

Marañón: Costo social de los impactos acumulativos de cinco proyectos hidroeléctricos

Conservation Strategy Fund | Conservación Estratégica | SERIE TÉCNICA No. 50 | enero de 2017



José Rubio
Annie Escobedo
Cristian Vallejos

Eduardo Oyague
Adrián Vera
Milagros Estrada



CSF apoya los ecosistemas para el bienestar de comunidades humanas mediante estrategias económicas para la conservación. Nuestras capacitaciones, análisis y asistencia técnica oportunas promueven el desarrollo que integra los valores naturales y brinda incentivos para su conservación.

Autores:

José Rubio

Analista

Conservación Estratégica, CSF

josecarlos@conservation-strategy.org

Annie Escobedo

Analista

Conservación Estratégica, CSF

anita@conservation-strategy.org

Cristian Vallejos

Director para América Latina

Conservación Estratégica, CSF

cristian@conservation-strategy.org

Eduardo Oyague

Director

División de Limnología, CORBIDI

eoyague@corbidi.org

Adrián Vera

Investigador Principal

División de Limnología, CORBIDI

avera@corbidi.org

Milagros Estrada

Consultora

Conservación Estratégica, CSF

miliestrada55@gmail.com

Foto de portada: José Carlos Rubio (CSF)

Foto de contra portada: Annie Escobedo (CSF)

Diagramación: Calambur SAC

Conservación Estratégica- CSF

Oficina en Perú

Calle Víctor Larco Herrera No. 215 - Miraflores, Lima

Teléfono: (+51 1) 602 0775

andes@conservation-strategy.org

CORBIDI

Calle Santa Rita 105, Of. 2

Urbanización Huertos de San Antonio - Surco, Lima

Teléfono (+51 1) 353 7245

info@corbidi.org

Prohibida la reproducción sin autorización previa de los autores.

Marañón: Costo social de los impactos acumulativos de cinco proyectos hidroeléctricos

Esta publicación fue posible gracias al apoyo financiero de la Fundación Good Energies.

Las opiniones expresadas en el documento son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente la opinión de los financiadores.

the \mathbb{R}^n space. The \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers, and the \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers.

The \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers, and the \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers.

The \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers, and the \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers.

The \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers, and the \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers.

The \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers, and the \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers.

The \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers, and the \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers.

The \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers, and the \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers.

The \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers, and the \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers.

The \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers, and the \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers.

The \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers, and the \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers.

The \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers, and the \mathbb{R}^n space is a vector space over the real numbers.



Agradecimientos

Agradecemos a los pobladores de Puntón, Bajo Pupuntas, y La Libertad en la región de Amazonas, y de Borja, Nueva Alegría y Banco en Loreto, por su hospitalidad y participación en los talleres realizados durante el estudio. En particular a los Apus y Tenientes Gobernadores de estas comunidades, quienes aceptaron nuestra solicitud de visitarlas para levantar la información necesaria para este estudio.

A Juan Manuel López Zumaeta y Wilco Flores por el apoyo logístico y de coordinación para el levantamiento de datos en el terreno.

A las agencias agrarias de Bagua, Chota, Cutervo, San Marcos, Santa Cruz y Condorcanqui, que nos facilitaron el acceso a la información oficial de costos de producción de los principales cultivos de cada zona. Un agradecimiento especial al Ing. José Farroñan Acosta, de la Agencia Agraria de Condorcanqui, por el generoso aporte de su tiempo y por darnos acceso a información adicional.

A Aaron Bruner por sus valiosos aportes y sugerencias para el mejoramiento de este reporte.

Finalmente, nuestro reconocimiento a la Fundación Good Energies, por haber hecho posible este estudio.

ÍNDICE

RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	19
ÁREA DE ESTUDIO	23
Cuenca media - alta del río Marañón	27
Ecosistemas y biodiversidad	27
Agricultura	30
Cuenca media - baja del río Marañón	29
Ecosistemas y biodiversidad	29
Agricultura	30
Pesca	32
Cuenca baja del río Marañón	33
Ecosistemas y biodiversidad	33
Agricultura	35
Pesca	37
METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LOS PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS	39
Selección de los proyectos a evaluar	40
Cuenca media-baja del Marañón	45
Cuenca baja del Marañón	47
Análisis de impactos ambientales de los proyectos hidroeléctricos seleccionados	49

Alteración hidrológica y áreas de inundación	51
Modificación en los patrones de transporte/deposición de sólidos suspendidos	56
Alteración de rutas migratorias de peces	58
Valoración económica de los impactos ambientales	60
Actividad agrícola que sería desplazada	62
Pérdida de la renta proveniente de la pesca	65
Pérdida de rentabilidad agrícola por reducción de sedimentos en la llanura aluvial	68
Costo de emisiones de gases de efecto invernadero (CO ₂ e)	72
RESULTADOS: IMPACTOS AMBIENTALES Y SUS IMPLICANCIAS ECONÓMICAS	75
Alteración hidrológica y pérdidas agrícolas en las áreas inundadas por los reservorios	77
Pérdida de la renta proveniente de la pesca	94
Transporte de sólidos suspendidos	102
Costo de emisiones de gases de efecto invernadero (CO ₂ e)	106
Síntesis de resultados	109
CONCLUSIONES	114
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
ANEXOS	130

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Ubicación de los proyectos hidroeléctricos	26
TABLA 2. Peces de consumo reportados para la cuenca media-baja del Marañón ..	32
TABLA 3. Asignación general de valores de Impacto/Riesgo en la matriz de priorización	41
TABLA 4. Matriz de selección de las centrales hidroeléctricas en estudio	42
TABLA 5. Características generales de los proyectos hidroeléctricos ubicados en la cuenca media-baja del Marañón	46
TABLA 6. Características generales de los proyectos hidroeléctricos ubicados en la cuenca baja del Marañón	48
TABLA 7. Costos unitarios promedio de pesca en la cuenca baja del río Marañón ...	67
TABLA 8. Valores de caudal de ingreso al embalse Chadín 2 en un año hidrológicamente normal (50% de persistencia, caudal en m ³ /s)	77
TABLA 9. Valores de caudal de ingreso al embalse Veracruz en un año hidrológicamente normal (50% de persistencia, caudal en m ³ /s)	78
TABLA 10. Extensión de áreas agrícolas inundadas (en hectáreas)	81
TABLA 11. Área agrícola afectada por distrito en la cuenca media - baja	83
TABLA 12. Pérdida de rentabilidad agrícola	84
TABLA 13. Valores de caudal de ingreso al embalse Rentema en un año hidrológicamente normal (50% de persistencia, caudal en m ³ /s)	85
TABLA 14. Valores de caudal de ingreso al embalse Rentema, en un año hidrológicamente seco (90% de persistencia, caudal en m ³ /s).....	86
TABLA 15. Valores de caudal de ingreso al embalse Manseriche en un año hidrológicamente normal (50% de persistencia, caudal en m ³ /s)	88

TABLA 16. Valores de caudal de ingreso al embalse Manseriche en un año hidrológicamente seco (90% de persistencia, caudal en m ³ /s)	89
TABLA 17. Extensión de áreas agrícolas inundadas (en hectáreas)	90
TABLA 18. Rentabilidad neta de los distritos afectados por la Hidroeléctrica Rentema según frente productivo	91
TABLA 19. Rentabilidad neta de los distritos afectados por la Hidroeléctrica Manseriche.....	92
TABLA 20. Agricultura perdida por los reservorios	94
TABLA 21. Capturas promedio en el último evento de pesca (agosto - septiembre) por tipo de arte de pesca.....	97
TABLA 22. Cantidad de pescadores estimada para el 2017	99
TABLA 23. Especies de peces capturadas en Borja, Nueva Alegría y Banco, durante el mes de setiembre del 2016	99
TABLA 24. Capturas promedio por arte de pesca en Borja, Nueva Alegría y Banco, durante el mes de setiembre del 2016	100
TABLA 25. Extensión de alteración de rutas migratorias por orden de río (Km)	101
TABLA 26. Retención de sedimentos anual por embalse	103
TABLA 27. Familias por centros poblados que se verán afectados por la pérdida de sedimentos	104
TABLA 28. Áreas cultivadas de plátano (Ha)	105
TABLA 29. Cantidad de carbono equivalente (CO ₂ e) que se emitiría en las áreas de los reservorios	108
TABLA 30. Valor total de emisiones liberadas por los embalses	109
TABLA 31. Síntesis de pérdidas económicas en la cuenca media - baja (en miles de soles)	109

TABLA 32. Síntesis de pérdidas económicas en la cuenca baja (en miles de soles)...	110
TABLA 33. Costos ambientales (miles de soles) por MW generado por proyecto	112

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Ubicación de las centrales hidroeléctricas evaluadas	24
FIGURA 2. Proyectos seleccionados para análisis en la cuenca media - baja del río Marañón (Río Grande, Chadín 2 y Veracruz)	43
FIGURA 3. Proyectos seleccionados para análisis en la cuenca baja del río Marañón (Rentema y Manseriche)	44
FIGURA 4. Área de traslape entre los embalses Manseriche, Escurrebraga y Rentema	44
FIGURA 5. Área de modelamiento sobre el llano inundable - debajo del Pongo de Manseriche	51
FIGURA 6. Área donde se realizó el levantamiento de información primaria	62
FIGURA 7. Áreas agrícolas inundadas en la cuenca media - baja del río Marañón	82
FIGURA 8. Áreas agrícolas inundadas en la cuenca baja del río Marañón	93
FIGURA 9. Ríos principales bajo la cota de 1,200 m.s.n.m.	96

FIGURA 10. Contenido de carbono sobre el suelo en la cuenca media - baja del río Marañón	107
FIGURA 11. Contenido de carbono sobre el suelo en la cuenca baja del río Marañón	108

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. Caudales mensuales y escenarios de conservación para una temporada normal (50% de persistencia)	79
GRÁFICO 2. Caudales mensuales y escenarios de conservación para una temporada seca (20% de persistencia)	81
GRÁFICO 3. Pérdidas económicas en la cuenca media - baja por proyecto (en miles de soles)	111
GRÁFICO 4. Pérdidas económicas en la cuenca baja por proyecto (en millones de soles)	112

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Especies (Aves, Anfibios y Mamíferos) endémicas de la cuenca del río Marañón	131
ANEXO 2. Cálculos sobre la rentabilidad agrícola en el área de estudio	135



Resumen Ejecutivo
Executive Summary

El río Marañón contribuye con cerca del diez por ciento de la descarga total de agua del río Amazonas en el Océano Atlántico y transporta aproximadamente el cuarenta por ciento de todos los sedimentos acarreados en la parte peruana de la cuenca Amazónica (Guyot *et al.* 2007). Junto con el Ucayali y el Madre de Dios, es uno de los principales tributarios del Amazonas en el Perú.

El Marañón concentra también una gran parte de los proyectos hidroeléctricos planificados en el país. Si todos estos proyectos se llevaran a cabo, al menos 20 represas impactarían severamente la biodiversidad y los servicios ecosistémicos provistos por esta cuenca, afectando de esta manera a toda la Amazonía.

Existe un significativo interés por parte de los actores locales y nacionales por los impactos individuales y acumulativos de estos proyectos de infraestructura, por sus efectos en términos de desplazamiento de poblaciones, reducción del área agrícola, deforestación y pérdida de hábitat, alteración de los ciclos hidrológicos y del transporte de sedimentos, e interrupción de las rutas migratorias de peces.

Por otro lado, las presiones del desarrollo son intensas. El crecimiento económico del Perú demanda energía y el Brasil tiene un gran interés en el suministro eléctrico desde el Perú. Estas presiones subyacen a la abundancia de proyectos hidroeléctricos en el río Marañón. Sin embargo, la información para evaluar los costos sociales y ambientales de estos proyectos, causados por sus impactos ambientales acumulativos, es muy limitada. Más aun, la mayor parte de la información disponible se enfoca en los efectos de represas individuales, y no existe un análisis estratégico a nivel de cuenca que informe a los actores involucrados y a los tomadores de decisiones sobre los impactos de las interacciones entre estos proyectos.

Este estudio busca contribuir a llenar este vacío de información a través de la modelación de los principales impactos individuales y acumulativos de cinco proyectos hidroeléctricos

priorizados en la cuenca del Marañón, y estimar el costo económico resultante de estos impactos.

Las hidroeléctricas analizadas fueron priorizadas por la severidad de sus potenciales impactos sociales y ambientales, calificados mediante criterios como su estado de ejecución, la capacidad de producción energética planeada, el total del área inundada, la extensión de la superficie agrícola afectada, y el ratio entre el área inundada y la capacidad de producción energética. En base a estos criterios se priorizaron las centrales hidroeléctricas de Río Grande, Chadín 2, Veracruz, Rentema y Manseriche.

Una vez seleccionados los proyectos priorizados se modelaron sus principales impactos en términos de sus potenciales alteraciones hidrológicas e inundación de áreas agrícolas, emisiones de gases de efecto invernadero, impactos en las rutas migratorias de peces, y cambios en los patrones de transporte y deposición de sedimentos en la llanura aluvial del Marañón.

El estudio realizado encuentra que el mayor costo económico causado por los proyectos hidroeléctricos analizados resulta de la disminución del área agrícola. Estimamos que el valor presente neto de las pérdidas ocasionadas por la inundación de casi 190,000 hectáreas de cultivos es de aproximadamente 4,900 millones de soles (1,440 millones de dólares) en 30 años, de los cuales más del 95% son generadas por los embalses de los proyectos Rentema y Maseriche, cuya inundación alcanza las 61,500 y 127,300 hectáreas de tierras agrícolas respectivamente.

Además de los costos económicos acumulativos que resultan de las pérdidas agrícolas causadas por los cinco proyectos hidroeléctricos, se estima también el valor de las emisiones de gases de efecto invernadero (418 millones de soles) y la afectación sobre la rentabilidad de la pesca por la interrupción de las rutas migratorias de los peces (350 millones de soles). Se calcula también el costo que resulta de la disminución de

la productividad agrícola causada por la reducción de los depósitos estacionales de sedimentos en un tramo de la llanura aluvial (7 millones de soles).

Las pérdidas estimadas en este análisis son conservadoras, ya que no se valoran todos los posibles impactos sociales y ambientales de los proyectos hidroeléctricos estudiados. Aún así, la pérdida de cerca de 5,700 millones de soles en 30 años (aproximadamente 1,700 millones de dólares) es muy significativa y debe ser tomada en cuenta por los pobladores de las comunidades directamente afectadas, y por los tomadores de decisiones encargados de la planificación de la infraestructura energética en el Perú.

The Marañón River contributes about ten percent of the total water discharged by the Amazon river into the Atlantic Ocean, and transports approximately forty percent of all sediments carried in the Peruvian part of the Amazon watershed (Guyot et al. 2007). Along with the Ucayali and Madre de Dios rivers, it is one of the main tributaries of the Amazon basin in Peru.

The Marañón also concentrates a large part of the planned hydroelectric projects in Peru. If all these projects are built, at least twenty dams would seriously impact the biodiversity and the ecosystem services provided by this watershed, thus affecting all of the Amazon basin.

Local and national stakeholders have considerable interest in the individual and cumulative impacts of these infrastructure projects, because of their potential to displace rural people, flood agricultural areas, cause deforestation and habitat loss, change hydrological cycles and sediment transport, and interrupt fish migration routes.

On the other hand, development pressures are intense. Peru's economic growth demands energy. Brazil also has substantial interest in sourcing electricity from Peru. These pressures are at the root of the large number of hydroelectric projects planned on the Marañón river. However, there is limited information to assess the social and environmental costs of these projects' cumulative impacts. Moreover, most of the available information focuses on the effects of individual dams, and there is no strategic basin-wide analysis to inform stakeholders and decision-makers about the effect of the interactions between these projects.

This study seeks to contribute to filling this information gap by modeling the main individual and cumulative impacts of five prioritized hydroelectric projects in the Marañón basin, and estimating the resulting economic costs.

The dams were prioritized according to the expected severity of their social and environmental effects, ranked using criteria such as their stage of execution, planned

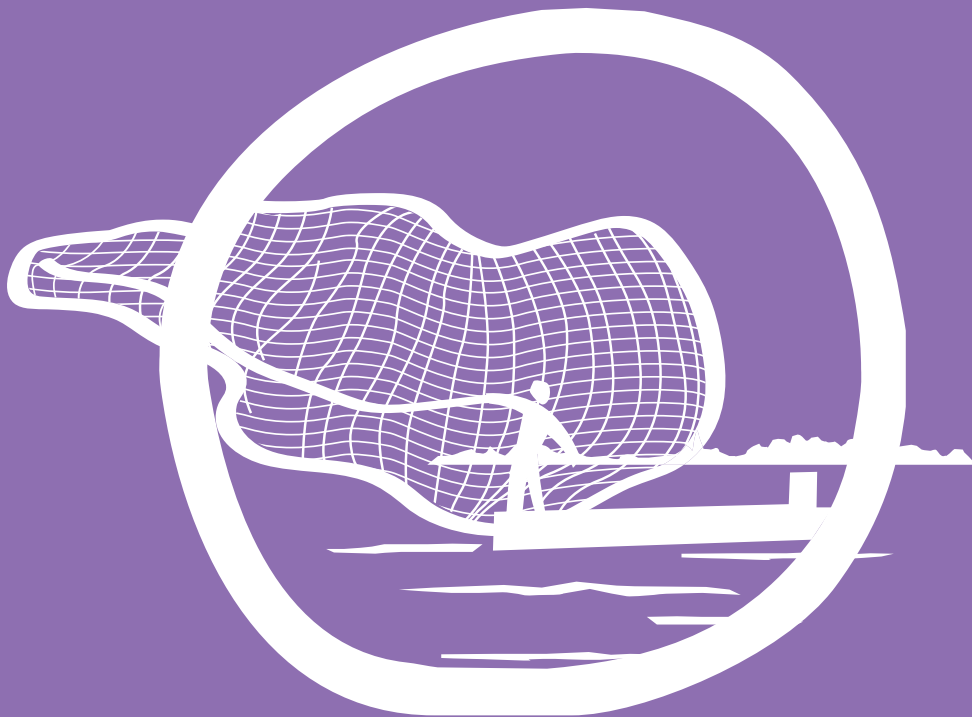
energy capacity, total flooded area, extension of the affected agricultural area, and the ratio of the flooded area to energy production. The application of these criteria resulted in the prioritization of the Río Grande, Chadín 2, Veracruz, Rentema and Manseriche dams.

The main impacts of the prioritized projects were modeled in terms of their expected hydrological changes and flooding of agricultural areas, greenhouse gas emissions, impact on fish migration routes, and changes to the sediment transport and deposition patterns in the floodplains of the Marañón.

The study finds that the main economic cost caused by the five hydroelectric projects results from loss of agricultural area. We estimate that the net present value of losses resulting from flooding almost 190,000 hectares is of approximately 4.9 billion soles (or \$1.44 billion) over the course of 30 years. More than 95% of these costs are caused by the Rentema and Manseriche dams, which flood 61,500 and 127,300 hectares respectively.

In addition to the cumulative costs resulting from the agricultural losses caused by the five hydroelectric projects, we also estimate the value of the greenhouse gas emissions (418 million soles/\$123 million), and the effect on the fishing profitability caused by the interruption of migratory routes (350 million soles/\$103 million). We also calculate the cost of the reduction of seasonal sediment deposits in terms of agricultural productivity in a portion of the alluvial floodplain (7 million soles/\$2 million).

The estimated losses in this analysis are conservative, considering that not all the social and environmental impacts of the hydroelectric projects are valued. Even so, the loss of almost 5.7 billion soles over 30 years (approximately \$1.7 billion) is very significant, and should be taken into account by the people living in the communities that would be directly affected, and by decision-makers charged with planning the energy infrastructure in Peru.



Introducción

El río Marañón es uno de los afluentes más importantes del Amazonas, siendo uno de los ríos que lo forman en el Perú a través de su confluencia con el Ucayali en Loreto. Del mismo modo, los bosques secos del Marañón son uno de los ecosistemas más amenazados y de mayor valor de conservación en el mundo por su diversidad y endemismo (Lo Lau 2016). Por otro lado, la cuenca del Marañón incluye los territorios de las comunidades indígenas Awajún, Wampis, y a comunidades mestizas en su parte más baja.

Esta cuenca se caracteriza además por su gran belleza natural, comparable con la del Gran Cañón del Colorado, característica que puede servir para plantear su uso sostenible mediante el desarrollo del ecoturismo, y brindar a las poblaciones una fuente de ingreso económico. El Marañón es más que la “arteria energética” del Perú, como la llamó el expresidente Alan García (020-2011-EM 2011).

Los planes energéticos del Perú de los últimos años parecen priorizar la construcción de centrales hidroeléctricas, pese a que el país cuenta actualmente con una sobreoferta energética (Walsh Perú 2016), que redunde en sobrecostos por megawatio (MW), producto de la capacidad ociosa de las infraestructuras, que tienden a ser cubiertos por los usuarios y sectores productivos de la economía (Gestión 2015).

Considerando esto, la construcción de las 20 centrales hidroeléctricas (CH) propuestas en la cuenca del río Marañón (020-2011-EM 2011), más allá de no contar con una justificación económica técnicamente sólida, constituyen un riesgo ambiental y social importante que no siempre es evaluado por las agencias estatales promotoras.

En el presente trabajo se analiza la potencial afectación de tres factores ambientales y sus implicancias económicas:

- Alteración hidrológica y áreas inundadas.

- Alteración de rutas migratorias de peces.
- Emisión de gases de efecto invernadero.

Adicionalmente, se identifican – de manera preliminar – los posibles impactos en los patrones de transporte/deposición de sólidos suspendidos y su efecto en términos económicos sobre el llano inundable aguas abajo del Pongo de Manseriche.

Para desarrollar este análisis realizamos en primer lugar una selección de los cinco proyectos que representan el mayor riesgo para la cuenca en base a criterios objetivos. Luego de seleccionar los cinco proyectos a ser analizados, se evaluaron de manera individual y acumulada los impactos asociados a cada una de las cinco centrales hidroeléctricas priorizadas (CHs), y se estimó el valor económico de estos impactos, considerando cómo éstos afectarían el bienestar de las personas.

Este estudio es el resultado de un esfuerzo colaborativo entre Conservation Strategy Fund (CSF) y el Centro de Ornitología y Biodiversidad (CORBIDI), y fue llevado a cabo con los siguientes objetivos:

- Cuantificar los impactos ambientales de los cinco proyectos hidroeléctricos priorizados en términos de alteración hidrológica, retención de sedimentos, alteración de rutas migratorias de peces y emisiones de gases de efecto invernadero.
- Exponer la magnitud de estos impactos desde el punto de vista económico mediante la estimación del valor de la afectación de los servicios ecosistémicos producto de los impactos ambientales modelados.
- Contribuir a la discusión y la toma de decisiones, a través de la generación de información acerca de los proyectos de aprovechamiento hidro-energético en la cuenca del río Marañón.

El documento empieza con la descripción de la cuenca del río Marañón, la biodiversidad que aloja, y los principales usos existentes. Luego se presenta la metodología utilizada para la modelación de los impactos sociales y ambientales, y su valoración económica. Finalmente se presentan los análisis y los resultados correspondiente en la sección de resultados y en las conclusiones.



Área de estudio

El ámbito de estudio del presente trabajo se limita a una sub-unidad hidrográfica de la cuenca del río Marañón dentro del territorio peruano, compuesta por las sub-cuencas del alto, medio y bajo Marañón, comprendidas entre las nacientes del río en el glaciar del nevado de Yapura, y la salida del Pongo de Manseriche. En esta área se encuentran ubicados los 20 proyectos hidroeléctricos declarados de interés nacional por el D.S N°020-2011-EM, de los cuales 17 fueron revisados en el presente análisis por ser los proyectos para los que se dispone de información más completa (Figura 1).

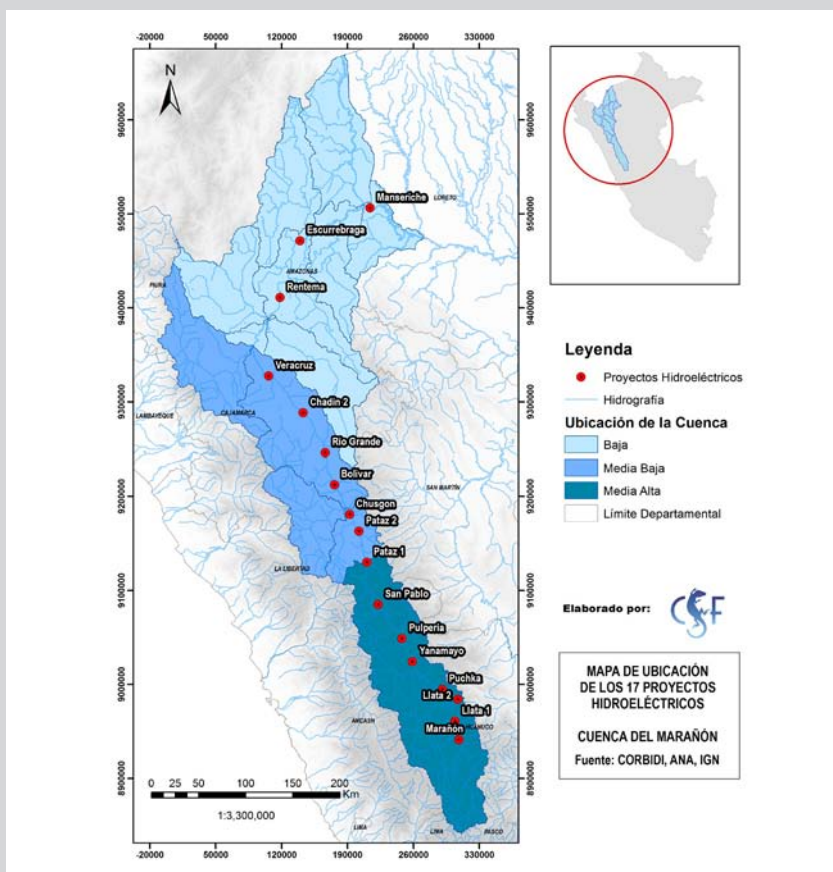


Figura 1. Ubicación de las centrales hidroeléctricas evaluadas

El ámbito de estudio fue dividido en cuatro sectores:

1. La cuenca baja, comprendida entre el Pongo de Manseriche y el poblado de Cumba y alrededores. Se trata de una zona en la que el valle es relativamente amplio, sostiene actividades agrícolas intensivas, y en la que la diferencia altitudinal es pequeña (250 a 500 m s.n.m.), lo que resulta en que los embalses derivados de la instalación de presas sean muy amplios, inundando grandes extensiones de terreno que en una porción significativa son dedicados a usos productivos.
2. La cuenca media-baja, que comprende el tramo entre Cumba y Pataz (500 a 1200 m s.n.m. aproximadamente). Esta es una zona marcadamente estrecha, con escasos terrenos aluviales en las márgenes del río principal, y laderas con una marcada pendiente.
3. La cuenca media-alta, correspondiente al tramo entre Pataz y Chavin de Pariarca (1200 a 3000 m s.n.m.). En este tramo el cauce se vuelve aún más estrecho, profundo y con un declive muy acentuado. En esta zona el río presenta un caudal turbulento, especialmente en época de creciente (SENAMHI 2011).
4. La cuenca alta, que abarca desde los 3,000 m s.n.m., hasta las nacientes del río Marañón. En este tramo del río predominan el pajonal altoandino en las zonas más altas, y el matorral húmedo y sub-húmedo templado en las elevaciones menores (Angulo *et al.* 2008).

De acuerdo con su posición relativa en la unidad hidrográfica de estudio (sub-cuencas baja, media-baja, media-alta y alta del río Marañón), las 17 centrales hidroeléctricas se distribuyen de la siguiente manera (Tabla 1): Manseriche, Escurrebraga y Rentema se encuentran ubicadas en el sector bajo de la cuenca. Seis proyectos se ubican en el sector

medio-bajo de la cuenca: estos son aquellos comprendidos entre Veracruz y Pataz 2. En el sector denominado como cuenca media-alta, se ubican los ocho proyectos restantes, desde San Pablo hasta Marañón, que es la CH ubicada en la parte más alta¹ dentro del ámbito de estudio (Figura 1). Cabe mencionar que ninguno de los 17 proyectos se ubica en el sector Altoandino.

