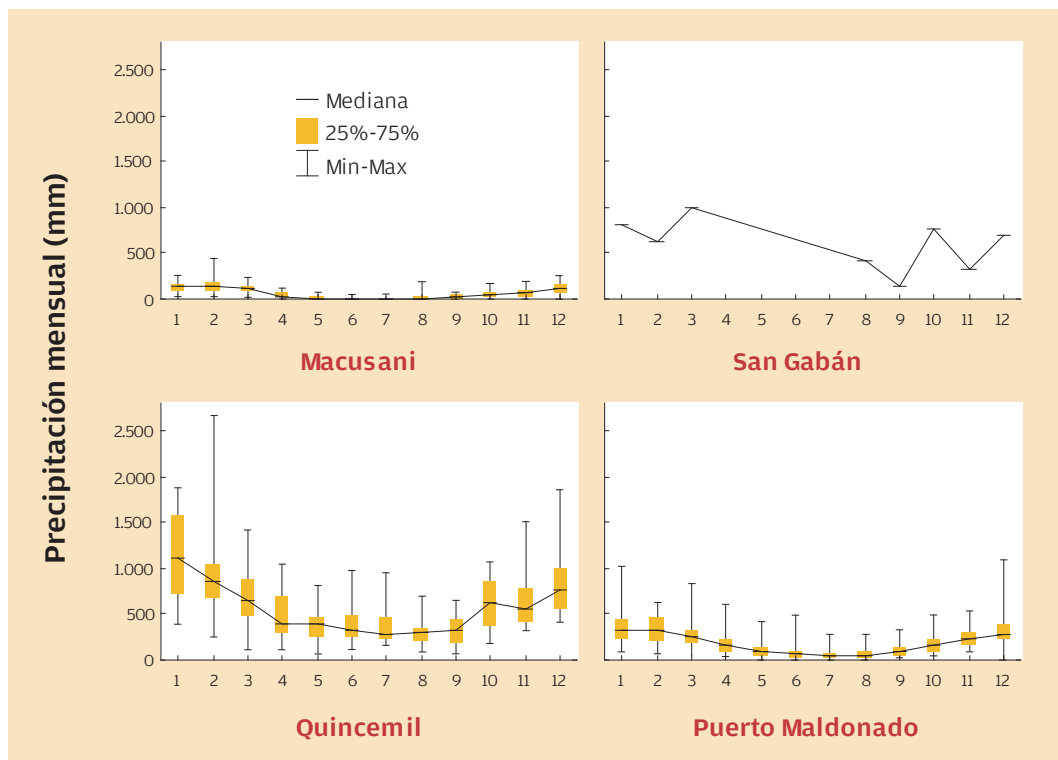
ZONAS ECOLÓGICAS DE LA CUENCA DEL INAMبارI

Para conceptualizar la ecología de los humedales de la cuenca del Inambari es importante visualizar la cuenca por zonas de elevación. Usualmente la vegetación es utilizada para definir las zonas o ecorregiones, sin embargo, todavía no se ha investigado en detalle la correlación entre la vegetación y la distribución de la fauna acuática en los Andes. Las principales dudas probablemente se presentarán en la zona de bosque lluvioso montano o bosque nublado (500-3.500 m) donde la temperatura del agua y la disponibilidad de hábitat serían mejores indicadores de los límites de la distribución de peces que el tipo de vegetación en general. Sin embargo, la vegetación es casi siempre importante por su rol en el control de la erosión, en proveer sombra y en facilitar nexos entre cadenas alimenticias externas relacionadas con las quebradas y ríos, así como otros vínculos ecológicos.

Solamente existen datos históricos de precipitación para dos estaciones meteorológicas en la cuenca del Inambari, una está ubicada en Macusani en la parte alta de la cuenca del río San Gabán, a 4.500 msnm, y la otra en Quincemil en la parte baja de la cuenca del río Araza, a 650 msnm. Los datos provenientes de la zona de la central hidroeléctrica de San Gabán están incompletos. En base a los datos disponibles se estima que en la zona andina de la cuenca del Inambari la precipitación media anual fluctúa entre 500 y 7.500 mm. En la parte baja de la cuenca, y a partir de datos históricos disponibles de la estación de Puerto Maldonado, aproximadamente a 200 msnm, la precipitación media anual es de 2.200 mm. Como se aprecia en las siguientes figuras, la precipitación en la cuenca del Inambari es estacional en todo su rango altitudinal, con los valores máximos presentados entre octubre y abril, y los mínimos usualmente entre julio y agosto. Aproximadamente la mitad de la cuenca del Inambari está constituida por terreno montañoso ubicado en dirección opuesta a los vientos húmedos provenientes del oriente, siendo por lo tanto un área

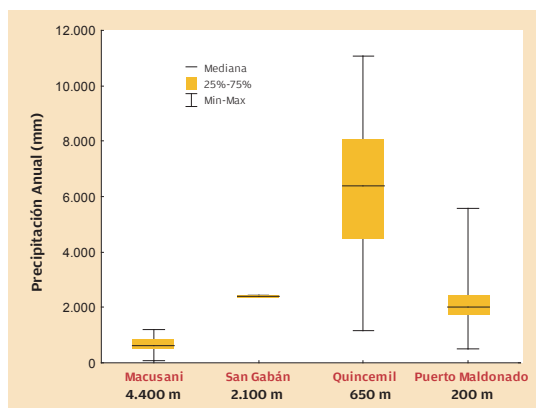
de precipitación relativamente baja. La región árida está generalmente ubicada sobre los 3.000 msnm y, según los climatólogos, bajo el efecto de 'sombra orográfica' causado por las montañas que bloquean la humedad y generan condiciones secas ('sombra seca') en las vertientes opuestas a la dirección del viento.

Aunque los tributarios más elevados del río Inambari tienen su origen en los glaciares, el deshielo de los Andes tiene relativamente poca importancia en los niveles de agua de los ríos y quebradas en la cuenca del Inambari. La capa de nieve es relativamente delgada y mayormente aislada en las elevaciones superiores a 4.800 msnm. El hecho de que los glaciares andinos han ido disminuyendo en tamaño en la última década puede tener repercusiones principalmente a nivel local en zonas de gran altitud en la cuenca del Inambari, aunque los climas más secos también pueden disminuir el caudal de los ríos. Existen muy pocos datos de precipitación para elevaciones mayores de 4.000 m, pero aquellos disponibles de la meseta de Macusani, en la cuenca alta del San Gabán, indican que los totales anuales son menores a 500 mm. La temperatura del agua a tan solo pocos kilómetros aguas abajo de los picos más altos promedia entre los 7 y 10°C, pero ocasionalmente se eleva hasta los 16°C durante los meses de verano del hemisferio sur. Los ríos más grandes son estrechos, por lo general de menos de 10 m de ancho, poco profundos y de aguas alcalinas, lo cual es una respuesta al complejo de rocas y suelos que atraviesan en su recorrido. El lecho de los ríos está por lo general constituido por grava y rocas relativamente grandes y redondeadas. Estas quebradas tienden a ser bastante claras, excepto cuando se producen fuertes precipitaciones locales. Muchos ríos se encuentran entrelazados con praderas alpinas. También pueden presentarse arbustos dispersos y a lo largo de las quebradas es posible encontrar pastos y otro tipo de vegetación herbácea de puna.

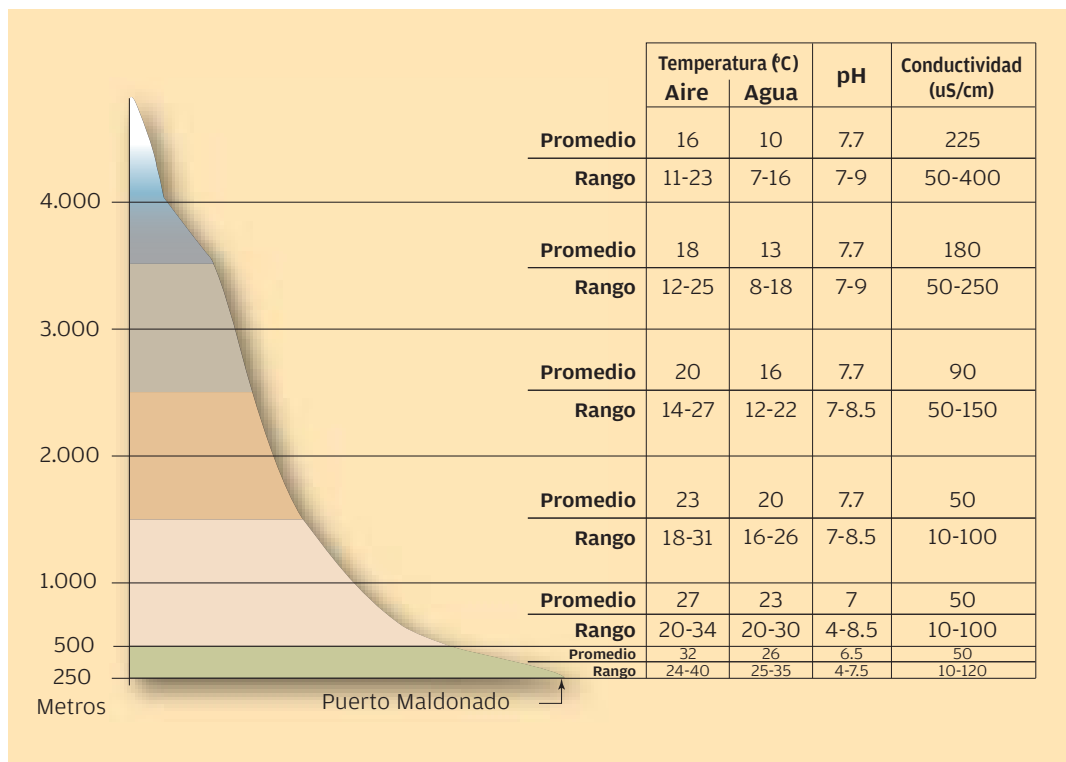


En la zona altitudinal de 4.000-3.000 msnm del Inambari, la precipitación anual probablemente alcanza 400 a 1.000 mm; estos cálculos se basan en datos totales de otras partes de los Andes peruanos con clima similar donde se ha registrado información de precipitación. Las quebradas comienzan a hacerse más anchas hasta llegar a casi 20 m, un poco más profundas hasta aproximadamente 1 m, alcanzando temperaturas ligeramente mayores hasta 18°C, pero con un promedio de 13°C. Al sur, en la región de Puno, la temperatura media del agua puede ser un poco menor durante el invierno. La vegetación arbustiva ribereña se hace más común a lo largo de la mayoría de las quebradas. En el caso de la cuenca del Inambari el descenso de 4.000 a 3.000 msnm ocurre en un terreno bastante empinado y las quebradas a menudo cortan y corren al fondo de los valles dando lugar a caídas de agua y cataratas, aunque estas son poco frecuentes. La línea de vegetación arbórea puede ocurrir hasta unos 3.000-3.500 m, pero algunas veces estos límites pueden

▲ **Precipitación mensual para las tres estaciones de las cuales se disponen de datos para la cuenca del Inambari. Se incluyen también los datos de Puerto Maldonado, que está ubicado debajo de la boca del río Inambari, para dar una idea de la precipitación en las partes bajas de la cuenca del Inambari.**



▲ **Elevación y precipitación en la cuenca del Inambari. Nótese los valores extremos de precipitación en Quincemil, cerca del río Araza, aproximadamente 120 km arriba del lugar propuesto para construir la represa.**



ser superiores o inferiores dependiendo de la temperatura local y de las condiciones de humedad. El lecho del río es rocoso y algunas veces el cauce presenta pequeños pozos.

▲ **Principales características de las cuenca del Inambari y del Madre de Dios, en Puerto Maldonado. Nótese que el promedio de la temperatura del agua está siempre más fría que la del aire en todas las elevaciones.**

La zona altitudinal entre los 3.000 y 2.000 msnm está compuesta principalmente por las vertientes orientales que reciben precipitaciones orográficas probablemente superiores a los 2.000 mm, según estimaciones basadas en la extrapolación de los datos de la hidroeléctrica de San Gabán. La precipitación orográfica se refiere a las lluvias que resultan luego del ascenso de masas de aire húmedo provenientes del oriente. Cuando estas masas de aire cargadas de humedad se encuentran con los Andes, ascienden y se enfrían, la humedad se condensa y se genera la precipitación. El bosque húmedo conocido también como yungas, bosque nublado o bosque montano cubre la mayor parte de esta zona. En las partes más altas, la vegetación de montaña puede ser relativamente escasa y de poca biomasa, mientras

que puede llegar a ser bastante densa y rica en especies, especialmente con muchas epífitas en las áreas del bosque nublado. La temperatura de los ríos y quebradas grandes promedia los 16°C. Algunos ríos alcanzan 30 m o más de ancho, y aunque la mayoría son relativamente poco profundos, pueden alcanzar hasta 2-3 m de profundidad durante las crecientes.

Casi la totalidad de la zona altitudinal entre los 2.000 y 1.000 msnm está cubierta por un bosque húmedo montano exuberante. También se encuentran numerosos manantiales y cascadas que brotan de los lados del valle, a menudo cubiertos por una espesa vegetación. La temperatura promedio del agua es de 20°C. Las quebradas pequeñas son considerablemente más frías que los ríos. La

vegetación ribereña puede ser densa, bordeando y dando sombra a las quebradas pequeñas.

La zona altitudinal entre 1.000-500 msnm está casi totalmente expuesta a los vientos que provienen del este, y por lo tanto la precipitación es mayor que en cualquier otra parte de la cuenca del Inambari, incluyendo las tierras bajas. El bosque montano en esta zona está compuesto por muchas especies encontradas en las partes bajas de la Amazonía. Los únicos datos históricos de precipitación registrados y disponibles son los de Quincemil a una altitud aproximada de 650 msnm, donde se ha registrado niveles espectaculares de precipitación anual que superan los 11.000 mm, aunque el promedio es de aproximadamente 7.500 mm. El área de influencia de esta precipitación anual mayor a 7.500 mm probablemente se extiende hasta las secciones más bajas del río Nusiniscato al norte, y partes de los ríos Inambari y San Gabán hacia el sur. Entre los 800 y 600 msnm el río Araza presenta una planicie relativamente amplia y plana que varía entre los 0,5 y 1,5 km de ancho. El canal del río es más trezado (conformado por canales entrelazados) que meándrico. Durante el período de aguas bajas el canal varía entre los 20 y 40 m de ancho. Cuando ocurren precipitaciones intensas el canal puede llenarse completamente con agua turbia. La transparencia del agua es relativamente alta durante los meses de la época seca, el agua discurre a través de cantos rodados y grava lavada. La temperatura media del agua es de 23 a 30°C. Las velocidades más altas y el mayor flujo de sedimentos generalmente ocurren debajo de los 500 msnm en las estribaciones andinas. Se podría pensar que la erosión se incrementaría con la elevación en la cuenca del Inambari, sin embargo, los menores valores de precipitación y un paisaje ya muy erosionado en las zonas más altas resultan en una erosión mínima en las zonas por encima de los 750 msnm aproximadamente. La principal zona de erosión se encuentra por debajo de los 500 msnm, donde gran cantidad de material no consolidado puede ser arrastrado por el agua anualmente, y donde la

precipitación anual es de las más altas justo río arriba. El río Inambari alcanza un ancho de más de 300 m (incluyendo su planicie aluvial) y puede alcanzar por lo menos 7 m de profundidad durante los períodos de aguas altas. La temperatura del agua del río tiene un promedio de 26°C.

El tramo de 150 kilómetros del río Inambari en tierras bajas (por debajo de 300 m) es muy trezado y con algunos meandros, así como con una amplia planicie aluvial cubierta principalmente por bosque lluvioso inundable y por bosques de palmeras o aguajales (*Mauritia flexuosa*) los cuales están sujetos a inundaciones extensas entre diciembre y abril, cuando ocurren intensas lluvias tanto en las tierras bajas como en las laderas orientales de los Andes. El Inambari tiene una planicie aluvial más extensa que cualquiera de los afluentes del río Madre de Dios con cabeceras en los Andes. Junto al canal principal, la planicie aluvial del Inambari en las tierras bajas promedia unos 5 km de ancho y un área total de por lo menos 750 km². En comparación, la planicie aluvial (2.000 km²) de todo el río Madeira (900 km de longitud) en Brasil, es poco menos de tres veces la del río Inambari, a pesar de que el río Madeira es seis veces más largo que el Inambari. Es importante incluir y considerar el área inundable debido a que la mayor diversidad acuática de la Amazonía se encuentra en estos bosques inundables. Por tanto, la parte baja de la cuenca del Inambari, con su relativamente extenso bosque inundable, puede ser considerada un área de alta diversidad acuática.

LA CUENCA DEL INAMBARÍ Y SUS HÁBITATS ACUÁTICOS

La cuenca del Inambari drena la cordillera de Carabaya, que junto a la cordillera de Vilcanota forma parte de la cordillera Oriental en el sureste de Perú. La cordillera de Carabaya tiene una topografía muy accidentada, con montañas muy elevadas y terreno muy ondulado. En ella resaltan especialmente numerosos picos y crestas escarpadas. El pico más elevado es el Allincapac (5.850 msnm), en la cadena Quenamari sobre la cuenca de drenaje sur de la región Puno. El macizo Allincapac genera pequeños afluentes que desembocan en los ríos San Gabán e Inambari. El paso más bajo en la cordillera de Carabaya es el abra de Pirhuayani a unos 4.725 msnm, a través del cual cruza la carretera Urcos-Puerto Maldonado hasta alcanzar la parte alta del valle del Araza.

El río Inambari forma una media luna (un medio círculo casi completo) alrededor de la cuenca occidental del río Tambopata. La confluencia de los ríos Madre de Dios e Inambari ocurre aproximadamente a 70 km aguas arriba de Puerto Maldonado entre los bosques lluviosos de la selva baja. Los tributarios más orientales del río Inambari se encuentran en las alturas de los Andes de la región Puno y están ubicados casi a la misma longitud geográfica que su desembocadura. La cuenca de drenaje del Inambari está separada de la cuenca del Tambopata por una región de montañas bajas, en general por debajo de los 1.000 msnm, lo cual significa que las cabeceras del Inambari y el Tambopata son casi contiguas. Las cabeceras más alejadas del río Inambari se encuentran cerca de la frontera con Bolivia y están aproximadamente a 450-500 km de la desembocadura.

Aunque no se encuentran disponibles datos hidrológicos exactos, podríamos decir que los principales tributarios del río Inambari, ordenados de mayor a menor descarga son el Araza, el San Gabán y

el Nusiniscato. Es importante señalar que la descarga del río Inambari aguas arriba de su confluencia con el río San Gabán es mayor que la de cualquiera de sus afluentes. Por encima de la confluencia con el río San Gabán, el río Inambari se extiende hacia el sureste cerca de la frontera con Bolivia, a lo largo de un profundo valle que se encuentra entre los 500 y 1.000 msnm. Numerosos afluentes pequeños que drenan desde la parte alta de la escarpada cordillera de Carabaya alimentan el curso medio del río Inambari, y esta región probablemente recibe una precipitación relativamente alta, a juzgar por la presencia de la exuberante vegetación de montaña parecida a la de yungas. El área de drenaje norte de la cuenca del Inambari, expuesta a los vientos cargados de humedad provenientes del este, incluye no solo el río Inambari sino también el curso inferior del río San Gabán y la mayor parte de las cuencas de los ríos Araza y Nusiniscato.