TABLA 1. UBICACIÓN DE LOS PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS

Central Hidroeléctrica	Ubicación dentro de la cuenca
Manseriche	Cuenca baja
Rentema	Cuenca baja
Escurrebraga	Cuenca baja
Veracruz	Cuenca media-baja
Chadín 2	Cuenca media-baja
Río Grande	Cuenca media-baja
Bolívar	Cuenca media-baja
Chusgón	Cuenca media-baja
Pataz 2	Cuenca media-baja
San Pablo	Cuenca media-alta
Pataz 1	Cuenca media-alta
Yanamayo	Cuenca media-alta
Marañón	Cuenca media-alta
Pulpería	Cuenca media-alta
Llata 1	Cuenca media-alta
Puchka	Cuenca media-alta
Llata 2	Cuenca media-alta

¹ En el contexto del estudio, la parte alta o baja de la cuenca está dada por su altura sobre el nivel del mar. Con esto se dice que un proyecto está ubicado más arriba (o abajo) que el otro, visto desde la altura sobre el nivel del mar en que se ubica.

A continuación se presenta una breve descripción de cada tramo dentro de la cuenca del río Marañón que contiene estos hidroproyectos, en términos de la biodiversidad que aloja, sus distintos usos y las actividades de aprovechamiento que desarrolla la población circundante, a fin de entender el contexto en el que se proponen estas hidroeléctricas.

CUENCA MEDIA -ALTA DEL RÍO MARAÑÓN

El río Marañón, nace en la región de Huánuco y en su zona media-alta recorre de sur a norte la región de La Libertad, formando un cañón con más de 2,000 metros de profundidad, excavado en la antigua meseta andina. Sus aguas forman correntadas y rápidos que no permiten su navegación continua.

Ecosistemas y biodiversidad

En esta parte de la cuenca se encuentran diversos tipos de bosques, que se presentan de acuerdo a los cambios altitudinales de la zona. De acuerdo al MINAM (2015), la vegetación del Marañón en esta parte de la cuenca se clasifica en²:

1. **Bosques montanos:** comprendidos por el bosque de montaña altimontano, y el bosque montano occidental andino.
2. **Bosques relictos:** bosque relicto andino y mesoandino.
3. **Bosques secos:** bosque xérico interandino y matorral arbustivo.
4. **Bofedales, pajonal andino, áreas altoandinas con escasa y sin vegetación.**

² Ver MINAM (2015) para más detalles sobre la clasificación de bosques.

El principal ecosistema de esta zona, sobre el que se emplazarían los embalses de los proyectos hidroeléctricos analizados, es el bosque seco tropical, uno de los ecosistemas más amenazados a nivel global (Janzen 1988; MINAM 2015 A; Miles *et al.* 2006). La especie de planta predominante en este tipo de bosque es el “pasallo” (*Eriotheca ruizii*). Le siguen con menor presencia especies perennifolias como el sapote (*Capparis scabrida*) y el “palo verde” (*Cercidium praecox*). Se encuentran también algunas comunidades de suculentas, como los cactus de porte arborecente, representados por las especies *Armatocereus balsasens* y *Espostoa mirabilis*, entre otras. Asimismo, en el estrato inferior existen algunas especies arbustivas como *Croton ruizianus* y *Jatropha sp.* El tapiz herbáceo es dominado por poáceas (MINAM 2015 A).

Esta parte de la cuenca es reportada como una zona con altos niveles de endemismo. Según Young *et al.* (2007), se estima la presencia de hasta 23 especies de aves endémicas, tres de anfibios y 15 de mamíferos, sólo para este tramo de la cuenca (Anexo 1).

Parte de esta biodiversidad es conservada en las áreas protegidas existentes en la cuenca y en sus zonas de amortiguamiento (Parque Nacional Río Abiseo, Parque Nacional Huascarán y la Zona Reservada Cordillera del Huayhuash). No obstante, es importante mencionar que los bosques secos son susceptibles a eventos extremos como el Fenómeno El Niño que causa procesos de desertificación, degradación de suelos, y erosión hídrica y eólica. A su vez, esto resulta en la intensificación de incendios forestales y la reducción de la productividad del bosque (FAO 2016).

Agricultura

En esta parte de la cuenca se encuentran asociados cultivos característicos de la agricultura costera (caña de azúcar, limón, paltas, entre otros) y andina (papa, maíz, cebada, etc.), y áreas de plantaciones forestales, co-existiendo con centros mineros (Antamina y Cerro

Mina de Carbón). La agricultura desarrollada en esta zona comprende cultivos bajo riego o en secano, tanto anuales como permanentes.

A diferencia de otros tramos de la cuenca que se describen a continuación, la pesca no es una actividad practicada de manera intensa en esta zona.

CUENCA MEDIA - BAJA DEL RÍO MARAÑÓN

Ecosistemas y biodiversidad

Al igual que en la cuenca media alta (Figura 1), en esta parte del territorio se pueden encontrar también áreas cubiertas por los bosques secos del Marañón, además de las jalcas o páramos de los valles interandinos, los bosques de neblina, los matorrales, y las comunidades ribereñas (FAO 2016).

Los bosques secos del Marañón son, como todos los bosques secos tropicales del mundo, ecosistemas de alto valor de conservación y sujetos a un elevado grado de amenaza. En el Marañón estos bosques comprenden el Bosque Xérico Interandino y el Matorral Arbustivo. El Bosque Xérico Interandino se ubica en la porción inferior de los valles interandinos del Marañón, dominados por laderas escarpadas de difícil acceso y con afloramientos rocosos, desde aproximadamente los 500 a los 2400 m s.n.m. Este tipo de bosque se extiende sobre 441,182 ha, y representa apenas un 0.34% del total de los bosques del Perú, lo que hace destacar su valor de conservación (MINAM 2015 A).

La vegetación característica en esta parte de la cuenca incluye cactáceas, arbustos espinosos y árboles caducifolios. También contiene especies endémicas de arbustos como

Coreopsis celendinensis y *Pappobolus sagasteguii*, herbáceas como *Galactia augustii*, y cactáceas como la *Monvillea euchlora subsp. jaensis*.

En cuanto a la fauna silvestre, se reporta la presencia de mamíferos como el zorro andino y el puma (MINAM-MINAGRI 2014). El Gobierno Regional de Cajamarca (2009) reporta avifauna endémica como el inca frenillo anteado (*Incaspiza laeta*), una especie de colibrí que es muy abundante en la zona (*Leucippus taczanowskii*), al perico cara amarilla (*Forpus xanthops*) y al zorzal del Marañón (*Turdus maranonicus*). También se reportan reptiles endémicos como la serpiente venenosa *Bothrops hyoprora*, y una especie de lagartija de la especie *Gonatodes atricucullaris*.

Otras especies endémicas con un rango de distribución que se traslapa con este tramo de la cuenca, incluyen a 16 especies de aves, 10 de anfibios y 18 de mamíferos (Young *et al.* 2007) (Anexo 1).

Parte de esta biodiversidad es conservada en las áreas protegidas existentes en la zona, como el PN Cutervo y el Área de Conservación Privada (ACP) San Pedro de Chuquibamba. También existen dos propuestas de Área de Conservación Regional (ACR) (“Bosque Seco Marañón” en Cajamarca y “Bosques Tropicales Estacionalmente Secos del Marañón” en Amazonas).

Agricultura

Esta sección ha sido desarrollada de acuerdo a la información incluida en los estudios ambientales de las hidroeléctricas evaluadas (ODEBRECHT-AMEC 2015; AMEC-AC ENERGIA S.A 2011; OY Ingeniería EIRL - Compañía Energética Veracruz SAC 2009). Según estos reportes, la agricultura representa la principal actividad económica que se desarrolla en los poblados de esta parte de la cuenca del río Marañón. No existe producción agrícola

industrializada³, y la mayoría está destinada al autoconsumo o al comercio menor en mercados y ferias cercanas. A pesar de ser tradicional, una parte importante del área agrícola tiene una productividad alta gracias a que recibe sedimentos ricos en nutrientes de las vertientes del río Marañón, por lo que no hay necesidad de recurrir a fertilizantes para mejorar el rendimiento de los cultivos (Gobierno Regional de Cajamarca 2013).

Las zonas agrícolas se ubican en terrenos de pendiente variada. Por ejemplo, la agricultura de autoconsumo se localiza en áreas reducidas como las terrazas no inundables, mientras que la agricultura con fines comerciales ocupa áreas algo más extensas, comprendidas por tierras bajas y playas. Las parcelas de cultivo son en general de pequeña extensión, y han sido heredadas de padres a hijos. Sin embargo, se puede observar que otras áreas más extensas son poseídas por pocos dueños que han ido asentándose más recientemente en la zona (ODEBRECHT-AMEC 2015; AMEC-AC ENERGIA S.A 2011; OY Ingeniería EIRL - Compañía Energética Veracruz SAC 2009).

Estos estudios reportan también la existencia de cultivos como el cacao, café, arroz, maíz, yuca, plátano, camote, frijoles, maní, achiote, hoja de coca y frutales (plátano, mango, naranja, palta, limón, lima, ciruela, coco y papaya). Sin embargo, como la actividad es practicada sin tecnificación o acciones de mejoramiento, los cultivos no alcanzan rendimientos elevados en comparación a una producción a mayor escala, y son usualmente comercializados a precios de bajos.

Según estos mismos estudios, el aporte de la agricultura a la renta familiar es ligeramente mayor al 50% del total de ingresos (ODEBRECHT-AMEC 2015; AMEC-AC ENERGIA S.A 2011; OY Ingeniería EIRL - Compañía Energética Veracruz SAC 2009). Los ingresos generados por la agricultura son complementados por actividades de ganadería, avicultura y otros

³ Debido a que la producción agrícola se realiza en parcelas fragmentadas que no permite la mecanización, solo el uso de mano de obra y yunta.

servicios (por ejemplo, actividades construcción y comercio de productos de primera necesidad en los comercios o bodegas de la zona).

Pesca

La pesca que se realiza en la parte media - baja de la cuenca es principalmente con fines de autoconsumo (ODEBRECHT-AMEC 2015; AMEC-AC ENERGIA S.A 2011; OY Ingeniería EIRL - Compañía Energética Veracruz SAC 2009). En la Tabla 2 se reportan 11 especies consumidas por los pobladores locales.

TABLA 2. PECES DE CONSUMO REPORTADOS PARA LA CUENCA MEDIA-BAJA DEL MARAÑÓN

Especie	Nombre común
<i>Brycon sp.</i>	Pez dorado
<i>Chaetostoma lineopunctatus</i>	Bujurqui
<i>Hypostomus sp.</i>	Shagame
<i>Leporellus vittata</i>	Pinto
<i>Loricaria sp.</i>	Shagame
<i>Potamotrygonidae</i>	Lancetero
<i>Prochilodus nigricans</i>	Boquichico
<i>Trichomycterus sp.</i>	Bagre
<i>Zungaro zungaro</i>	Zungaro
<i>Siluriformes</i>	Pez Sapo
No identificada	Sincapunque

Los lugares de pesca se ubican a lo largo de los ríos Marañón, Jumete y Silaco. También se pesca en quebradas aledañas y en las orillas de las playas que se forman a lo largo de estos ríos. La actividad se desarrolla de dos a cuatro días por mes en promedio (hasta 6 horas por evento de pesca) (ODEBRECHT-AMEC 2015; AMEC-AC ENERGIA S.A 2011; OY Ingeniería EIRL - Compañía Energética Veracruz SAC 2009).

El boquichico (o bochiquio), el pez sapo, el lancetero, el pez dorado, el pinto, el shagame y el zúngaro son capturados mediante el uso de anzuelos, tarrafas y chinchorros (ODEBRECHT-AMEC 2015; AMEC-AC ENERGIAS.A 2011; OY Ingeniería EIRL - Compañía Energética Veracruz SAC 2009). De todas las especies mencionadas, el boquichico y el shagame son las preferidas por la población de esta zona. Incluso se observa la presencia de pescadores procedentes de Bagua Chica que vienen a realizar la captura de estas dos especies en esta parte de la cuenca.

Los pescadores generalmente también cazan durante sus travesías de pesca aguas abajo del río Marañón. Entre las especies que reportaron cazar con fines de subsistencia se encuentra el venado (*Mazama americana*) y el canshul (*Didelphis marsupialis*), un marsupial que los pobladores locales reportan que ataca a sus aves de corral (ODEBRECHT-AMEC 2015; AMEC-AC ENERGIA S.A 2011; OY Ingeniería EIRL - Compañía Energética Veracruz SAC 2009).

CUENCA BAJA DEL RÍO MARAÑÓN

Ecosistemas y biodiversidad

La cuenca baja del río Marañón es un área en la que confluyen tributarios mayores del río Marañón, como los ríos Utcubamba, Chiriaco y Nieva en el margen este, y los ríos Cenepa y Santiago en el margen oeste (IIAP-Gobierno Regional de Amazonas 2010).

Fisiográficamente el área ocupa relieves planos-ondulados, con presencia de valles que van de templados a cálidos, y bosques altos, densos y/o pantanosos. Por su parte, la llanura aluvial formada por el río Marañón y sus afluentes (el Nieva, el Santiago, y el Utcubamba) incluye paisajes que contienen islas, playas y terrazas bajas (Gobierno Regional de Amazonas 2016). De acuerdo al MINAM (2015), en este tramo se pueden encontrar las siguientes coberturas vegetales:

1. **Bosques montanos:** bosque de montaña y bosque de montaña basimontano
2. **Bosque secos:** bosque xérico interandino, matorral arbustivo y sabana xérica interandina
3. **Bosques amazónicos:** bosque de colina alta y baja, bosque de terraza alta y baja, bosque inundable de palmera, vegetación esclerófila de arena blanca o “varillal” y vegetación de isla.

En los bosques de montañas bajas que conforman la parte inferior del macizo oriental andino se encuentran árboles emergentes mayores de 30 metros de alto, mientras que en los estratos medios e inferiores se encuentran árboles medianos, arbustos, herbáceas, palmeras, helechos, bejucos y enredaderas. Destacan los árboles de “moenas” comprendidos por los géneros *Nectandra sp.*, *Ocotea sp.* y *Aniba sp.*; las “cumalas” comprendidas por *Virola sp.*, *Iryanthera sp.* y *Otoba sp.*; los “pashacos” comprendidos por *Macrobium sp.* y *Sclerobium sp.*; el árbol “peine de mono” *Apeiba sp.*; la shiringa *Hevea sp.*; el “cético” *Cecropia sp.*; la “espintana” *Oxandra sp.*; la “punga” *Pachira sp.*; el “copal” *Protium sp.*; el tornillo *Cedrelinga cateniformis*; el cedro *Cedrela sp.*, y el “ishpingo” *Amburana cearensis*. Estas plantas también pueden observarse asociadas con palmeras como el huasai *Euterpe precatoria*, la “cashapona” *Iriartea deltoidea*, la “chambira” *Astrocaryum chambira* (chambira) y la “ñejilla” *Bactris sp.*, entre otras especies. (Gobierno Regional de Amazonas 2016; MINAM 2015 A).

Se reportan endemismos de aves, anfibios, mamíferos y plantas, en particular en los sectores cordilleranos, en los valles profundos del Marañón y Utcubamba, y en la depresión de Bagua (IIAP-Gobierno Regional de Amazonas 2010). Una muestra de la diversidad de endemismos asociados a esta parte baja de la cuenca es reportada por Young *et al.* (2007), quienes modelaron la distribución potencial de especies endémicas, y en donde se encontró que probablemente estarían presentes 31 especies de aves, 35 de anfibios y 20 de mamíferos (Anexo 1).

La presencia de áreas protegidas como el Parque Nacional Ichigkat Muja-Cordillera del Cóndor, las Reservas Comunes Tuntanain y Chayu Nain, el Santuario Nacional Cordillera de Colan, la Zona Reservada Santiago Comaina y el Área de Conservación Privada Copallin, y los territorios indígenas Awajún y Wampis ayuda a que esta parte de la cuenca mantenga sus valores de conservación (flora, fauna, servicios ambientales hídricos, arqueología, belleza paisajística y singularidad de vegetación) (Gobierno Regional de Amazonas 2016).

La fauna silvestre que se ve beneficiada por los esfuerzos de conservación incluye especies del Apéndice I de la CITES, como el cóndor andino (*Vultur gryphus*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), especies de guacamayos (*Ara macao* y *Ara militaris*) y el mono supaypichico (*Callimico goeldii*).

Agricultura

Los cultivos que predominan en la zona son el arroz, el frijol, el maíz, el maní y la yuca. Entre los cultivos permanentes se encuentra el cacao, el café y el plátano.

De acuerdo a Glave *et al.* (2014), en este tramo la actividad predominante es la agroforestería, que se lleva a cabo no sólo en tierra firme, sino también en islas que emergen en las épocas de vaciante del río, en las que usualmente se realizan cultivos

estacionales. Los cultivos de corto ciclo más importantes en la zona son el maíz y la yuca, y el principal cultivo permanente es el plátano. En algunos casos, los excedentes se venden en el mercado de Santa María de Nieva o en Saramiriza.

El café y el arroz son dos de los cultivos permanentes más importante en la parte de la cuenca baja ocupada por la región Amazonas, debido a las condiciones climatológicas y comerciales favorables para ello. La comercialización de la producción agrícola es realizada principalmente por intermediarios que operan como acopiadores a nivel de distritos y centros poblados. Estos comerciantes compran los productos en las ferias locales, donde los agricultores venden sus excedentes o realizan intercambios por otros productos que necesitan (IIAP-Gobierno Regional de Amazonas 2010).

Por su parte, la Zonificación Económica Ecológica de Amazonas (IIAP-Gobierno Regional de Amazonas 2010) identifica las tierras dedicadas a actividades agropecuarias, clasificándolas de la siguiente manera:

- **Frente productivo de predominio arrocero**
- **Frente productivo de predominio cafetero:** Cultivo del café, concentrándose mayormente en las provincias de Utcubamba, Luya, Rodríguez de Mendoza y Bagua.
- **Frente productivo de predominio ganadero:** pastos cultivados y pastos naturales para la población de ganado vacuno.
- **Frente productivo de predominio de cultivos andinos:** predominan los cultivos de subsistencia como frijoles, habas, menestras, papa, olluco, maíz, entre otros.
- **Frente productivo de predominio de sistemas intermontañosos:** ubicado en terrazas aluviales y laderas de montaña en los fondos de valles intermontañosos como del río

Utcubamba y Alto Marañón. Se cultivan maíz, frijol, maní, yuca, plátano, cítricos, caña de azúcar, alfalfa, mangos, paltas, ciruelos y pastos.

- **Frente de agricultura de subsistencia de complejo de orillares:** por debajo de los 450 m s.n.m., se observan los cultivos del frente anterior, agregando la papaya, zapote, pijuayo, etc.

Por otro lado, en este tramo de la cuenca la productividad agrícola se ve limitada por la fragmentación de la propiedad de la tierra, y por las altas fluctuaciones de precios (IIAP-Gobierno Regional de Amazonas 2010).

Pesca

La pesca es principalmente una actividad de subsistencia de las poblaciones locales en la zona. En esta parte de la cuenca se encuentra la mayor diversidad de peces, si se compara con la parte media alta y media baja. El IIAP-Gobierno Regional de Amazonas (2010) reporta para el canal principal del río Marañón la presencia de 40 especies de peces y para el río Santiago 70 especies (la mayor diversidad). Siguen las cuencas del río Nieva (34 especies), del río Cenepa (16 especies) y del Utcubamba (6 especies).

Por su parte, un muestreo ictiológico reciente aguas arriba del Pongo de Manseriche, realizado por Chuctaya *et al.* (2015), reporta un total de 77 especies de peces (56 especies colectados en la época “seca” o “verano” y 46 en la época de “lluvias” o “invierno”). Dentro de sus capturas reportan la presencia de bagres migratorios como la “shiripira” (*Sorubim lima*), y presencia de la doncella (*Pseudoplatystoma punctifer*) durante la época de verano. Concluyen que el Pongo de Manseriche influye en las características de los ambientes acuáticos aguas abajo y aguas arriba y en la distribución y composición de la ictiofauna presente, cumpliendo un rol muy importante en la activación del proceso de migración para la reproducción y desove de peces en la cuenca.

Es durante la etapa de “mijano”⁴ que los pescadores del río Marañón acuden a las orillas del río, playas y preferentemente al Pongo de Manseriche para pescar. Entre los peces que capturan durante el mijano se encuentran el boquichico (*Prochilodus nigricans*), la lisa (*Leporinus trifasciatus*), la palometa (*Mylossoma duriventre*), entre otros (Chuctaya *et al.* 2015). Los materiales de pesca utilizados son la atarraya, chinchorro, las raíces de barbasco (*Lonchocarpus utilis*), y las hojas de la “huaca” (*Clibadium remotoflorum*), especialmente en las quebradas y remansos de los ríos (Pitman *et al.* 2012). La contribución de la pesca a la subsistencia de los pobladores locales se concentra durante la temporada de verano (15 kg/mes), y se reduce a 2.4 kg/mes durante el invierno o época de lluvias, periodo durante el que se complementa la alimentación con carne de monte y aves de granja (Glave *et al.* 2014).

Todo lo descrito en este capítulo se refiere, en términos generales, al ámbito en donde se proponen instalar los 17 proyectos hidroeléctricos, ocupando espacios habitados que se sostienen en gran medida por los servicios ecosistémicos existentes a lo largo del río Marañón.

En el siguiente capítulo se describe la metodología utilizada para la evaluación de los impactos ambientales y su representación económica.

⁴ Migración contra la corriente realizada por cardúmenes en búsqueda de áreas de reproducción (Alcantara & Guerra 1990).



Metodología para
la evaluación de los
impactos de los proyectos
hidroeléctricos

SELECCIÓN DE LOS PROYECTOS A EVALUAR

Para la evaluación de los impactos de los proyectos hidroeléctricos propuestos para desarrollarse en la cuenca del río Marañón (D.S N°020-2011-EM), y considerando la magnitud del área de estudio y la exigencia de información que implica su análisis, se partió de un ejercicio de priorización para la selección de los cinco proyectos cuyos efectos sobre el entorno se estima sean más importantes y severos, y que además se encuentren en estado de implementación más avanzado. Se utilizaron ocho atributos de priorización cuantificables y categorizables:

1. El estado de desarrollo del proyecto (sin concesión, concesión temporal o definitiva, etc.).
2. La capacidad de producción prevista, en MW.
3. La ubicación relativa del proyecto (con respecto a la cuenca del río Marañón).
4. Área inundada por el reservorio (en km²)⁵.
5. Número de poblados ubicados dentro del área inundada por el embalse.
6. Área de campos de cultivo inundados por el embalse (en km²).
7. El ratio entre el área inundada (en km²) y la producción (en MW).
8. El ratio entre el número de poblados inundados y la producción, como una aproximación al ratio población/producción propuesto por el Banco Mundial (Ledec & Quintero 2003).

Con estas variables se elaboró una matriz de calificación para priorizar de manera objetiva los proyectos que representen impactos o riesgos mayores desde las perspectivas ambiental y social. Cada uno de los ocho factores analizados cuenta con una escala de

⁵ Para esta categoría se utilizaron las áreas de los reservorios modelada por *International Rivers (2014)*. Éstas se encuentran disponibles en *shapefile* y no difieren significativamente de los datos presentados en los EIA de los proyectos.

calificación de cuatro categorías posibles (Tabla 3), cada una de las cuales se relaciona con un nivel de impacto o riesgo potencial.

TABLA 3. ASIGNACIÓN GENERAL DE VALORES DE IMPACTO/RIESGO EN LA MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

Valor asignado	Nivel de impacto previsto
1	Representa la condición de menor impacto potencial.
2	Representa una condición de impacto moderado.
3	Corresponde a una condición con el potencial de generar impactos significativos.
4	Corresponde a las condiciones de impacto más alto.

CORBIDI, división de Limnología 2016.

De los 17 proyectos hidroeléctricos declarados de interés nacional por el D.S N°020-2011-EM revisados en este documento, se seleccionaron los seis que presentan puntajes más altos en función al potencial de impacto que podrían generar, y de acuerdo a la probabilidad de su ejecución o estado de avance: Manseriche (28), Rentema (27), Escurrebraga (26) Veracruz (18), Chadín 2 (18) y Río Grande (18) (Tabla 4)⁶.

⁶ Ver Oyague et al. 2016 para una descripción detallada de los criterios de priorización utilizados para la selección de los proyectos analizados en este estudio.

TABLA 4. MATRIZ DE SELECCIÓN DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN ESTUDIO

Proyecto	Estado de desarrollo del proyecto		Capacidad de producción (MW)		Ubicación relativa		Área Inundada por el reservorio (Km ²)		Poblados inundados		Área de cultivo inundada (Km ²)		Ratio área inundada/producción		Ratio poblados inundados/producción		Total
	Estado	VA	MW	VA	Ubicación	VA	Área	VA	No.	VA	km ²	VA	Ratio	VA	Ratio	VA	Puntaje
Manseriche	SC	1	4500	4	CB	4	5470	4	338	4	598.59	4	1.22	4	0.075	3	28
Rentema	SC	1	1525	4	CB	4	874	3	290	4	354.62	4	0.57	3	0.190	4	27
Escurrebraga	SC	1	1800	4	CB	4	875	3	217	4	381.91	4	0.49	2	0.121	4	26
Veracruz	CD	4	730	3	CMB	3	36	2	11	2	0.73	1	0.05	1	0.015	2	18
Chadín 2	CD	4	600	3	CMB	3	33	2	9	1	2.45	2	0.05	1	0.015	2	18
Río Grande I y II	CT	3	750	3	CMB	3	56	2	24	2	5.56	2	0.07	1	0.032	2	18
Bolívar	SC	1	290	2	CMB	3	56	2	19	2	3.26	2	0.19	2	0.066	3	17
Chusgón	SC	1	240	2	CMB	3	25	2	9	1	1.54	2	0.10	2	0.038	2	15
Pataz 2	SC	1	240	2	CMB	3	17	2	13	2	2.19	2	0.07	1	0.054	3	16
San Pablo	SC	1	390	2	CMB	2	9	1	6	1	1.72	2	0.02	1	0.015	2	12
Pataz 1	SC	1	320	2	CMB	2	4	1	1	1	0.74	1	0.01	1	0.003	1	10
Yanamayo	SC	1	160	2	CMB	2	16	2	3	1	0.97	1	0.10	1	0.019	2	12
Marañón	CD	4	88	1	CMB	2	2	1	4	1	1.00	2	0.02	1	0.045	2	14
Pulpería	SC	1	300	2	CMB	2	8	1	2	1	0.60	1	0.03	1	0.007	1	10
Llata 1	SC	1	210	2	CMB	2	9	1	11	2	2.74	2	0.04	1	0.052	3	14
Puchka	SC	1	140	2	CMB	2	6	1	0	1	0.31	1	0.04	1	0.000	1	10
Llata 2	SC	1	200	2	CMB	2	2	1	0	1	0.30	1	0.01	1	0.000	1	10

Leyenda: SC (Sin Concesión), CT (Concesión Temporal), CD (Concesión Definitiva), CB (Cuenca Baja), CMB (Cuenca Media Baja), VA (valor).

Sin embargo, si se tiene en cuenta la ubicación de los embalses (Figura 2 y Figura 3) el proyecto hidroeléctrico Escurrebraga generaría un embalse que se superpone al de otros dos proyectos (Manseriche y Rentema), cuyos embalses no se superponen entre sí. Este proyecto se superpone en 8.04 Km² con el proyecto Manseriche, mientras que con el proyecto Rentema la superposición de embalses es de 313.28 Km² (Figura 4). En total, un 36.66% del embalse proyectado de Escurrebraga se superpone al de los otros dos proyectos mencionados, por lo cual la ejecución de este proyecto se torna menos probable. Debido a esta baja probabilidad de ejecución, este proyecto no se incluyó entre los cinco proyectos priorizados en este análisis.