Aunque la subcuenca del río Inambari es la cuarta en tamaño entre las subcuencas de la cuenca del Madre de Dios, es la que ocupa a la vez la mayor superficie en los Andes. Las cuencas del Tambopata y Manu son individualmente más grandes en área total pero cada una ocupa un área menor de los Andes; la cuenca de Las Piedras se encuentra casi por completo en tierras bajas. A pesar de tener menor área de drenaje, el río Inambari es posiblemente el primer o segundo mayor afluente del río Madre de Dios en términos de descarga total anual, un hecho que se explica por la elevada precipitación orográfica en las partes orientales de la cuenca, así como por las altas contribuciones de las tierras bajas, como puede apreciarse en los gráficos adjuntos (pág. 10) para Quincemil (650 m) y Puerto Maldonado (200 m).

A la fecha no existe una clasificación estándar científica o legal de los hábitats acuáticos en la Amazonía o en los Andes y ambas son zonas extremadamente complejas en términos ecológicos. Más aún, ningún país amazónico reconoce

claramente a los humedales como un concepto jurídico y los temas relacionados con los ríos y sus planicies aluviales se encuentran administrados por diversos sectores del gobierno, generando vacíos y sobreposición de jurisdicciones. También es importante mencionar que los términos humedales y hábitats acuáticos no son considerados como lo mismo en la literatura científica. Un humedal, por ejemplo, podría tener varios o muchos tipos de hábitats acuáticos.

La Convención RAMSAR, de la cual Perú es miembro, es un organismo internacional dedicado a la conservación de los humedales. Actualmente reconoce 20 tipos de humedales continentales, la mayoría de los cuales se describen a continuación. Sorprendentemente, y de manera importante, la cuenca del Inambari podría incluir por lo menos 17 de los 20 tipos de humedales RAMSAR del mundo, puesto que su drenaje incluye las tierras bajas amazónicas y las tierras altoandinas. Los únicos tres tipos de humedales continentales RAMSAR que no se pueden asignar a la cuenca del Inambari son las turberas boscosas, humedales de tundra y deltas interiores permanentes. Sin embargo, es posible que los humedales de tundra pudieran aplicarse también a algunos hábitats cerca de los glaciares en la cordillera de Carabaya. La mayor confusión inherente a la clasificación de RAMSAR es que no considera explícitamente a las planicies aluviales como un tipo principal de humedal, sino más bien las divide en varios hábitats dentro de los 20 tipos principales de humedales. La siguiente discusión ofrece un breve resumen de cada uno de los tipos de humedales RAMSAR existentes en la cuenca del Inambari junto con imágenes.

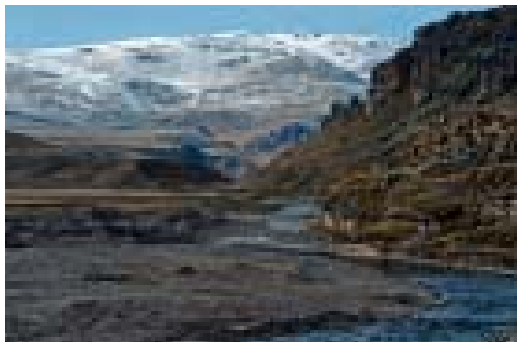
1. Ríos y quebradas permanentes

No hay una clara distinción hidrológica objetiva o cuantitativa entre un río y una quebrada o arroyo, por lo tanto la lógica es considerarlos juntos. En el caso de la cuenca del Inambari, cualquier curso de agua cuyo ancho supera los 20 metros, es llamado localmente 'río', y cuando el canal es menor a los

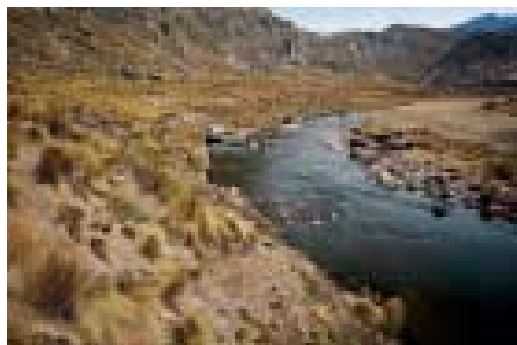
20 metros se conoce como arroyo, aunque hay ciertas excepciones. Las quebradas más pequeñas, o riachuelos, también son consideradas como arroyos. Basados en su ramificación, los ríos y las quebradas son asignados a una jerarquía de tributarios, lo cual da una indicación relativa de la geometría y complejidad hidrológica de las cuencas de las cuales forman parte. El orden de ramificación puede llevar a confusiones debido a que el valor más bajo se le asigna a los tributarios que no reciben ningún afluente. Si un pequeño tributario o nuevo ramal se descubre, entonces la numeración completa tendría que cambiar desde la cabecera hasta la desembocadura del ramal principal. Hay por lo menos 10 órdenes de ramificación entre las cabeceras de la cuenca del Inambari y la desembocadura del río Amazonas. El sitio donde la propuesta presa del Inambari estaría localizada es en el orden de ramificación 5 (ríos Inambari-Madre de Dios-Beni-Madeira-Amazonas).

Todos los ríos en la cuenca del Inambari por debajo de los 3.000 metros a los que se les denomina 'río' son permanentes, aunque algunas veces la posición de sus canales no lo es. Los últimos 100 km del río Inambari son muy trezados, aunque aún mantiene algunos meandros. El canal principal probablemente cambia de posición en períodos relativamente cortos de menos de 50 años, particularmente en aquellas áreas donde existen meandros. Cuando un río es trezado quiere decir que hay secciones largas del río donde existen una serie de dos o más canales que están separados por islas. El bajo Inambari puede llegar a tener hasta cinco canales, aunque 2-4 es lo más común. Un canal trezado se produce cuando el río alcanza el umbral en su capacidad de carga de sedimentos y por lo general indica la presencia de una pendiente más pronunciada que, por ejemplo, la de un río cercano y muy sinuoso. El río Madre de Dios, por ejemplo, es muy sinuoso, lo cual es un indicador de que su pendiente es menor que la del bajo Inambari. El bajo Inambari

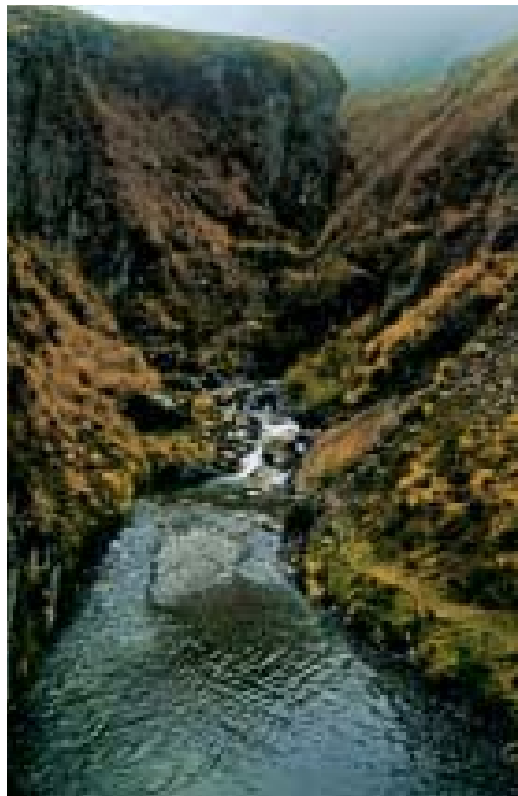
4.000 + m



▲ 4.300 m. Cabeceras del río San Gabán en la cordillera de Carabaya.



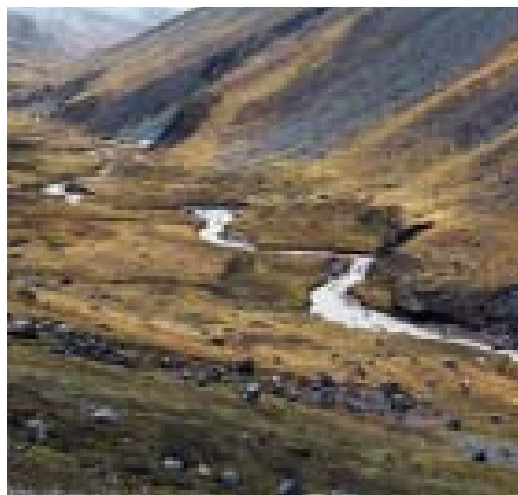
▲ 4.200 m. Río San Gabán cerca de la meseta de Macusani, la vegetación consiste principalmente de pastos.



▲ 4.000. Pequeño cañón en el río Coline, un tributario del río Araza.

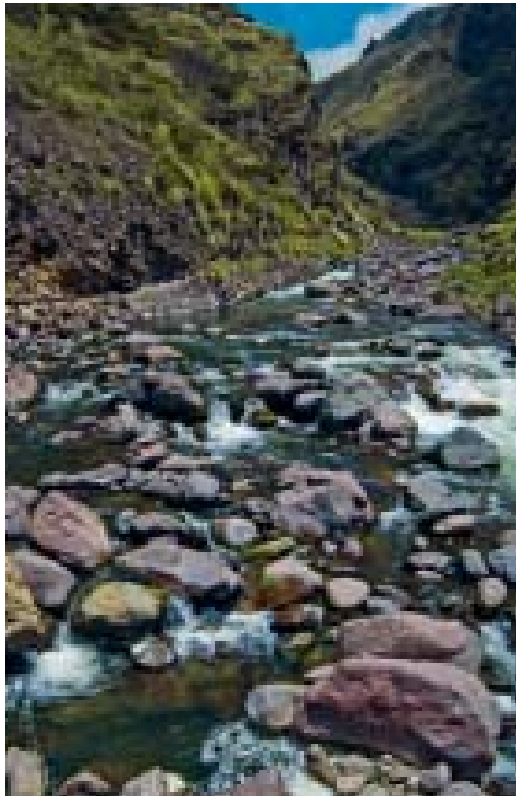


▲ 4.170 m. Depósitos de antiguos fondos marinos, ahora expuestos a lo largo de la quebrada Japuhuma en la parte alta de la cuenca San Gabán.



▲ 4.120 m. Río Chectuyoc en su recorrido por los flancos orientales de Hualla Hualla, en la parte alta de la cuenca del Araza.

4.000-3.000 m



▲ 3.600 m. Quebrada de lecho rocoso en el valle San Gabán, muy influenciada por la sombra orográfica.



▲ 3.500 m. Quebrada Mallma en la parte alta de la cuenca del Araza.

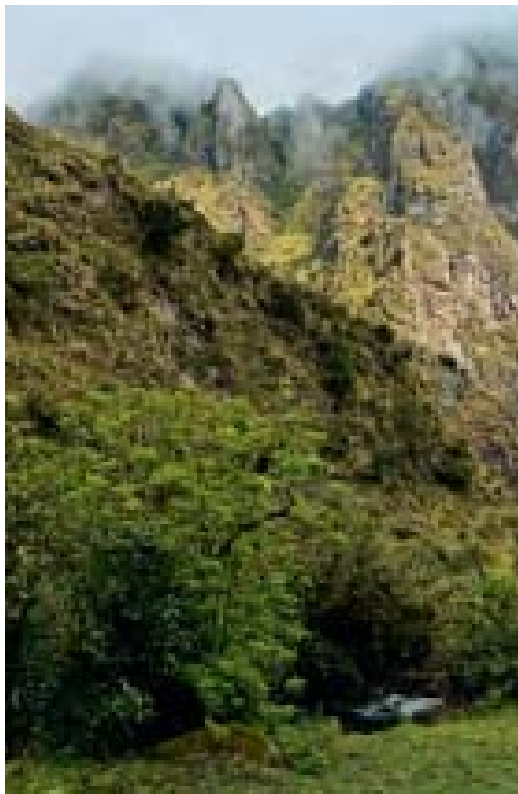


▲ 3.250 m. Río Amacho, un tributario en la parte alta de la cuenca del Araza.



▲ 3.100 m. Quebrada Socostraca de la cuenca del San Gabán. Un humedal de pradera bordea la quebrada.

3.000-2.000 m



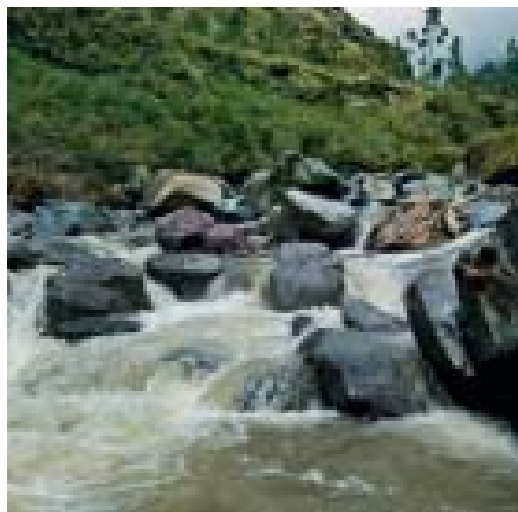
▲ 2.800 m. Quebrada San Francisco en la cuenca del San Gabán. A esta altitud aparecen los árboles y las quebradas pueden estar casi totalmente cubiertas.



▲ 2.050 m. Pequeñas caídas de agua en la quebrada Tucurí, cuenca del San Gabán.



▲ 2.800 m. Quebrada San Francisco en la cuenca del San Gabán. Nótese la vegetación arbustiva con un cactus en primer plano al lado derecho de la foto.



▲ 2.770 m. Río Sonccoña, cuenca del San Gabán. A esta altitud aparecen los 'pozos' y algunas quebradas comienzan a ser llamadas 'ríos' por los pobladores locales.

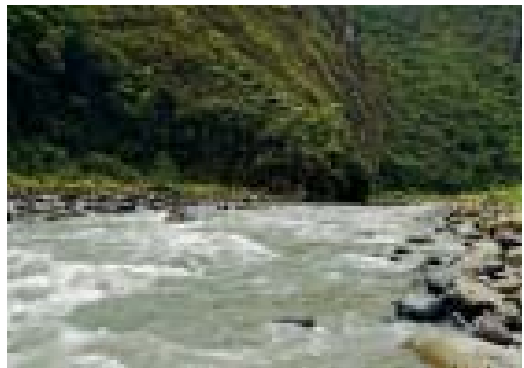
2.000-1.000 m



▲ 1.750 m. Río Iscaybamba, cuenca del Araza. En ausencia de lluvias, el cauce es relativamente pequeño.



▲ 1.750 m. Río Chimayo, cuenca del San Gabán.



▲ 1.500 m. Río Araza. A esta altitud, las laderas expuestas a los vientos provenientes del este poseen una densa vegetación de pequeños árboles y arbustos.

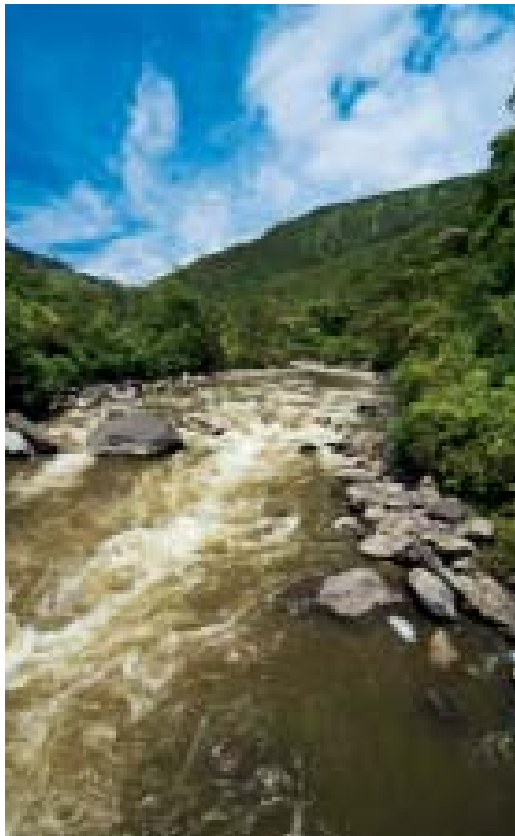


▲ 1.100 m. Quebrada Payachaca, cuenca del San Gabán. A esta altitud, la precipitación probablemente supera los 5.000 mm.



▲ 1.100 m. Río Araza en una zona altamente húmeda.

1.000-500 m



▲ 750 m. Río San Gabán en el bosque montano.



▲ 725 m. Río Araza, cerca de Quincemil.



▲ 550 m. Quebrada Cuchilluni, parte baja de la cuenca San Gabán, en un denso bosque montano.



▲ 570 m. Río Araza, aguas abajo de Quincemil. Nótese la grava grande en el cauce.

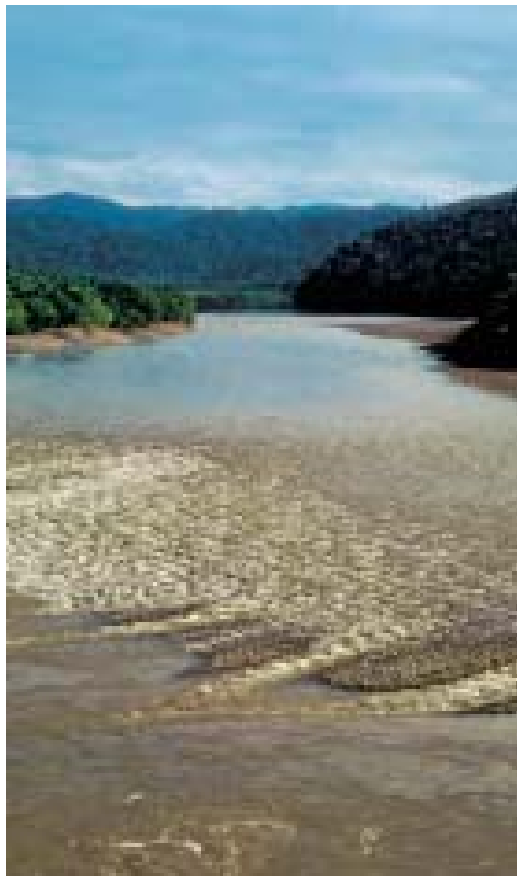
500-300 m



▲ 370 m. Río Inambari a la altura del cruce con la carretera Interoceánica. Es probable que varias especies de peces de tamaño mediano y grande arriben al Inambari para desovar por lo menos hasta esta elevación.



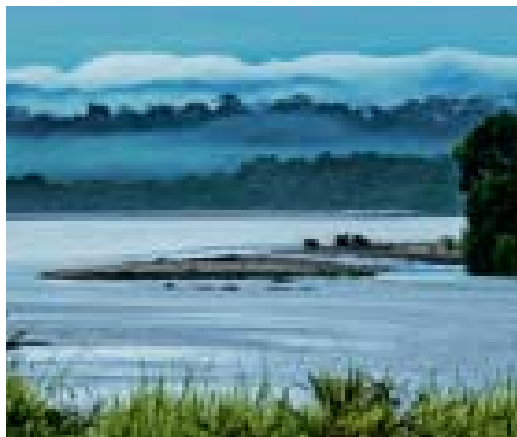
▲ 330 m. Río Inambari aproximadamente 25 km aguas abajo del lugar propuesto para la represa.



▲ 330 m. Canal del río Inambari durante el período de estiaje.



▲ 330 m. Río Inambari aproximadamente 25 km aguas abajo del lugar propuesto para la represa.



▲ 310 m. Aproximadamente 15 km aguas arriba del lugar donde el Inambari ingresa a tierras bajas de la Amazonía.



▲ 4.500 m. Quebrada formada por deshielos cerca del macizo Allincajac.



▲ 4.500 m. Pequeñas quebradas como la Japuhuma, en la meseta de Macusani, probablemente sean estacionales.

desciende desde los 350 msnm al pie de los Andes hasta los 200 msnm en su desembocadura, en una distancia aproximada de apenas 150 km, mientras que la declinación de la elevación en el río Madre de Dios en sus partes bajas es solo la mitad de la del Inambari. Existen también ríos muy trenzados en los Andes. Especialmente notorio es el caso del río Araza a unos 400-700 msnm, justo aguas arriba de su confluencia con el río Inambari. Esto es fácilmente observable desde la carretera Urcos-Puerto Maldonado en la zona cerca de Quincemil. Los ríos trenzados amplían significativamente la línea de orilla debido al gran número de islas que se forman, generalmente la diversidad acuática está positivamente correlacionada con la línea de orilla.

2. Ríos y quebradas estacionales

No se tiene claro si algunas de las quebradas de alta montaña, localmente llamadas 'ríos', como las que drenan la zona de Quenamari en la parte alta de la cuenca San Gabán, son estacionales en el sentido de secarse

parcial o completamente durante la estación seca. Desde un punto de vista técnico, probablemente no existan ríos estacionales en la cuenca del Inambari, aunque esto aún debe ser verificado en las zonas más elevadas.

Indudablemente existen cursos de agua estacionales en todas las elevaciones en la cuenca del Inambari. Las zonas de bosque tropical albergan pequeños y numerosos arroyos que fluyen regularmente solo durante los 7 a 10 meses de la época de mayor precipitación. De manera similar, incluso en las zonas húmedas de los Andes, muchos arroyos fluyen regularmente solo durante los períodos de mayor precipitación. En las áreas más secas y altas existen muchos arroyos estacionales cuyos cauces secos pueden verse fácilmente desde las carreteras que los cruzan.

3. Lagos permanentes de agua dulce

Los únicos lagos verdaderos que se encuentran en la cuenca del Inambari son las llamadas 'lagunas glaciares', la mayoría de las cuales ocurren a altitudes superiores



▲ **4.900 m. Lago glaciar debajo de Allincapac, en la cordillera de Carabaya.**



▲ **4.500 m. Lago o laguna estacional en la meseta de Macusani.**

a 4.500 msnm. No tenemos un número exacto pero hay varios cientos de ellas y la mayoría son relativamente pequeñas (desde 0,2 hasta 4 km²). Algunas tienen salidas de agua mientras que otras no. La mayoría de ellas parecen estar alimentadas por el deshielo y sus aguas son cristalinas. En las partes bajas del río Inambari, los cuerpos de agua de la llanura inundable que se asemejan a las lagunas –llamados ‘cochas’– podrían considerarse como lagos permanentes, sin embargo, son en realidad meandros del río que han sido aislados. Las cochas no encajan fácilmente en la clasificación RAMSAR como ningún tipo de lago o de estanque, ya que usualmente están rodeadas por vegetación arbórea inundable y tienen praderas flotantes.

4. Lagos estacionales de agua dulce

Aparentemente existen pequeños lagos de agua dulce estacionales alrededor de 4.000 a 4.500 msnm los cuales podrían ser antiguos lagos glaciares que ahora se presentan por debajo de los lagos permanentes (lagunas) ubicados a mayores elevaciones. El área adyacente a la meseta de Macusani, en las cabeceras del San Gabán, puede ser considerada como un ejemplo ya que presenta algunos lagos estacionales de agua dulce.

5. Lagos permanentes alcalinos

La limnología de las lagunas andinas de la cuenca del Inambari no ha sido estudiada. Las lagunas alcalinas, sin embargo, son conocidas en muchos lugares en los Andes y se presume que existan en la zona elevada de la cuenca del Inambari. Los cortes hechos para la construcción de carreteras exponen a menudo capas gruesas de sedimentos marinos alcalinos, como la tiza, un indicador de que existen las condiciones geológicas que pueden generar aguas alcalinas. Se espera encontrar lagos alcalinos solamente a elevaciones superiores a 4.000 msnm y que estos sean pequeños. Altos niveles de alcalinidad están usualmente asociados con fauna acuática especializada y frecuentemente endémica, pero siempre con baja biodiversidad.

6. Lagos o zonas inundadas estacionales alcalinos

La meseta de Macusani, en la cuenca alta del río San Gabán, podría tener pequeños lagos alcalinos estacionales o, más probablemente, zonas inundadas ya que consiste de evaporitas o sedimentos minerales solubles en agua que permanecen en las regiones áridas cuando la evaporación excede el flujo de agua. Los minerales originales fueron depositados en un



▲ 4.600-4.300 m. La meseta de Macusani contiene altas concentraciones de evaporitas, materiales de alcalinidad alta. Algunos de los cuerpos de agua más pequeños en esta región son probablemente alcalinos.

fondo de mar antiguo, el cual por supuesto ahora se encuentra desplazado a grandes elevaciones. Es en estos depósitos de donde se extrae la torta amarilla para obtener uranio, de la cual se hace el uranio. La meseta de Macusani es una zona importante de minería de torta amarilla para el Perú.

7. Pantanos y charcas alcalinos permanentes

Los mismos comentarios del punto 6.

8. Pantanos y charcas alcalinos estacionales

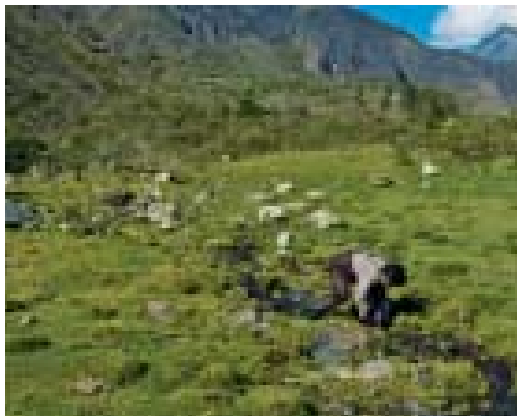
Los mismos comentarios del punto 6.

9. Pantanos o charcas de agua dulce permanentes

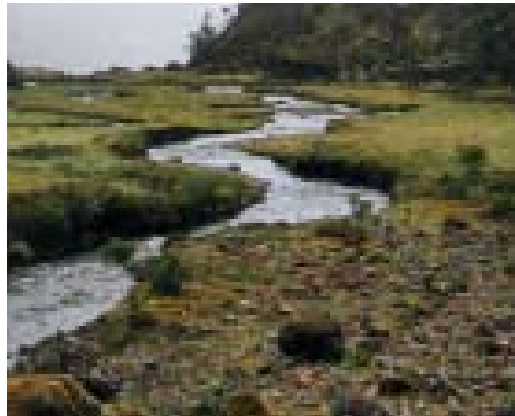
Los pantanos y charcas permanentes son más comunes en las tierras bajas, especialmente en la planicie aluvial del río Inambari. Las charcas permanentes, las cuales parecen ser remanentes de antiguos lagos de herradura, pueden encontrarse a menudo dentro de los pantanos de aguajal (*Mauritia flexuosa*). Los lagos de herradura o canales que están a punto de ser abandonados pueden tener vegetación acuática herbácea dominada por juncos y pastos. Durante las inundaciones, sin embargo, la vegetación herbácea puede ser arrastrada cuando fuertes corrientes invaden estas zonas de aguas normalmente calmas.

10. Pantanos o charcas de agua dulce estacionales

Los mismos comentarios del punto 9, excepto que estos pantanos o charcas de agua dulce estacionales desaparecen casi completamente durante la época seca.



▲ 2.150 m. Praderas alpinas a menores elevaciones. Quebrada Challhua, cuenca del Inambari.



▲ 4.500 m. Praderas alpinas cerca del nevado Allincapac. Algunas de estas áreas alpinas probablemente contengan pequeñas turberas.

11. Turberas no boscosas

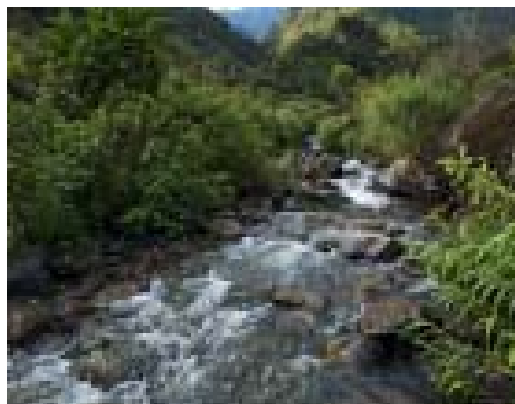
Las turberas no boscosas andinas en el Perú generalmente se encuentran por encima de 3.700 msnm, en áreas no boscosas y mantenidas por aguas subterráneas. La química del agua subterránea puede variar desde altamente ácida hasta altamente alcalina y la flora asociada a las turberas también varía dependiendo de los niveles de nutrientes y minerales. Desconocemos investigaciones sobre los humedales de turberas en la cuenca del Inambari, sin embargo se espera encontrarlos en las zonas altas y húmedas de la cuenca.

12. Humedales alpinos

Incluyen praderas alpinas y aguas temporales de los deshielos. Estos hábitats se encuentran a lo largo de toda la cordillera de Carabaya a elevaciones superiores a los 4.500 msnm, aunque algunas praderas pueden estar presentes a elevaciones más bajas. Muchas de estas praderas alpinas son utilizadas para el pastoreo de llamas y otros camélidos. La ecología acuática de estos humedales alpinos no ha sido investigada.

13. Pantanos con vegetación arbustiva

Los humedales con vegetación arbustiva pueden estar presentes en los Andes y en las tierras bajas. En los Andes, estos podrían incluir muchas de las pequeñas



▲ 1.400 m. Algunas quebradas en los Andes poseen arbustos adaptados a suelos anegados. Estas comunidades podrían considerarse como humedales con predominancia de arbustos. Quebrada Casahuiri, Cuenca del San Gabán.

planicies aluviales de los ríos y arroyos de las yungas altas, cuya vegetación ribereña está compuesta principalmente por arbustos adaptados a inundaciones periódicas. Estos hábitats parecen ser más abundantes en las secciones trenzadas de la cuenca del Inambari, particularmente en las zonas húmedas y más elevadas en el lado oriental de los Andes .

Existen comunidades arbustivas en las planicies aluviales del bajo Inambari, aunque en general estas zonas están dominadas por árboles. Los arbustos a menudo dominan las playas y orillas expuestas de los



lagos de las planicies aluviales (cochas). Por lo general son comunidades lineares mezcladas con pastos altos y duros como *Gynerium* que forman matorrales.

14. Humedales boscosos de agua dulce

Los humedales boscosos más importantes en la cuenca del Inambari se encuentran en las partes bajas, aproximadamente en los últimos 100 km, a lo largo del río principal. El bajo Inambari tiene una llanura inundable relativamente amplia y la mayor parte está cubierta por un bosque sujeto a inundaciones periódicas. No existen datos disponibles sobre la inundación de estos bosques, pero si la inundación es similar a la del río Madre de Dios entonces estas ocurren por períodos de corta duración, que van desde algunos días hasta varias semanas durante los 6 a 7 meses de la temporada de lluvias. El bosque de la llanura inundable del Inambari ha sido poco modificado, aunque en algunas partes estos bosques ya han sido talados.

Los bosques ribereños a lo largo de las quebradas de montaña usualmente no son considerados como parte

▲ **400 m. Arbustos adaptados a condiciones acuáticas creciendo sobre playas de arena y grava. Río Nusiniscato, en la cuenca del Araza.**

de los humedales debido a que las mismas especies de árboles y arbustos también pueden ser encontradas en las tierras altas. Sin embargo, existen muchos árboles y arbustos andinos que se encuentran principalmente o exclusivamente a lo largo de los cuerpos de agua, y que probablemente tienen adaptaciones para vivir en suelos anegados o muy húmedos. Desde una perspectiva ecológica, es mejor considerar que los bosques andinos de ribera son parte de los humedales.

15. Manantiales de agua dulce

Existen manantiales de agua dulce en toda la cuenca del Inambari pero son particularmente abundantes en las zonas andinas de alta precipitación y de pendientes pronunciadas. Debajo de las rocas pueden existir capas de arena o de roca más dura que presentan redes de canales y fisuras que permiten que el agua subterránea emerja, ya sea desde acuíferos u otras fuentes subterráneas. Los



▲ **210 m. El bajo Inambari posee el humedal dominado por árboles (llanura inundable) más extenso que cualquiera de los tributarios del río Madre de Dios.**

manantiales son fácilmente observables a lo largo de la carretera y en las orillas de los ríos. También se observan numerosos manantiales en las cabeceras de las quebradas que recorren el interior de los bosques en las tierras bajas.

16. Humedales geotérmicos

Se espera que existan manantiales o arroyos geotérmicos en la cuenca del Inambari a elevaciones mayores a los 1.500 msnm. La localidad de Aguas Calientes, ubicada cerca de Marcapata aproximadamente a 1.800 msnm en la parte alta de la cuenca del río Araza, es el sitio más conocido, ya que sus aguas termales son utilizadas por viajeros y población local. Desconocemos si existen estudios sobre flora y fauna adaptadas a aguas geotermiales en la cuenca del Inambari.

17. Humedales subterráneos

Incluyen toda área subterránea que contiene agua. Los más grandes usualmente están asociados con roca caliza, que se disuelve cuando se expone a aguas ácidas. Los paisajes kársticos del Perú se encuentran dispersos en las partes altas de los Andes, pero poco ha sido reportado sobre ellos en la cuenca del Inambari. El Perú es reconocido por los espeleólogos debido a sus cuevas a gran altitud, pero la mayoría de las que han sido reportadas hasta el momento se encuentran en los Andes



▲ **600 m. Quebrada en la cuenca del San Gabán. Poco se ha investigado sobre las grietas y cuevas en los Andes con respecto a posibles peces y crustáceos subterráneos.**

centrales. Los arqueólogos han explorado cuevas en la cuenca del Inambari, incluso a lo largo de la carretera Interoceánica en donde se han descubierto pinturas rupestres. Las quebradas que recorren estas cuevas aún no han sido investigadas en la cuenca del Inambari pero es de esperar que se encuentren algunos crustáceos y pequeños bagres (por ejemplo, *Astroblepus*, *Trichomycterus* y *Rhamdia*), géneros que cuentan con especies ciegas que se distribuyen desde Ecuador y el norte del Perú y que también se encuentran en la cuenca del Inambari. También se debe encontrar peces, crustáceos y otros animales en aguas subterráneas, en hábitats a lo largo de las fisuras de las rocas que a menudo contienen agua, los cuales son muy característicos en muchas partes de los Andes que por lo general están cubiertos por una densa vegetación que hace difícil encontrarlos.



LA DIVERSIDAD DE PECES DE LA CUENCA DEL INAMBARI

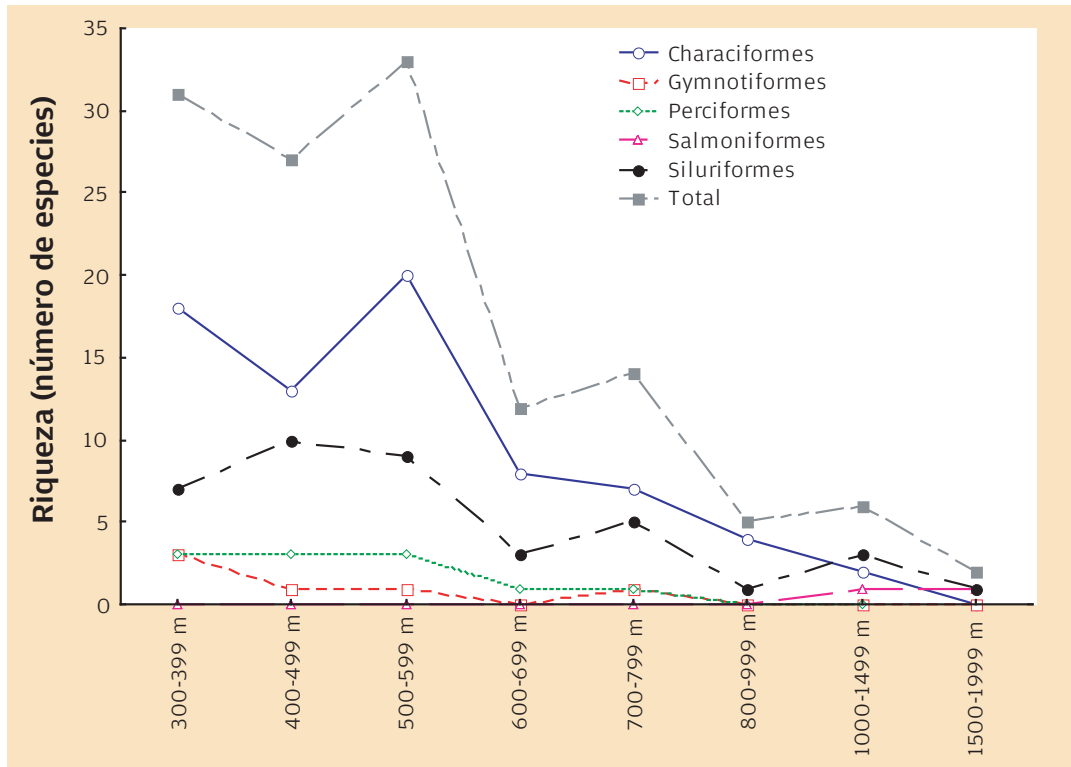
Nuestro conocimiento de la diversidad y ecología de peces en la cuenca del Inambari se basa en evaluaciones y visitas realizadas por los autores de este documento en puntos accesibles a los ríos y quebradas a lo largo de la carretera Interoceánica y la carretera Urcos-Puerto Maldonado. También se realizaron estudios ecológicos mayores del río Madre de Dios en Puerto Maldonado y en la Estación Biológica Los Amigos (ACCA). Estos estudios fueron financiados por la Gordon and Betty Moore Foundation, Blue Moon Foundation y Earthwatch entre 2002 y 2009. Todos los especímenes colectados están en el Museo de Historia Natural (Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima). El fotógrafo profesional André Bärtschi acompañó tres excursiones importantes para fotografiar peces vivos y su hábitat en los Andes. Las tierras bajas del río Inambari (300-220 msnm) son casi inaccesibles por carretera y solo se puede llegar por vía fluvial. Sin embargo, la Estación de Investigación Los Amigos (CICRA) de ACCA, está ubicada cerca de la confluencia de los ríos Madre de Dios y Los Amigos, y gran parte de las tierras bajas del río Inambari se ubica a menos de 70 km al sur de CICRA. La fauna ictiológica del bajo Inambari (<300m) es probablemente muy similar a la del río Madre de Dios, lo cual significa que hay por lo menos 300 especies. Es muy probable que haya muchas nuevas especies aún no descubiertas. Información ecológica de las especies de las tierras bajas se pueden encontrar en los libros que figuran en la sección de referencias de este documento. La

▲ La macana o pez eléctrico se desarrolla desde las bajas elevaciones del río Madre de Dios hasta la zona propuesta para construir la represa del Inambari.

siguiente discusión se refiere sobre todo a la fauna de peces andinos de la cuenca del Inambari.