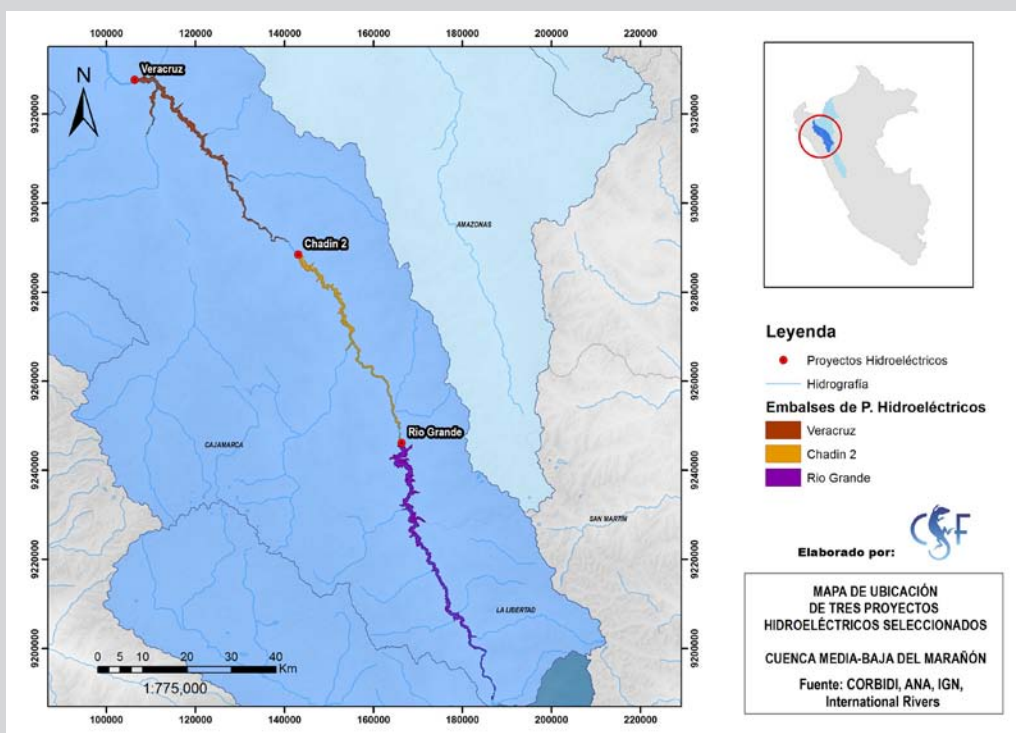


Figura 2. Proyectos seleccionados para análisis en la cuenca media - baja del río Marañón (Río Grande, Chadín 2 y Veracruz).

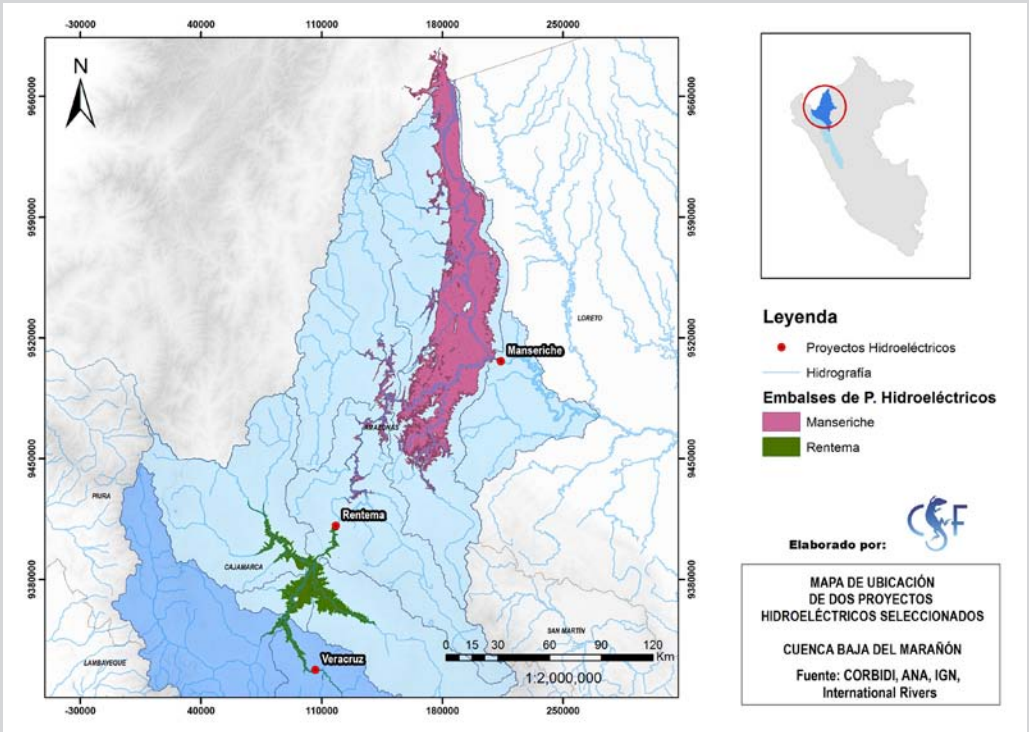


Figura 3. Proyectos seleccionados para análisis en la cuenca baja del río Marañón (Rentema y Manseriche).

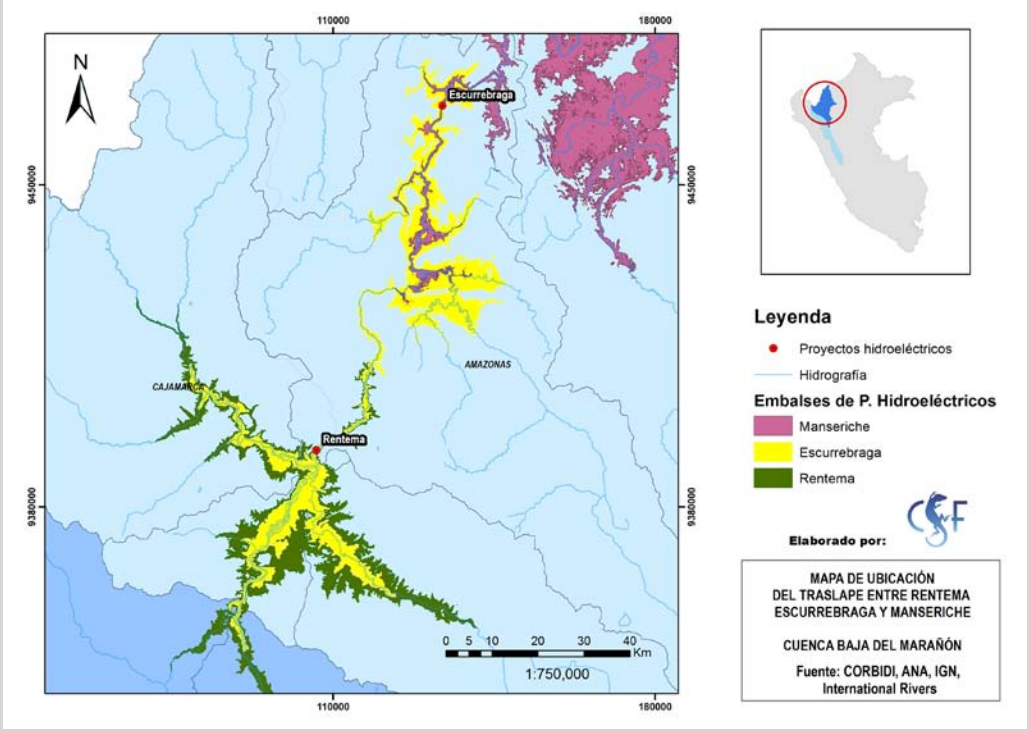


Figura 4. Área de traslape entre los embalses Manseriche, Escurrebraga y Rentema.

Con esto, los hidroproyectos sobre los que se realiza la modelación de los impactos ambientales y los costos que implican son: Manseriche, Rentema, Veracruz, Chadín 2 y Río Grande. En adelante éstos serán agrupados por su ubicación dentro de la cuenca del río Marañón para fines del análisis (Tabla 1). A continuación una síntesis de sus principales características.

Proyectos en la cuenca media-baja del Marañón

Como se menciona líneas arriba, la cuenca Media-Baja del Marañón es el tramo comprendido entre Cumba y Pataz, entre los 500 y 1200 m s.n.m. aproximadamente. Esta es una zona estrecha, con escasos terrenos aluviales en ambos márgenes del río principal y laderas con una marcada pendiente. En este sector se encuentran ubicados tres de los proyectos a evaluar: La CH de Río Grande I y II (tomada como Río Grande en este estudio), Chadín 2 y Veracruz (Oyague *et al.* 2016). Las principales características de cada proyecto hidroeléctrico se describen en la Tabla 5.

**TABLA 5. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PROYECTOS
HIDROELÉCTRICOS UBICADOS EN LA CUENCA MEDIA-BAJA DEL
MARAÑÓN**

Características	Río Grande	Chadín 2	Veracruz
Capacidad instalada (MW)	750	600	730
Altura de cota (m s.n.m.)	Río Grande 1: 1,020 Río Grande 2: 885	835	668
Costo del proyecto (millones US\$)	2,500	2,000	1,444
Área inundada del EIA (Km ²)	56	32.5	36
Tiempo de construcción (años)	10	5	3
Tiempo de operación comercial (años)	35	35	No definido
Fecha estimada de operación	No definida	2023	2022
Estado del proyecto	EIA en revisión Concesión Parcial	EIA Aprobado Concesionado	EIA Aprobado Concesionado
Ubicación	Cajamarca, Amazonas, La Libertad	Cajamarca, Amazonas	Cajamarca, Amazonas

Fuente: International Rivers 2014.

El complejo hidroeléctrico Río Grande se ubica aguas arriba del poblado homónimo. El proyecto ha sido configurado de modo que cuenta con dos embalses, cada uno de los cuales tiene una central hidroeléctrica a pie de presa. El complejo tiene la capacidad de producir 750 MW de energía, e inunda un área total de 56 Km². El proyecto cuenta en la actualidad con un estudio de impacto ambiental en evaluación por parte del Ministerio de Energía y Minas (Amec Foster Wheeler 2015).

Chadín 2 se encuentra situada casi en el punto medio entre los proyectos de Río Grande y Veracruz, limitando con los poblados de Cumba por el Norte y Río Grande por el Sur.

Esta CH contará con la capacidad de producir un total de 600 MW de energía, para lo cual dispondrá de un reservorio que tendrá una superficie de 32.5 Km². El Proyecto cuenta en la actualidad con el EIA aprobado y una concesión definitiva.

Finalmente, el complejo hidroeléctrico Veracruz se encuentra situado en los departamentos de Amazonas y Cajamarca. El diseño de este proyecto dota a la central con una potencia generadora de 730 MW de energía. Para este fin se plantea contar con una superficie de reservorio de 36 Km². Al igual que Chadín 2, el complejo hidroeléctrico de Veracruz cuenta en la actualidad con su EIA aprobado y una concesión definitiva.

La cuenca baja del Marañón

Este tramo de la cuenca del río Marañón, está comprendido entre el poblado de Cumba y el Pongo de Manseriche. Es una zona en la que la diferencia altitudinal es pequeña (250 a 500 m s.n.m.), permitiendo la formación de un valle relativamente amplio que sostiene actividades agrícolas intensivas. Estas características hacen que los embalses planteados en esta zona ocupen grandes extensiones de terreno, a menudo económicamente productivo. En este sector los proyectos hidroeléctricos a analizarse son Rentema y Manseriche (Oyague *et al.* 2016).

Rentema y Manseriche fueron catalogados por el MINEM (2008) como “grandes proyectos”, y estarían programados dentro de un horizonte de largo plazo (2018-2027). Las características generales de cada proyecto hidroeléctrico se presentan en la Tabla 6.

TABLA 6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS UBICADOS EN LA CUENCA BAJA DEL MARAÑÓN

Características	Rentema	Manseriche
Capacidad instalada (MW) (International Rivers 2014)	1,525	4,500
Altura de cota (m s.n.m) (Q&V Ingenieros SAC 2007)	475	351
Costo del proyecto (millones US\$) ⁷	US\$ 1,416	US\$ 3,240
Área inundada del EIA (Km ²)	874	5,470
Tiempo de construcción, operación ⁸	136 meses	120 meses
Fecha estimada de operación	2,026	2,023
Estado del proyecto	De interés nacional y social DS No. 20-2011-EM Pro inversión	De interés nacional y social DS No. 20-2011-EM Pro inversión
Ubicación	Cajamarca, Amazonas	Amazonas
Altitud (m s.n.m.)	333	157

Fuente: International Rivers 2014.

⁷ Tomado de MINEM (2008). Los costos de inversión estimados corresponden a los costos actualizados del Estudio de Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional (1973-1982). Debido a que éstos dos proyectos cuentan con bajo nivel de maduración, las características técnicas y los costos son preliminares.

⁸ MINEM (2008).

El proyecto de la central hidroeléctrica de Rentema se encuentra ubicado en la zona conocida como Pongo de Rentema. Esta ubicación busca aprovechar el caudal del río Marañón, sustancialmente incrementado por los aportes de dos importantes afluentes: el Utcubamba y el Chinchipe. En la actualidad este proyecto se encuentra en la cartera del ministerio de Energía y Minas (MINEM), y no cuenta aún con EIA.

La central hidroeléctrica de Manseriche se ubicaría en la región Amazonas, en la zona conocida como Pongo de Manseriche, en lo que corresponde al inicio de la cuenca baja del río Marañón. Su reservorio de 5,470 Km² es el área de embalse más grande de todos los proyectos planteados en la cuenca del Marañón. Al igual que el proyecto Rentema, la CH Manseriche se encuentra actualmente en la cartera del ministerio de Energía y Minas (MINEM), y no cuenta aún con EIA.

Los proyectos seleccionados no son necesariamente los únicos que podrían desarrollarse en el ámbito de estudio. Sin embargo, se ha buscado asignar una valoración específica a características relacionadas con la mayor probabilidad de desarrollo efectivo del proyecto, tales como el estado de desarrollo/saneamiento (sin concesión, concesión temporal o concesión definitiva), o el potencial de generación hidroeléctrica, junto con criterios más técnicos como los factores de eficiencia o viabilidad ambiental y social. En Oyague *et al.* (2016) se muestra el detalle de la matriz de priorización en su totalidad.

ANÁLISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS SELECCIONADOS

En base a los proyectos seleccionados y sus características, se evaluó la potencial afectación sobre tres factores ambientales y sociales:

1. La alteración hidrológica.
2. La alteración de rutas migratorias de peces.
3. La inundación de áreas agrícolas por los embalses.

Adicionalmente, se realizó una identificación preliminar de los posibles efectos acumulados sobre el llano inundable aguas abajo del Pongo de Manseriche (Figura 5), entendidos como los potenciales cambios hidrológicos en términos de la temporalidad y superficie afectada por la fase de inundación de la llanura aluvial, desde aguas abajo del Pongo de Manseriche hasta la confluencia con el río Morona (aproximadamente 95 km de cauce y llanos aluviales asociados al río Marañón, Figura 5). Se consideró este tramo debido a dos factores principales:

- Los pulsos de inundación constituyen un elemento fundamental en la ecología del llano amazónico, pero su expresión e influencia presentan una menor importancia en la Amazonia andina.
- El río Morona, y los afluentes del Marañón aguas abajo (Pastaza y Huallaga principalmente) ejercen una influencia significativa en el caudal, y en la configuración geomorfológica del llano inundable, por lo que una simulación de áreas potencialmente inundables debajo de este punto podría resultar imprecisa.

A continuación se describe la metodología utilizada para el análisis de cada uno de los impactos potenciales identificados en este estudio.

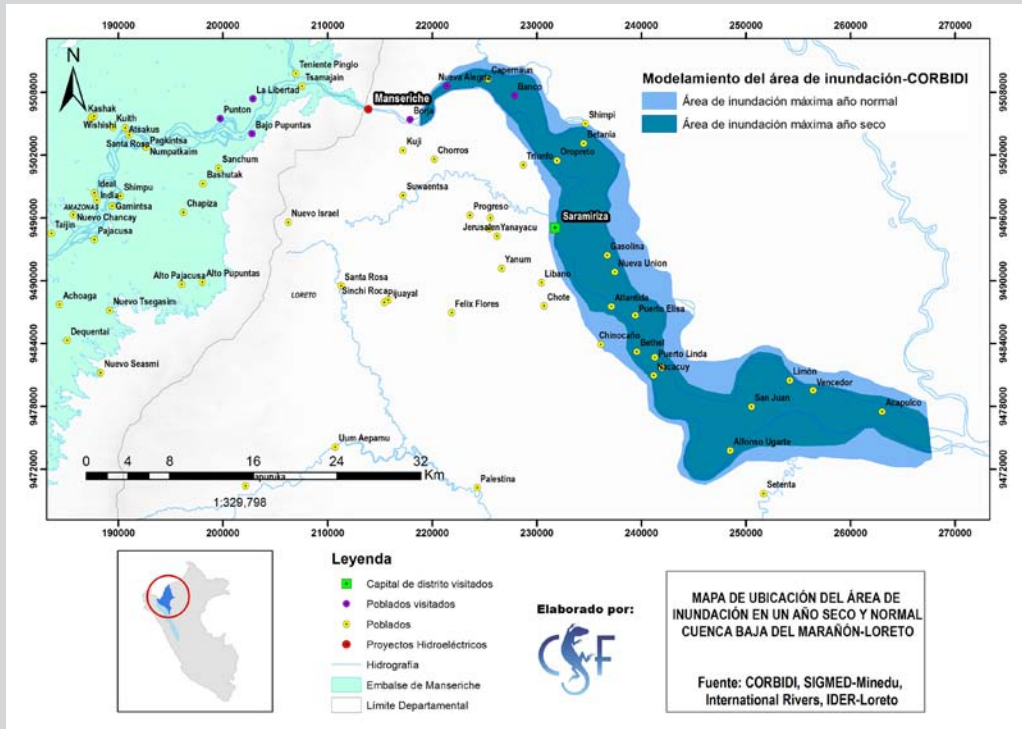


Figura 5. Área de modelamiento sobre el llano inundable - debajo del Pongo de Manseriche.

Alteración hidrológica y áreas de inundación

El análisis hidrológico consistió en el uso de datos de caudal histórico, disponible como parte de la Línea Base Hidrológica en el Estudio de Impacto Ambiental y Social y de factibilidad de los Proyectos (AMEC-AC ENERGIA S.A 2011; ODEBRECHT-AMEC 2015; OY Ingeniería EIRL - Compañía Energética Veracruz SAC 2009).

Se desarrolló el siguiente procedimiento para analizar los niveles de alteración hidrológica de la instalación conjunta de más de una de las centrales hidroeléctricas propuestas:

- Primero, para simular el nuevo régimen de caudales que arribaría a cada (futura) central hidroeléctrica, se le restó al actual régimen natural de caudales los valores de caudales medios mensuales (en condición natural) del proyecto ubicado inmediatamente aguas arriba. Esto correspondería a estimar los valores de caudal aportados por la sección de cuenca ubicada entre ambas centrales hidroeléctricas (sección sin regulación).
- Los valores restados del régimen natural fueron reemplazados (sumados al régimen obtenido por el procedimiento anterior) por los futuros valores de caudal liberado al tramo entre embalses (normalmente el valor correspondiente al caudal turbinado⁹ en la época seca y valores más altos en parte de la época húmeda), obteniéndose así los nuevos caudales medios mensuales que ingresarían al embalse propuesto para cada proyecto.

Este análisis se desarrolló para los dos escenarios hidrológicos potencialmente más críticos. Es decir, para años hidrológicamente normales (caudales medios mensuales con una persistencia del 50%) y años secos (caudales medios mensuales con valores equivalentes al 90% de persistencia)¹⁰.

Una vez obtenidos los datos de caudal, estos fueron ajustados a tres tipos de modelos de distribución, en los que x es el valor del caudal y $F(x)$ su probabilidad de ocurrencia (Oyague *et al.* 2016).

⁹ Caudal necesario para la operación de las turbinas de la central hidroeléctrica.

¹⁰ Para los objetivos del presente informe, se ha definido como un año normal (o seco), a aquel en el que los caudales medios mensuales corresponden a los valores del 50% (o 90% para los años secos), en una curva de análisis probabilístico de persistencia basado en datos históricos. En este contexto, el valor de caudal mensual corresponde a aquel que es superado o alcanzado el 50% (o 90% para los años secos) del tiempo (Raghunath 2006).

- **Modelo de distribución de Gumbel:** Modelo matemático de probabilidad con solo dos parámetros ξ y α . La función es la siguiente:

$$F(x) = \exp(-\exp(-(x-\xi)/\alpha))$$

- **Modelo de distribución de Weibull:** Modelo matemático de probabilidad con tres parámetros (ζ , β y δ). La función es la siguiente:

$$F(x) = 1 - \exp[-\{(x - \zeta)/\beta\}^\delta]$$

- **Modelo de distribución de Pearson Tipo 3:** Este modelo contiene los parámetros μ , σ y γ . Dónde:

$$a = 4/\gamma^2, (1/2) \sigma / \gamma, \xi = \mu - 2 \sigma / \gamma$$

Si $\gamma \neq 0$, entonces la función sería:

$$F(x) = |x-\xi|^{(\alpha-1)} \exp(-|x-\xi|/\beta) / (\beta^\alpha \Gamma(\alpha))$$

El análisis gráfico, junto con el coeficiente de correlación entre los datos obtenidos y el caudal alcanzado por cada modelo, fueron determinantes para su elección. Una vez seleccionado el modelo que mejor se ajuste a la data histórica en cada uno de los meses se ajustó al modelo seleccionado.

Posteriormente se calcularon los caudales sin proyecto para 17 percentiles o persistencias dentro del modelo: 0.01, 0.1, 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 99, 99.9 y 99.99 por cada uno de los meses, para con esto aproximarse a la probabilidad de ocurrencia de determinado caudal.

Con esto, se definieron tres tipos de año hidrológico según la persistencia:

- **Año normal:** en base a aquellos valores de caudal de cada mes con una persistencia o probabilidad de ocurrencia del 50%.
- **Año húmedo:** se consideraron los valores de caudal mensual con una probabilidad de ocurrencia del 20%.
- **Año seco:** los años secos se simularon en base a valores de caudal mensual con una persistencia del 90%.

Para evaluar el nivel de **alteración hidrológica** al que estaría sometido cada uno de los embalses propuestos por la implementación de los proyectos hidroeléctricos, se desarrolló un modelo hidrológico de caudal ambiental a través del Método del Desplazamiento de la Curva de Duración¹¹ (Hughes & Smakhtin 1996), contemplando seis escenarios potenciales de conservación del ambiente fluvial:

- Escenario de preservación A, “scA” (natural). Condición prístina o modificaciones menores del hábitat fluvial y ribereño.

¹¹ Existen diversos métodos hidrológicos disponibles, entre los cuales uno de los más sofisticados es el Método del Desplazamiento de la Curva de Duración (Hughes & Smakhtin 1996), posteriormente adaptado para la estimación de caudales ambientales por parte de (Smakhtin & Anputhas 2006) y finalmente informatizado en el software GEFC (Global Environmental Flow Calculator), propiedad del International Water Management Institute (Smakhtin & Eriyagama 2008). No obstante, los algoritmos de cálculo son de libre disponibilidad (se encuentran detallados en Hughes & Smakhtin 1996), por lo que es posible su implementación en un entorno de trabajo matemático como el R (Ihaka & Gentleman 1996; R Development Core Team 2016; Scilab - The Scilab Consortium 2010), u otras opciones que permitan resolver ecuaciones complejas mediante métodos numéricos iterativos, lo que ha permitido elaborar los mismos cálculos que el software GEFC.

- Escenario de preservación B, “scB” (ligeramente modificado). La mayor parte de las condiciones naturales del cauce (y con ellas la biodiversidad contenida en el hábitat) permanecen intactas.
- Escenario de preservación C, “scC” (medianamente modificado). El hábitat y la dinámica de la comunidad hidrobiológica pueden presentar modificaciones. Sin embargo, las funciones ecosistémicas básicas se mantienen intactas.
- Escenario de preservación D, “scD” (fuertemente modificado). Cambios importantes en el hábitat natural, la dinámica de la comunidad acuática y funciones ecosistémicas básicas. Se observa una riqueza de especies mucho menor a la esperada.
- Escenario de preservación E, “scE” (seriamente modificado). La diversidad y disponibilidad del hábitat se encuentran seriamente reducidas. Solo permanecen especies nativas muy tolerantes.
- Escenario de preservación F, “scF” (modificación crítica). Las alteraciones inducidas por la reducción en el flujo se tornan críticas, el hábitat se encuentra totalmente modificado y en los casos más graves dichos cambios podrían resultar irreversibles.

Así, mediante estos escenarios y con un correcto análisis de dichos caudales históricos, se pueden estimar diversos regímenes de caudal ambiental ajustados a diferentes escenarios hidrológicos (años secos, años normales, años húmedos p.ej.), y a su vez evidenciar las modificaciones del caudal producto de la descarga de los embalses de las hidroeléctricas para cada uno de los tramos dentro de la cuenca del río Marañón.

Modificación en los patrones de transporte/deposición de sólidos suspendidos

Uno de los problemas persistentes en relación a la construcción de embalses es la retención de sedimentos en los mismos. Esto no sólo significa limitaciones en la producción de energía y costos relacionados, ya que la acumulación de sedimentos en el embalse reduce la eficiencia del mismo y lo colmatan eventualmente (Verstraeten & Poesen 2000), sino que representan también un problema ambiental con consecuencias a varios niveles (Bednarek 2001).

La retención de sedimentos suspendidos reduce el transporte de nutrientes en la cuenca del río, afectando varios procesos naturales dependientes de la disponibilidad y calidad de nutrientes. Así mismo, las comunidades humanas pueden verse afectadas a través del empobrecimiento de suelos de valle destinados a la agricultura.

Por otra parte, el agua clarificada que sale del embalse tiene otras cualidades (como la menor densidad) que afectan la hidráulica del río, pudiendo modificar el cauce e incrementar los procesos de erosión en orillas. A este fenómeno se le conoce como “*hungry waters*” o “aguas hambrientas” (Kondolf 1997).

El agua que pierde sus condiciones naturales de turbidez y densidad también presenta características distintas a las que están adaptados los organismos que habitan esas zonas de la cuenca. Por ejemplo, el incremento en la velocidad de la corriente (debido a la menor densidad del agua), reduciría el hábitat de numerosas especies de macro-invertebrados, afectando subsecuentemente a los peces. Condiciones de mayor luminosidad en la columna de agua también podría incrementar el riesgo de depredación en algunos organismos.

La eficiencia de retención de sedimentos en un reservorio depende de varios factores, tales como el ratio entre la capacidad de almacenamiento y el caudal de ingreso, la

edad del reservorio, la forma de la cuenca que lo alberga, el diseño de operación y tipos de descarga, las características de los sedimentos y su comportamiento bajo variadas condiciones (Brune 1953). Existen numerosos modelos que pueden emplearse para calcular la eficacia en retención de sedimentos de un embalse, sin embargo muchas veces éstos requieren de gran cantidad de información no siempre disponible (Gill 1979), por lo que una alternativa es usar modelos más simples que relacionen la eficiencia de almacenamiento a un solo parámetro (Verstraeten & Poesen 2000). Entre los métodos comúnmente empleados están las siguientes ecuaciones empíricas:

La ecuación propuesta por Brown (1943), que calcula la eficiencia de retención en función al ratio entre la capacidad del embalse y el área de drenaje de la cuenca,

$$TE = 100x \left[1 - \frac{I}{(1 + Dx \frac{C}{A})} \right]$$

Donde “TE” corresponde a la eficiencia de retención (%), “C” se refiere a la capacidad de almacenamiento del reservorio (m³), “A” al área de drenaje de la cuenca hasta el dique del embalse (km²), y “D” es una constante que toma valores entre 0.09 y 2.1.

La curva desarrollada por Brune (1953), quien relaciona la eficiencia de retención al ratio entre la capacidad del embalse y el ingreso anual de agua al mismo:

$$E = 100x \left[\frac{CA}{0.012 + 1.02x \frac{C}{I}} \right]$$

Donde “E” corresponde a la eficiencia de retención (%), “C” se refiere a la capacidad de almacenamiento del reservorio (m³), e “I” representa la totalidad del flujo que ingresa al embalse en un año.

Estas ecuaciones fueron empleadas para calcular la eficiencia de retención de sedimentos en cada uno de los embalses evaluados, para de esta manera cuantificar la magnitud de su disminución, y la extensión del cambio aguas abajo por la instalación de cada proyecto. Para todos los cálculos se empleó el volumen útil de los embalses evaluados. Para los cálculos de sedimentos retenidos y liberados se tomaron como referencia los promedios de valores de sólidos totales suspendidos registrados en época húmeda y seca en las estaciones de muestreo más cercanas a los diques de los proyectos evaluados.

Alteración de rutas migratorias de peces

Dentro de la gran variedad de peces que existen en la Amazonía peruana, los peces migratorios son unos de los más importantes en términos ecológicos y socioeconómicos, dado que forman parte muy importante de la dieta de los pobladores que viven en las riberas, constituyendo de esta manera la principal fuente proteica para éstas personas. La construcción de los proyectos hidroeléctricos seleccionados afectaría de manera directa al segmento poblacional de peces migrantes reproductores (p.ej. boquichico y doncella, entre otros), impidiéndoles alcanzar las zonas altas de la cuenca, sus lugares naturales de desove (Cañas & Pine 2011). Así mismo, la construcción de una serie de represas en la cuenca alta y media del Marañón, afectaría la sincronización y frecuencia de los caudales, factores que se consideran cruciales para activar la migración reproductiva en adultos y el viaje río abajo de la generación previa en épocas de avenida (Araujo-Lima 1994; Welcomme & Halls 2001; Junk & Wantzen 2004; Agostinho *et al.* 2008; Cañas & Pine 2011). Todo esto generaría problemas en el reclutamiento y la subsecuente disminución de poblaciones de este tipo de peces y/o su extinción local. Finalmente, la migración de

peces en ambos sentidos es un factor importante para mantener la productividad de la cuenca a través de la dispersión de semillas y oportunidades de forrajeo para las especies piscívoras (Cañas & Pine 2011).

Debido a que la mayor cantidad de información que se cuenta sobre consumo de peces en la Amazonía peruana está relacionada a desembarques pesqueros en puertos principales (Dirección Regional de la producción de Loreto 2005; García *et al.* 2006; García *et al.* 2012) y a la escasa información de inventarios en la zona de estudio, para la selección de las especies migrantes potencialmente impactadas se procedió a buscar una correspondencia entre las principales especies migrantes consumidas en la región y las reportadas en los EIA de los proyectos de Veracruz, Chadín 2 y Río Grande, para así poder estimar tanto el rango de distribución como las especies que verían limitada su migración para reproducción.

Una vez identificadas las especies que serían afectadas, se procedió a estimar el porcentaje de tramos fluviales potencialmente útiles que se perderían por la instalación de cada una de las represas seleccionadas en el ejercicio de priorización explicado anteriormente (sección 3.1), comenzando por la más cercana a la cabecera, hasta llegar al proyecto ubicado en la parte inferior del ámbito de estudio. Los supuestos al respecto se presentan en el capítulo de resultados.

Un aspecto difícil de precisar cuando se estudian peces migratorios del Amazonas es definir con certeza la cota de altura máxima que alcanzan y sus lugares de desove, debido principalmente a que existen muy pocas comunidades pesqueras en o cerca del piedemonte andino que puedan aportar este conocimiento directo, además de lo complicado de la pesca por lo turbulento de los tributarios y los costos en términos monetarios y de tiempo que tomaría realizar esta investigación (Goulding *et al.* 2010). No obstante, con el fin de establecer un límite máximo de altura al desplazamiento de los peces migrantes identificados en el estudio, se tomó como referencia la cota de 1,200 m s.n.m. Dicha cota es considerada un valor conservador, puesto que en el Museo de

Historia Natural de la UNMSM existen registros de especímenes de boquichico y sábalo colectados a 1,900 m.s.n.m. (datos no publicados), lo que sugiere que pudieran distribuirse por encima del área seleccionada (AMEC-AC ENERGIA S.A 2011).

Para este trabajo se hizo uso de la red hidrográfica de ríos principales, el mapa de mesocuenclas nacionales, la información de los estudios ambientales de los proyectos, la información recopilada por la Dirección General de Electricidad y la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (Dirección General de Electricidad, Sociedad Alemana de Cooperación Técnica - GTZ, Consorcio Lahmeyer-Salzgitter 1982) y de un modelo de elevación digital del territorio nacional.

Como resultado se obtuvo el alcance, en términos de distancia y cuerpos de agua, en los que se afectaría el libre movimiento de los peces debido al efecto de barrera que generarían los diques de las hidroeléctricas en cuestión.

VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Desde el punto de vista económico, la metodología aplicada para valorar la magnitud de los impactos ambientales se centra en los cambios en el bienestar económico mediante la cuantificación de las pérdidas de renta agrícola y pesquera producto de: i) la alteración de los regímenes hidrológicos y la formación de los embalses que inundarían grandes extensiones de la zona, ii) la alteración de las rutas migratorias de peces y iii) la retención de sedimentos por cada hidroeléctrica, los cuales serán explicados en detalle más adelante. Todo esto a partir de los resultados de las modelaciones y discusión que forma parte de la evaluación de los impactos ambientales descritos anteriormente.

Adicionalmente se calcularon las pérdidas en términos de carbono de biomasa vegetal, por efecto de la vegetación que se perdería con la formación de los embalses, y se valoraron dichas emisiones con precios del mercado voluntario de carbono.

El levantamiento de los datos en los que se basa este análisis incluyó en una primera etapa una revisión de literatura para conocer el ámbito de estudio e identificar los vacíos de información a complementar mediante una visita de campo. El trabajo de campo se realizó entre el 10 y 20 de Septiembre del año 2016. Se visitaron las comunidades en el tramo entre Santa María de Nieva y el Pongo de Manseriche: Puntón, Bajo Pupuntas y La Libertad; y en el tramo entre el Pongo y Saramiriza: Borja, Nueva Alegría y El Banco (Figura 6). Este última es una zona con escasa información disponible y que probablemente sufra los impactos acumulados de los proyectos con mayor intensidad y de manera permanente.

En ambos tramos se realizaron talleres de trabajo y ejercicios participativos de mapeo para identificar los distintos usos existentes en la zona (agricultura, pesca y cacería) y su ubicación dentro de la localidad. También se recogió información sobre los métodos de producción agrícola y de pesca practicados en el área, y sobre las labores de siembra y cosecha (incluyendo sus costos, rendimientos, niveles de esfuerzo y captura de peces), entre otros datos. Esta información fue recopilada y procesada para realizar los cálculos aplicados en este análisis. Los resultados de los talleres fueron analizados, validados y complementados con información secundaria disponible.

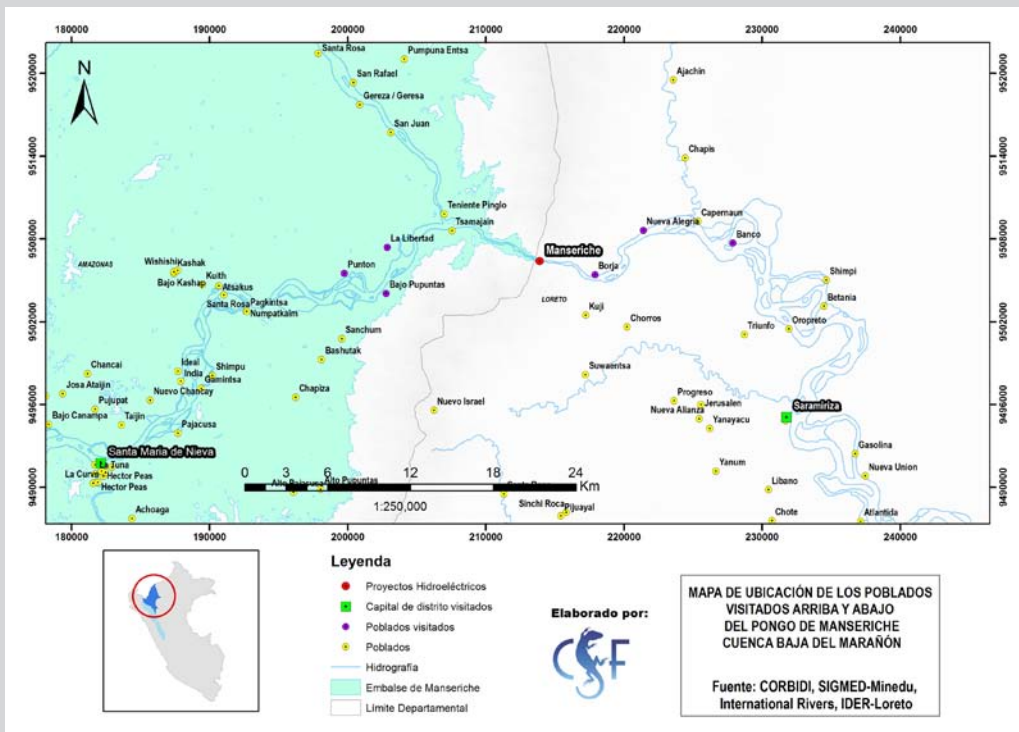


Figura 6. Área donde se realizó el levantamiento de información primaria.

La idea central de este ejercicio de valoración es expresar en unidades monetarias la magnitud de los impactos evaluados y la interacción entre ellos, expresándolos a través de indicadores como el Valor Presente Neto (VPN). En las siguientes secciones se detalla el enfoque metodológico para este análisis.

Actividad agrícola que sería desplazada

Uno de los principales impactos socioeconómicos generados por la creación de represas es la pérdida de áreas agrícolas producto de la inundación permanente por las aguas

embalsadas de cada uno de los reservorios propuestos. Debido a las características de la zona evaluada, estas áreas pueden ser altamente productivas, y son aprovechadas principalmente para el sustento familiar y el comercio (ver sección 2). En términos económicos esto representa una pérdida de ingresos de las poblaciones asentadas a lo largo del río Marañón.

De acuerdo a Adams (2000), en las planicies de inundación la agricultura puede ser realizada de diferentes formas, incluyendo la siembra antes de la llegada de las aguas (creciente) o después de que se han ido. El valor económico de la agricultura en la planicie de inundación puede ser significativo por los altos rendimientos que alcanzan los cultivos gracias a los regímenes de inundación y el enriquecimiento de los suelos a través de los sedimentos depositados.

Para el cálculo de esta pérdida se identificaron las áreas agrícolas, ubicadas en las zonas que se inundarían por la formación de los embalses de cada hidroyecto (International Rivers 2014), considerando las alteraciones hidrológicas modeladas en el presente estudio. Para los proyectos ubicados en la cuenca media-baja se usó la capa de información SIG del MINAM (2015). Para el otro grupo de proyectos (cuenca baja) se usó la identificación del uso actual del suelo descrita en la Zonificación Económica Ecológica (ZEE) de la Región Cajamarca (Gobierno Regional de Cajamarca 2011) y la propuesta de ZEE recientemente aprobada para Amazonas (Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana - IIAP 2007)¹².

A partir de esta ubicación de las áreas afectadas se construyeron flujos de caja para un horizonte de tiempo de 30 años de los cultivos más importantes sobre los que se encontró información secundaria para el área agrícola total de cada uno de los distritos que se

¹² Se usó esta información para este tramo de la cuenca baja del río Marañón debido a que la ofrecida por la capa SIG del (MINAM 2015 A) para esta misma área no refiere solamente a áreas agrícolas sino que también incluye áreas de no bosque, como centros poblados, purma, etc.

verían afectados. Aunque no se estimó una rentabilidad a partir de las transiciones en el uso de la tierra, el estudio consideró proyecciones por cultivo para un horizonte de tiempo de 30 años, de tal manera que se pueden reflejar las fluctuaciones en los ingresos, la rotación de cultivos y los procesos de mantenimiento del cultivo asociados a una parcela de terreno (Solis & Malky 2015).

Los beneficios obtenidos fueron expresados en Valor Presente Neto (VPN). Este indicador financiero considera el hecho de que los ingresos futuros son menos valiosos para las personas que los ingresos más próximos al presente, y expresa esa situación aplicando una tasa de descuento. Así, la fórmula para el cálculo de este indicador es:

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_o$$

Donde V son los beneficios asociados a cada periodo t ; n es el número de periodos considerado; k es la tasa de descuento aplicada; I_o es el valor de la inversión inicial. Para los cálculos, la tasa de descuento utilizada fue de 11%, siguiendo lo establecido por el Ministerio de Economía y Finanzas (2011) para este tipo de proyectos.

Cabe mencionar que estos valores asumen lo siguiente (ver Anexo 2):

- Se asignó la rentabilidad agrícola en relación a las rentabilidades promedio del conjunto de cultivos transitorios analizados por distrito. En los casos de los cultivos permanentes (cacao, café y plátano), también se asignó un valor específico por cultivo y por distrito, de acuerdo al período de cosecha en cada caso.
- Los flujos de beneficios netos se calcularon por distritos, con la finalidad de obtener

la rentabilidad promedio en cada uno de ellos, y poder multiplicarla por las áreas agrícolas inundadas.

- Para solucionar las limitaciones de información (algunos Gobiernos Regionales, Direcciones Regionales de Agricultura y Agencias Agrarias no disponen de ésta información), se utilizaron datos de otros distritos con características similares en los procesos productivos, rendimientos y precios en chacra. Se asumió que si los rendimientos y precios en chacra son similares, tendrán estructuras de costos parecidas.

Estos valores de rentabilidad agrícola totales, calculados a nivel de distrito, fueron llevados a valores de rentabilidad promedio por hectárea, para luego multiplicarlos por las superficies de área agrícola que se perderían por la formación de los embalses. Con esto se tiene una expresión económica sobre el alcance de los impactos generado por los embalses necesarios para la operación de los proyectos hidroeléctricos.

Pérdida de la renta proveniente de la pesca

Como se menciona en la sección 2, la pesca es una de las actividades de subsistencia y de valor cultural más importantes en el área de estudio, sobre todo en la parte más baja de la cuenca del río Marañón, donde las aguas son menos torrentosas y se tiene mayor acceso al río y cochas. En áreas con poco acceso a mercados pero con un mayor acceso a una diversidad de recursos naturales, como el ámbito de estudio, la población depende fuertemente de los bienes comunes, como las pesquerías, para su sustento (Glave *et al.* 2014; FAO 2005).

Para la estimación del valor económico del impacto sobre la pesca existente en el área de estudio se partió del levantamiento de información de línea base, realizado durante la visita de campo. Adicionalmente, se recopiló y revisó información bibliográfica existente, se

hicieron consultas a expertos conocedores del área (WCS, GRADE), así como a funcionarios locales de instituciones públicas relacionadas con el tema (SERNANP, IIAP, PRODUCE, entre otras).

La monetización del impacto sobre la pesca se basa en la interrupción de la migración de peces en dirección aguas arriba del río Marañón. Es decir, el valor del impacto se cuantificó para un plazo de 30 años mediante el cálculo de la pérdida del valor por faena de pesca asumiendo que desaparecerían las especies migratorias. Estos cálculos se realizaron sólo para el tramo de la cuenca baja afectado por el reservorio de la CH Manseriche, ya que es el área para la que se cuenta con mayor información, y además donde se presenta la pesca de manera más intensa en comparación a las zonas más altas¹³. Luego este resultado fue extrapolado a la extensión de ríos principales de la cuenca baja que serían afectados como ruta de migración de peces, utilizando como multiplicador para esto a la rentabilidad por kilómetro obtenida del cálculo inicial. Se reconoce que este es un cálculo grueso sobre las pérdidas en renta proveniente de la pesca. Sin embargo, es una estimación conservadora, considerando que las rutas migratorias afectadas no son únicamente los ríos principales, sino también los ríos de primer, segundo o tercer orden, las quebradas, las cochas y los bosques inundados (tahuampas).

Por otro lado, en la parte de la llanura aluvial aguas abajo del dique de Manseriche, los efectos económicos de este impacto son inciertos, considerando que no se encontró mayor referencia sobre el comportamiento de los peces aguas abajo ante la interrupción de su vía migratoria. Dicho de otra manera, es evidente que los peces migratorios no cruzarán por los diques de las represas, y la pesca de éstas especies se verá afectada aguas arriba de la barrera. Sin embargo, se desconoce el comportamiento de los peces ante la

¹³ De hecho mucho de la pesca reportada en zonas más altas dentro de la cuenca proviene de la zona del Pongo de Manseriche. Por lo tanto es el tramo más relevante en término de pérdidas potenciales por la interrupción de la migración de peces.

imposibilidad de completar su patrón habitual de migración aguas abajo del dique. Así mismo, las estimaciones realizadas en este análisis asumen que los impactos ocurrirán desde el inicio de la operación de la hidroeléctrica. De acuerdo a la evidencia encontrada sobre los impactos de hidroeléctricas en la Amazonía (Fearnside 1990; Fearnside 2014; Hiraoka 1989; entre otros), la afectación de la pesca es un impacto real de proyectos como los analizados en este estudio, y suele ocurrir a partir del primer año de operación del reservorio para controlar las descargas de la represa.

Para los calculos, se utilizó el método de valoración a precios de mercado, el cual es uno de los más utilizados para estimar valores de uso directo (Montenegro 2008; MINAM 2015 B). Mediante esta metodología se busca estimar el valor neto de la actividad pesquera a partir de información sobre los ingresos y egresos brutos generados. Para los ingresos de la pesca se utilizó el precio promedio reportado en la zona: 10 soles por kg en el verano, y 12 soles en invierno, y para los costos la información resumida en la Tabla 7.

TABLA 7. COSTOS UNITARIOS PROMEDIO DE PESCA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO MARAÑÓN (ALVAREZ & RIOS 2008)¹⁴

Descripción	Unidad	Precio unitario (S/.)
Peque-peque	día	1.33
Anzuelo	unidad	5
Arrastradora	unidad	230
Tarrafa	unidad	250
Trampa	unidad	120
Combustible	día	68
Faena	día	15

¹⁴ Corresponde al valor de depreciación diaria de la embarcación y las herramientas de pesca (Alvarez & Rios 2008).

Con estos datos se construyeron flujos de caja en base a la estructura de costos utilizada por Alvarez & Rios (2008) (Tabla 7) para evaluar la pesca artesanal en Loreto, en términos de Valor Presente Neto (VPN). En este análisis se considera un plazo de 30 años de evaluación a partir del período de ocurrencia del impacto (desde el año 2022¹⁵), dado el año de inicio de operación de la CH Manseriche, proyecto que será la primera barrera para la migración de peces.

Pérdida de rentabilidad agrícola por reducción de sedimentos en la llanura aluvial

Los Andes tienen influencia sobre la Amazonía en términos de flujo de agua, suelo y vegetación (McClain & Naiman 2008). Esta geodinámica es controlada por los sedimentos suspendidos en el cauce principal del río y la planicie de inundación, que provee entre el 82% y el 90% del total de sedimentos, de acuerdo a lo reportado por Gibbs (1967) y Meade (1994). Los sedimentos andinos están conformados por minerales y materia orgánica. Forster (1974) indica que se transportan cerca del 50-60% de iones de sodio (Na), magnesio (Mg), calcio (Ca), alcalinidad (t) y sulfatos (SO₄) disueltos. Este rico contenido mineral es el rasgo principal de la productividad ecológica cuenca abajo. Por ejemplo, Rodríguez (1990) indica que las aguas blancas que caracterizan al río Marañón (en la región Loreto) hacen que los suelos inundables tengan una mayor fertilidad, comparados con los de altura (Rodríguez 1990).

Sin la presencia de hidroeléctricas, el flujo de los ríos amazónicos varía estacionalmente debido a la alternancia de las lluvias en los Andes. Los pulsos de inundación de aguas

¹⁵ Se asume que la construcción de la CH Manseriche se iniciaría en el año 2017 y su operación empezará el 2022 debido a que no se encontró información sobre la fecha estimada de inicio del proyecto, a diferencia de los proyectos de la cuenca media - baja.

blancas rejuvenecen las planicies inundables con suelos aluviales fértiles (List 2016; Hiraoka 1989).

Cada año los sedimentos se depositan en un área de 300 m desde el borde del río hasta una altura de 1.5 m, aunque esto puede variar de acuerdo a la hidrodinámica del río y su ubicación dentro de la planicie (Hiraoka 1989). La productividad agrícola en estos suelos jóvenes es alta. Por ejemplo, el aporte de sedimentos por las inundaciones en los barrizales de las orillas de los ríos (mezcla de barro y arena), contienen suelos del tipo entisoles y limosos, que permiten la siembra de arroz, mientras que las restinga¹⁶ contienen suelos del tipo entisoles-alfisoles, franco-franco arenosos, que permiten la siembra de plátano, yuca, maíz, frejoles, verduras y frutales (Labarta *et al.* 2007).

Tomando en consideración el aporte de los sedimentos que transportan los ríos amazónicos, la construcción de centrales hidroeléctricas a lo largo del Marañón, ocasionaría un reajuste en la geomorfología de la Amazonia por la retención de los sedimentos en los embalses. Esto resultaría en una pérdida sustantiva del efecto de fertilización de las áreas inundables del río, afectándose la agricultura que se desarrolla en las zonas más bajas de la cuenca del río Marañón (Figura 5).

Sin el aporte de sedimentos, la agricultura se vería limitada debido a las siguientes razones:

1. Los suelos amazónicos que no sufren inundaciones periódicas son extremadamente pobres. Es decir, son suelos ácidos de baja fertilidad natural, donde el 90% son deficientes en fósforo y nitrógeno, más del 50% es deficiente en potasio y presentan serios problemas de toxicidad por aluminio y/o bajos niveles de calcio y magnesio (Hecht 1989).

¹⁶ Áreas cercanas a los ríos que reciben inundaciones periódicas.

2. La mayor parte de los nutrientes no están en el suelo, sino en la biomasa. El proceso de tumba, rosa y quema con fines agrícolas, agrega cierta fertilidad al suelo por las cenizas, sin embargo, su efectividad tiene corta duración (Rodríguez 1990). Esto resalta la importancia de los ríos en el transporte de sedimentos andinos para la fertilización de los suelos amazónicos.
3. Al limitarse la reposición estacional de los nutrientes a través de las inundaciones, el suelo se deteriora gradualmente por efecto del agotamiento de los nutrientes, y los cultivos son viables sólo por un corto periodo (dos o tres años), luego del cual la chacra es abandonada y se convierte en purma (Rodríguez 1995).

Para expresar económicamente el impacto de la retención de los sedimentos se utilizó como supuesto principal la información proporcionada por los pobladores de la zona durante el levantamiento de datos en campo. Según su experiencia, existe una diferencia notable entre el rendimiento de los cultivos en las zonas inundables en comparación a las áreas agrícolas asentadas en partes más altas de su territorio, siendo el plátano el principal sembrío cultivado en las zonas bajas que se benefician de la reposición natural y cíclica de sedimentos (Labarta *et al.* 2007). Esta diferencia es ilustrada por la calidad y el tamaño del plátano, que se refleja en el precio. Mientras el plátano “de primera” que se cultiva en las zonas bajas tiene un precio de 12 soles por racimo, el plátano llamado “de segunda” tiene un valor promedio de 10 soles por racimo.

Por otro lado, según Torres (2014) y los datos observados en campo, cada familia tiene en promedio 2.3 ha cultivadas, de las cuales alrededor del 80% se encuentra en zonas que se benefician del régimen de inundación del río (Labarta *et al.* 2007), lo que significa que para el área que se evaluó existen alrededor de 2,114 ha de tierras agrícolas inundables correspondiente a las 1,053 familias asentadas en la ribera del Marañón (MINSa 2016), que perderían aptitud para la agricultura ante la ausencia de sedimentos producto de la retención del dique de la hidroeléctrica Manseriche (Anexo 2).

A fin estimar el valor monetario del impacto por la ausencia de sedimentos, un supuesto conservador es que la producción en las zonas bajas alcanzaría los rendimientos de la misma práctica en las zonas altas, en donde las condiciones alcanzan una producción de menor valor (“plátano de segunda”). Por lo tanto el valor del impacto será la diferencia entre los beneficios netos que se obtendrían con el flujo normal de sedimentos y la producción típica de plátano a un precio de 12 soles por racimo, menos el valor de la producción que se alcanzaría en un escenario de menor rendimiento y ante un precio más bajo por racimo (10 soles).

$$VPN_{pérdida\ de\ sedimentos} = VPN_{p=12} - VPN_{p=10}$$

Al no contarse con información precisa sobre los cultivos y las superficies presentes en la zona, se utiliza el valor del plátano como referencia para estimar una parte de la magnitud económica del impacto, asumiendo que las áreas aprovechables para la siembra del plátano corresponden a 2.5 hectáreas por familia en promedio (Cuñachi 2014); y que las áreas donde éstas son sembradas se dividen en restingas bajas (48.1%), medias (35.2%) e incluso las altas (16.7%) (Cuñachi 2014). Por lo tanto más del 80% se encuentra en zonas que se benefician del régimen de inundación del río (restinga baja y media).

Finalmente, se multiplicó la cantidad de familias presentes en el tramo de evaluación (MINSA 2016), por el porcentaje del tamaño de hectáreas agrícolas de plátano por familia y se obtuvo el total de hectáreas de plátano a nivel de todos los centros poblados.

Estos supuestos son conservadores, considerando que con la instalación de los embalses las inundaciones seguirán ocurriendo, pero bajo un patrón impredecible para los agricultores, lo que puede resultar en pérdidas adicionales de tierras cultivadas (incluso en zonas elevadas), teniendo en cuenta también que las aguas no tendrían los nutrientes que solían transportar. Adicionalmente, al considerar nuestro análisis únicamente el cultivo de plátano, los resultados son una expresión parcial de la rentabilidad que ofrecen las zonas sujetas a los regímenes de inundación del río y sus sedimentos.

Costo de emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂e)

Las centrales hidroeléctricas no son necesariamente fuente de energía limpia. En muchos casos son grandes generadoras de emisiones de gases de efecto invernadero, producto de la materia orgánica que se inunda durante la operación de instalación (Fearnside 2014), además de la deforestación asociada con la construcción de las infraestructuras auxiliares del proyecto (Borasino 2011), y como consecuencia de los procesos de migración demográfica que pueden ocurrir alrededor de un proyecto de gran escala, como usualmente son las hidroeléctricas. Esta combinación de factores resulta en la emisión de dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) y metano (CH₄), gases que contribuyen de manera significativa al calentamiento global (Fearnside 2014).

Para la valoración de este impacto se calcularon sólo las emisiones de CO₂ y CH₄ generadas por los embalses de los proyectos analizados, las cuales fueron modeladas por International Rivers (2014).

El proceso metodológico utilizado para la estimación del valor monetario de este impacto es una adaptación de lo realizado por Jericó-Daminello *et al.* (2016). En este caso se identificó primero el tipo de uso de suelo que sería inundado por los embalses (bosque, zona agrícola, área urbana, cuerpo de agua). Luego se obtuvo el stock de Carbono (Mg C/ha¹⁷) presente en el área de los reservorios en base a la capa de carbono generada por Carnegie y MINAM (2014). Finalmente, se estimó la cantidad de emisiones que se generarían por la inundación de dichas áreas en términos de carbono (Mg C/ha).