Los principales grupos de peces (órdenes) que se encuentran en la cuenca del Inambari son los carácidos (Characiformes), bagres (Siluriformes), peces eléctricos o macanas (Gymnotiformes), los cíclidos y las corvinas (Perciformes), las anguilas de pantano o atingas (Synbranchiformes), los killifish (Cyprinodontiformes), las anchovetas (Engrauliformes), los peces aguja (Beloniformes), las rayas (Myliobatiformes) y la trucha (Salmoniformes). De estos nueve órdenes se sabe que los carácidos, bagres, peces eléctricos, cíclidos y la trucha ocurren sobre los 350 m. Si consideramos que la trucha arco iris es una especie introducida, entonces solamente cuatro de los nueve órdenes de peces nativos de la cuenca Madre de Dios se encuentran en la región andina de la cuenca del Inambari. Dentro de estos cuatro órdenes de peces nativos se conoce que solo 13 familias, de las 33 que se encuentran en las tierras bajas, ocurren por encima de los 350 msnm, aunque algunas familias más, sin duda, se añadirán en las zonas altitudinales más bajas a medida que se desarrollen más estudios.

Existen cerca de 50 géneros de peces registrados para la cuenca del Inambari sobre los 350 msnm, y casi todos también se encuentran al menos en las



partes más altas de las tierras bajas. La mayoría de los géneros tal como son definidos actualmente tienen una amplia distribución en la cuenca del Amazonas. Muchos de estos géneros, sin embargo, aún no han sido revisados taxonómicamente, por lo que su clasificación podría cambiar luego de llevarse a cabo las revisiones. Aún no hay géneros endémicos de peces asignados a la cuenca del Inambari.

Hasta la fecha hay por lo menos 70 especies conocidas de peces de la cuenca del Inambari en zonas superiores a los 350 msnm, sin embargo se podría esperar que el total alcance por lo menos 100 especies, a medida que se recolecten especímenes en más áreas y hábitats. La única especie endémica registrada hasta ahora es una carachama (*Chaetostoma marcapatae*, Loricariidae). Teniendo en cuenta que las partes altas del río Inambari no han sido evaluadas en su totalidad, que solo una o dos excursiones han sido realizadas a los tributarios de San Gabán y Araza, y que ciertos

▲ Riqueza de especies por elevación en la cuenca del Inambari. La diversidad de peces más alta se encuentra en las zonas donde se ha propuesto construir la represa.

hábitats especializados como las aguas subterráneas aún no han sido muestreados, se debe esperar que puedan existir otras especies endémicas aún por encontrar. Las revisiones taxonómicas también pueden encontrar especies nuevas que no habían sido identificadas como tales en las colecciones científicas, o que fueron mal identificadas o incluidas injustificadamente dentro de otras especies. Los carácidos son el grupo más diverso, seguidos por los bagres. En conjunto, estos representan más del 90% de las especies de peces.

Como era de esperarse, la diversidad de peces disminuye rápidamente con la altitud debido a la limitación de hábitats y temperaturas más frías del agua. Sin embargo, la diversidad puede ser mayor en algunos lugares que en otros ubicados a la misma elevación. Todas las especies

Elevación conocida (m)	Orden	Familia	Nombre común
3.991-1.122	Salmoniformes	Salmonidae	Trucha
2.616-370	Siluriformes	Astroblepidae	Astros
2.221-346	Siluriformes	Trichomycteridae	Caneros
1.364-346	Siluriformes	Loricariidae	Carachamas
1.364-346	Characiformes	Characidae	Tetras, etc.
1.353-395	Characiformes	Crenuchidae	Crenunideos
1.110-346	Siluriformes	Heptapteridae	Bagres Heptas
881-353	Characiformes	Parodontidae	Parodontideos
725-353	Perciformes	Cichlidae	Cíclidos
725-416	Siluriformes	Callichthyidae	Corydoras
725-346	Siluriformes	Cetopsidae	Bagres
725-382	Gymnotiformes	Sternopygidae	Macanas
590-545	Gymnotiformes	Hypopomidae	Macanas
527-382	Characiformes	Curimatidae	Chíos
524-346	Characiformes	Erythrinidae	Huasacos
395-382	Gymnotiformes	Apteronotidae	Macanas
382-346	Siluriformes	Auchenipteridae	Bagres

de peces nativos por encima de los 500 metros tienen menos de 20 cm de longitud y la mayoría no supera los 10 cm. La trucha arco iris es la especie más grande en las zonas altas. Muchas de las especies, si no la mayoría, tienen diferentes adaptaciones tales como la parte ventral del cuerpo aplanada y aletas pectorales expandidas que les permiten moverse con mayor facilidad entre las rocas bañadas por rápidas corrientes.

La trucha arco iris, especie exótica, ocupa el mayor rango de elevación entre todas las especies de peces de la parte andina de la cuenca del Inambari. Hasta la fecha se ha registrado la presencia de la trucha a elevaciones tan altas como cerca de 4.000 msnm y tan bajas como 1.100 msnm, un rango altitudinal de aproximadamente 2.900 m. No conocemos de registros históricos acerca de cuándo la trucha arco iris se introdujo por primera vez en la cuenca del Inambari. La carretera Urcos-Puerto Maldonado data de principios de la década de 1960 y pudo haber sido en esas fechas cuando la trucha fue introducida en el río Marcapata o en uno de

▲ Elevación conocida de las familias de peces en los Andes de la cuenca del Inambari. Los rangos aquí mostrados sin duda aumentarán cuando se hayan desarrollado adecuados estudios de campo.

sus tributarios. Es poco probable que la trucha se haya dispersado desde la cuenca del Marcapata hacia los ríos Inambari o San Gabán, ya que estos peces exóticos hubieran tenido que sobrevivir en elevaciones tan bajas como 400 msnm, altitudes muy por debajo de las que se distribuye actualmente. La presencia de la trucha en el alto Inambari y San Gabán probablemente representa introducciones separadas. Debido a una falta de espacio y de alimento en las elevaciones con aguas frías donde las truchas pueden sobrevivir en la cuenca del Inambari, estas presentan un retraso en su crecimiento y raramente crecen más de 25 cm de longitud.

Se han realizado pocos estudios sobre el rol de la trucha introducida en los cursos de agua andinos del Perú. La trucha es importante en la acuicultura a lo largo de los ríos de la mayor parte de los Andes

centrales, como se evidencia fácilmente en el área de Cusco. Sin embargo, la trucha ha sido implicada en la mortalidad masiva de peces en el lago Titicaca, donde se introdujeron en la década de 1940. La trucha no es la culpable en sí, sino más bien un ectoparásito protozoario (*Ichthyophthirius multifiliis*) que ataca las branquias y otros órganos de muchas especies de peces, incluso de la trucha que es su hospedero inicial. Si este parásito fue introducido en la cuenca del Inambari junto con la trucha, es un hecho desconocido.

Aún no se han desarrollado estudios para determinar en qué medida la trucha compite con las especies nativas. Sin embargo, es interesante notar que en las colectas iniciales en la cuenca del Inambari no se han encontrado, o han sido muy raros, los dos grupos de peces nativos (los bagres *Astroblepus* y *Trichomycterus*) más comunes, que usualmente se encuentran a altitudes mayores a 2.300 m, aunque la trucha arco iris ha sido relativamente abundante en estas colectas. En el caso que existan áreas en la cuenca del Inambari o en cuencas contiguas donde la trucha no ha sido introducida, podrían desarrollarse estudios comparativos para determinar el impacto de esta especie exótica sobre la fauna nativa.

A menores elevaciones (350-500 msnm) se pueden encontrar hasta 10-12 especies de peces viviendo en la misma área o formando parte de la misma comunidad. Las quebradas de aguas claras en este rango de elevación tienden a tener una mayor diversidad, pero una menor abundancia de especies de peces. Es más fácil el muestreo en las quebradas más pequeñas, por tanto los ríos más grandes (Inambari, Araza y San Gabán) podrían eventualmente revelar más especies a medida que los muestreos continúen. También hay que señalar que no se han realizado colectas durante la temporada de lluvias cuando los ríos se cargan de agua y especies medianas y grandes migran aguas arriba. Inclusive durante los meses de ausencia de lluvias se ha desplegado poco esfuerzo por capturar especies de mayor tamaño, peces que pueden verse en los pozos de los canales a elevaciones menores de 400 msnm. Los pescadores de Mazuko (360 m) reconocen la existencia de estas especies, como el sábalo (*Brycon amazonicus*), el boquichico (*Prochilodus nigricans*), el zúngaro (*Zungaro zungaro*) y los bagres doncella y puma zúngaro (*Pseudoplatystoma*).

MIGRACIONES DE PECES

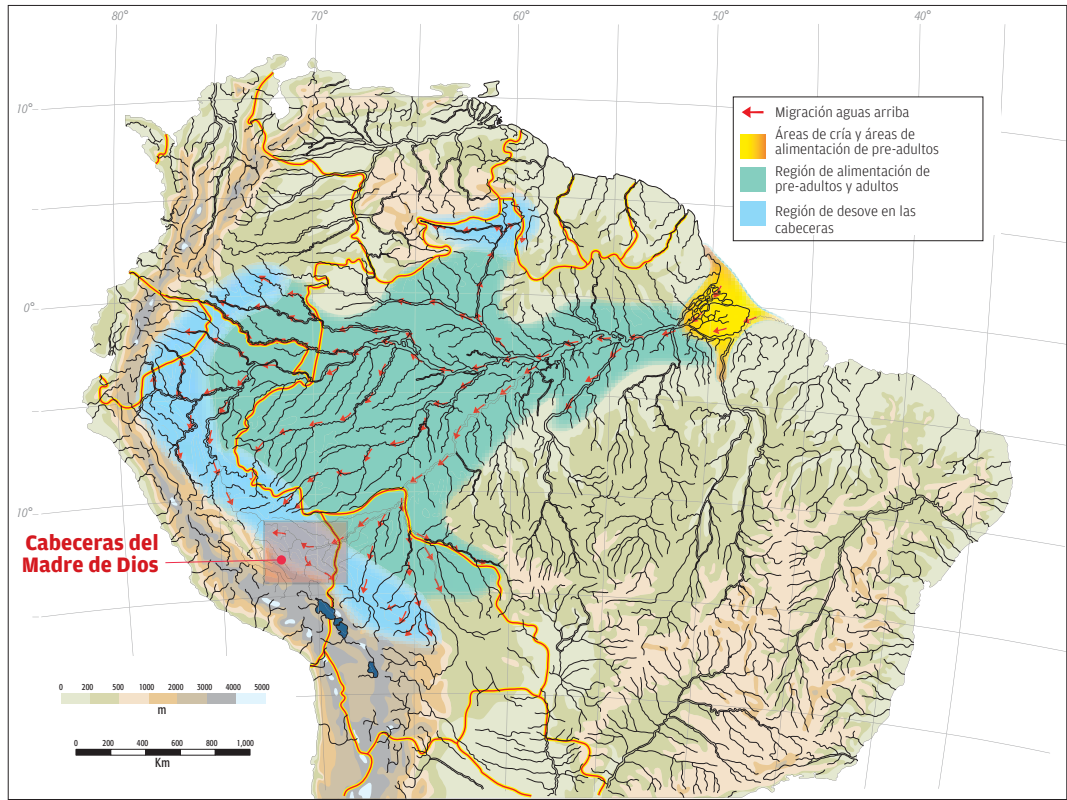
Existen cuatro posibles tipos principales de migración de peces en el río Inambari. El primer tipo es la de los grandes bagres migratorios de larga distancia (bagres Goliat) desarrollan al entrar al río durante el período de aguas altas y desovan cerca o en el piedemonte andino. La segunda posibilidad es que las poblaciones de carácidos y bagres, ampliamente distribuidos en la cuenca del alto Madeira, usen las cabeceras del Inambari como una de sus áreas de desove. La tercera posibilidad es que existan migraciones locales que se limitan a la cuenca del Inambari e incluyen las tierras bajas y las regiones del piedemonte andino. En cuarto lugar, existe la posibilidad de que existan especies migratorias cuya historia de vida ocurra solamente en los Andes. Hay fuerte evidencia indirecta de que las tres primeras posibilidades sean altamente probables, la cuarta posibilidad sigue siendo una cuestión abierta. En la siguiente discusión se resume las posibilidades de los peces migratorios con la finalidad de incluirlas en el contexto de la cuenca del Madre de Dios y por extensión en la cuenca del Inambari.

1. Especies migratorias que recorren extensas distancias

Todos los peces migratorios que recorren grandes distancias en el Amazonas son especies de grandes bagres Goliat (género *Brachyplatystoma*). Varios se encuentran entre los peces de consumo humano más importantes en la Amazonía. La mayor de estas especies migratorias Goliat alcanza al menos 1,6 m de longitud. Seis de las siete especies están ampliamente distribuidas en la cuenca del Amazonas, y todas, excepto una especie, son también conocidas en la cuenca del Madre de Dios. Dos de las especies, dorado y mota flemosa, utilizan el estuario como área de cría pero desovan en el piedemonte andino, o cerca de él. Las distancias migratorias, considerando un solo sentido río arriba, pueden tomar de 18 a 24 meses en ser completadas y tienen un rango de 3.700-5.500 km desde la desembocadura del río

Amazonas hasta las estribaciones andinas. También existen otras cuatro de estas especies migratorias de larga distancia, pero son menos abundantes y sus áreas de cría aún no han sido localizadas. Ninguna de las especies que migran hasta la cuenca del Madre de Dios en el sureste de la Amazonía Peruana retornan hasta el estuario como adultos, sino más bien los recién nacidos migran río abajo con la corriente hasta llegar al estuario. El dorado y la mota flemosa son explotados comercialmente en la cuenca del Madre de Dios cerca de Puerto Maldonado. La siguiente discusión resume las migraciones del dorado y la mota flemosa y lo que actualmente conocemos acerca de los bagres migratorios de larga distancia en la cuenca del Madre de Dios.

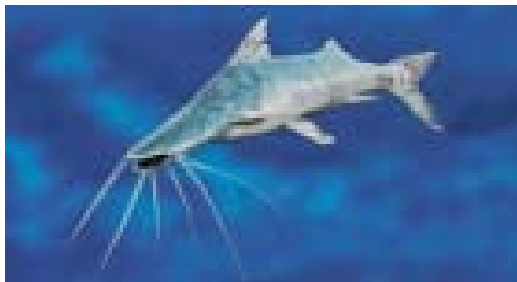
El estuario del río Amazonas es una vasta región que se extiende por más de 400 km a lo largo del océano Atlántico y por casi 400 km hacia el interior hasta cerca de la desembocadura con el río Xingú. La región del estuario es ecológicamente compleja debido a la gran cantidad de islas pequeñas y grandes, incluyendo a Marajó, la isla de río más grande en el mundo. Toda la región del estuario se encuentra bajo el control de las mareas, que varían en promedio desde casi 4 m, cerca de la desembocadura del río Amazonas y la boca de la bahía de Marajó al sur, hasta aproximadamente 1 m cerca del río Xingú. Aún no está claro de qué manera las mareas influyen en la ecología de los bagres Goliat, pues se sabe que ninguno de ellos se traslada a los bosques de marea durante las mareas altas. Hay cierta evidencia que los dorados jóvenes podrían usar la influencia continental de las mareas como un controlador de su movimiento hacia el oeste, hasta que están listos para su primera y extensa migración aguas arriba. De vez en cuando los cardúmenes de dorado jóvenes (<40 cm de longitud) alcanzan la localidad de Santarém, a unos 800 km aguas arriba, donde la amplitud de las mareas es solo 0,2-0,5 m, pero desaparecen pronto. Los pescadores asumen



▲ **Migraciones del dorado y mota flemosa desde el estuario hacia los Andes. Estas migraciones se llevan a cabo en un periodo de 12-18 meses.**



▲ **Dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*)**



▲ **Mota flemosa (*Brachyplatystoma platynemum*)**

que los dorados jóvenes retornan aguas abajo ya que rara vez se capturan dorados pequeños en grandes cantidades en localidades aguas arriba del estuario.

Entre los 2 y 3 años de edad, los dorados y motas flemosas pre-adultos empiezan a abandonar el estuario y esta fase de su ciclo de vida está fuertemente correlacionada con el rápido descenso del nivel del río Amazonas durante el período mayo-agosto. Irónicamente, el bajo río Amazonas comienza a disminuir en nivel de agua antes que su curso medio, aguas más arriba, debido a que los grandes afluentes de la región oriental (Tocantins, Xingú y Tapajós) están disminuyendo de niveles rápidamente también en este período. Los datos de las pesquerías muestran claramente que tanto el dorado como la mota flemosa llegan a Santarém, 800 km río arriba, entre julio y

agosto y a la desembocadura del río Madeira, a 1.200 km aguas arriba, en el período setiembre-octubre. A partir de los datos de las pesquerías se sabe que el porcentaje de bagres migratorios que entran en el río Madeira con relación al total que se desplaza por el río Amazonas aguas arriba es aproximadamente 15%, proporcional al caudal de cada uno de estos ríos.

Una vez en el río Madeira, los bagres migratorios se dispersan y entran en una fase intensa de alimentación, al mismo tiempo que se trasladan lentamente río arriba. El dorado también entra en afluentes de aguas claras y de aguas negras del río Madeira, pero los datos de pesca muestran claramente que la mayor parte de la población permanece en el canal principal donde la densidad de las presas es sin duda mucho mayor.

La Cachoeira do Teotônio o los rápidos de Teotônio, ubicada a 20 km de Porto Velho y a 900 km río arriba de la desembocadura del Madeira, es el punto de tránsito más difícil para los bagres migratorios en el río Madeira, y el punto desde el cual se ha registrado



▲ Flota pesquera industrial explotando bagres en zonas de agua dulce al norte de la isla de Marajó.

▲ Dorados capturados en la Cachoeira do Teotônio en su recorrido aguas arriba durante el inicio del período de aguas altas.



la mayor cantidad de datos sobre estas migraciones. Estos rápidos presentan una caída de agua de 7 m como consecuencia de una diferencia de nivel en el canal. Durante el período de aguas bajas la presencia de rocas expuestas y las corrientes extremadamente fuertes hacen que la migración ascendente sea muy difícil, si no imposible, para la mayoría de las especies. Cuando el nivel del agua empieza a subir rápidamente a finales de noviembre o principios de diciembre, grandes cardúmenes o grupos de dorado sortean los rápidos a lo largo de la margen izquierda, donde la velocidad de la corriente es menor, aunque sigue siendo muy fuerte. Para los años de los que se dispone de datos, las mayores migraciones aguas arriba se produjeron entre diciembre y enero o durante la marca 10-15 m de nivel del río, es decir, alrededor de 2-3 meses antes del pico de las inundaciones anuales. No está claro si los dorados migran a través de los rápidos del Madeira principalmente durante este período porque es la primera oportunidad que tienen para sortear con éxito los rápidos, o porque el incremento de agua coincide con otros factores hidrológicos y limnológicos, o porque quizá se produzca una disminución de alimento río abajo a consecuencia del inicio de las inundaciones. La gran mayoría de dorados que logra atravesar los rápidos de Teotônio son pre-adultos que probablemente no van a desovar hasta 10-12 meses después. La Cachoeira do Teotônio pronto estará completamente sumergida cuando la represa de San Antonio, ubicada a pocos kilómetros aguas abajo, esté completamente terminada.

Los cardúmenes de mota flemosa llegan a la Cachoeira do Teotônio casi un mes más tarde que los de dorado y son más abundantes en el período de enero a marzo. Es posible que la mota flemosa, un bagre de menor tamaño pero con enormes barbos en contraste con los barbos pequeños de dorado, tenga mayor dificultad para sortear las cataratas, y por tanto espera a que el río incremente sus niveles de agua.

Una vez que atraviesan los rápidos del Madeira, los peces disponen de una vasta cuenca aguas arriba,

la cual incluye las sub-cuencas del Beni/Madre de Dios, Mamoré y Guaporé, en donde se dispersan para alimentarse y posteriormente, reproducirse. Aparentemente, la reproducción no ocurre en la cuenca del Guaporé. La fluctuación del nivel del río en las partes altas de la cuenca del Madeira es considerablemente menor a la fluctuación aguas abajo de los rápidos de Teotônio. Más aún, el inicio del período de estiaje también se presenta antes en las partes altas del Madeira en comparación a las zonas debajo de los rápidos. Estos bagres migratorios, por lo tanto, llegan justo antes del inicio del rápido descenso del nivel de agua y el inicio del período de aguas bajas, es decir, un momento propicio para su alimentación ya que las presas comienzan a concentrarse mucho más en los canales del río. Los pre-adultos se convierten en adultos durante este período de alimentación en la cuenca alta, posteriormente se unirán a los peces ya adultos en sus desplazamientos aguas arriba y desovarán cerca o en el piedemonte andino a partir de noviembre cuando las fuertes lluvias comiencen a caer.

Todavía no está claro si los grandes bagres migratorios retornan río abajo a través de los rápidos del Madeira, ya que los pescadores nunca han informado de estos movimientos y estos tampoco han sido observados en la Cachoeira do Teotônio, donde es más fácil detectarlos. Si tales movimientos se realizaran, estos probablemente ocurrirían por el centro de los rápidos en donde es difícil observarlos. El hecho de que se hayan capturado algunos peces adultos aguas abajo de los rápidos sugiere que sí es posible este movimiento, y que estos peces retornan aguas arriba una vez más para desovar.

El aspecto más difícil de entender en las migraciones de los bagres Goliath es la ubicación exacta de los sitios de desove debido a que existen muy pocas comunidades pesqueras en o cerca del piedemonte andino que puedan aportar con este conocimiento directo. Asimismo, la pesca experimental es muy peligrosa en

estos tributarios de aguas muy turbulentas. Además, hay muy escasos datos hidrológicos disponibles para la región subandina. La pesca experimental de los adultos en los canales del río es muy costosa y toma mucho tiempo cuando no existe información previa de los pescadores locales.

Las visitas y reconocimientos de las cabeceras en el piedemonte andino de Perú y Bolivia nos permitieron identificar cinco lugares donde los pescadores comerciales y de subsistencia han tenido alguna experiencia con los grandes bagres migratorios. De norte a sur estos fueron: 1) Atalaya, en la confluencia de los ríos Urubamba y Tambo; 2) Puerto Maldonado, en el río Madre de Dios; 3) Boca Manu, en la confluencia de los ríos Manu y Alto Madre de Dios; 4) Rurrenabaque, en el río Beni al pie de los Andes, y 5) una comunidad indígena en el río Ichilo en las cabeceras del río Mamoré, justo al norte de Santa Cruz de la Sierra en Bolivia. Estas cinco localidades proporcionan un marco comparativo sobre el cual se pueden desarrollar las primeras hipótesis sobre el desove en las cabeceras y su relación con variables hidrológicas y limnológicas.

La hipótesis del desove de los bagres Goliat en la cuenca Madre de Dios se basó inicialmente a partir de datos recogidos en varios años de la pesca comercial en Puerto Maldonado, la cual capturaba principalmente bagres adultos y sexualmente maduros. Debido a que no había evidencia directa de los lugares exactos de desove, se determinó que la mejor manera de identificar la ubicación de estos sitios sería muestrear la presencia de larvas y juveniles de estos bagres en los canales del río, y de esta manera calcular el lugar de nacimiento en función a la edad de las larvas (en días) y a la distancia recorrida basada en la velocidad de la corriente del río. Se colectaron larvas de peces semanalmente y durante un período de dos años en el cauce del río Madre de Dios cerca de Puerto Maldonado. Se eligió Puerto Maldonado porque está

ubicado aproximadamente a 200-250 km aguas abajo de los Andes y representa un lugar por donde las larvas o juveniles de cualquier pez nacido en cualquiera de los afluentes del río Madre de Dios tendrían que pasar durante su descenso. La razón por la cual no se escogió solo un tributario para iniciar esta investigación, como el Alto Madre de Dios o el Inambari, fue porque nuestra hipótesis inicial fue que los grandes bagres hacían uso de las cabeceras para desovar; y, coincidentemente, nuestras salidas de campo revelaron que sería dudoso observar realmente el desove en el piedemonte andino, dadas las condiciones climáticas (extremadamente lluvioso) e hidrológicas (ríos muy turbulentos, turbios) que ocurren durante el período de desove.

En Puerto Maldonado, el río Madre de Dios tiene aproximadamente 425 m de ancho y 10-13 m de profundidad promedio durante la temporada de aguas altas; durante el período de aguas bajas la profundidad promedio se reduce a 3,6 m. El río Madre de Dios drena un área aproximada de 90.000 km² en la que nueve tributarios descargan en el canal principal. El río Inambari es el tributario más grande y extenso.

Los datos del nivel del río y de descarga indican que las aguas bajas ocurren entre mayo y setiembre y el período de aguas altas o de inundación entre de octubre a abril. La fluctuación anual del nivel del río Madre de Dios en Puerto Maldonado fue de aproximadamente 9 metros, y basada en las marcas observadas en las orillas del río a lo largo del canal, esta parece tratarse de la fluctuación promedio. Aunque se encontró una relación compleja entre el nivel del río y la producción de larvas, la marca de los 5 m en el nivel del río parecía aproximarse a un umbral de diferencia entre valores altos y bajos de producción de larvas. Para niveles del río menores a 5 m, la densidad de larvas era muy baja.

Las larvas de bagres capturadas pertenecían sobre todo a las especies migratorias de larga distancia,



▲ Río Madre de Dios en época de inundación, cuando el dorado, la mota flemosa y otras especies que migran extensas distancia llegan para desovar.

el dorado y la mota flemosa; a la doncella y el puma zúngaro, y a la mota redonda y el achacubo. La densidad promedio de capturas semanales se redujo de abril a setiembre, y aumentó de octubre a diciembre y de enero a marzo, incrementos concurrentes al aumento de la descarga del río. Estos primeros datos indicaron que los bagres desovan en la cuenca del Madre de Dios solo durante el período de aguas altas, pero a intervalos irregulares correlacionados con eventos hidrológicos o rápidos incrementos del nivel de agua, los cuales se contabilizaron ocho en promedio durante el período de aguas altas. Los valores de oxígeno disuelto en el canal del río fueron altos durante todo el año, pero el pH y la conductividad (una medida que indica el contenido total de sal del agua) fue menor en el período de aguas altas. Las temperaturas superficiales del agua estaban por encima de 25,4°C durante todo el año. La velocidad del agua fue mayor durante la temporada de aguas altas.

El mayor número de larvas de bagres fue colectado a partir de la última semana del mes de octubre, con un incremento en la densidad de las larvas de 5 a 10 veces. Un modelo preliminar sugiere una adición exponencial y acumulativa de larvas durante la temporada de lluvias, la cual es controlada por eventos hidrológicos de inundación (picos sobre los 5 m) que ocurren en la cuenca. En promedio se identificaron ocho de estos eventos hidrológicos durante cada temporada lluviosa

los cuales desencadenaron los momentos exactos de desove. Estos eventos están relacionados a un rápido aumento del nivel del río, pero aun es poco claro si es debido a la precipitación en las tierras bajas o únicamente a las lluvias en el piedemonte.

Las características morfológicas de las larvas colectadas, tales como la presencia del saco vitelino y la ausencia de estructuras de soporte de la aleta caudal, podrían sugerir información detallada adicional sobre el momento y el lugar de desove de estos peces, y ser usado como indicadores para evaluar las potenciales zonas de desove para los bagres en el río Madre Dios. Observamos que la mayoría de las larvas capturadas aún no habían absorbido su saco vitelino, lo cual indicaría que la mayoría de los peces fueron colectados a pocas horas o días después de la eclosión en nuestros lugares de muestreo. El tiempo de incubación y la diferenciación de embriones en la mayoría de las especies que dispersan huevos y larvas es relativamente corto, de 12 a 18 horas. Dado que la velocidad superficial promedio del río durante este período fue de alrededor de 0,79 m/s, las zonas de desove probablemente se encuentran muy cerca al, o en el piedemonte andino, entre 200 y 400 metros de elevación.

Las densidades de larvas de bagres que se colectaron en el río Madre de Dios fueron significativamente mayores a las colectadas en el río Tambopata. Esto sugiere que el río Madre de Dios y algunos de sus otros afluentes ofrecen condiciones de hábitats más adecuadas para el desove de estas especies que las que ofrece el Tambopata. El río Inambari no ha sido muestreado aún.

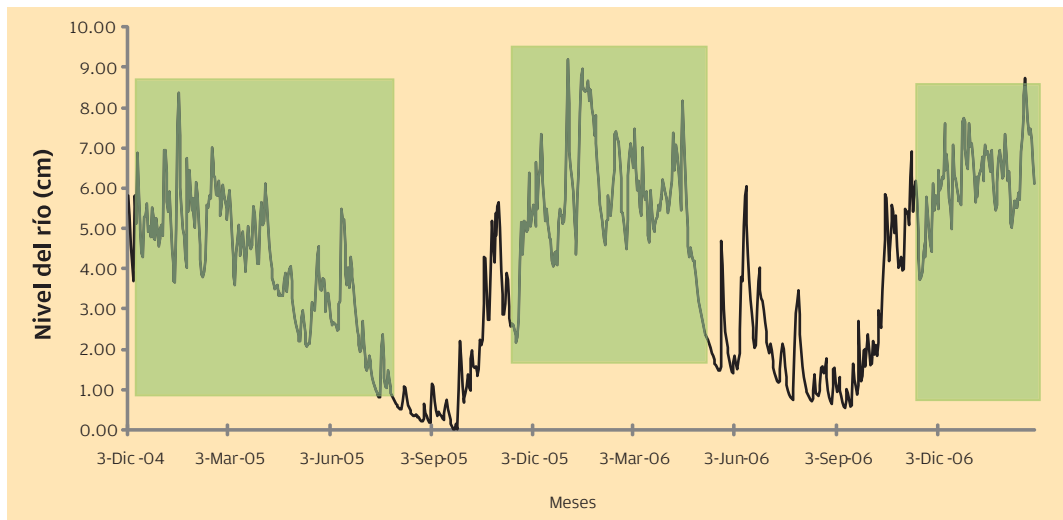
Comparaciones efectuadas entre los datos de precipitación en los Andes, entre 600 y 900 msnm, con los niveles del río en Puerto Maldonado revelaron que un solo episodio de precipitación, con un total de 75 mm parece ser el mínimo volumen requerido en la región pre-montana del Inambari y

Alto Madre de Dios para generar niveles del río en Puerto Maldonado que produzcan las densidades más altas de larvas de bagres migratorios. A partir de 30 años de registros históricos de precipitación disponibles para la cuenca del río Madre de Dios se identificaron un total de 313 episodios hidrológicos que estimularon el desove de los bagres migratorios, 225 de estos episodios ocurrieron durante el período de aguas altas y 88 durante el período de aguas bajas. Se estimó que el número promedio anual de inundaciones que podrían ocasionar el desove fue de aproximadamente ocho durante la época de lluvias y tres durante la estación seca. Indirectamente, esto se correlaciona con el umbral de 5 m del nivel del río en Puerto Maldonado. Sin embargo, esta marca de 5 metros no debe ser vista como el ‘generador directo’ de la producción observada de larvas en el canal, si no simplemente como un indicador de que tanto las variables hidrológicas y biológicas están relacionadas con alguna variable común, no observada, esto es, a las condiciones hidro-climatológicas en la región andina situada río arriba. Por tanto, ninguna marca exacta del nivel del río en Puerto Maldonado definirá

con seguridad los eventos que logren producir larvas de las especies migratorias, lo cual sugiere la importancia de desarrollar observaciones y mediciones hidrológicas en los Andes. Durante las aguas bajas se encontraron algunas larvas en el canal e incluso durante momentos por debajo del umbral identificado de 5 metros, algún desove oportunista pueden ocurrir incluso durante la estación seca aun cuando las condiciones no sean óptimas.

El efecto de la precipitación en la descarga de los tributarios andinos es casi inmediato, y es común que los ríos muestren elevados niveles de agua durante e inmediatamente después de la presencia de fuertes lluvias, y que esos niveles disminuyan tan pronto como cese la lluvia. Los niveles del río en Puerto Maldonado muestran una gran variabilidad con picos frecuentes de corta duración que supera el umbral establecido, un hecho influenciado por la presencia de los tributarios andinos.

Una característica resaltante de la relación entre la producción de larvas y los niveles del río es que la



▲ Fluctuación del nivel del río Madre de Dios en Puerto Maldonado, a 100-120 km de los Andes. Nótese los múltiples y pronunciados picos de inundación. Datos preliminares señalan que cada año se producen en promedio ocho de estos picos los cuales facilitan las condiciones necesarias para que los peces migratorios alcancen el piedemonte y desoven en esa región. Las zonas sombreadas indican la temporada en que el dorado y la mota flemosa llegan a la cuenca del Madre de Dios, en Perú.



máxima densidad de larvas observada parece disminuir cuando los niveles del río alcanzan valores superiores al umbral identificado (5 m). Esto puede ser explicado en términos de probabilidades de distribución conjunta, en donde se consideran como variables los niveles del río y la densidad de larvas, y no como un solo proceso físico o biológico. En hidrología, la probabilidad de que el nivel de la inundación sobrepase el umbral es comúnmente representada por una distribución tipo exponencial. Asimismo, se ha demostrado que la probabilidad de las capturas de larvas también sigue una distribución exponencial. Tanto el nivel de inundación por encima del umbral descrito como la densidad de las larvas son eventos independientes bajo el supuesto que la densidad de larvas es una función del tiempo que transcurrió desde el último aumento del nivel del río a niveles satisfactorios y no de la magnitud de la inundación. Considerando ambas variables, el resultado es una distribución conjunta, la cual exhibe un patrón similar al observado por la densidad de larvas cuando el río excede el umbral de 5 m.

Los datos observados parecen sugerir una disminución de la tasa de desove durante la estación lluviosa, pero los datos actuales no proveen una evidencia suficiente como para rechazar la

▲ **Un ejemplar grande de dorado capturado en Madre de Dios, aguas arriba de la desembocadura del Inambari. Peces de este tamaño probablemente también ingresan al río Inambari.**

hipótesis de uniformidad. Datos recogidos de las pesquerías en Puerto Maldonado y los registros de gónadas muestran claramente que los grandes bagres sexualmente maduros migran río arriba en el río Madre de Dios durante el periodo de las inundaciones, lo cual sugiere que los periodos de desove están correlacionados con las lluvias/niveles del río y con otros eventos hidrológicos aguas abajo, que provocan las migraciones río arriba de adultos maduros. Si esto último es significativo, entonces la densidad de larvas liberadas (éxito de desove) también estaría relacionada con el número de adultos que consiguieron realizar con éxito la migración durante el evento hidrológico anterior, teniendo en cuenta que nuestros datos indican que hay aproximadamente ocho de estos eventos por cada temporada de inundación. La sobreexplotación de las poblaciones en el estuario y en los canales del río Amazonas y río Madeira también podría afectar el número disponible de peces reproductores que llegan a las cabeceras para desovar. Las nuevas represas en construcción en el Madeira también

pueden interferir en estas migraciones, así como lo hizo la explotación de oro aluvial y dragado del río Madeira en la década de 1980. El dragado todavía continúa cerca de Cachuela Esperanza en la parte baja del río Beni, justo debajo de su confluencia con el río Madre de Dios, por lo tanto la extracción aluvial de oro también estaría afectando las migraciones.

Aunque los estudios genéticos de las especies migratorias del Amazonas están en sus inicios, los que han sido desarrollados con dorado sugieren que el comportamiento denominado *homing* (retorno al lugar de nacimiento) es practicado por esta especie al menos parcialmente. La diversidad genética del dorado en el estuario es significativamente mayor a la encontrada en los tributarios de las regiones occidentales de la Amazonía. Teóricamente, *homing* sería la explicación más lógica y eficiente en la elección de un afluente durante la migración aguas arriba del dorado y otras especies de bagres Goliat que desovan en el piedemonte andino o áreas cercanas, ya que una selección aleatoria de tributarios en la migración podría tener altos costos energéticos si finalmente los peces no encuentran el lugar adecuado para el desove. La principal explicación alternativa sería la migración de retorno al tipo de hábitat, mas no necesariamente al mismo río o lugar de nacimiento. Si el *homing* no es parte de esta especie, entonces todos los ríos del piedemonte andino donde desovan estas especies debieran tener características similares a lo largo del arco de 4.000 km, desde Colombia cerca de la línea ecuatorial hasta 14º latitud sur en Bolivia. Datos limnológicos basados en la conductividad y pH sugieren que estas zonas de hecho son similares, aunque las temperaturas promedio del agua pueden ser 3-5 grados más frías en los afluentes bolivianos y del sur de Perú; la fluctuación del nivel del río es también menos predecible en los afluentes más meridionales. También hemos sido testigos de un cese de la migración aguas arriba del dorado durante la pesca experimental y comercial durante la época en la que los frentes fríos del Antártico llegan al sur de Perú, entre mayo y junio, y cuando la temperatura

media del aire disminuye rápidamente de 25º a 18ºC; las temperaturas superficiales del canal del río llegan a disminuir 1º a 2ºC durante los llamados 'friajes'. Finalmente, como se mencionó anteriormente, la evidencia parece indicar que los grandes bagres migratorios no entran en el río Tambopata, lo cual podría servir como un ejemplo de un lugar inapropiado para la reproducción de los bagres Goliat. Mayores estudios podrían ser utilizados para determinar las condiciones hidrológicas/limnológicas que son necesarias para el desove, que no están presentes en el Tambopata pero sí en otras cuencas.