Estas cantidades de carbono fueron convertidas a CO₂ y CH₄ mediante el modelo *Biome Carbon Loss* (Lima 2010), utilizando las proporciones de estos gases por tonelada de

¹⁷ Megagramos de Carbono por hectárea.

carbono estimada: 73% de CO₂ y el 27% de CH₄ (Caja 1). Para convertir los Mg C ha⁻¹ a CO₂e (carbono equivalente) se utilizó una tasa de 3.67 y para el CH₄ el factor fue de 1.34 (Jericó-Daminello *et al.* 2016). Finalmente, para llevar los CH₄ a CO₂e se utilizó el factor de conversión sugerido por el Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC por sus siglas en inglés)¹⁸ (IPCC 2013).

Las fórmulas utilizadas en el análisis se resumen en el siguiente cuadro:

Caja 1. Fórmulas utilizadas en el cálculo de las emisiones de carbono a causa de la formación de reservorios (Jericó-Daminello *et al.* 2016)

$$(e1) = \left(\frac{C_o}{5}\right) e^{(0.3t)} + \left(\frac{C_o}{3}\right) e^{(-0.03t)} + \frac{C_o}{2}$$

$$(e2) = (e1) t - 1 - (e1) t$$

$$(e3) = (e2) * \%CO_2 * FCCO_2$$

$$(e4) = (e2) * \%CH_4 * FCCH_4 * GWP86$$

$$(e5) = (e3) + (e4)$$

Donde:

e1: Stock de carbono en el reservorio;
 e2: Emisiones de carbono en el reservorio;
 e3: Emisiones de CO₂;
 e4: Emisiones de CO₂e originadas a partir de las emisiones de CH₄;
 e5: Emisiones de CO₂e en el año t;
 Co: Cantidad total de carbono el reservorio en el tiempo inicial (inicio de la inundación) (tC);

t: Tiempo de existencia de la zona inundada (años);
 %CO₂: Proporción de CO₂ del volumen de C emitido del reservorio;
 %CH₄: Proporción de CH₄ del volumen de C emitido del reservorio;
 FCCO₂: Factor de conversión de C en CO₂;
 FCCH₄: Factor de conversión de C en CH₄;
 GWP56: Global warming potential de CH₄.

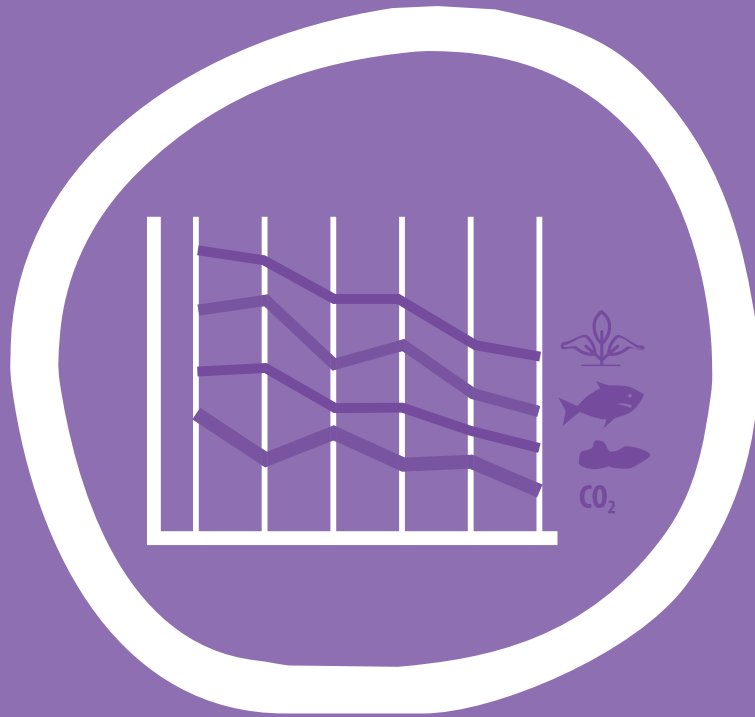
¹⁸ http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php

Este modelo es conservador, puesto que sólo se consideran las emisiones provenientes del reservorio, dejando de lado el incremento de las emisiones que resultarían del turbinado de las aguas (Fearnside 2014; Amazon Watch 2011; Fearnside 2005), o las emisiones que puedan generar las áreas que se deforestarían para la instalación de la línea de transmisión y otras infraestructuras auxiliares.

Los cálculos de costos de las emisiones de gases invernadero fueron realizados con un precio base constante de US\$ 3.3 para una tonelada de CO₂ equivalente, basado en el precio promedio del mercado voluntario de carbono del año 2015 (Hamrick & Goldstein 2016).

Por otro lado, es importante mencionar que se debe distinguir el valor del precio al asignar un valor monetario a las emisiones de carbono que ocurrirían por cada proyecto. El primero se define como el valor presente neto (VPN) del daño incremental debido a un aumento en las emisiones de carbono (Tol 2010)¹⁹. Este costo social no es lo mismo que el precio de mercado, que simplemente recoge los precios de las transacciones corrientes. En términos de distribución, el valor se acumula a escala global, mientras que el precio representa la cantidad que puede ser recibida a nivel nacional y local por cada transacción realizada (Rubio & Escobedo 2015). Por lo tanto, aunque el valor social es entonces mucho más alto (ver por ejemplo DEFRA 2007), éste estudio sólo considera los costos, es decir las pérdidas para el Perú en un mercado voluntario para la implementación de REDD+.

¹⁹ Tol (2005) sugiere que el costo marginal de las emisiones de dióxido de carbono no deberían exceder los USD 50 por tonelada.



Resultados

IMPACTOS AMBIENTALES Y SUS IMPLICANCIAS ECONÓMICAS

En esta sección se presentan los resultados del análisis de los impactos de las infraestructuras seleccionadas en la sección 3.1, desde una perspectiva individual y acumulada. Es decir, considerando los efectos conjuntos que podrían derivarse de la construcción y operación de los cinco proyectos hidroeléctricos (ver en Oyague *et al.* 2016 el detalle de impactos individuales).

Para algunos de los impactos, los resultados del análisis se presentan agrupados por las centrales hidroeléctricas de acuerdo a su ubicación en la cuenca del río Marañón (cuenca media-baja y cuenca baja), para mostrar los efectos individuales y acumulados de los proyectos:

- La cuenca media - baja, que considera la construcción y operación de tres centrales hidroeléctricas: Río Grande, Chadín 2 y Veracruz. Todas ellas cuentan con instrumentos ambientales aprobados (EIA en el caso de Veracruz y Chadín 2) o en proceso de evaluación (EIA del proyecto Río Grande y Modificatoria del EIA en el caso de Veracruz). En este tramo se valoró el impacto económico resultante de la agricultura que se desplazaría ante la inundación generada por los embalses, las alteraciones hidrológicas, y las emisiones de gases de efecto invernadero producto de la materia orgánica que se perdería en las áreas de los reservorios.
- La cuenca baja, que contempla la implementación de los otros dos proyectos hidroeléctricos, Rentema y Manseriche. Para este caso, además de los 3 impactos considerados para la cuenca media-baja, se incluye también una estimación monetaria sobre las pérdidas de renta proveniente de la pesca que ocurriría ante la interrupción de las rutas migratorias de peces en la zona del Pongo de Manseriche, por ser la zona donde esta actividad se practica más intensamente en la cuenca.

A continuación se presentan los resultados de nuestro análisis para estimar el valor económico de los impactos acumulativos de los proyectos hidroeléctricos priorizados para este estudio:

Alteración hidrológica y pérdidas agrícolas en las áreas inundadas por los reservorios

En el tramo cuenca media - baja (implementación de Río Grande, Chadín 2 y Veracruz), la construcción conjunta de las centrales hidroeléctricas de estos tres proyectos implica una modificación importante en los caudales de ingreso a los embalses de las dos últimas, y en consecuencia, también una modificación en el tiempo requerido para alcanzar el almacenamiento necesario para asegurar los valores óptimos de caudal a turbinar (Tabla 8 y Tabla 9).

TABLA 8. VALORES DE CAUDAL DE INGRESO AL EMBALSE CHADÍN 2 EN UN AÑO HIDROLÓGICAMENTE NORMAL (50% DE PERSISTENCIA, CAUDAL EN M³/S)

Meses	Caudal Natural	Caudal Modificado	% Modificación
ENE	610.67	518.37	-15.12
FEB	846.54	544.77	-35.65
MAR	986.12	844.22	-14.39
ABR	795.29	795.29	0.00
MAY	366.50	491.03	33.98
JUN	213.76	323.93	51.54
JUL	154.91	267.34	72.58
AGO	132.00	164.78	24.83
SEP	137.14	165.35	20.57
OCT	253.16	278.34	9.95
NOV	395.62	494.29	24.94
DIC	530.44	509.38	-3.97

CORBIDI, división de Limnología 2016.

TABLA 9. VALORES DE CAUDAL DE INGRESO AL EMBALSE VERACRUZ EN UN AÑO HIDROLÓGICAMENTE NORMAL (50% DE PERSISTENCIA, CAUDAL EN M³/S)

Meses	Caudal Natural	Caudal Modificado	% Modificación
ENE	672.15	561.49	-16.46
FEB	931.78	585.24	-37.19
MAR	1,085.42	699.29	-35.57
ABR	875.37	780.08	-10.89
MAY	403.41	527.93	30.87
JUN	235.28	421.52	79.16
JUL	170.51	365.60	114.42
AGO	145.30	263.29	81.21
SEP	150.95	263.81	74.77
OCT	278.65	325.49	16.81
NOV	435.45	539.83	23.97
DIC	583.85	553.41	-5.21

CORBIDI, división de Limnología 2016.

Estas modificaciones en los caudales de ingreso, asociadas a la capacidad de almacenamiento de los embalses y el caudal de diseño de las casas de turbinas de estas tres centrales hidroeléctricas implican a su vez una modificación en el régimen de descargas hacia el río Marañón, el cual experimentaría variaciones cada vez más intensas (ver Oyague *et al.* 2016).

Por otro lado, según se puede apreciar en el Gráfico 1, en un año normal el nuevo régimen de descargas se ubica entre los escenarios de conservación A (óptimo), B (bueno) y C (medio), en los meses de aguas altas (diciembre a abril). Sin embargo, en los meses de

estiaje (mayo a noviembre), el caudal incrementado por las descargas provenientes del embalse supera incluso a la actual condición natural, lo que hace que el río transporte una cantidad de agua mayor a la que suele discurrir en este período. Esto implica que el período de aguas bajas (invierno) presenta un caudal mayor al esperado, restringiéndose (e incluso pudiendo eliminarse) características naturales importantes de la fase de estiaje como: flujo laminar y patrones deposicionales en zonas de cría y guardería de peces, señales de inicio/fin de etapas migratorias y reproductivas, y alta concentración de organismos bentónicos, lo que facilita la caza por parte de organismos mayores como por ejemplo los peces (Richter *et al.* 1997a; Richter *et al.* 1997b).

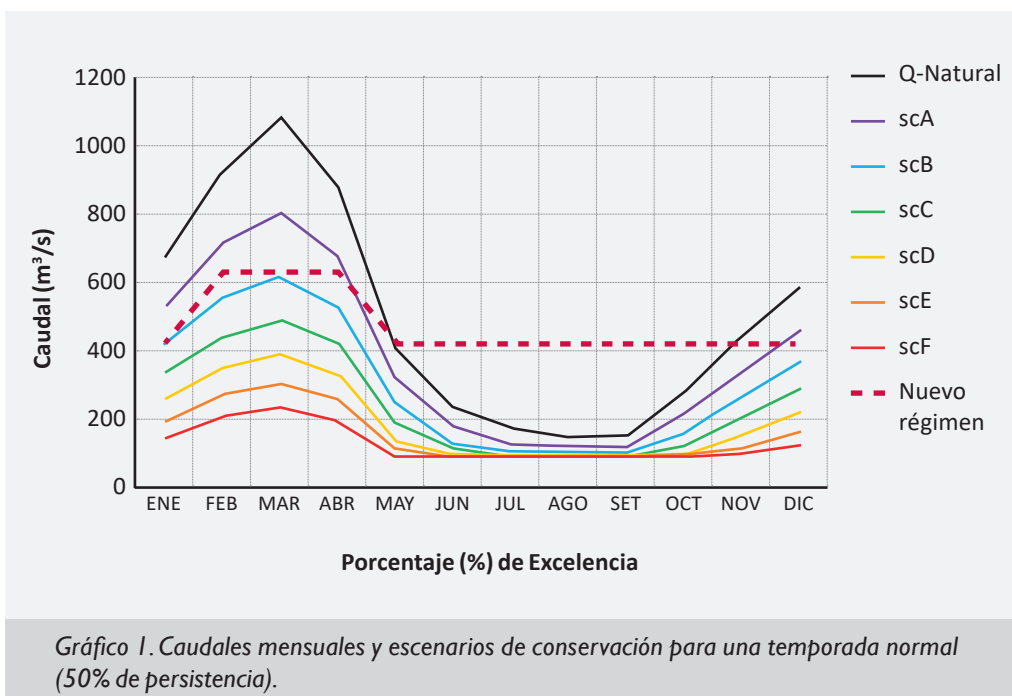


Gráfico 1. Caudales mensuales y escenarios de conservación para una temporada normal (50% de persistencia).

CORBIDI, división de Limnología 2016.

Otro efecto importante tiene que ver con la reducción en los patrones de variabilidad natural, puesto que el nuevo régimen genera un hidrograma mucho más plano a nivel de caudales medios mensuales. Esto significa que en el nuevo régimen los caudales pico de la época húmeda (diciembre a abril) tenderán a ser menores (puesto que será el período en el cual los embalses habrán de llenarse), mientras que el caudal base de época seca se eleva artificialmente debido a que lo almacenado en los embalses se liberaría para ser turbinado. Esto sin considerar que la operación típica del embalse tiende a eliminar patrones de variación hidrológica más finos (diarios u horarios), que pueden constituir señales importantes para el desarrollo del ecosistema acuático (Richter *et al.* 1997a; Richter *et al.* 1997b; Poff *et al.* 1997; Poff *et al.* 2010).

En un año seco (Gráfico 2), la situación es muy similar: en los meses de mayor disponibilidad de agua (enero a abril) los valores de caudal descargado se ubican entre el caudal natural y los escenarios de conservación óptimo (A), bueno (B) y medio (C), pero en la época seca, el flujo subvencionado por las descargas provenientes del embalse supera incluso al caudal natural, modificándose drásticamente el régimen natural, como se ha indicado antes. Esta modificación de los caudales extremos (tanto los más altos de la época húmeda, como los bajos de la época seca) constituye un impacto adverso para la comunidad biótica, puesto que elimina una serie de características importantes como señales ecológicas, concentración de recursos, características hidráulicas amistosas en la fase de cría y reclutamiento de peces, entre otros (Richter *et al.* 2010).

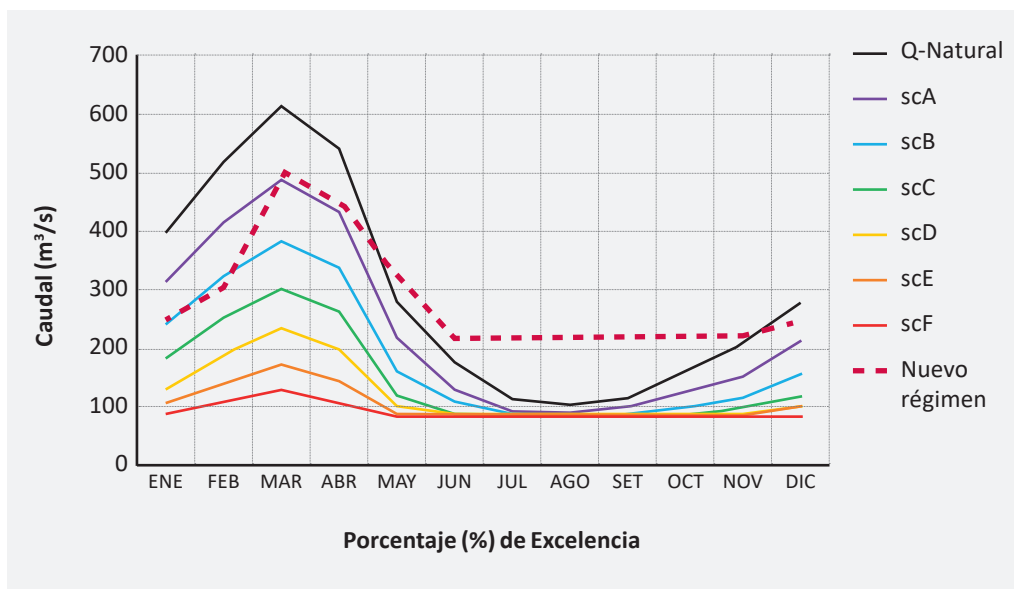


Gráfico 2. Caudales mensuales y escenarios de conservación para una temporada seca (20% de persistencia).

CORBIDI, división de Limnología 2016.

Finalmente, la combinación de los efectos descritos, más la superficie de agua embalsada por los proyectos (International Rivers 2014), resulta en una pérdida importante de áreas agrícolas por inundación (Tabla 10 y Figura 7).

TABLA 10. EXTENSIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS INUNDADAS EN LA CUENCA MEDIA-BAJA (EN HECTÁREAS)

Proyecto	Área agrícola inundada (ha)	Acumulado (ha)
Río Grande	556.15	556.15
Chadín 2	244.88	801.03
Veracruz	73.37	874.40

CORBIDI, división de Limnología 2016.

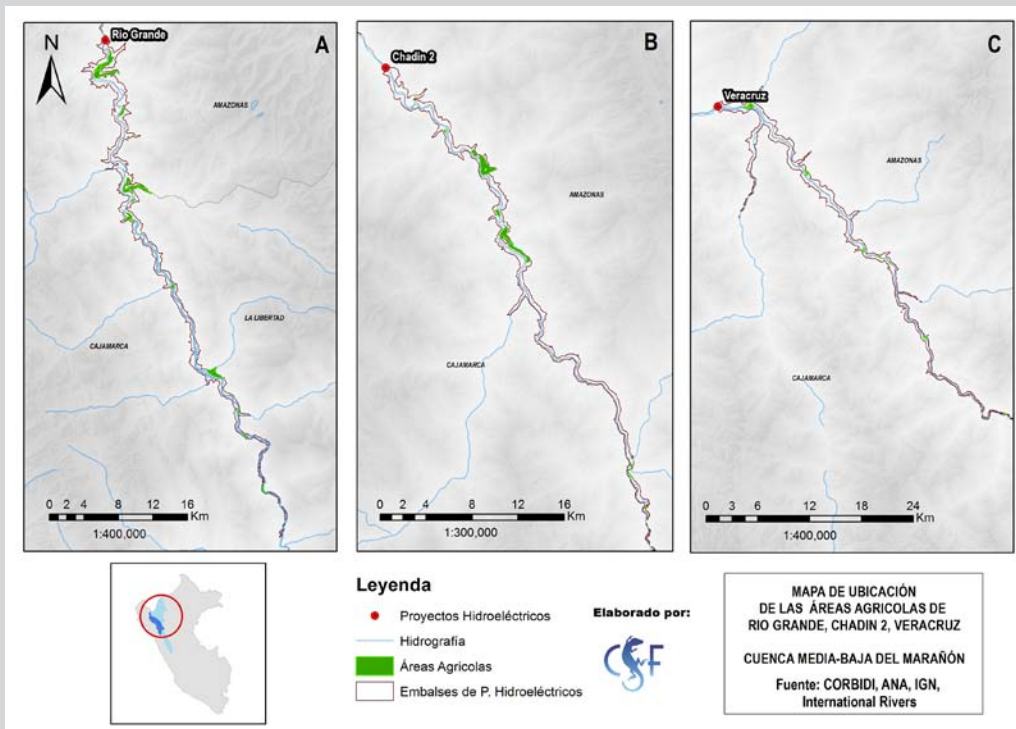


Figura 7. Áreas agrícolas inundadas en la cuenca media - baja del río Marañón.

La agricultura que sería afectada abarca 20 distritos en las regiones La Libertad, Cajamarca y Amazonas (Tabla 11). De acuerdo a lo descrito en la sección metodológica, se calculó la rentabilidad por hectárea promedio a partir de los datos obtenidos de los cultivos más importantes de la Dirección Regional de Agricultura de las regiones Amazonas, Cajamarca y La Libertad (Tabla 11). Estos datos fueron calculados en Valor Presente Neto para un horizonte de 30 años y llevados a valores por hectárea dividiéndolos entre la superficie agrícola total por cada uno de los distritos afectados (Tabla 12). Estos valores fueron comparados y validados con los valores de rentabilidad agrícola estimado por las Direcciones Agrarias regionales en el área de estudio.

TABLA 11. ÁREA AGRÍCOLA AFECTADA POR DISTRITO EN LA CUENCA MEDIA - BAJA

Región	Provincia	Distrito	Área inundada	Áreas agrícolas inundadas (ha)	% de área agrícola inundada
Amazonas	Chachapoyas	Balsas	1,180.32	215.19	18.2%
		Chuquibamba	447.69	77.58	17.3%
	Luya	Camporredondo	344.96	2.47	0.7%
		Cocabamba	649.06	60.11	9.3%
		Pisuquia	634.17	152.84	24.1%
		Providencia	178.93	3.43	1.9%
		Ocumal	219.38	0.43	0.2%
	Utcubamba	Lonya Grande	864.89	36.94	4.3%
		Yamón	227.68	21.50	9.4%
Cajamarca	Celendín	Celendín	616.89	30.31	4.9%
		Cortegana	353.75	1.42	0.4%
		Chumuch	659.72	20.80	3.2%
		Oxamarca	734.46	38.25	5.2%
		Utco	635.38	1.12	0.2%
	Chota	Chimban	264.80	6.11	2.3%
		Choropampa	320.61	2.37	0.7%
	San Marcos	José Sabogal	887.33	18.00	2.0%
La Libertad	Bolívar	Bolívar	200.02	11.26	5.6%
		Longotea	1,011.71	113.61	11.2%
		Ucuncha	234.94	60.67	25.8%
Total			10,666.72	874.40	8.2%

TABLA 12. PÉRDIDA DE RENTABILIDAD AGRÍCOLA EN LA CUENCA MEDIA-BAJA²⁰

Proyecto	Área (ha)	Pérdida de rentabilidad agrícola (VPN millones de S/.)
Río Grande	556.15	8.18
Chadín 2	244.88	3.50
Veracruz	73.37	0.95
Total Pérdida de renta agrícola (millones de S/.)		12.63

En este tramo de la cuenca las pérdidas agrícolas mayores provendrían del reservorio del Proyecto Río Grande. Esto debido a que su área de embalse es 60% más grande que las de los otros proyectos evaluados hasta aquí (Anexo 2), y a que la actividad agrícola en esa área es más intensa en comparación a las superficies de los otros embalses²¹.

Por otro lado, si se considera la (teórica) existencia de las tres centrales hidroeléctricas anteriores (Río Grande, Chadín 2 y Veracruz), la construcción de Rentema y Manseriche en la cuenca baja estaría sujeta a modificaciones, relacionadas con el nivel de abastecimiento de agua disponible para ellas.

En el caso del embalse Rentema, la ubicación de la presa (al final del cañón homónimo), implica que el río -en su condición actual (sin alteraciones perceptibles)- experimentaría

²⁰ Ver Anexo 2 para detalle sobre la rentabilidad por hectárea en cada uno de los distritos que se verían afectados.

²¹ Más del 8% del área del reservorio de Río Grande está ocupada por tierra agrícola, en comparación al 7% y 2% en los casos de Chadín 2 y Veracruz respectivamente.

un incremento sustancial en el flujo con respecto al aporte de la cuenca media-alta (zona en la que se ubican Río Grande, Chadín 2 y Veracruz), debido a la mayor área aportante, y la presencia de afluentes mayores como el Chamaya, el Chinchipe y el Uctubamba, de manera que las variaciones en el caudal descargado desde el embalse de Veracruz, no generan mayores alteraciones en el caudal de ingreso a la futura presa en Rentema. Según se muestra en la Tabla 13, en un año normal (en términos hidrológicos), la variación de caudal implica una reducción promedio del 6.70% en los meses de mayor disponibilidad (noviembre a abril) y un ligero incremento del 8.16% en promedio, para los meses de la época seca (mayo a octubre). En los años secos el escenario es similar: en los meses de mayor disponibilidad de agua (entre diciembre y mayo en este caso) se aprecia una ligera disminución en el caudal, del orden del 3.0%, mientras que en los meses más secos (junio a noviembre) el efecto se expresa en un ligero incremento del 3.4% de la disponibilidad natural.

TABLA 13. VALORES DE CAUDAL DE INGRESO AL EMBALSE RENTEMA EN UN AÑO HIDROLÓGICAMENTE NORMAL (50% DE PERSISTENCIA, CAUDAL EN M³/S)

Meses	Caudal Natural	Caudal Modificado	% Modificación
ENE	3,384.41	3,132.26	-7.45
FEB	4,385.58	3,873.80	-11.67
MAR	4,381.02	3,925.61	-10.40
ABR	4,947.74	4,702.37	-4.96
MAY	4,610.06	4,836.66	4.92
JUN	3,825.51	4,220.22	10.32
JUL	3,614.39	3,863.89	6.90
AGO	2,487.50	2,762.21	11.04
SEP	2,501.62	2,770.67	10.76
OCT	2,805.11	2,946.46	5.04
NOV	2,901.36	2,885.91	-0.53
DIC	3,155.64	2,991.80	-5.19

CORBIDI, división de Limnología 2016.

El análisis de pre-factibilidad de proyectos hidroeléctricos del Ministerio de Energía y Minas (2009), indica que el caudal turbinado previsto para la CH Rentema sería de 1,440 m³/s. Si esta configuración se mantuviera (a pesar de que la capacidad de almacenamiento del embalse permitiría valores hasta una o dos veces mayores), entonces la disponibilidad de agua del proyecto, natural o modificada, permitiría la satisfacción de la demanda del proyecto hidroeléctrico, sin implicancias en términos hidrológicos (Tabla 14).

TABLA 14. VALORES DE CAUDAL DE INGRESO AL EMBALSE RENTEMA, EN UN AÑO HIDROLÓGICAMENTE SECO (90% DE PERSISTENCIA, CAUDAL EN M³/S)

Meses	Caudal Natural	Caudal Modificado	% Modificación
ENE	2,400.04	2,287.13	-4.70
FEB	2,686.66	2,510.70	-6.55
MAR	3,339.12	3,279.18	-1.80
ABR	3,533.37	3,491.94	-1.17
MAY	3,405.91	3,374.53	-0.92
JUN	2,655.50	2,693.82	1.44
JUL	2,587.16	2,684.02	3.74
AGO	1,743.41	1,849.90	6.11
SEP	1,687.35	1,780.05	5.49
OCT	1,710.92	1,760.87	2.92
NOV	1,895.62	1,904.68	0.48
DIC	1,902.40	1,847.70	-2.88

CORBIDI, división de Limnología 2016.

En el caso de la central de Manseriche, ésta ha sido planteada como el proyecto hidroeléctrico más grande del país, con una producción máxima potencial de 4,500 MW/h,

alimentada por un embalse de 5,470 Km² (International Rivers 2014), con un volumen total de almacenamiento de 21,750 MMC (21.75 x 10⁹ m³), y un caudal turbinado constante de 3,500 m³/s.

El análisis de los valores de caudal modificado frente a la condición natural en un año hidrológico normal (caudales mensuales con una persistencia del 50%), muestra que los efectos de alteración del régimen hidrológico, experimentados principalmente en el sector medio de la cuenca (zona de bosques secos del Marañón, donde se ubican Río Grande, Chadín 2 y Veracruz), tienen una expresión mínima en el Pongo de Manseriche. En años normales (Tabla 15), durante la temporada de aguas altas (meses lluviosos, entre noviembre y abril) los caudales mensuales experimentarían una reducción media del 4.87%, en tanto que para la temporada de aguas bajas (mayo a octubre) el incremento observado es del 5.93% en promedio. Todos los valores de caudal previstos para años normales superan, al menos ligeramente, el valor de caudal demandado (3,500 m³/s). Es por este motivo que no se esperarían modificaciones hidrológicas aguas abajo del embalse (aguas abajo del Pongo de Manseriche). Esto implica que, en años normales y/o húmedos, y bajo la configuración actual del proyecto, la estacionalidad, duración y extensión de las fases de vaciante e inundación se mantendrían sin mayor modificación. Sin embargo, debe recordarse que este análisis no considera los efectos de la pérdida de sólidos suspendidos y su depósito en los llanos aluviales como nutrientes, o el de erosión incrementada (hungry waters).

TABLA 15. VALORES DE CAUDAL DE INGRESO AL EMBALSE MANSERICHE EN UN AÑO HIDROLÓGICAMENTE NORMAL (50% DE PERSISTENCIA, CAUDAL EN M³/S)

Meses	Caudal Natural	Caudal Modificado	% Modificación
ENE	4,660.01	4,407.86	-5.41
FEB	6,038.52	5,526.74	-8.48
MAR	6,032.25	5,576.83	-7.55
ABR	6,812.56	6,567.19	-3.60
MAY	6,347.61	6,574.21	3.57
JUN	5,267.36	5,662.07	7.49
JUL	4,976.67	5,226.16	5.01
AGO	3,425.05	3,699.76	8.02
SEP	3,444.49	3,713.54	7.81
OCT	3,862.37	4,003.71	3.66
NOV	3,994.90	3,979.44	-0.39
DIC	4,345.02	4,181.17	-3.77

CORBIDI, división de Limnología 2016.

En el caso de ocurrir un año seco (caudales mensuales con una persistencia del 90%, Tabla 16), se espera una reducción del orden del 2.18% en el caudal medio durante los meses con mayor disponibilidad de agua (diciembre a mayo), mientras que en los meses secos se esperaría un incremento cercano al 2.44%. En este escenario sí existen algunas restricciones en cuanto a la disponibilidad de agua. Considerando una demanda constante de 3,500 m³/s se requeriría utilizar parte del agua almacenada en el embalse entre los meses de agosto y enero, durante los cuales la disponibilidad de caudal de ingreso al sistema es menor que la demanda. Adicionalmente, durante los siguientes seis meses (febrero a julio), de persistir la condición seca, la capacidad de abastecimiento alcanzaría

para reponer solamente el 73.50% de lo utilizado desde el embalse. Esto implica un déficit cercano a los 3,700 MMC durante los años secos con las características descritas (90% de persistencia). Sin embargo, la capacidad de almacenamiento del embalse de Manseriche (21,750 MMC de almacenamiento total, 14,500 MMC de almacenamiento efectivo) permitiría la provisión suficiente de recursos hídricos durante varios años secos seguidos.

TABLA 16. VALORES DE CAUDAL DE INGRESO AL EMBALSE MANSERICHE EN UN AÑO HIDROLÓGICAMENTE SECO (90% DE PERSISTENCIA, CAUDAL EN M³/S)

Meses	Caudal Natural	Caudal Modificado	% Modificación
ENE	3,304.62	3,191.72	-3.42
FEB	3,699.27	3,523.31	-4.76
MAR	4,597.65	4,537.70	-1.30
ABR	4,865.12	4,823.68	-0.85
MAY	4,689.62	4,658.24	-0.67
JUN	3,656.37	3,694.68	1.05
JUL	3,562.27	3,659.14	2.72
AGO	2,400.51	2,507.00	4.44
SEP	2,323.32	2,416.02	3.99
OCT	2,355.77	2,405.72	2.12
NOV	2,610.09	2,619.14	0.35
DIC	2,619.43	2,564.72	-2.09

CORBIDI, división de Limnología 2016.

En consecuencia, de turbinarse en un año seco los 3,500 m³/s que se tiene planteado para el proyecto, la situación deficitaria en los meses de agosto a enero obligaría a compensar (volver a llenar el embalse) entre febrero y julio, lo que genera como resultado potencial un menor período de inundación, o incluso la no ocurrencia de esta fase aguas abajo del embalse.

En términos de áreas inundadas para este tramo, solo se obtuvo la superficie de las áreas que quedarían cubiertas por los reservorios y las tierras agrícolas que serían inundadas permanentemente (Tabla 17, Figura 8). Esto resulta en la afectación de la dinámica agrícola en 29 distritos dentro de la cuenca baja del marañón, y de los ingresos provenientes de dicha actividad (Tabla 18 y Tabla 19).

TABLA 17. EXTENSIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS INUNDADAS (EN HECTÁREAS)

Proyecto	Área agrícola inundada (ha)	Acumulado (ha)
Rentema	61,592.85	61,592.85
Manseriche	127,320.81	181,912.81

TABLA 18. RENTABILIDAD NETA DE LOS DISTRITOS AFECTADOS POR LA HIDROELÉCTRICA RENTEMA SEGÚN FRENTE PRODUCTIVO (IIAP-GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS 2010)

DISTRITO	Rentabilidad (S./Ha)			
	Frente Productivo de Predominio Arrocero	Frente Productivo de Predominio Cafetalero	Frente Productivo de predominio de Agricultura de Subsistencia de Clima Tropical Subhúmedo a muy Húmedo	Frente Productivo de Predominio de Agricultura de Subsistencia de Sistemas Inter-montañosos
Aramango	S/. -	S/. 7,534.99	S/. 45,584.78	S/. 15,389.47
Bagua	S/. 33,414.04	S/. -	S/. 71,419.85	S/. 5,131.52
Bagua Grande	S/. 12,782.55	S/. 11,716.63	S/. 23,457.07	S/. 13,118.99
Bellavista	S/. 18,447.26	S/. 8,506.60	S/. 13,796.68	S/. 461.95
Cajaruro	S/. 27,854.42	S/. 14,134.71	S/. 21,383.77	S/. 6,624.61
Chirinos	S/. 16,803.58	S/. 20,437.63	S/. 5,078.96	S/. 5,809.72
Choros	S/. 26,205.33	S/. 13,527.67	S/. 1,031.75	S/. -4,186.79
Copallin	S/. 22,801.58	S/. 10,572.83	S/. 43,006.63	S/. 4,636.20
Cujillo	S/. 36,050.31	S/. 12,461.91	S/. 5,929.53	S/. -5,090.34
Cumba	S/. 11,749.25	S/. 10,679.14	S/. 16,984.76	S/. 6,252.91
El Milagro	S/. 11,870.33	S/. 8,901.52	S/. 20,158.01	S/. 8,705.83
El Parco	S/. 20,461.10	S/. 9,889.45	S/. 40,311.29	S/. 7,164.32
Huarango	S/. 17,807.14	S/. 19,962.61	S/. 15,667.06	S/. 5,604.80
Jaen	S/. 17,700.78	S/. -194.67	S/. 15,183.57	S/. 9,897.89
Jamalca	S/. 13,268.83	S/. 7,855.70	S/. 10,810.05	S/. 11,782.67
La Coipa	S/. 1,237.13	S/. 27,760.76	S/. 906.74	S/. 9,033.72

DISTRITO	Rentabilidad (S./Ha)			
	Frente Productivo de Predominio Arrocero	Frente Productivo de Predominio Cafetalero	Frente Productivo de predominio de Agricultura de Subsistencia de Clima Tropical Subhúmedo a muy Húmedo	Frente Productivo de Predominio de Agricultura de Subsistencia de Sistemas Inter-montañosos
La Peca	S/. 20,658.25	S/. 10,164.55	S/. 41,409.00	S/. 1,354.78
Lonya Grande	S/. -	S/. 8,609.84	S/. 9,539.12	S/. 7,279.81
Pion	S/. -	S/. 18,245.35	S/. 342.27	S/. -3,126.76
San Ignacio	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -
San José De Lourdes	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -
Santa Rosa	S/. 18,301.97	S/. 8,825.61	S/. 17,303.11	S/. 1,809.91
Santo Tomas	S/. 35,101.60	S/. 8,330.83	S/. 5,601.67	S/. 28,083.09
Toribio Casanova	S/. 36,523.58	S/. 10,240.37	S/. 4,984.85	S/. -1,673.38
Yamon	S/. -	S/. 8,672.65	S/. 23,042.11	S/. -2,239.81

TABLA 19. RENTABILIDAD NETA DE LOS DISTRITOS AFECTADOS POR LA HIDROELÉCTRICA MANSERICHE

Región	Provincia	Distrito	Rentabilidad (S./Ha)
Amazonas	Condorcanqui	El Cenepa	29,417.07
		Nieva	29,727.38
		Río Santiago	29,417.92
	Bagua	Imaza	17,618.31

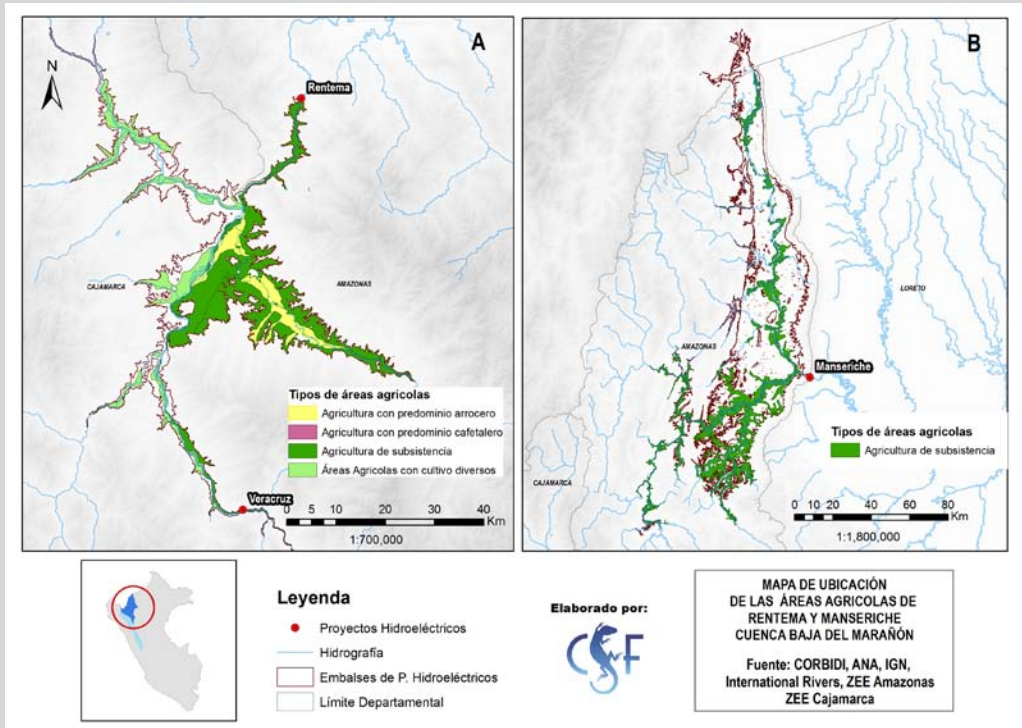


Figura 8. Áreas agrícolas inundadas en la cuenca baja del río Marañón.

De acuerdo a los cálculos obtenidos de rentabilidad por hectárea para cada uno de los cultivos producidos en este tramo (Anexo 2), más lo ya calculado para el tramo de la cuenca media - alta, la pérdida total por agricultura desplazada equivale a 4,895 millones de soles aproximadamente (o algo más de US\$1,500 millones), expresados en VPN por los próximos 30 años (Tabla 20).

TABLA 20. AGRICULTURA PERDIDA POR LOS RESERVORIOS²²

Proyecto	Área agrícola inundada (ha)	Pérdida de rentabilidad agrícola (millones de S/.)
Río Grande	556.15	8.18
Chadín 2	244.88	3.50
Veracruz	73.37	0.95
Rentema	61,592.85	1,227.81
Manseriche	127,320.81	3,655.11
Total Pérdida de renta agrícola (millones de S/.)		4,895.55

Pérdida de la renta proveniente de la pesca

La construcción de obras hidráulicas tan grandes como las presas propuestas en el río Marañón implica fundamentalmente la eliminación de la totalidad del tramo fluvial ubicado aguas arriba de cada una de estas estructuras para la migración de peces, a menos que se planteasen estructuras de pasada como escalas para peces o canales laterales (Schilt 2016; Bunt *et al.* 2012). Sin embargo, ninguno de los estudios ambientales desarrollados hasta la actualidad (Veracruz, Chadín o río Grande) considera en su diseño la implementación de dichas estructuras. Por otro lado, esto no considera el hecho de que, según la secuencia de construcción planteada, las cinco centrales hidroeléctricas generarían en la práctica la modificación total de un gran tramo fluvial, convirtiéndolo en un continuo de ambientes lénticos (reservorios), lo que tiene el potencial de reducir la efectividad de cualquier medida física destinada a asegurar la migración de los peces (Roscoe & Hinch 2010).

²² Ver Anexo 2 para detalle sobre la rentabilidad por hectárea en cada uno de los distritos que se verían afectados.

Por lo discutido antes, las dos configuraciones analizadas para evaluar los impactos acumulativos: (i) la construcción conjunta de Río Grande, Chadín y Veracruz (las tres centrales hidroeléctricas con mayor estado de desarrollo en los estudios previos), y (ii) la construcción de las cinco centrales hidroeléctricas, generarían impactos sustancialmente distintos:

- La construcción de las tres primeras centrales hidroeléctricas ubicadas en la cuenca media-alta del río Marañón (Río Grande, Chadín 2 y Veracruz), generaría una reducción en la extensión de rutas migratorias igual a la generada solo por la construcción del embalse de Veracruz. Es decir, que en este caso se perderían 605 km de cauce fluvial potencialmente usado por las especies migratorias con mayor importancia económica y alimentaria del ámbito de estudio (el boquichico y algunos grandes bagres) (Figura 9).
- Por su parte, la construcción de las cinco grandes centrales hidroeléctricas seleccionadas para este análisis, resultaría en la pérdida de la totalidad de los tramos fluviales de la cuenca media y alta del río Marañón (6,047 km de cauce fluvial), como ámbitos de migración y reproducción de especies migratorias de importancia, afectando significativamente a la ecología del sistema, y reduciendo sustancialmente la disponibilidad de una fuente de proteína importante para las poblaciones locales²³.

²³ *En los ambientes fluviales de la vertiente oriental de los Andes se observa una marcada zonación altitudinal, y asociada a esta una relación inversa entre riqueza y altitud: en ríos y otros cuerpos de agua ubicados por debajo de los 250 metros sobre el nivel del mar (llanura amazónica), la riqueza de peces tiende a superar (con relativa facilidad) las 100 especies, entre los 250 y 500 m s.n.m., esta riqueza se ve fuertemente reducida llegándose a encontrar entre 30 y 50 especies distintas, mientras que por encima de los 500 metros de altitud la riqueza se reduce aún más hasta ubicarse alrededor de 15 a 20 especies. Por arriba de los 1,000 metros de altitud (región andina) solo es posible encontrar de 3 a 10 especies de peces (Ortega 1992, Chang & Ortega 1995, Maldonado-Ocampo et al. 2005, Ortega et al. 2007, Ortega & Hidalgo 2008).*

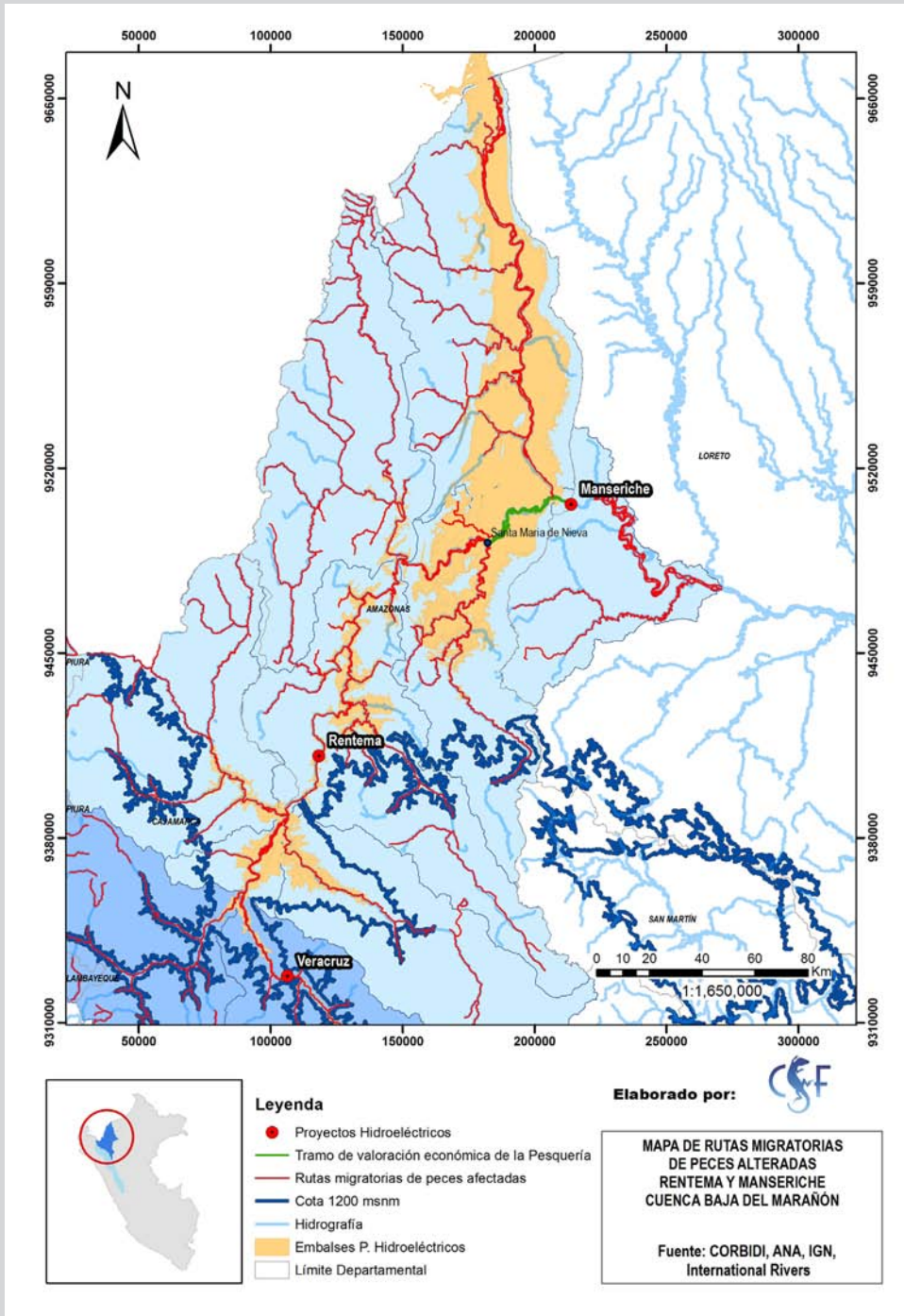


Figura 9. Ríos principales bajo la cota de 1,200 m s.n.m.

Para ilustrar lo que significa este impacto en términos económicos se partió de la evaluación realizada en la zona ubicada entre Santa María de Nieva y el Pongo de Manseriche (Figura 9), tramo de 49 Km que comprende localidades en donde la actividad de pesca es sumamente intensa, sobre todo en la época de mijano (Glave *et al.* 2014). Esto no quiere decir que no se esté afectando la pesca en las demás zonas a lo largo del río Marañón, pero no se cuenta con información precisa sobre la pesca en las partes más altas de la cuenca (más allá de la importancia descrita en la sección 2). Por otro lado, tampoco se dispone de información precisa sobre los efectos aguas abajo del dique de la CH Manseriche.

Los datos usados en el análisis se tomaron de las reuniones participativas llevadas a cabo con población de la zona dedicada a la pesca. De una muestra de 38 pobladores a quienes se les preguntó sobre su último evento de pesca (última semana de agosto y primera semana de septiembre), encontramos que éstos capturaron un total de 228 kg mediante distintas artes de pesca (un promedio de 9 kg por persona, siendo la captura mínima de 0.5 kg y la máxima de 40 kg).

TABLA 21. CAPTURAS PROMEDIO EN EL ÚLTIMO EVENTO DE PESCA (AGOSTO - SEPTIEMBRE) POR TIPO DE ARTE DE PESCA

Arte de pesca	Capturas (Kg por día)	Promedio por pescador
Anzuelo	68.76	9.82
Arrastradora	32.64	4.66
Flecha	5.64	2.82
Tarrafa	119.86	5.71
Trampa	1.47	0.74

La pesca en las comunidades visitadas se realiza durante todo el año²⁴, con picos de mayor actividad durante los meses de vaciante (julio a noviembre) y en época de mijano (agosto-octubre), cuando la frecuencia de pesca oscila entre tres y cinco días por semana. En esta temporada los pescadores se dirigen al Pongo de Manseriche para pescar en grupos de hasta tres personas. Este viaje les toma en promedio un tiempo de 30-60 minutos en peque-peque desde sus comunidades (Figura 6). Como la pesca se realiza con materiales de pesca activa como la tarrafa y arrastradora, la actividad puede durar de una a dos horas adicionales al tiempo utilizado para el traslado. A diferencia de las comunidades aguas arriba del Pongo del Manseriche, los pescadores de la cuenca baja utilizan también las cochas aledañas a sus comunidades, en las que se registra el empleo de redes de espera o tramperas. La actividad cambia en invierno, pues la pesca se realiza uno o dos días a la semana, los pescadores utilizan anzuelo y se internan en la tahuampa o bosque inundado, para pescar casi todo el día. Por ello, durante esta temporada complementan su alimentación con animales de corral, arroz, algunas verduras²⁵, y caza.

Aunque la pesca es realizada por casi todos los miembros de la familia²⁶, las jornadas más intensas y de mayor captura las realizan los jóvenes y adultos. Para fines de este análisis, la cantidad de pescadores fue establecida a partir del número de varones mayores de 17 años, según los datos obtenidos del Sistema de Difusión de los Censos Nacionales (INEI), a la que se le añadió la tasa de crecimiento poblacional de Amazonas, por ser el departamento más cercano al área de estudio (2.2%).

²⁴ Glave et al. (2014) estimaron un consumo per cápita de 15 kg al mes en verano, y de 2.4 kg en el invierno.

²⁵ En el área donde se localizan las viviendas, las comunidades poseen huertos donde realizan la crianza de animales menores como gallinas, patos y cerdos. Sin embargo, se prioriza el consumo de pescado (Glave et al. 2014).

²⁶ En campo se evidenció el rol incluso de los niños dentro de las jornadas de “barbasqueada”, capturando los peces mediante el uso de lanzas o trinchas.

TABLA 22. CANTIDAD DE PESCADORES ESTIMADA PARA EL 2017

Poblado	N de pescadores
Puntón	54
Numpatkaim	123
Atsakus	93
Bajo Pupuntas	52
La Libertad	179
Tsamajain	83
TOTAL	584

De acuerdo a los datos obtenidos en campo, se capturaron 14 especies de peces, de las cuales el 81% son migratorios, siendo el boquichico la especie más capturada (alrededor del 45% de la jornada de pesca)²⁷. La distribución de la captura por especie y los sitios de pesca son mostrados en la Tabla 23.

TABLA 23. ESPECIES DE PECES CAPTURADAS EN BORJA, NUEVA ALEGRÍA Y BANCO, DURANTE EL MES DE SETIEMBRE DEL 2016

Especies Capturadas	Total (kg)	Lugar de Pesca/kg capturado			
		Río Marañón	Pongo	Cocha	Quebrada
Boquichico	176.28	150.35	15.93	10.00	
Bujurqui	18.11	2.00		14.53	1.58
Cahuara	97.50	32.50	65.00		

²⁷ Esto es consistente con lo reportado por Pitman et al. (2012), quienes afirman que el boquichico es la especie de valor comercial con mayor presencia en el área del Pongo de Manseriche.

Especies Capturadas	Total (kg)	Lugar de Pesca/kg capturado			
		Río Marañón	Pongo	Cocha	Quebrada
Carachama	38.99	37.40	0.59	1.00	
Doncella	8.03	8.03			
Fasaco	30.70	0.49		30.22	
Lisa	31.05	31.05			
Llambina	11.94	5.44		6.50	
Manitoa	8.56	7.70	0.85		
Maparate	3.84	3.84			
Palometa	4.00	2.20	1.50	0.30	
Paña	2.00	2.00			
Sábalo	8.29	4.29		4.00	
Shiripira	3.26	3.26			
Total general	442.54	290.55	83.87	66.54	1.58

Esto expresado en valores promedio por arte de pesca se presenta en la Tabla 24.

TABLA 24. CAPTURAS PROMEDIO POR ARTE DE PESCA EN BORJA, NUEVA ALEGRÍA Y BANCO, DURANTE EL MES DE SETIEMBRE DEL 2016

Arte de pesca	% de arte de pesca utilizado	Capturas (Kg x día)	Captura promedio x pescador
Anzuelo	18%	68.755	9.82
Arrastradora	18%	32.642	4.66
Flecha	5%	5.635	2.82
Tarrafa	54%	119.857	5.71
Trampa	5%	1.47	0.74

En base a esto, y según lo explicado en la sección 3.3.2, se cuantificaron las pérdidas de pesca de especies migratorias que ocurrirían con la instalación de Manseriche, equivalente a las capturas diarias y cantidad de pescadores presentados en la Tabla 22, Tabla 23 y Tabla 24. Con esto se obtuvo un valor de 14.9 millones de soles en términos de VPN para los próximos 30 años, sólo para el tramo Santa María de Nieva - Pongo de Manseriche, lo que representa una rentabilidad proveniente de la pesca de 306,000 soles en promedio, por kilómetro de río principal (el río Marañón).

Con la finalidad de estimar la magnitud del impacto en términos económicos para la totalidad del área evaluada en la cuenca baja, se extrapoló este valor a los 1,154 km de ríos de orden 5 y 6²⁸ que se afectarían en la cuenca baja a causa de la instalación de Manseriche y Rentema, lo que equivale al 20% de las rutas migratorias que se verían afectadas por la interrupción de las rutas migratorias (Tabla 25).

TABLA 25. EXTENSIÓN DE ALTERACIÓN DE RUTAS MIGRATORIAS POR ORDEN DE RÍO (KM)

	Total	Orden 6	Orden 5	Orden 4	Orden 3	Orden 2	Orden 1
Río Grande	90		83		4	2	
Chadín 2	182		154		24	3	
Veracruz	334		287	5	34	7	1
Rentema	1297		408	293	308	156	131
Manseriche	4145	16	729	629	675	1787	308

²⁸ Según el método de Strahler, se asigna un orden de 1 a todos los cuerpos de agua sin afluentes y se les conoce como de primer orden. La clasificación de arroyos aumenta cuando los arroyos del mismo orden se intersecan. Por lo tanto, la intersección de dos vínculos de primer orden creará un vínculo de segundo orden, la intersección de dos vínculos de segundo orden creará un vínculo de tercer orden, y así sucesivamente (ESRI, nd).

Como resultado se obtuvo un costo equivalente en VPN a 353.1 millones de soles²⁹, que representa a las pérdidas de renta proveniente de pesca ante la interrupción de la migración de peces en el tramo de la cuenca baja del Marañón, aguas arriba de la CH Manseriche.

Haciendo el mismo ejercicio, aguas abajo del Pongo (zona donde se ubicaría la presa Manseriche), un cálculo similar arroja cifras alrededor de 29.6 millones de soles; sin embargo, se desconoce con certeza cómo y a partir de qué momento se vería afectada la pesca ante la interrupción de la migración de peces.

Transporte de sólidos suspendidos

Como se ha mencionado en los análisis de las secciones previas, la retención de sólidos suspendidos en embalses representa un problema a varios niveles, tanto desde el punto de vista económico como ambiental. Además de reducir la eficiencia de los embalses, la retención de sedimentos en los mismos modifica la hidráulica del río y afecta procesos naturales que dependen de la disponibilidad y calidad de los nutrientes transportados por el río.

Todos los reservorios de los proyectos evaluados tienen altos niveles de retención de sedimentos. En la Tabla 26, puede revisarse la cantidad de sedimentos retenidos por año en todos los embalses analizados, considerando la eficiencia de retención según la ecuación de Brune (1953), que determina resultados más conservadores.

²⁹ Este resultado es consistente con evaluaciones sobre nivel de esfuerzo de captura de peces en la Amazonía, donde se reportan rangos que van desde los 5.5 Kg por hora hasta los 4.251 Kg anuales producto de la pesca de subsistencia (Fundamazonia 2015; García et al. 2014).