También es importante señalar que mientras que los bagres Goliat desovan cada mes en la región del Ucayali y Urubamba, los datos de pesca del río Caquetá, en Colombia, sugieren que esto no ocurre de la misma forma cerca de la región ecuatorial, donde puede ocurrir un período más intenso de aguas bajas. Asimismo, en el río Ichilo, el tributario más meridional del alto río Mamoré en Bolivia, y de donde se conoce que el dorado y la mota flemosa migran hacia los hábitats de desove en el piedemonte andino, no hay evidencia de desove en época de estiaje.

Los pescadores comerciales mencionan enfáticamente que estas especies arriban a la zona recién cuando el nivel del agua empieza a subir rápidamente en el mes de octubre. Lo mismo parece ser cierto para el río Madre de Dios, en el sur de Perú, aunque los eventos hidrológicos registrados en esta cuenca sugieren que pueden ocurrir dos periodos cortos con condiciones adecuadas de desove durante el período de aguas bajas, lo cual no coincide con la presencia de especies migratorias en la zona. Nuestra hipótesis es que el promedio de profundidad del canal del río durante las aguas bajas es tan reducido en los afluentes del sur y norte de la región andina, que no proporciona las condiciones adecuadas para el desove de los bagres Goliat durante la mayor parte del año. La cuenca del río Madre de Dios se encuentra ligeramente entre estas dos condiciones extremas.

Carácidos del Madre de Dios que se pueden encontrar en las partes bajas y piedemonte de la cuenca del Inambari



Sábalo dorado (*Salminus maxillosus*, Characidae)



Paco (*Piaractus brachipomum*, Serrasalminidae)



Sábalo (*Brycon amazonicum*, Characidae)



Boquichico (*Prochilodus nigricans*, Prochilodontidae)

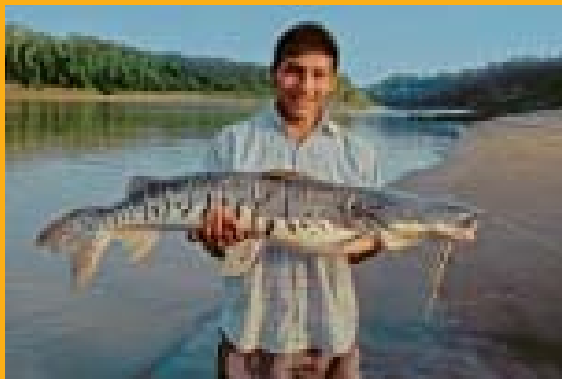
Bagres migratorios (Pimelodidae) del Madre de Dios que se pueden encontrar en las partes bajas y el piedemonte de la cuenca del Inambari



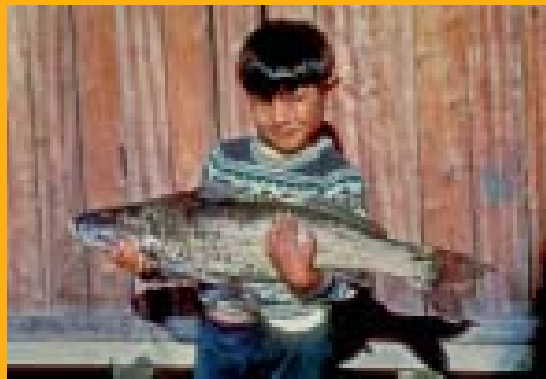
Cebra (*Brachyplatystoma tigrinum*)



Zúngaro (*Zungaro zungaro*)



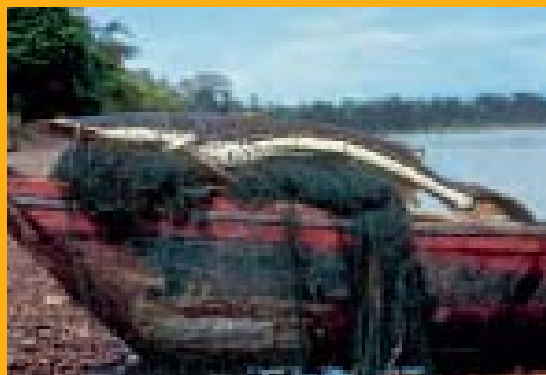
Doncella (*Pseudoplatystoma punctifer*)



Ashara (*Aguarunichthys torosus*)



Puma zúngaro (*Pseudoplatystoma tigrinum*)



Achacubo (*Surubimichthys planiceps*)

Existen ciertos datos que sugieren que estos bagres que recorren extensas distancias usan el río Inambari para desovar. Algunos pobladores locales en Mazuko (390 msnm), no dedicados exclusivamente a la pesca, reportaron que en algunas ocasiones el dorado ha llegado a entrar en el río Inambari, sin embargo esta afirmación necesita ser verificada. Los datos existentes son suficientes para afirmar que el río Inambari posee características hidrológicas y limnológicas (química, sedimentos, etc.) que lo hacen un muy probable candidato de ser un área de desove en las cabeceras. Se presentan dos posibles evidencias. En primer lugar se puede asumir a priori que el río Inambari no es importante para peces grandes porque es un río demasiado pequeño. Sin embargo, ahora se sabe con certeza que las especies migratorias llegan aguas arriba hasta el río Ichilo, en las cabeceras del río Mamoré, en Bolivia, para desovar en el piedemonte. El Inambari es más grande que el Ichilo y, como en este, los peces requieren sortear un río meándrico en las tierras bajas antes de llegar a los Andes. Las migraciones en el Ichilo se conocen localmente porque existe una comunidad indígena ubicada cerca de las cabeceras de la región andina. Estos pobladores han aprovechado estas migraciones durante varias décadas desarrollando una pesca a pequeña escala. Lamentablemente no existe ninguna comunidad pesquera en el río Inambari, sin embargo, pescadores de la comunidad de Boca Manu, ubicada cerca de la confluencia de los ríos Alto Madre de Dios y Manu, han reportado la captura de los bagres Goliat en esos dos tributarios, así como aguas abajo en el río Madre de Dios, río que ambos tributarios forman luego de confluir.

En segundo lugar, comparando las características generales limnológicas del río Inambari con las del río Urubamba, donde se ha logrado realizar una intensa investigación sobre los grandes bagres, se puede apreciar que los parámetros químicos, sedimentos y la temperatura del agua son suficientemente similares para justificar la hipótesis de que el río Inambari debe

considerarse como una cabecera de desove de bagres Goliat, hasta que se demuestre lo contrario.

2. Carácidos y bagres migratorios ampliamente distribuidos en la cuenca alta del Madeira

Hasta la fecha no hay un tributario grande del piedemonte andino donde no se haya encontrado sábalo y boquichico, al menos durante algunos meses del año. Estos peces son altamente migratorios pero sus movimientos dentro y fuera de las cabeceras del río Madre de Dios aún no han sido investigados. En otras zonas andinas estas especies se trasladan aguas arriba durante las inundaciones periódicas con la finalidad de desovar en los hábitats del piedemonte. También se pueden encontrar cardúmenes de sábalos durante la estación seca en los llamados “pozos” (secciones del canal de gran profundidad y aguas relativamente calmas). Otra especie, como el paco, migra hasta el pie de los Andes y puede ser encontrado allí tanto durante la época de estiaje como la época de aguas altas. Mayores estudios ecológicos pondrían sin duda de manifiesto muchas otras especies.

Los grandes bagres que han sido observados en las estribaciones andinas y en los ‘pozos’ de la cuenca del río Madre de Dios incluyen especies como el zúngaro, torre, doncella, puma zúngaro y achacubo. La mayoría de estas especies son conocidas por ser migratorias, sin embargo se conoce de ellos menos de lo que se conoce al dorado y a la mota flemosa.

3. Migraciones locales entre las tierras bajas y el piedemonte en el río Inambari

Poco todavía se puede decir acerca de estas migraciones, ya que ninguna región del piedemonte se ha estudiado adecuadamente. Sin embargo, se piensa que al menos dos especies relativamente grandes, la ashara (*Aguarunichthys torosus*) y el sábalo macho (*Salminus maxillosus*) desovan en la zona de piedemonte del río Alto Madre de Dios, donde varios adultos han sido capturados.



▲ **Contaminación por sedimentos y probablemente mercurio ingresando en el río Inambari a través del río Caychihue desde la zona minera de Huaypetue.**

IMPACTOS HUMANOS EN LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS DE LA CUENCA DEL INAMBARI

De las seis principales actividades económicas que existen en la región -minería, agricultura, energía (represas), pesca, tala y transporte- y que pueden tener impactos a gran escala sobre los ecosistemas acuáticos, la minería ha sido hasta la fecha la más importante en la cuenca del Inambari. En la cuenca existen dos tipos de operaciones mineras: la artesanal y la industrial. De lejos, la minería aurífera es la más expandida, las operaciones artesanales se encuentran dispersas en las cabeceras del río Inambari, desde localidades ubicadas sobre los 4.000 msnm alrededor de la ciudad de Masiapo cerca de Bolivia, hasta la zona de piedemonte en Mazuko y Huaypetue, aproximadamente a 350 msnm. Existe minería aurífera relativamente pequeña a lo largo del curso bajo del río Inambari, desde la base del piedemonte hasta su desembocadura.

Con respecto a los impactos de la minería de oro, mayor atención se ha dado a los potenciales peligros de

contaminación por mercurio, sin embargo, la causada por remoción de sedimentos también puede ser un gran problema. No tenemos conocimiento de estudios que hayan mapeado operaciones de extracción de oro en las que se han producido significativas adiciones de sedimentos en las quebradas o los ríos de la cuenca del Inambari. La adición de sedimentos es especialmente importante pues afectará la transparencia natural del agua. Dos claros ejemplos de ríos contaminados por adición de sedimentos durante el período de aguas bajas son la sección del río Inambari ubicada arriba de Mazuko y la parte baja del río Nusiniscato. La contaminación por sedimentos probablemente tiene un impacto mucho mayor en las pequeñas quebradas. Sin duda alguna, la creación de un enorme reservorio debido a la construcción de la represa va a alterar los ciclos de mercurio y de sedimentos en la cuenca del Inambari, para lo cual se necesitan datos hidrológicos detallados para poder modelar estos impactos.

La mayoría de los campos de extracción de oro de



Huaypetue se encuentran en el piedemonte del río Puquiri. Este es un tributario del río Colorado, una cuenca adyacente al oeste de la del Inambari. Los campos de oro de Huaypetue, sin embargo, se han expandido hacia el oeste a lo largo del piedemonte hasta alcanzar las orillas del río Inambari. En este lugar, el río Inambari está a unos 350 msnm, aproximadamente donde postulamos que está la zona donde muchos peces migratorios arriban para desovar. Es posible que las actividades mineras ubicadas arriba de Mazuko y en el río Huaypetue, afluente del Inambari, tengan un gran impacto sobre los peces migratorios.

La minería industrial de gran escala en la cuenca del Inambari se concentra en la meseta de Macusani, donde se extrae urania, también conocida como torta amarilla. La urania es refinada para elaborar uranio y es altamente radiactiva incluso en esta primera etapa del proceso de refinamiento. Las plantas de procesamiento de urania se encuentran en los límites de las cabeceras de San Gabán, pero no tenemos conocimiento de ningún estudio de contaminación. En la cuenca del Inambari no hay agricultura a

▲ 380 m. Minería de oro aluvial en la zona de piedemonte del río Inambari.

gran escala y, hasta la fecha, la mayoría de la colonización ha sido a lo largo de la parte alta del río Inambari, a lo largo de una carretera afirmada desde Macusani hasta el noroeste o lo largo de las carreteras afirmadas que vienen desde el norte del Lago Titicaca o Juliaca. Existen, sin embargo, miles de pequeños campos de cultivo de coca en las laderas del Inambari, del San Gabán y de muchos otros tributarios. Para la elaboración de cocaína a partir de las hojas de coca se utilizan una serie de químicos tales como el carbonato de sodio, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, permanganato de potasio, acetona, éter y kerosene. Los desechos provenientes de este proceso usualmente son vertidos en los arroyos y ríos, pero no conocemos de ningún estudio hecho sobre los impactos que estos desechos pueden tener en la cuenca del Inambari. De qué manera la nueva carretera Interoceánica impulsará la frontera agrícola de gran escala, incluyendo los cultivos de coca, aún está por verse, sin embargo, dado que la carretera atraviesa por las partes bajas de los ríos Inambari y San

Gabán en gran parte de su recorrido es muy probable que estas áreas sean fuertemente afectadas por la deforestación en las próximas décadas. Asimismo, la carretera Urcos-Puerto Maldonado, que sigue el río Araza, probablemente se verá colonizada con mayor intensidad, más aún luego de que esa vía termine de asfaltarse y si la Central Hidroeléctrica Inambari es finalmente construida. La frontera agrícola también está avanzando en la cuenca del Inambari en el tramo de la carretera Interoceánica que cruza las tierras bajas entre Puerto Maldonado y la región del piedemonte. Por lo menos un camino ya alcanza el río Inambari desde la carretera Interoceánica y existe por lo menos un camino desde aproximadamente el lugar en el que el Inambari abandona el piedemonte andino hasta el pueblo de Boca Colorado, cerca de la confluencia del Colorado con el Madre de Dios.

▼ **El río Palcamayo, un tributario del río Araza a 570 m. Nótese el alto contenido de sedimentos que transporta como resultado de minería aurífera presente aguas arriba.**

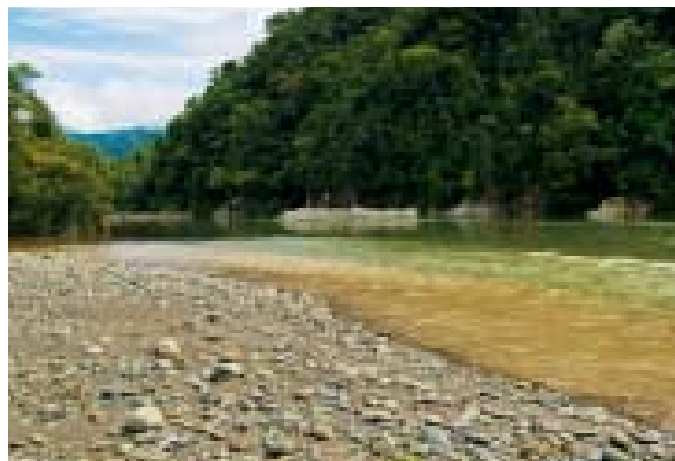


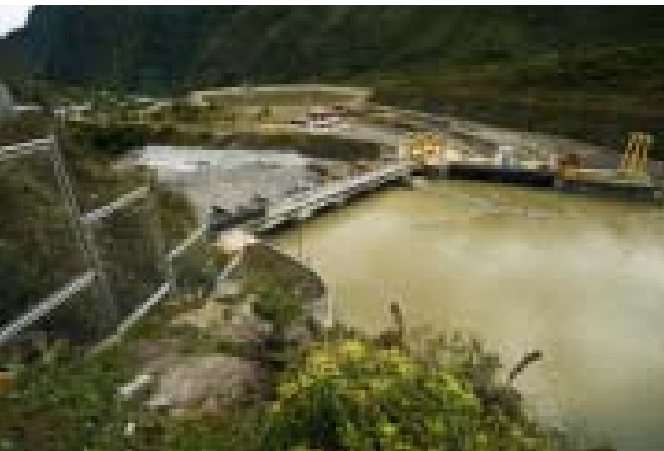
La única represa en la cuenca del Inambari es la de la Central Hidroeléctrica San Gabán II, a aproximadamente 2.000 msnm, que se terminó de construir a finales de la década de 1990. Se ha propuesto la construcción de tres represas más para el río San Gabán en la misma área, y todas generarán menos de 180 MW y tendrán reservorios relativamente pequeños para el agua o retención de sedimentos. La única represa del río San Gabán tiene probablemente poco impacto en el flujo del río y en las comunidades de peces, pero si tres o más represas son construidas, esto podría cambiar.

Posibles impactos acuáticos de la propuesta Central Hidroeléctrica Inambari

En términos de los ambientes acuáticos, la importancia de la propuesta represa de Inambari debe evaluarse no solamente desde el punto de vista de sus impactos a nivel local, sino también por el precedente que va a sentar para entender las cabeceras andino-amazónicas en general. El Inambari será el primer río que tendrá una enorme represa en la región andino-amazónica, por lo que es imperativo que se desarrolle una infraestructura científica asociada a la evaluación y monitoreo de los impactos. Esto incluye no solo la formación de científicos locales en ecología, hidrología, limnología e ictiología, las cuatro

▼ **Una quebrada contaminada ingresando en el río Nusiniscato desde una zona minera, a 440 m.**





▲ **La Central Hidroeléctrica San Gabán sobre el río del mismo nombre, a 2.100 msnm. La represa tiene una capacidad máxima aproximada de 100 MW, veinte veces menor a la de la prevista represa Inambari.**

áreas académicas más importantes para hacer frente a los impactos ambientales de las represas, sino también la construcción de instalaciones adecuadas en instituciones de investigaciones científicas que de manera efectiva puedan recibir, acomodar y almacenar adecuadamente las muestras luego de ser clasificadas y analizadas. No tiene sentido proponer estudios ambientales cuando no existen las condiciones para llevarlas a cabo eficientemente. Hasta la fecha, el proceso de planificación de la Central Hidroeléctrica Inambari no ha considerado de manera suficiente estos aspectos críticos, lo cual sugiere que los términos de referencia del Estudio de Impacto Ambiental de la central hidroeléctrica Inambari (TdR) no abordan adecuadamente la evaluación de los impactos en los ecosistemas acuáticos.

Sin embargo, y sin considerar lo mencionado anteriormente, el primer error importante que parece estar ocurriendo en el caso de la Central Hidroeléctrica Inambari es la decisión de no considerar la cuenca del río Inambari en su totalidad, y al menos parte del río Madre de Dios, como la base geográfica para los estudios de impactos acuáticos. Limitar los estudios de impacto solamente a las zonas alrededor del sitio de

la represa sería contradecir los principios básicos de los ecosistemas y la teoría del manejo de las cuencas fluviales y su lógica de funcionamiento, y peor aún, sería frustrar el sentido común ecológico. No se debe imitar el pasado de Brasil en tema de represas, donde se permitió que solamente los consultores de las empresas de construcción, sin el aporte de científicos calificados, definieran los límites geográficos de los estudios de impacto ambiental, condición que históricamente ha limitado las investigaciones a zonas próximas a los reservorios.

En términos de biodiversidad, los peces son sin duda el grupo de vertebrados más diverso en la cuenca del Inambari, y sin duda deben ser considerados como especies clave en la evaluación de los impactos. Dado que dos de los tributarios más grandes del río Inambari se ubican aguas arriba y muy cerca de la ubicación de la propuesta represa, el embalse se ubicará en el centro más diverso de comunidades de peces de la sección andina de la cuenca del Inambari por encima de los 350 msnm. Las consecuencias solo se podrán entender una vez que se disponga de mayores datos acerca de las características de los ambientes acuáticos previas a la construcción del reservorio y de investigaciones más exhaustivas sobre los peces de la zona, especialmente aguas arriba del sitio de la represa, un área de muy difícil acceso y que requerirá probablemente de visitas de reconocimiento y muestreos muy bien planeados y financiados. Además de los peces, los crustáceos andinos también serían excelentes indicadores biológicos de la influencia de diversos tipos de agua en la distribución de las especies, y por supuesto, de los impactos de la contaminación.

Parece poco probable que la represa, físicamente, produzca la extinción masiva de especies de peces, ya que la mayoría de ellas se distribuyen también fuera de la cuenca del Inambari. En segundo lugar, no sabemos nada acerca de las especies subterráneas, que son las candidatas más probables



a tener una distribución limitada. Los géneros de peces en la cuenca del Inambari que se sabe que poseen especies subterráneas ciegas en otras partes de los Andes o el Neotrópico incluyen los carácidos (*Astyanax*) y los bagres (*Rhamdia*, *Pimelodella*, *Astoblepus* y *Ancistrus*). La extinción causada por las aguas del reservorio se produciría si los hábitats de las especies subterráneas fueran destruidos durante la inundación con decenas a cientos de metros de agua. Hay que tener en cuenta que no hay clasificaciones modernas para la mayoría de los géneros de peces que se encuentran en la cuenca del Inambari, y se puede esperar que tal vez casi el 50% de los nombres científicos cambiarán una vez que se desarrollen las revisiones taxonómicas, lo cual podría resultar en la identificación de nuevas especies o subespecies endémicas.

Las extinciones locales son altamente probables, especialmente si se produce una destrucción de los hábitats, contaminación o interrupción de la

▲ **440 m. Río Inambari, aproximadamente 75 km aguas arriba del sitio propuesto para construir la represa. Casi todo lo que aparece en esta imagen quedaría sumergido.**

conectividad entre los hábitats, en el caso de las especies migratorias. A juzgar por la tendencia histórica de introducir especies exóticas en los cuerpos de agua andinos, la creación de un enorme reservorio de aproximadamente 300 a 400 km² brindará un ambiente artificial muy tentador para la introducción de más especies exóticas como tilapia, carpa y una gran variedad de otros organismos que podrían sobrevivir en aguas de embalse con temperaturas entre 23-26°C, ideal para muchas especies tropicales o subtropicales. Los parásitos que, sin duda, también se introducirán en estos ambientes junto con sus hospederos podrían afectar a las especies nativas de peces y crustáceos, con consecuencias devastadoras como ha ocurrido en el lago Titicaca. Las plagas comunes, como el caracol de agua dulce (*Physa acuta*), que ya está presente en las partes altas de los Andes y que puede sobrevivir a



menores elevaciones, puede colonizar los reservorios de estas regiones andinas. El jacinto de agua, helechos acuáticos (*Azolla*) y otras plantas flotantes que se encuentran en las tierras bajas probablemente también podrían ser introducidas y traer consigo microorganismos que ahora sobrevivirían en aguas de los Andes, dadas las condiciones de un gran lago que ofrecería el nuevo reservorio.

El reservorio de la Central Hidroeléctrica Inambari se ubicaría en un área que está cubierta en más del 95% por un bosque tropical de montaña relativamente poco intervenido. Aún no está claro cuanto del bosque sería removido antes de llenarse el embalse, aunque talado o no, la materia orgánica podría tener grandes impactos. Debido a la exuberante vegetación natural que existe en la cuenca también se producirá un aporte significativo de materia orgánica, como hojas y restos vegetales, que se agregarán a la biomasa de bosques sumergidos en descomposición. En conjunto, estas fuentes orgánicas

▲ **375 m. Mayor curva en el río Inambari inmediatamente debajo del lugar propuesto para construir la represa.**

resultarán en cantidades significativas de gases de efecto invernadero como el metano y el dióxido de carbono. La descomposición también dará lugar a altos niveles de ácido sulfhídrico en el agua, gases que se formarán a partir de la actividad microbiana en el fondo anaeróbico del embalse cuando los sulfatos de la vegetación en descomposición se conviertan en gas por la actividad microbiana. Los frentes fríos del sur que llegan periódicamente a la cuenca del Madre de Dios, llamados friajes, podrían causar una mezcla vertical de agua en el embalse.

Las aguas frías superficiales descenderán hacia las capas inferiores y se produciría una difusión del mortal ácido sulfhídrico en toda la columna de agua, como consecuencia ocurriría la muerte masiva de peces y otros animales acuáticos. Y sin considerar los



▲ 415 m. Camarón de la quebrada Carcelpunco en la parte baja del río Inambari, aproximadamente a la misma altitud donde se tiene prevista la represa.

frentes fríos, la gran cantidad de materia orgánica que probablemente se acumule en el embalse podría generar una invasión de ácido sulfhídrico aguas abajo de la represa. Este es el típico olor a huevo podrido que siempre ocurre aguas abajo en las represas de la selva.

La zona probable de desove de los peces migratorios que se desplazan por el tramo de tierras bajas del río Inambari estaría 40 a 80 km, o inclusive más cerca, aguas abajo de la represa. Estas especies migratorias incluirían aquellas que se desplazan extensas distancias, así como bagres Goliat y otros bagres y carácidos locales que entran en el río Inambari desde el río Madre de Dios. Para situar la zona de desove en un contexto de corrientes de río y de tiempo, esta se ubicaría alrededor de 6 a 12 horas aguas abajo de la represa, es decir, lo suficientemente cerca como para estar directamente afectada por la contaminación y los cambios hidrológicos causados por la represa. Los peces migratorios son muy sensibles a las aguas contaminadas. Estas pueden impactar a los adultos sexualmente maduros retrasando su migración en zonas aguas abajo y no subir para desovar, y también es probable que causen alta mortalidad de huevos y larvas. Aparte de la intoxicación por ácido sulfhídrico, los peces tampoco podrán desovar debido a otros motivos tales como el hecho de que los patrones hidrológicos y el flujo del río se volverán irreconocibles por las alteraciones directamente causadas por la



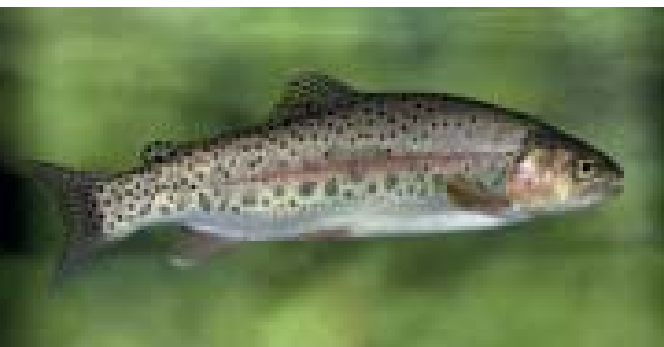
▲ 370 m. Cangrejo de una pequeña quebrada en el área donde se tiene planeado construir la represa.

represa, por los efectos en la calidad del agua, por la alteración del contenido de sedimentos y la transparencia, por los cambios en el contenido de macro y micro nutrientes, pH, conductividad, o por una combinación de algunos o todos estos factores. Con el tiempo, el canal del río aguas abajo de la represa llegará a ser insatisfactorio como hábitat de desove, especialmente si los peces dependen de un fondo de grava, el cual estará cubierto con arena como consecuencia de una reducción de la velocidad de la corriente aguas abajo.

Sería un error considerar la Central Hidroeléctrica Inambari como un proyecto aislado e independiente y sus impactos en el ecosistema acuático no deben evaluarse aisladamente. La construcción de solamente una represa en ríos del tamaño del Inambari son una rara excepción en el mundo. Una vez construida la primera represa, se necesitarán más represas río arriba para una mejor retención del agua. En el caso de la cuenca del Inambari ya existe una represa más pequeña en sus cabeceras alrededor de 2.100 metros de elevación, la de la Central Hidroeléctrica de San Gabán, y al menos tres más ya han sido propuestas para el río San Gabán. Es muy probable que finalmente se construyan más represas río arriba en el río Inambari debido a su descarga relativamente alta.

LA FAUNA DE PECES

Los cinco principales grupos de peces en los Andes de la cuenca del Inambari se presentan aquí. La siguiente página presenta una lista de los géneros de peces conocidos y sus rangos altitudinales. Asimismo, se presentan la mayoría de especies conocidas junto con imágenes de cada una o sus variaciones dentro de la especie. Esta sección incluye principalmente peces pequeños, ya que las colecciones de especies de tamaño medio y grande aún no se han realizado. Algunas de las especies de tamaño mediano y grande que se espera ocurran en la región de piedemonte, pueden encontrarse en las páginas 40 y 41.



Trucha. Orden Salmoniformes

Especie exótica o introducida, de apariencia muy diferente de las demás especies de la región. Se le encuentra a altitudes mayores a 1.100 m.



Carácidos. Orden Characiformes

Peces de escama. La mayoría de los que existen en los Andes son menores de 10 cm, aunque los que hacen migraciones pueden alcanzar los 6 cm.



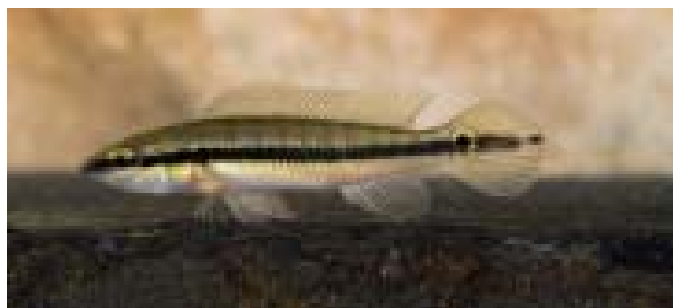
Peces eléctricos. Orden Gymnotiformes

Peces de cuerpo alargado sin aletas pélvicas ni dorsal que poseen órganos eléctricos que usan para comunicarse entre las especies y para ubicarse en el medio acuático. Son nocturnos. Pueden superar los 30 cm de largo en los Andes, pero las especies más grandes probablemente están en el piedemonte.



Bagres. Orden Siluriformes

Peces sin escamas o de cuero, poseen barbos, y la mayoría menores de 10 cm en la cuenca del Inambari. Algunas especies migratorias pueden llegar a ser bastante grandes.



Cíclidos. Orden Perciformes

Peces de cuerpo alargado y cubierto de escamas, especies territoriales. La especie andina usualmente no superan los 15 cm.

GÉNERO			ELEVACIÓN		
Orden	Familia	Género	Min	Max	Rango
Characiformes	Characidae	<i>Acrobrycon</i>	524	1.043	519
Characiformes	Characidae	<i>Aphyocharax</i>	346	527	181
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax</i>	346	863	517
Characiformes	Characidae	<i>Attonitus</i>	423	881	458
Characiformes	Characidae	<i>Bryconacidnus</i>	346	768	422
Characiformes	Characidae	<i>Ceratobranchia</i>	370	768	398
Characiformes	Characidae	<i>Charax</i>	346	635	289
Characiformes	Characidae	<i>Creagrutus</i>	346	1.138	792
Characiformes	Characidae	<i>Hemibrycon</i>	353	1.364	1.011
Characiformes	Characidae	<i>Hyphessobrycon</i>	396	396	0
Characiformes	Characidae	<i>Knodus</i>	346	1.043	697
Characiformes	Characidae	<i>Moenkhausia</i>	383	697	314
Characiformes	Characidae	<i>Odontostilbe</i>	383	558	175
Characiformes	Characidae	<i>Protonotocara</i>	382	558	176
Characiformes	Characidae	<i>Serrapinnus</i>	382	517	135
Characiformes	Crenuchidae	<i>Characidium</i>	395	1.353	958
Characiformes	Curimatidae	<i>Steindachnerina</i>	382	527	145
Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias</i>	346	524	178
Characiformes	Parodontidae	<i>Parodon</i>	353	881	528
Gymnotiformes	Apteronotidae	<i>Sternarchorhynchus</i>	382	395	13
Gymnotiformes	Hypopomidae	<i>Brachyhypopomus</i>	545	590	45
Gymnotiformes	Sternopygidae	<i>Eigenmannia</i>	382	725	343
Gymnotiformes	Sternopygidae	<i>Sternopygus</i>	382	382	0
Perciformes	Cichlidae	<i>Bujurquina</i>	353	725	372
Perciformes	Cichlidae	<i>Crenicichla</i>	382	590	208
Salmoniformes	Salmonidae	<i>Oncorhynchus</i>	1.122	3.991	2.869
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus</i>	370	2.616	2.246
Siluriformes	Auchenipteridae	<i>Auchenipterus</i>	346	346	0
Siluriformes	Auchenipteridae	<i>Tatia</i>	346	382	36
Siluriformes	Callichthyidae	<i>Corydoras</i>	416	725	309
Siluriformes	Cetopsidae	<i>Cetopsis</i>	346	725	379
Siluriformes	Heptapteridae	<i>Imparfinis</i>	537	590	53
Siluriformes	Heptapteridae	<i>Phenacorhamdia</i>	516	516	0
Siluriformes	Heptapteridae	<i>Pimelodella</i>	346	405	59
Siluriformes	Heptapteridae	<i>Rhamdia</i>	472	1.110	638
Siluriformes	Loricariidae	<i>Ancistrus</i>	346	1.122	776
Siluriformes	Loricariidae	<i>Chaetostoma</i>	353	1.364	1.011
Siluriformes	Loricariidae	<i>Crossoloricaria</i>	527	527	0
Siluriformes	Loricariidae	<i>Farlowella</i>	395	395	0
Siluriformes	Loricariidae	<i>Hemiodontichthys</i>	423	423	0
Siluriformes	Loricariidae	<i>Hypostomus</i>	395	635	240
Siluriformes	Loricariidae	<i>Loricaria</i>	346	524	178
Siluriformes	Loricariidae	<i>Rineloricaria</i>	404	537	133
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Ituglanis</i>	537	590	53
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus</i>	404	2.221	1.817
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Vandellia</i>	346	346	0

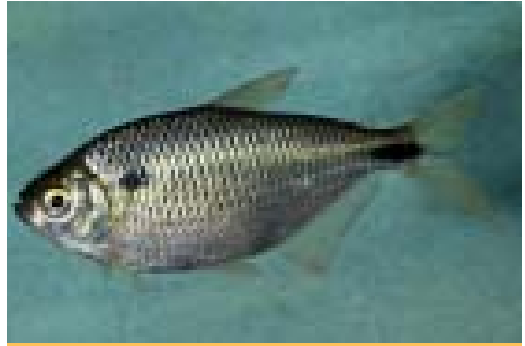
<70 mm

<100 mm

<200 mm



Acrobrycon sp. (Characidae)



Astyanax bimaculatus (Characidae)



Aphyocharax alburnus (Characidae)



Astyanax fasciatus (Characidae)



Astyanax sp. (Characidae)



Astyanax maximus (Characidae)

<70 mm

<100 mm

<200 mm



Attonitus bounites (Characidae)



Ceratobranchia binghami (Characidae)



Bryconacidnus sp. (Characidae)



Ceratobranchia obtusirostris (Characidae)



Bryconacidnus sp. (Characidae)



Charax caudimaculatus (Characidae)

<70 mm

<100 mm

<200 mm



Creagrutus unguis (Characidae)



Hemibrycon sp. (Characidae).