TABLA 26. RETENCIÓN DE SEDIMENTOS ANUAL POR EMBALSE

Proyecto	Sedimentos retenidos en embalses anualmente (ton)
Río Grande	9.84 millones
Chadín 2	10.14 millones
Veracruz	10.33 millones
Rentema	51.71 millones
Manseriche	95.91 millones

CORBIDI, división de Limnología 2016.

Pese a que algunos proyectos (aquellos con un estado de desarrollo más avanzado) contemplan medidas de mitigación, no se especifica el mecanismo de las mismas, el alcance de éstas en cuanto a porcentajes de reducción en la colmatación de embalses, ni porcentajes de sedimentos que se plantea devolver al río. Además, medidas planteadas como “mitigación” desde una perspectiva económica pueden, sin embargo, tener un efecto adverso sobre el ecosistema aguas abajo (Ligon *et al.* 1995). Por ejemplo, para el caso de Río Grande se menciona como medida de mitigación la descarga de sedimentos de fondo con aperturas mensuales, trimestrales y semestrales, lo que significa que una gran cantidad de sedimentos será liberada de golpe al río, alterando su naturalidad, enturbiándolo y afectando los organismos que viven en él.

En términos económicos, este impacto significa la afectación de (al menos) 26 centros poblados con áreas cultivadas en zonas inundables en el tramo que va desde el Pongo de Manseriche hasta la desembocadura del río Morona (Figura 5), y 1,053 familias que se verán afectadas por las pérdidas de sedimentos en sus tierras agrícolas (Tabla 27).

TABLA 27. FAMILIAS POR CENTROS POBLADOS QUE SE VERÁN AFECTADOS POR LA PÉRDIDA DE SEDIMENTOS

Centro Poblado	# de Familias
Borja	92
28 de Julio	30
Acapulco	15
Alfonso Ugarte	53
Atlántida	12
Banco	31
Bethel	7
Capernaun	11
Chote	15
Gasolina	28
Líbano	12
Limón	19
Luz del Oriente	7
Nacacuy	13
Nueva Alegría	47
Oropreto	11
Paragua Poza	22
Puerto Elisa	89
Puerto Libre	44
Puerto Linda	22
San Juan	85
Saramiriza	340
Setenta	17
Shimpi	10
Triunfo	7
Vencedor	14
Total general	1,053

Fuente: Catálogo de Objetos Geográficos de Datos Fundamentales del Departamento de Loreto (Gobierno Regional de Loreto 2014; MINSA 2016).

A partir de los datos encontrados para el Datem del Marañón (Cuñachi 2014), se estimaron las áreas destinadas al cultivo del plátano de las 1,053 familias presentes en la zona de evaluación, alcanzando 1,153 hectáreas de este fruto, de las cuales más del 80% se ubican en zonas inundables o que aprovechan los sedimentos del río (Tabla 28).

TABLA 28. ÁREAS CULTIVADAS DE PLÁTANO (HA)

Área cultivada de Plátano	%	Familias	Total Ha
Restinga baja	48.15%	263.13	555.3
Restinga media	35.19%	192.29	405.8
Restinga alta	16.67%	91.08	192.2
Altura	0.00%	0	0.0
Total	100.00%	1,053	1153.4

Fuente: (Cuñachi 2014).

Por otro lado, a pesar que el cultivo de plátano se encuentra también asociado con otras especies, en este estudio se analizó como monocultivo por no disponer de información más precisa sobre la superficie de siembra de policultivos ni de otros monocultivos (como la yuca o el arroz por ejemplo).

Finalmente, de acuerdo a los descrito en la sección metodológica, se construyeron dos flujos de caja para un período de 30 años: el primero bajo la situación sin proyecto y considerando un precio de 12 soles por racimo, y el segundo considerando la pérdida de rendimiento y la disminución del precio del plátano a 10 soles por racimo. Bajo estos supuestos, el VPN obtenido por la pérdida de beneficios netos ante la reducción del rendimiento en las zonas inundables agrícolas de la llanura (aguas abajo de la CH Manseriche) asciende a 6.7 millones de soles.

Cabe mencionar que este resultado únicamente captura el valor que tienen los sedimentos para la agricultura de ribera en el área de estudio. Este valor no refleja la importancia de los sedimentos en su totalidad, considerando por ejemplo que los sedimentos que transporta el río Marañón constituyen aproximadamente el cuarenta por ciento de todos los sedimentos acarreados en la parte peruana de la cuenca Amazónica (Guyot *et al.* 2007). Adicionalmente, como ya se mencionó en la sección metodológica, la pérdida de sedimentos trae consigo toda una cadena de perturbaciones sobre la biodiversidad y sobre la composición del bosque en general, efectos indirectos que tampoco forman parte de la presente valoración. Por ello, las estimaciones de este análisis son una evaluación conservadora de la importancia de los sedimentos para la Amazonía. Sin embargo, la información presentada permite ilustrar la importancia del transporte de sedimentos a la llanura amazónica para el bienestar de las poblaciones locales, y contribuye a una toma de decisiones informada sobre la puesta en marcha de los proyectos hidroeléctricos en cuestión.

Costo de emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂e)

De acuerdo a lo descrito en la sección metodológica, se obtuvieron las cantidades de carbono contenidas en las áreas de los cinco reservorios: (Figura 10 y Figura 11).

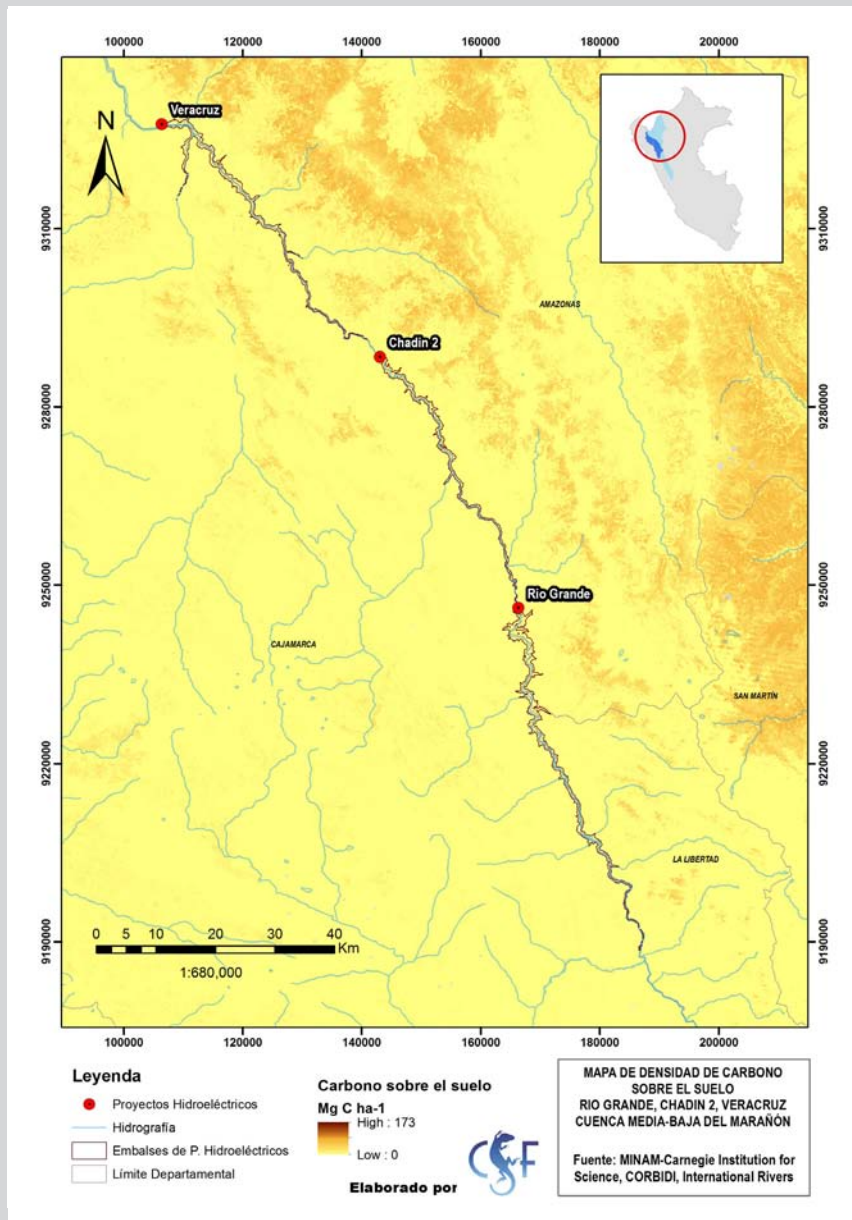


Figura 10. Contenido de carbono sobre el suelo en la cuenca media - baja del río Marañón.

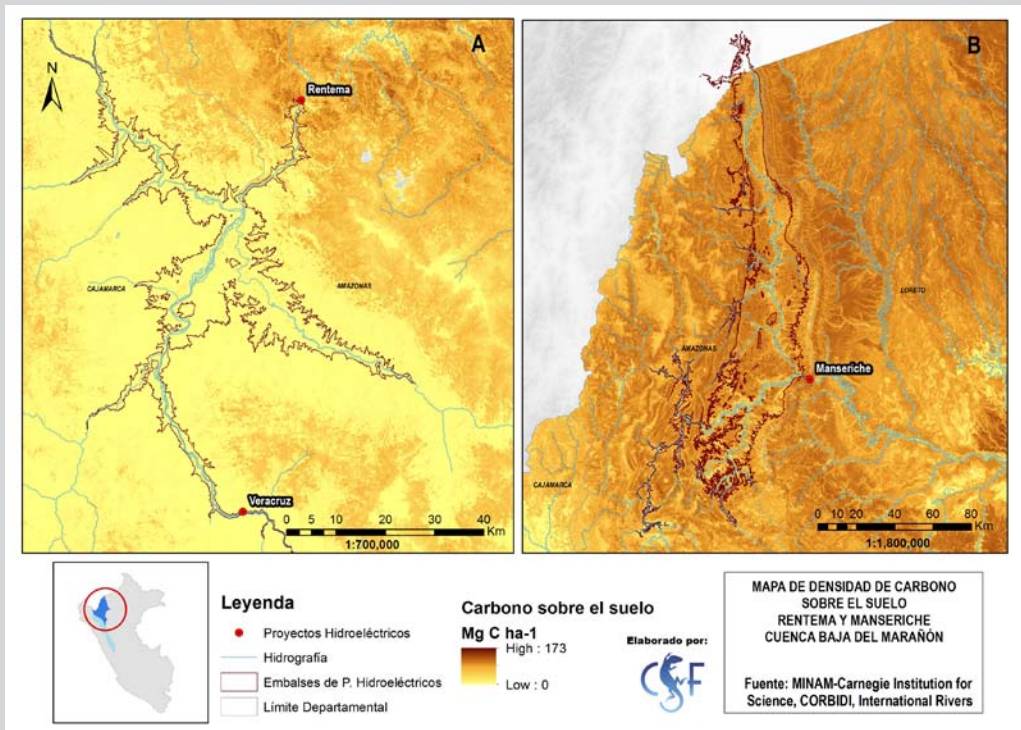


Figura 11. Contenido de carbono sobre el suelo en la cuenca baja del río Marañón.

Según los períodos de inicio de la operación de cada proyecto, cada uno de ellos emitiría en total lo que se muestra en la Tabla 29 de acuerdo el inicio de la operación de cada hidroeléctrica y para los próximos 30 años.

TABLA 29. CANTIDAD DE CARBONO EQUIVALENTE (CO₂e) QUE SE EMITIRÍA EN LAS ÁREAS DE LOS RESERVIOS

Proyecto	Stock de carbono (TC)	Stock de Dióxido de Carbono equivalente (CO ₂ e)
Río Grande	22,348	175,552
Chadín 2	11,199	86,731
Veracruz	12,493	98,138
Rentema	366,476	2,838,177
Manseriche	45,776,596	359,593,410

Estas pérdidas, multiplicadas por el precio promedio del año 2015 del mercado voluntario de carbono dentro de un flujo de caja considerando las emisiones anuales por los proyectos (US\$ 3.3; Hamrick & Goldstein 2016), llevados a Valor Presente Neto (VPN) equivalen a 418 millones de soles, expresados a precio de mercado (Tabla 30).

TABLA 30. VALOR TOTAL DE EMISIONES LIBERADAS POR LOS EMBALSES

Proyecto	Valor de emisiones de CO ₂ e (miles de soles)
Río Grande	514
Chadín 2	223
Veracruz	287
Rentema	9,679
Manseriche	407,495
Total	418,198

Síntesis de resultados

A continuación se presenta un resumen de los resultados sobre la valoración de los impactos de las hidroeléctricas, agrupados por su ubicación en la cuenca del río Marañón (Tabla 31 y Tabla 32).

TABLA 31. SÍNTESIS DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN LA CUENCA MEDIA - BAJA (EN MILES DE SOLES)

Proyecto	Pérdida de áreas agrícolas por los embalses	Afectación sobre la rentabilidad pesquera	Retención de sedimentos	Valor de emisiones de CO ₂ e	Total
Río Grande	8,180	-	-	514	8,694
Chadín	3,503	-	-	223	3,726
Veracruz	952	-	-	287	1,239
Total	12,635	-	-	1,024	13,659

**TABLA 32. SÍNTESIS DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN LA CUENCA BAJA
(EN MILES DE SOLES)**

Proyecto	Pérdida de áreas agrícolas por los embalses	Afectación sobre la rentabilidad pesquera	Retención de sedimentos	Valor de emisiones de CO ₂ e	Total
Rentema	1,227,810	-	-	9,679	1,237,489
Manseriche	3,655,107	353,100	6,736	407,495	4,422,438
Total	4,882,9175	353,100	6,736	417,174	5,659,927

Como se muestra con la Tabla 30, el efecto acumulado de los tres proyectos evaluados en la cuenca media - baja generaría pérdidas superiores a los 13.6 millones de soles por los próximos 30 años. Si se considera que se valoraron únicamente algunos de los impactos y de forma parcial, ésta es una estimación conservadora de los costos acumulativos de estos tres proyectos. El proyecto que generaría mayor cantidad de pérdidas en esta zona es Río Grande. Esto ocurre principalmente por la dimensión del reservorio considerado para la operación del proyecto, el cual abarca un área 65% mayor que los embalses de los otros dos proyectos en este tramo de la cuenca. Esto resulta en una mayor extensión de áreas agrícolas inundadas, y también en mayores emisiones de gases de efecto invernadero por la descomposición de materia orgánica producto de la inundación del embalse (Gráfico 3).

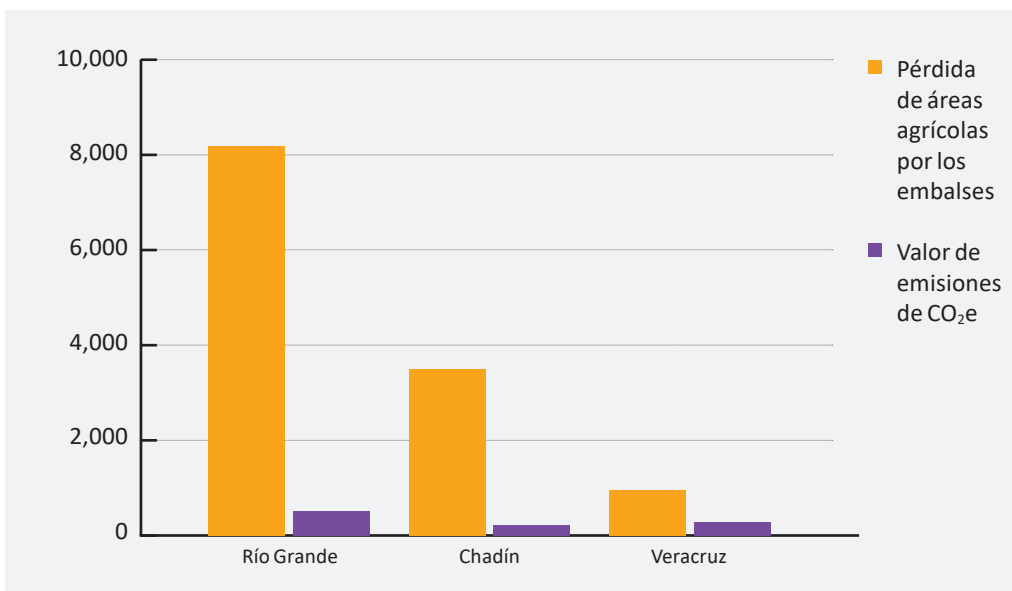


Gráfico 3. Pérdidas económicas en la cuenca media - baja por proyecto (en miles de soles).

Del mismo modo, en la cuenca baja, la principal actividad de aprovechamiento directo que se vería perjudicada es la agricultura (4,883 millones de soles), dada la gran extensión de las inundaciones que ocasionarían los proyectos de Rentema y Manseriche. Este dato alcanza mayor relevancia si se considera que éstas pérdidas afectan de manera directa y significativa el sustento de las familias afectadas.

Manseriche es el proyecto más nocivo para el ambiente y para las poblaciones que de él dependen en este tramo de la cuenca. Además de las pérdidas que origina en términos de agricultura y emisiones de gases de efecto invernadero dada la gran extensión de su reservorio (5,470 Km²), este proyecto será la primera y principal barrera para el proceso migratorio de peces, impacto que en términos económicos representa alrededor de 353 millones de soles para la cuenca baja (Gráfico 4).

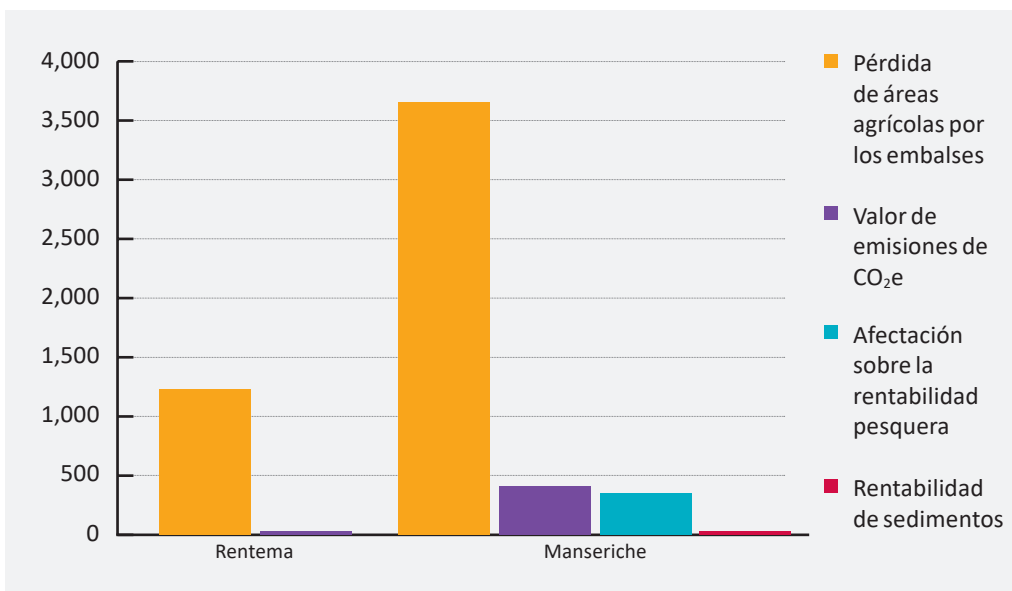


Gráfico 4. Pérdidas económicas en la cuenca baja por proyecto (en millones de soles).

En la Tabla 33 se presentan los costos ambientales estimados expresados por MW de generación potencial de cada proyecto.

TABLA 33. COSTOS AMBIENTALES (MILES DE SOLES) POR MW GENERADO POR PROYECTO

Río Grande	Chadín 2	Veracruz	Rentema	Manseriche
11.59	6.21	1.70	811.47	907.63

De manera consistente con los resultados totales, la CH Río Grande es la que mayores costos ambientales impondría a la sociedad por MW generado en la cuenca media-

baja, alcanzando los 11.59 mil soles por unidad de potencia producida. Por su parte, los proyectos de la cuenca baja (Rentema y Manseriche) producirían impactos ambientales a una escala mucho mayor para una producción energética también mayor (1,525 MW y 4,500 MW respectivamente). Se debe notar que estos costos por MW reflejan únicamente los impactos evaluados y alcanzados a valorar.



Conclusiones

El análisis realizado muestra que la construcción de cualquiera de las cinco represas evaluadas en la cuenca del Marañón afectaría a los ecosistemas y a la biodiversidad de manera negativa, deteniendo diversos procesos ecológicos claves para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que brinda el río (transporte de nutrientes y fuente de alimentos, por ejemplo).

Adicionalmente, se realizó una aproximación parcial al valor económico de estos impactos, presentando los resultados por el tramo correspondiente dentro de la cuenca, considerando que las afectaciones ocurren sobre ambientes y contextos distintos, y a escalas de diferente magnitud.

Se encontró que los proyectos de mayor impacto son los propuestos para la cuenca baja del río Marañón (Rentema y Manseriche). Los impactos valorados de ambos proyectos originarían pérdidas de alrededor 5,600 millones de soles, estimadas para un período de evaluación de 30 años.

Esto no quiere decir que los impactos acumulados en la cuenca media - baja sean insignificantes. En total, se estiman pérdidas de casi 13.6 millones de soles. Adicionalmente la CH Veracruz es la que impone mayores costos ambientales a la sociedad por MW generado, alcanzando costos 70% superiores que lo generado por los proyectos de la cuenca baja evaluados de manera individual. Por lo tanto los proyectos de la cuenca media - baja no deben asumirse automáticamente como recomendables o tolerables. Más aun, los resultados presentados no consideran pérdidas de biodiversidad clave y prioritaria como los bosques secos del Marañón, la afectación de otros usos como la ganadería o el turismo que se incrementa año a año en la zona, la belleza paisajística, los costos de reasentamiento para trasladar a una población mayor a los 80,000 habitantes (INEI)³⁰ ubicados en zonas

³⁰ Por ejemplo, en el caso de la hidroeléctrica Nam Theun 2, en Laos, se destinó el 6.6% del presupuesto total del proyecto para compensar las afectaciones sobre 6,200 personas (Serra et al. 2012).

aledañas a las áreas de influencia de los proyectos, entre otros factores que deberían agregarse para una evaluación más completa sobre el alcance de la totalidad de los impactos de las hidroeléctricas en el Marañón. Sin embargo, las estimaciones presentadas en este análisis son útiles para llamar la atención de los tomadores de decisiones, y reevaluar las alternativas de infraestructura energéticas planificadas para el país.

El mayor costo de los impactos resultantes de la construcción de esta serie de centrales hidroeléctricas resultaría de la inundación de áreas agrícolas. El análisis estima pérdidas de aproximadamente 4,900 millones de soles, mientras la emisión de gases de efecto invernadero generaría costos de cerca de 418 millones de soles. Las hidroeléctricas analizadas afectarían la sincronización y frecuencia de los caudales, factores que son claves para el inicio de la migración reproductiva de diferentes especies migratorias. Esto afectaría, así mismo, a las poblaciones humanas que se alimentan de estos peces migrantes, disminuyendo el aporte proteico en su dieta, en detrimento de su salud (sección 2). De acuerdo a lo estimado sólo para la cuenca baja, la alteración de las rutas migratorias de peces por los diques de Manseriche y Rentema traería consigo pérdidas de renta pesquera equivalente a 353 millones de soles para los próximos 30 años, ante la potencial desaparición de las especies migratorias.

En lo que respecta a los sólidos suspendidos, las represas analizadas retienen casi la totalidad de los sólidos que llegan a éstas. El efecto conjunto de todas las represas afectaría significativamente a los ecosistemas aguas abajo del Pongo de Manseriche, ya de por sí bastante frágiles. Disminuirían la cantidad y calidad de nutrientes que llega a la cuenca baja del Marañón, afectando a plantas, animales y a las poblaciones locales que los aprovechan. Además, la productividad de la agricultura se vería afectada en forma severa, pues depende de los depósitos estacionales de sedimentos que transporta el río. En este análisis estimamos que el alcance acumulado del impacto sobre la agricultura en la llanura aluvial llegaría (al menos) hasta la desembocadura del río Morona, lo cual representa pérdidas de aproximadamente 6.7 millones de soles, por la disminución del

rendimiento de los suelos inundables, tan sólo considerando un cultivo (el plátano) para la mitad del área agrícola asociada a los regímenes de inundación del río.

Finalmente, y a manera de resumen, tanto el análisis individual como el análisis de los impactos acumulativos, demuestran que los efectos derivados de la construcción de represas tendrá implicancias significativas, tanto en términos ambientales (áreas inundadas, migración de especies, alteración del régimen hidrológico y de sedimentación, emisión de gases de efecto invernadero, etc.), como en términos socio-económicos (pérdida de áreas agrícolas, pérdida de recursos pesqueros y pérdida de rendimiento agrícola por la reducción de sedimentos). Si bien estos efectos en la cuenca media-baja del río Marañón son menores que los posibles impactos en la cuenca baja, todos los proyectos analizados generan impactos negativos extensos y mayores a lo alcanzado a valorar en este estudio (Tabla 30), más aun considerando que las medidas de mitigación aún no han sido establecidas con claridad en los Estudios de Impacto Ambiental.

Las pérdidas estimadas en este análisis son conservadoras, ya que no se valoran todos los posibles impactos sociales y ambientales de los proyectos hidroeléctricos estudiados. Aún así, la pérdida de aproximadamente 5,700 millones de soles en 30 años (aproximadamente 1,700 millones de dólares) es muy significativa y debe ser tomada en cuenta por los pobladores de las comunidades directamente afectadas, y por los tomadores de decisiones encargados de la planificación de la infraestructura energética en el Perú. Por lo tanto, se recomienda a las autoridades y tomadores de decisiones una revisión cuidadosa de las prioridades energéticas del país en base -por un lado- a las necesidades reales de la sociedad nacional, y por el otro, considerando el conjunto de las pérdidas sociales y ambientales que resultan del desarrollo de este tipo de iniciativas energéticas.



Referencias
Bibliográficas

- 020-2011-EM, D. S. (2011). Declaran de interés Nacional y social la construcción de 20 centrales hidroeléctricas en la cuenca del Marañón. *MINEM*, 3.
- ADAMS, W. (2000). *Downstream impacts of dams. Social impact of large dams, equity and distributional issues*. Contributing paper, Cambridge University.
- AGOSTINHO, A., PELICICE, F., & GOMES, L. (2008). Dams and the fish fauna of the neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian Journal of Biology*, 68, 1119-1132.
- ALCANTARA, F., & GUERRA, H. (1990). Aspectos de alevinaje de las principales especies nativas Lttihzadas en piscicultura en la Amazonía peruana. *Folia Amazonica*, 2, 139-162.
- ALVAREZ, L. F., & RIOS , S. J. (2008). *Viabilidad económica de la pesca artesanal en el departamento de Loreto*. Instituto de Investigación de la Amazonía peruana.
- AMAZON WATCH. (2011). *Amazon Watch*. Recuperado el 2016, de Amazon Watch: <https://amazonwatch.org/assets/files/BMD2011-dams-and-climate-change.pdf>
- AMEC FOSTER WHEELER. (2015). *EIAd del Proyecto Complejo Hidroeléctrico Río Grande y Línea de Transmisión Asociada*. Amec Foster Wheeler, Lima.
- AMEC-AC ENERGIA S.A. (2011). Estudio de impacto ambiental del proyecto central hidroeléctrica Chadín 2. Regiones Amazonas y Cajamarca. . 1306.
- ANA. (2007). Delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Perú. *Resumen ejecutivo*. MINAGRI-ANA.