Hemibrycon sp. (Characidae)



Hyphessobrycon sp. (Characidae)



Hemibrycon sp. (Characidae)



Knodus sp. (Characidae)

<70 mm

<100 mm

<200 mm



Knodus sp. (Characidae)



Knodus sp. (Characidae)



Knodus sp. (Characidae)



Knodus breviceps (Characidae)



Knodus sp. (Characidae)



Knodus megalops (Characidae)

<70 mm

<100 mm

<200 mm



Knodus septentrionalis (Characidae)



Odontostilbe sp. (Characidae)



Moenkhausia oligolepis (Characidae)



Prodontocharax melanotus (Characidae)



Odontostilbe sp. (Characidae)



Serrapinnus notomelas (Characidae)

<70 mm

<100 mm

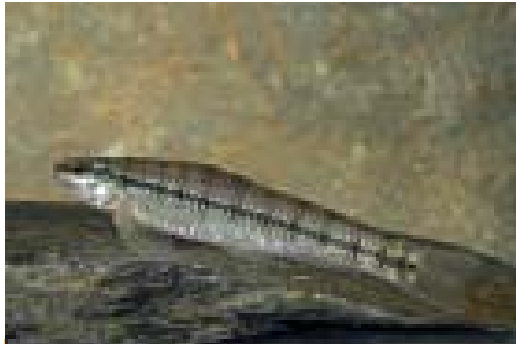
<200 mm



Characidium sp. (Crenuchidae)



Steindachnerina guentheri (Curimatidae)



Characidium sp. (Crenuchidae)



Steindachnerina hypostoma (Curimatidae)



Steindachnerina sp. (Curimatidae)



Hoplias malabaricus (Erythrinidae)

<70 mm

<100 mm

<200 mm



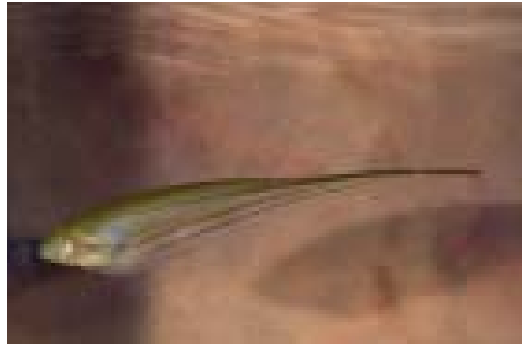
Parodon sp. (Parodontidae)



Brachyhypopomus brevirostris (Hypopomidae)



Parodon sp. (Parodontidae)



Eigenmannia virescens (Sternopygidae)



Sternarchorhynchus curvirostris (Apteronotidae)



Sternopygus sp. (Sternopygidae)

<70 mm

<100 mm

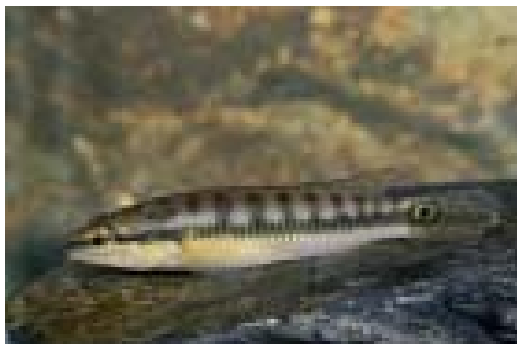
<200 mm



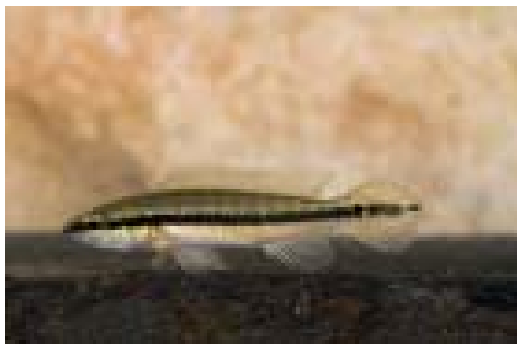
Bujurquina eurhinus (Cichlidae)



Crenicichla sp. (Cichlidae)



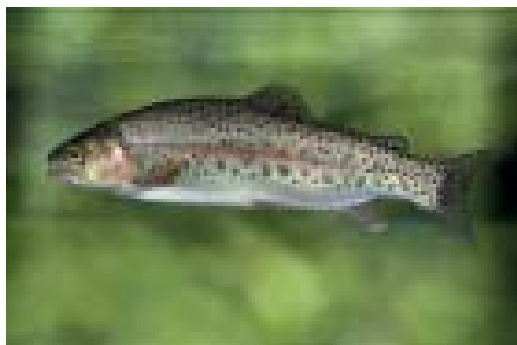
Crenicichla sp. (Cichlidae)



Crenicichla sp. (Cichlidae)



Crenicichla sp. (Cichlidae)



Oncorhynchus mykiss (Salmonidae)

<70 mm

<100 mm

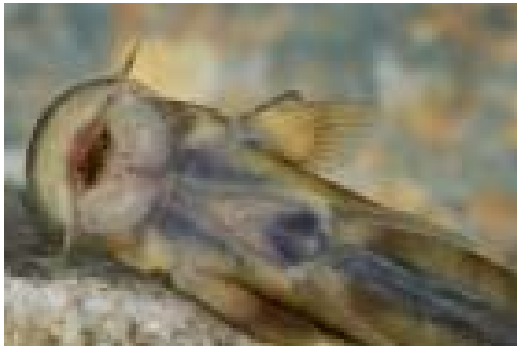
<200 mm



Astroblepus sp. (Astroblepidae)



Astroblepus sp. (Astroblepidae)



Astroblepus sp. (Astroblepidae)



Astroblepus sp. (Astroblepidae)



Astroblepus sp. (Astroblepidae)

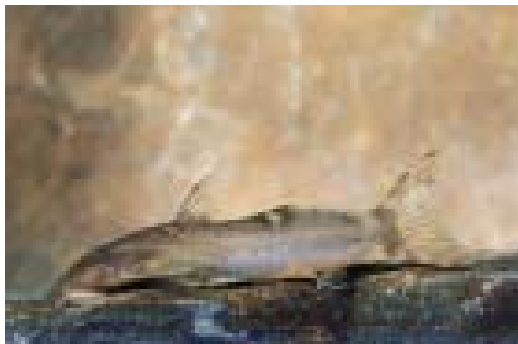


Astroblepus sp. (Astroblepidae)

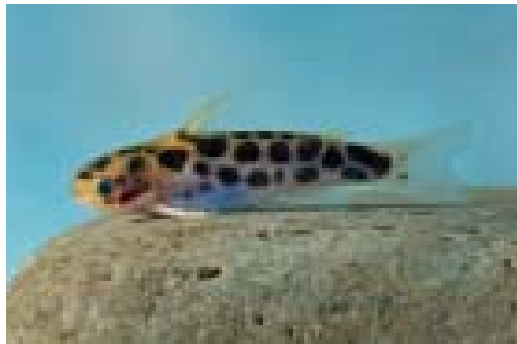
<70 mm

<100 mm

<200 mm



Astroblepus sp. (Astroblepidae)



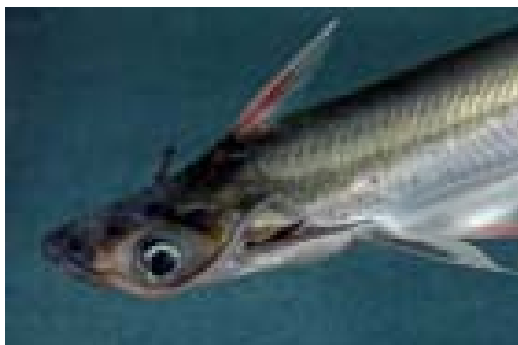
Tatia perugiae (Auchenipteridae)



Auchenipterus sp. (Auchenipteridae)



Corydoras stenocephalus (Callichthyidae)



Auchenipterus sp. (Auchenipteridae)



Corydoras weitzmani (Callichthyidae)

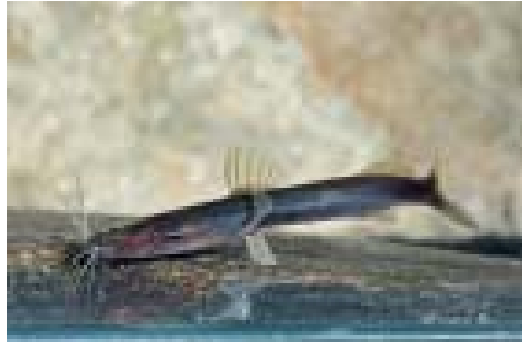
<70 mm

<100 mm

<200 mm



Cetopsis montana (Cetopsidae)



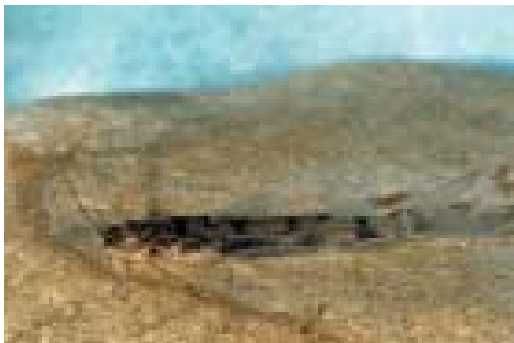
Phenacorhamdia sp. (Heptapteridae)



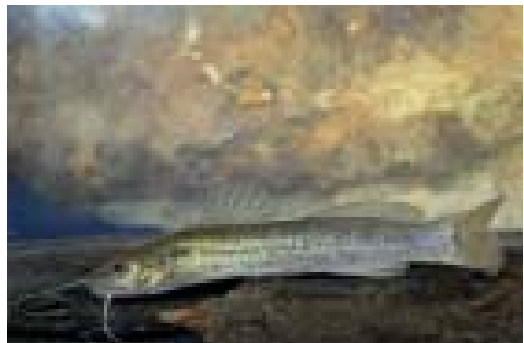
Cetopsis plumbea (Cetopsidae)



Pimelodella sp. (Heptapteridae)



Imparfinis sp. (Heptapteridae)

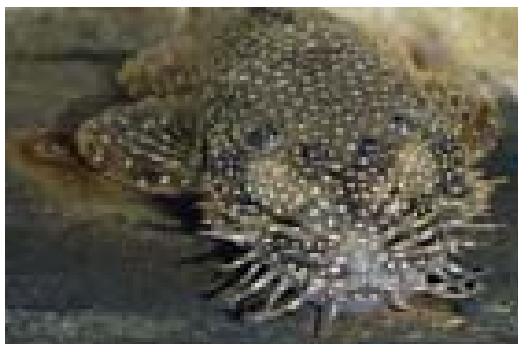


Rhamdia quelen (Heptapteridae)

<70 mm

<100 mm

<200 mm



Ancistrus sp. (Loricariidae)



Ancistrus sp. (Loricariidae)



Ancistrus sp. (Loricariidae)



Ancistrus sp. (Loricariidae)



Ancistrus sp. (Loricariidae)

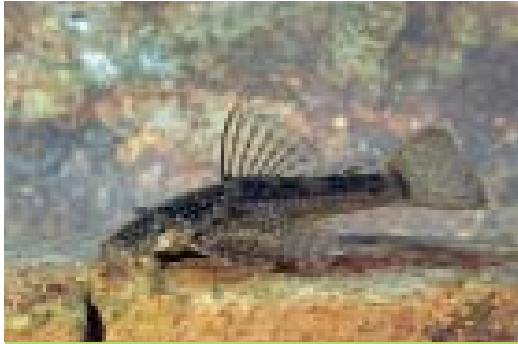


Ancistrus sp. (Loricariidae)

<70 mm

<100 mm

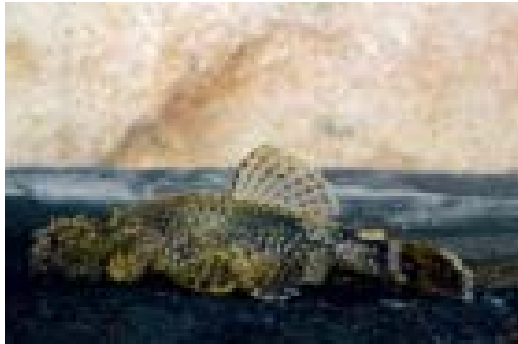
<200 mm



Ancistrus sp. (Loricariidae)



Chaetostoma sp. (Loricariidae)



Ancistrus sp. (Loricariidae)



Chaetostoma lineopunctatum (Loricariidae)



Chaetostoma sp. (Loricariidae)



Chaetostoma marcapatae (Loricariidae)

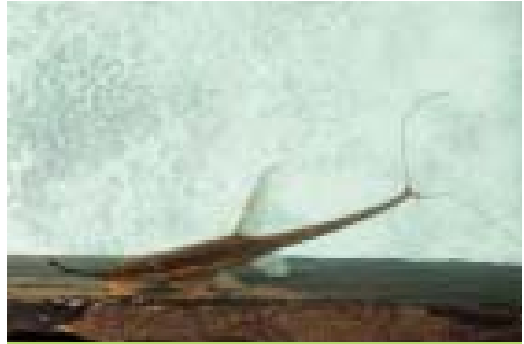
<70 mm

<100 mm

<200 mm



Chaetostoma marcapatae (Loricariidae)



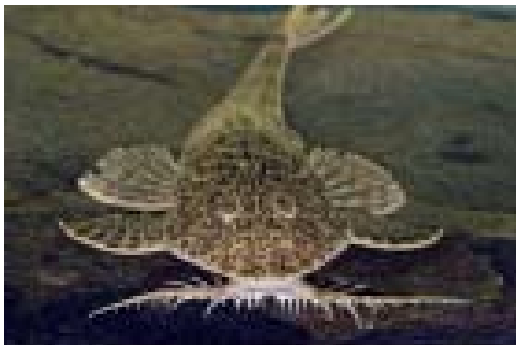
Farlowella sp. (Loricariidae)



Crossoloricaria bahuaja (Loricariidae)



Farlowella sp. (Loricariidae)



Crossoloricaria bahuaja (Loricariidae)



Hemiodontichthys acipenserinus (Loricariidae)

<70 mm

<100 mm

<200 mm



Hypostomus sp. (Loricariidae)



Loricaria clavipinna (Loricariidae)



Hypostomus sp. (Loricariidae)



Loricaria clavipinna (Loricariidae)



Loricaria sp. (Loricariidae)

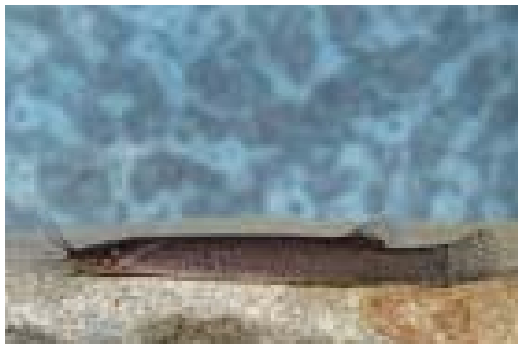


Rineloricaria lanceolata (Loricariidae)

<70 mm

<100 mm

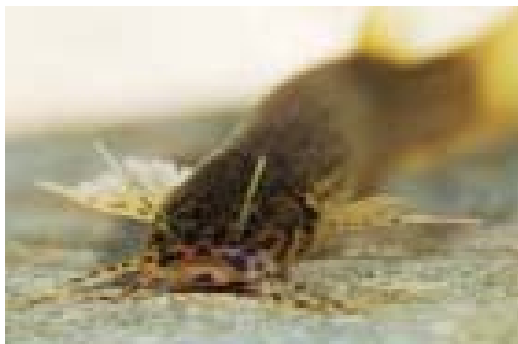
<200 mm



Ituglanis amazonicus (Trichomycteridae)



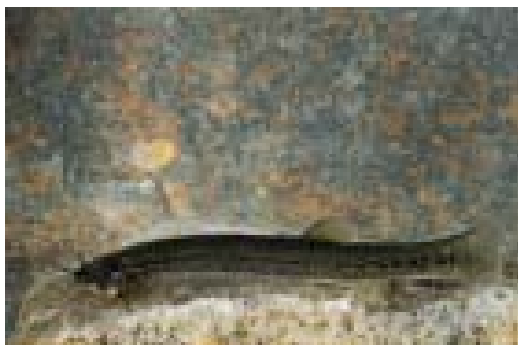
Trichomycterus sp. (Trichomycteridae)



Ituglanis amazonicus (Trichomycteridae)



Trichomycterus sp. (Trichomycteridae)



Trichomycterus sp. (Trichomycteridae)

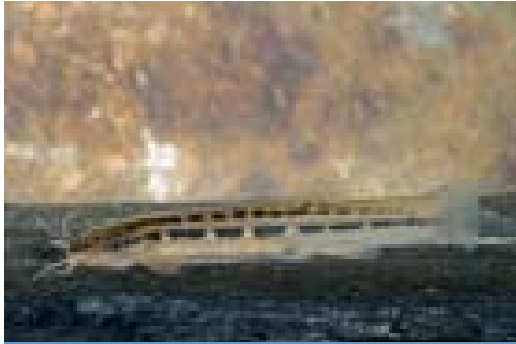


Trichomycterus sp. (Trichomycteridae)

<70 mm

<100 mm

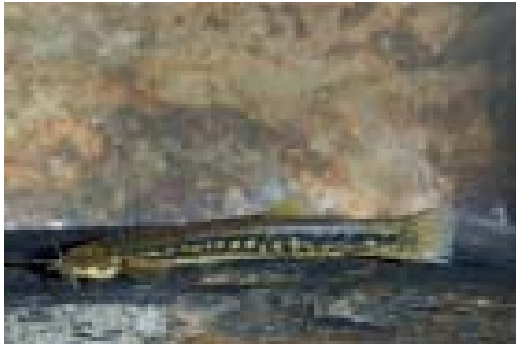
<200 mm



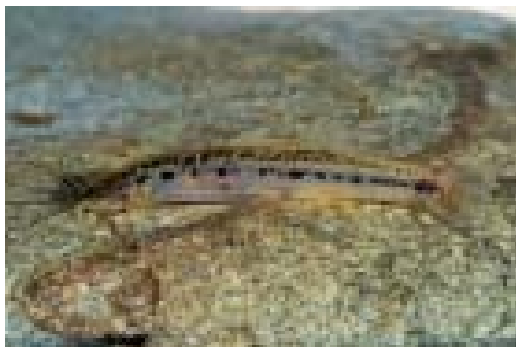
Trichomycterus sp. (Trichomycteridae)



Trichomycterus sp. (Trichomycteridae)



Trichomycterus sp. (Trichomycteridae)



Trichomycterus sp. (Trichomycteridae)

REFERENCIAS

- BARTHEM, R. & M. Goulding. 2007. *Un Ecosistema Inesperado: La Amazonía revelada por la pesca*. Amazon Conservation Association and Missouri Botanical Garden.
- BARTHEM, R., M. Goulding, B. Forsberg, C. Cañas & H. Ortega. 2003. *Ecología acuática del río Madre de Dios*. Amazon Conservation Association, Lima, Peru.
- CAÑAS, C.M. Evaluación de los recursos pesqueros en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. *Serie Técnica, Conservation International Peru*: 1: 1-68.
- CAÑAS, C.M., Pine WE. 2010. 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 Research and Applications*, n/a. doi: 10.1002/rra.1377.
- DOUROJEANNI, M., A. Barandiarán & D. Dourojeanni. *Amazonía Peruana en 2021*. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental, Lima, Perú. Segunda edición.
- ENGECIX. Octubre 2010. Estudio de factibilidad de la central hidroeléctrica de Inambari, Resumen Ejecutivo del Proyecto, EGASUR, Lima, Perú.
- GOULDING, M., C. Cañas, R. Barthem, B. Forsberg & H. Ortega. 2003. *Las fuentes del Amazonas: ríos, vida y conservación del la cuenca del Madre de Dios*. Amazon Conservation Association, Lima, Peru.
- GOULDING, M., R. Barthem & E. Ferreira. 2003. *Smithsonian Atlas of the Amazon*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- PALACIOS, V. & H. Ortega. 2009. Diversidad ictiológica del Río Inambari, Madre de Dios, Peru. *Rev. Peru. Biol.* 15(2): 59-64.

ANEXO 1

Tabla de localidades de interés para represas con potencial para la exportación de energía eléctrica al Brasil

Nº	Nombre	Potencia (MW)
1	Inambari, cuenca del Madre de Dios	1.355
2	Pongo de Manseriche, cuenca del Marañón, Loreto	7.550
3	Cumba 4, cuenca del Marañón, Amazonas	825
4	Chadin 2, cuenca del Marañón, Cajamarca y Amazonas	600
5	La Balsa, cuenca del Marañón, Cajamarca y Amazonas	915
6	Pongo de Rentema, cuenca del Marañón, Amazonas	1.525
7	Chaglla, cuenca del Huallaga, Huánuco	444
8	La Guitarra, río Mantaro, cuenca del Ucayali, Huancavelica	220
9	Man 270, río Mantaro, cuenca del Ucayali, Huancavelica	286
10	Sumabeni, río Ene, cuenca del Ucayali, Junín	1.074
11	Paquizapango, ríos Ene y Tambo, cuenca del Ucayali, Junín	1.379
12	Tambo-Puerto Prado, ríos Tambo y Ene, cuenca del Ucayali, Junín	620
13	Cuquipampa, río Mantaro, cuenca del Ucayali, Huancavelica y Ayacucho	800
14	Vizcatán, río Mantaro, cuenca del Ucayali, Huancavelica y Ayacucho	750
15	Urub 320, Pongo de Maenique, río Urubamba, cuenca del Ucayali, Cusco	942
Total (MW)		12.285