- ANGULO, F., PALOMINO, C., ARNAL-DELGADO, H., AUCCA, C., & UCHOFEN, O. (2008). *Corredor de Conservación de Aves Marañón - Alto Mayo: Análisis de Distribución de Aves de Alta Prioridad de Conservación e Identificación de Propuestas de Áreas para su Conservación*. Asociación Ecosistemas Andinos – American Bird Conservancy, Cusco.
- ARAUJO-LIMA, C. A. (1994). Egg size and larval development in Central Amazonian fish. *Journal of Fish Biology*, 44, 371-389.
- BEDNAREK, A. T. (2001). Undamming rivers: A review of ecological Impacts of Dam Removal. *Environmental Management*, 27(6), 803-814.
- BORASINO, E. (2011). Costo económico de las emisiones de efecto invernadero en la selva del Perú. *CSF. Serie Académica No.4*, 48.
- BROWN, C. (1943). The control of reservoir silting. U.S Dept of Agriculture. Washington DC. 166.
- BRUNE, G. (1953). Trap efficiency of reservoirs. *Eos Transactions American Geophysical Union*, 34: 407-418.
- CAÑAS, C., & PINE, W. (2011). Documentation of the temporal and spatial patterns of Pimelodidae catfish spawning and larva dispersion in the Madre de Dios river (Perú): Insights for conservation in the andean-amazon headwaters. *Rivers research and applications*, 27: 602–611. DOI: 10.1002/rra.1377.
- CHUCTAYA, J., CHUMBE, L., & CAÑAS, C. (2015). Diversidad de peces de las partes bajas del río Marañón y su importancia económica para la región. *Reporte técnico WCS Peru, Lima, junio 2015*, 90.

- CUÑACHI, F. (2014). *Determinación de los factores de sostenibilidad del cultivo de Musa spp plátano*. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Facultad de Agronomía.
- DEFRA. (2007). *The Social Cost Of Carbon And The Shadow Price Of Carbon: What They Are, And How To Use Them In Economic Appraisal In The UK*. Department for Environment Food and Rural Affairs.
- DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD, SOCIEDAD ALEMANA DE COOPERACIÓN TÉCNICA (GTZ), CONSORCIO LAHMEYER-SALZGITTER. (1982). *Evaluación del potencial hidroeléctrico Nacional*.
- DIRECCIÓN DE ENERGÍA Y MINAS. (2009). Alternativas de centrales de generación hidroeléctrica en la Región Amazonas. *Gerencia Regional de Desarrollo Económico*, 14.
- DIRECCIÓN REGIONAL DE LA PRODUCCIÓN DE LORETO. (2005). *Actividad pesquera y acuícola en la región Loreto*.
- ESRI. (nd). *Cómo funciona la clasificación de arroyos*. Recuperado el 16 de 1 de 2017, de ArcGis for Desktop: http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-stream-order-works.htm#ESRI_SECTION1_332E8909620C461B9B991A7FC1A5E843
- FAO. (2005). *Increasing the contribution of small-scale fisheries to poverty alleviation and food security*. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, Rome.
- FAO. (2016). Los bosques y el cambio climático en el Perú. *Bosques y cambio climático. Documento de trabajo No. 14*, 142.

- FEARNSIDE, P. (1990). A Hidrelétrica de Balbina: O faraonismo irreversível versus o meio ambiente na Amazônia. *Instituto de Antropologia Meio-Ambiente (IAMÁ)*, 63pp.
- FEARNSIDE, P. (Julio de 2014). Greenhouse Gas Emissions from Hydroelectric Dams in Tropical Forests. *The Encyclopedia of Energy*.
- FEARNSIDE, P. M. (2005). *Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: reply to Rosa et al.* National Institute for Research in the Amazon (INPA), Department of Ecology.
- FORSTER, R. (1974). Major element geochemistry of the Amazon river system. *Massachusetts Institute of technology*.
- FUNDAMAZONIA. (2015). *The benefits of wild caught ornamental aquatic organisms in the Pacaya Samiria National Reserve, Peru*. Fundamazonia.
- GARCÍA, A., TELLO, S., VARGAS, G., & DUPONCHELLE, F. (2006). Patterns of commercial fish landings in the Loreto region (Peruvian Amazon) between 1984 and 2006. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35(53), 67.
- GARCÍA, A., VARGAS, G., TELLO, S., & DUPONCHELLE, F. (2012). Desembarque de pescado fresco en la ciudad de Iquitos, Región Loreto-Amazônia Peruana. *Folia Amazónica*, 21(45), 52.
- GESTIÓN. (31 de Agosto de 2015). La reforma eléctrica: exceso de oferta con crecimiento sostenido de la demanda. *Gestión*, pág. 1.
- GIBBS, R. (1967). The geochemistry of the Amazon river system, part 1: The factors that control salinity and the composition and concentration of suspended solids. *Geological Society of America Bulletin*, 78; No. 10; 1203-1232.

- GILL, M. (1979). Sedimentation and useful life of reservoirs. *Journal of Hydrology*, 44: 89-95.
- GLAVE, M., BORASINO, E., & VERGARA, K. (2014). Análisis socioeconómico de la pesca en el ámbito del Pongo de Manseriche. *GRADE*, 43.
- GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS. (2016). Informe del estado del ambiente Región Amazonas 2016. 127.
- GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA. (2009). *Estrategia Regional de Biodiversidad de Cajamarca al 2021*.
- GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA. (2011). *Zonificación Económica Ecológica. Base para el ordenamiento territorial de Cajamarca*.
- GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA. (2013). *Expediente técnico para la creación del área de conservación regional "Bosques secos del Marañón"*. Cajamarca.
- GOULDING, M., BARTHEM, R., CAÑAS, C., HIDALGO, M., & ORTEGA, H. (2010). *La cuenca del río Inambari: Ambientes acuáticos, biodiversidad y represas*.
- GUYOT, J., BAZÁN, H., FRAIZY, P., ORDOÑEZ, J. J., ARMIJOS, E., & LARAQUE, A. (2007). Suspended sediment yields in the Amazon basin of Peru: a first estimation. *IAHS*.
- HAMRICK, K., & GOLDSTEIN, A. (2016). *Raising ambition. State of the voluntary carbon markets*. Ecosystem Marketplace.
- HECHT, S. (1989). Indigenous soil management in the Amazon basin: Some implications for development. *Fragile lands of Latin America. Strategies for sustainable development*. Browder, J (eds) , 166-181.

- HIRAOKA, M. (1989). Agricultural system on the floodplains of the Peruvian Amazon. *Fragile lands of latin america*. Brownder J (Ed.), 75-101.
- HUGHES, D., & SMAKHTIN, V. (1996). Daily flow time series patching or extension: a spatial interpolation approach based on flow duration curves. *Hydrological Sciences Journal*, 41, 851-871.
- IHAKA, K., & GENTLEMAN, R. (1996). R: a language for data analysis and graphics. *Journal of computational and graphical statistics*, 5:299-314.
- IIAP-GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS. (2010). Propuesta de zonificación ecológica y económica del departamento de Amazonas.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA AMAZONÍA PERUANA. IIAP. (2007). *Propuesta de Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Amazonas*.
- INTERNATIONAL RIVERS. (2014). *Mapping hydroeléctric projects in the Marañón river basin: Methods and uncertainty*. Interntional Rivers.
- IPCC. (2013). *Cambio climático. Bases físicas*. IPCC.
- JANZEN, D. H. (1988). Tropical Dry Forests: The Most Endangered Major Tropical Ecosystem. *Biodiversity*.
- JERICÓ-DAMINELLO, C., SEEHUSEN, S., BURGÉS, I., BRUNER, A., ALENCAR, A., & PIONTEKOWSKI, V. (2016). Impactos econômicos da construção da hidrelétrica de São Luiz do Tapajós: cenários de provimento de serviços ecossistêmicos. *CSF*.

JUNK, W., & WANTZEN, K. (2004). *The flood pulse concept: new aspects, approaches, and applications. An update*. Food and Agriculture Organization & Mekong River Commission.

KONDOLF, G. (1997). Hungry waters: Effects of dams and gravel mining on river channels. *Environmental management*, 21: 533-551.

LABARTA, R., WHITE, D., LEGUIA, E., GUZMAN, W., & SOTO, J. (2007). La agricultura en la Amazonia ribereña del río Ucayali. ¿Una zona productiva poco rentable? *Acta Amazónica*, Vol 37 177-186.

LEDEC, G., & QUINTERO, J. (2003). *Good Dams and Bad Dams: Environmental Criteria for selection of Hydroelectric Projects*. The World Bank, Washington.

LIGON, F., DIETRICH, W., & TRUSH, W. (1995). Downstream ecological effects of dams. *BioScience*, 45(3): 183-192.

LIMA, F. (2010). Diversidade, endemismo e biogeografia. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia*, 98, 4-5.

LIST, G. (2016). Agriculture and the risk of crop loss in the amazon river floodplain of Perú. *MSc. Thesis Arts in Geography. McGill University*, 139.

LO LAU, J. (14 de Septiembre de 2016). *Mongabay*. Recuperado el Diciembre de 2016, de Mongabay: https://es.mongabay.com/2016/09/hidroelectricas-conflictos-amazonia-medio_ambiente-peru/

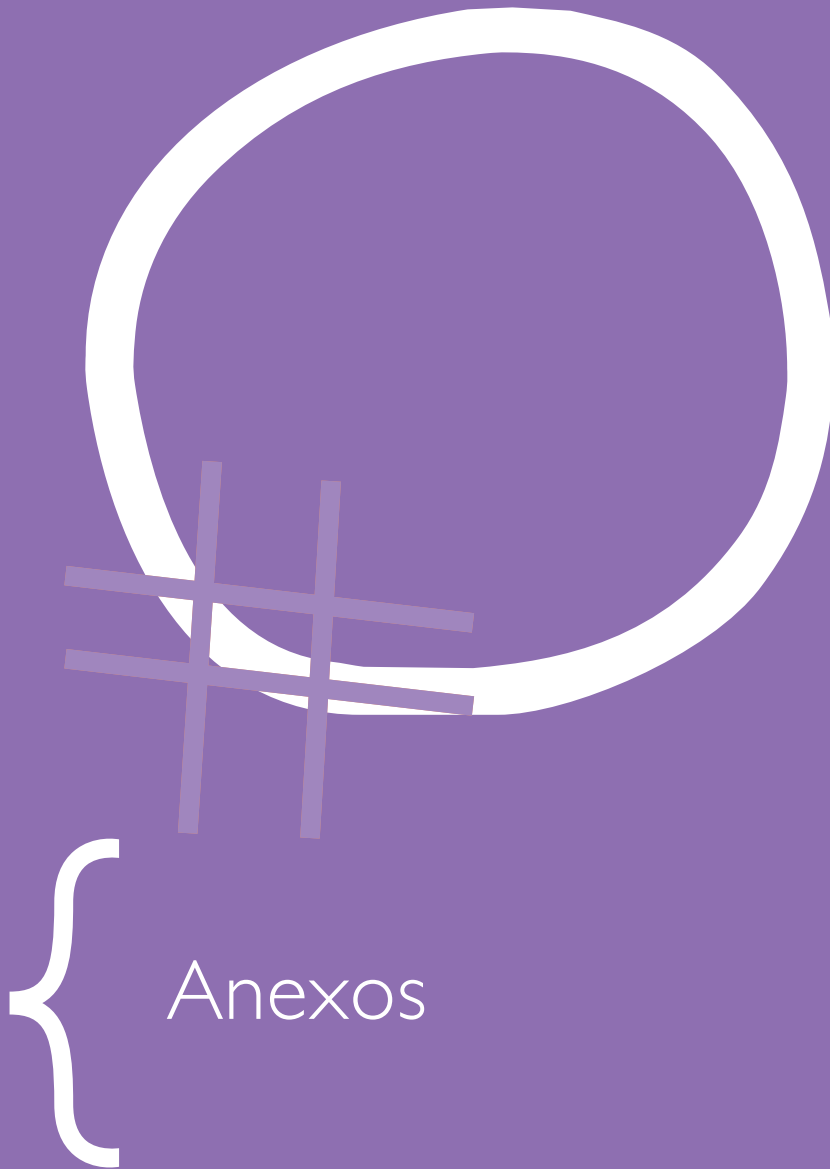
McCLAIN, M., & NAIMAN, R. (2008). Andean influences on the biogeometry and ecology of the Amazon river. *BioScience*, Vol 58. No4.

- MEADE, R. (1994). Suspended sediments of the modern Amazon and Orinoco rivers. *Quaternary International Vol 2*, 29-39.
- MILES, L., ADRIAN , N. C., DEFRIES, R. S., RAVILIOUS, C., MAY, I., BLYTH, S., . . . GORDON, J. E. (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*(33), 491-505.
- MINAM. (2015 A). Mapa Nacional de Cobertura Vegetal. Memoria Descriptiva. 108.
- MINAM. (2015 B). *Manual de Valoración económica del patrimonio natural/Ministerio del Ambiente*. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima: MINAM:GIZ.
- MINAM-MINAGRI. (2014). *Mapa de bosque/no bosque año 2000-2013. Información generada en conjunto por el PNCBMCC y el Proyecto REDD+, SERFOR y OTCA*.
- MINEM. (2008). Plan referencial de electricidad 2008-2017. *MINEM. Dirección general de electricidad, Dirección de estudios y promoción eléctrica*, 405.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS. (2011). *Anexo SNIP 10. Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública. Resolución Directoral N° 003-2011-EF/68.01*. MEF.
- MINSA. (2016). Consolidado CENSO poblacional Microred Manseriche. Estadísticas en Formatos Excel.
- MONTENEGRO, R. (2008). *Valoración económica de los recursos turísticos y pesqueros del Parque Nacional Coiba*. Conservation Strategy Fund.

- ODEBRECHT-AMEC. (2015). EIA del Proyecto Complejo Hidroeléctrico Río Grande y Línea de Transmisión asociada. Resumen Ejecutivo. 126.
- OY INGENIERÍA EIRL - COMPAÑÍA ENERGÉTICA VERACRUZ SAC. (2009). Estudio de Impacto Ambiental. Proyecto Central Hidroeléctrica Veracruz 730 MW. 563.
- OYAGUE, E., VERA, A., LANDEO, S., & TRUJILLO, G. (2016). Evaluación de los efectos ambientales derivados de la instalación de centrales hidroeléctricas en el río Marañón. *CORBIDI*, 117.
- PITMAN, N., RUELAS, I., ALVIRA, C., VRIESENDORP, D., MOSKOVITS, A., DEL CAMPO, T., ... EDS. (2012). *Perú: Cerros de Kampankis. Rapid Biological and Social Inventories Report 24*. The Field Museum, Chicago.
- POFF, N., ALLAN, J., BRAIN, M., J, K., PRESTEGAARD, B., RICHTER, B., ... STROMBERG, J. (1997). The natural flow regime: A paradigm for river conservation and restoration. *Bioscience*, 47:769-784.
- POFF, N., RICHTER, D., ARTHINGTON, H., BUNN, S., NAIMAN, R., KENDY, E., . . . WARMER, A. (2010). The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards. *Freshwater Biology*, 55: 147-170.
- Q&V INGENIEROS SAC. (2007). *Elaboración de resúmenes ejecutivos y fichas de estudios de las centrales hidroeléctricas con potencial para la exportación a Brasil*. Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Electricidad - DGE, Lima.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. (2016). *R: A language and environment for statistical computing*.

- RICHTER, B., BAUMGARTNER, R., WIGINGTON, R., & BRAUN, D. (1997a). How much water does a river need? *Freshwater Biology*, 37:231-249.
- RICHTER, B., BRAUN, D., MENDELSON, M., & MASTER, L. (1997b). Threats to Imperiled Freshwater Fauna. Amenazas a la Fauna Dulceacuicola en Riesgo. *Conservation Biology*, 11(5):1081-1093.
- RODRÍGUEZ, F. (1990). Los suelos de áreas inundables de la amazonia peruana: potencial, limitaciones y estrategia para su investigación. *Folia Amazonica IIAP*, Vol 2.
- RODRÍGUEZ, F. (1995). El recurso del suelo en la amazonia Peruana, diagnostico para su investigación. *Documento técnico IIAP*, 59.
- RUBIO, J. C., & ESCOBEDO, A. J. (2015). *Análisis Costo Beneficio del Parque Nacional Yaguas*. Conservation Strategy Fund, Lima.
- SENAMHI. (2011). *Evaluación hidrológica de las cuencas amazónicas peruanas*. SENAMHI, Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos.
- SERRA, J., MALKY, A., & REID, J. (2012). *Costos y beneficios del proyecto hidroeléctrico del río Inambari*. Conservation Strategy Fund.
- SMAKHTIN, V., & ANPUTHAS, M. (2006). An Assessment of Environmental Flow Requirements of Indian River Basins. *International water management institute. Colombo, Sri Lanka*, 36.
- SMAKHTIN, V., & ERIYAGAMA, N. (2008). *Environmental Modelling & Software*, 23: 1396-1406.

- SOLIS, C., & MALKY, A. (2015). *Programa Socio Bosque en la provincia de Sucumbíos, Ecuador: Costos de oportunidad y preferencias de los propietarios*. Serie Técnica N42, CSF.
- THE SCILAB CONSORTIUM. (2010). Introduction to Scilab. <http://www.scilab.org>.
- TOL, R. (2005). The marginal costs of carbon dioxide emissions: an assesment of the uncertainties. *Energy Policy*, 33(16), 2064-2074.
- TOL, R. (2010). The economic impact of climate change. *Perspektiven der Wirtschaftspolitik*, 11, 13-37.
- TORRES, R. R. (2014). *Evaluación de la sostenibilidad agraria en unidades de producción familiar, de ecosistemas, en la microcuenca del Momón, Región Loreto*. Iquitos.
- VERSTRAETEN, G., & POESEN, J. (2000). Estimating trap efficiency of small reservoirs and ponds: methods and implications for the assesment of sediment yield. *Progress in physical geography*, 24: 219-251.
- WALSH PERÚ. (8 de Febrero de 2016). *Hidrocarburos Walsh Blog*. Obtenido de <http://hidrocarburosvalsh.blogspot.pe/2016/02/sobreoferta-de-capacidad-de-generacion.html>
- WELCOMME, R., & HALLS, A. (2001). *Some considerations of effects of differences in flood patterns on fish populations*. International Center for Ecology.
- YOUNG, B., BECK, S., CÓRDOVA, J., EMBERT, D., FRANKE, I., HERNANDEZ, P., . . . TIMANÁ, M. T. (2007). Digital distribution maps of species endemic to the east slope of the Andes in Peru and Bolivia. *NatureServe, Arlington, Virginia, U.*



ANEXO 1.

ESPECIES (AVES, ANFIBIOS Y MAMÍFEROS) ENDÉMICAS DE LA CUENCA DEL RÍO MARAÑÓN

Clasificación/ Orden	Nombre Científico	Nombre Común	Cuenca Media Alta	Cuenca Media Baja	Cuenca Baja
Aves					
<i>Passeriformes</i>	<i>Anairetes agraphia</i>	torito llano	x	x	x
<i>Passeriformes</i>	<i>Anairetes alpinus</i>	torito pechicenido	x		
<i>Passeriformes</i>	<i>Asthenes urubambensis</i>	canastero de frente listada	x		
<i>Passeriformes</i>	<i>Buthraupis aureodorsalis</i>	tangara de montaña de dorso dorado	x		
<i>Passeriformes</i>	<i>Cinnycerthia peruana</i>	cucarachero Peruano	x	x	x
<i>Passeriformes</i>	<i>Conirostrum ferrugineiventris</i>	mielerito de ceja blanca	x		
<i>Passeriformes</i>	<i>Cyanolyca viridicyanus</i>	urruca de collar blanco	x	x	x
<i>Passeriformes</i>	<i>Delothraupis castaneiventris</i>	tangarade montaña de vientre castaño	x		
<i>Passeriformes</i>	<i>Doliornis sclateri</i>	cotinga de subcaudales de bayo	x		
<i>Passeriformes</i>	<i>Entomodestes leucotis</i>	solitario orejiblanco	x		x
<i>Passeriformes</i>	<i>Grallaria carrikeri</i>	tororoi de pico palido	x		
<i>Passeriformes</i>	<i>Grallaria blakei</i>	tororoi castaño			x
<i>Passeriformes</i>	<i>Grallaria przewalskii</i>	tororoi rojizo			x
<i>Passeriformes</i>	<i>Grallricula ochraceifrons</i>	ponchito frentiocre			x
<i>Passeriformes</i>	<i>Hemispingus auricularis</i>	hemispingo	x	x	x
<i>Passeriformes</i>	<i>Hemispingus rufosuperciliaris</i>	hemispingo cejirrufo	x	x	x
<i>Passeriformes</i>	<i>Hemispingus xanthophthalmus</i>	hemispingo modesto	x	x	x
<i>Passeriformes</i>	<i>Hemispingus parkeri</i>	tiluchi de Parker		x	
<i>Passeriformes</i>	<i>Herpsilochmus gentryi</i>	tiluchi antiguo			x
<i>Passeriformes</i>	<i>Iridosornis jelskii</i>	tangara de Jelski	x		
<i>Passeriformes</i>	<i>Iridosornis reinhardti</i>	tangara de Reinhardt	x	x	x
<i>Passeriformes</i>	<i>Leptopogon taczanowskii</i>	orejero inca		x	x
<i>Passeriformes</i>	<i>Myrmoborus melanurus</i>	hormiguero colinegro			x
<i>Passeriformes</i>	<i>Nephelornis oneilli</i>	tangara pardusca	x		

Clasificación/ Orden	Nombre Científico	Nombre Común	Cuenca Media Alta	Cuenca Media Baja	Cuenca Baja
Passeriformes	<i>Pithys castaneus</i>	hormiguero castaño			x
Passeriformes	<i>Poecilotriccus luluae</i>	titiriji de Lulu			x
Passeriformes	<i>Ramphocelus melanogaster</i>	tangara del Huallaga			x
Passeriformes	<i>Scytalopus altirostris</i>	churrin de neblina	x	x	x
Passeriformes	<i>Scytalopus femoralis</i>	churrin ventrirrofo	x		x
Passeriformes	<i>Scytalopus macropus</i>	churrin patudo			x
Passeriformes	<i>Scytalopus parvirostris</i>	churrin trinador	x	x	x
Passeriformes	<i>Thripadectes scrutator</i>	trepamusgo de garganta antea	x	x	x
Passeriformes	<i>Thripophaga berlepschi</i>	cola suave dorsirrofo		x	x
Strigiformes	<i>Xenoglaux loweryi</i>	mochuelo peludo			x
Piciformes	<i>Aulacorhynchus huallagae</i>	tucaneta del Huallaga	x		
Piciformes	<i>Eubucco versicolor</i>	cabezón versicolor		x	x
Piciformes	<i>Picumnus staidachneri</i>	carpinterito perlado		x	x
Caprimulgiformes	<i>Metallura theresiae</i>	metalura de Teresa	x	x	x
Caprimulgiformes	<i>Loddigesia mirabilis</i>	colibrí admirable			x
Caprimulgiformes	<i>Phaethornis koepckeae</i>	hermitaño de Koepckeae			x
Tinamiformes	<i>Nothocercus nigrocapillus</i>	perdz de cabeza negra			x
Anfibios					
Anura	<i>Atelopus epikeisthos</i>	rana			x
Anura	<i>Atelopus pulcher</i>	rana			x
Anura	<i>Rhinella arborescandens</i>	rana			x
Anura	<i>Hyloxalus argyrogaster</i>	rana			x
Anura	<i>Hyloxalus idiomelus</i>	rana			x
Anura	<i>Hyloxalus leucophaeus</i>	rana			x
Anura	<i>Hyloxalus mittermeieri</i>	rana			x
Anura	<i>Hyloxalus poecilonotus</i>	rana			x
Anura	<i>Hyloxalus insulatus</i>	rana		x	
Anura	<i>Hyloxalus spilotogaster</i>	rana			x
Anura	<i>Hyloxalus trilineatus</i>	rana			x
Anura	<i>Hyloxalus utcubambensis</i>	rana			x

Clasificación/ Orden	Nombre Científico	Nombre Común	Cuenca Media Alta	Cuenca Media Baja	Cuenca Baja
Anura	<i>Excidobates captivus</i>	rana			x
Anura	<i>Dendropsophus aperomeus</i>	rana			x
Anura	<i>Eleutherodactylus araiodactylus</i>	rana			x
Anura	<i>Pristimantis condor</i>	rana			x
Anura	<i>Pristimantis corrugatus</i>	rana		x	x
Anura	<i>Pristimantis cuneirostris</i>	rana			x
Anura	<i>Pristimantis melanogaster</i>	rana		x	x
Anura	<i>Pristimantis metabates</i>	rana			x
Anura	<i>Pristimantis pataikos</i>	rana		x	x
Anura	<i>Pristimantis percnopterus</i>	rana			x
Anura	<i>Pristimantis rufioculis</i>	rana			x
Anura	<i>Gastrotheca abdita</i>	rana			x
Anura	<i>Gastrotheca ossilaginis</i>	rana			x
Anura	<i>Gastrotheca phalarosa</i>	rana			x
Anura	<i>Gastrotheca testudínea</i>	rana	x	x	x
Anura	<i>Leptodactylus griseigularis</i>	rana	x		x
Anura	<i>Melanophryne carpish</i>	rana		x	x
Anura	<i>Phyllomedusa duellmani</i>	rana			x
Anura	<i>Noblella lynchi</i>	rana		x	x
Anura	<i>Telmatobius atahualpai</i>	rana	x	x	x
Anura	<i>Scinax oreites</i>	rana		x	x
Anura	<i>Telmatobius atahualpai</i>	rana			x
Anura	<i>Telmatobius colanensis</i>	rana			x
Anura	<i>Telmatobius necopinus</i>	rana			x
Anura	<i>Telmatobius truebae</i>	rana		x	x
Mamíferos					
Rodentia	<i>Akodon aerosus</i>	ratón campestre cobrizo	x	x	x
Rodentia	<i>Akodon orophilus</i>	ratón campestre montaños	x	x	x

Clasificación/ Orden	Nombre Científico	Nombre Común	Cuenca Media Alta	Cuenca Media Baja	Cuenca Baja
Rodentia	<i>Dasyprocta kalinowskii</i>	añuje		x	x
Rodentia	<i>Makalata rhipidura</i>	rata espinosa peruana			x
Rodentia	<i>Mesomys leniceps</i>	rata espinosa áspera peruana		x	x
Rodentia	<i>Nephelomys keaysi</i>	ratón arrozalero de yungas	x	x	x
Rodentia	<i>Eremoryzomys polius</i>	ratón arrozalero de Ozgood	x	x	x
Rodentia	<i>Oxymycterus inca</i>	ratón hocicudo Inca	x	x	x
Rodentia	<i>Sciurus pyrrhinus</i>	ardilla rojiza	x		
Rodentia	<i>Thomasomys apeco</i>	ratón montaraz de Apeco	x		
Rodentia	<i>Thomasomys eleusis</i>	ratón montaraz de peruano	x	x	x
Rodentia	<i>Thomasomys incanus</i>	ratón montaraz incaico	x	x	
Rodentia	<i>Thomasomys ischyurus</i>	ratón montaraz de Amazonas		x	x
Rodentia	<i>Thomasomys Kalinowskii</i>	ratón montaraz de Kalinowski	x	x	x
Rodentia	<i>Thomasomys notatus</i>	ratón montaraz de marcado		x	x
Rodentia	<i>Thomasomys macrotis</i>	ratón montaraz orejón	x		
Rodentia	<i>Thomasomys oreas</i>	ratón montaraz dorado pequeño	x	x	x
Rodentia	<i>Thomasomys rosalinga</i>	ratón montaraz Rosalinda			x
Primates	<i>Aotus miconax</i>	mono nocturno peruano	x	x	x
Primates	<i>Callicebus oananthe</i>	tocón del río Mayo			x
Primates	<i>Lagothrix flavicauda</i>	mono choro cola amarilla		x	x
Chiroptera	<i>Carollia manu</i>	murciélago frutero del manu	x	x	x
Didelphimorfia	<i>Gracilinanus aceramarcae</i>	comadreja marsupial	x	x	x
Cingulata	<i>Dasyopus pilosus</i>	armadillo peludo		x	x

ANEXO 2.

TABLA 1. RENTABILIDAD NETA DE LOS PRINCIPALES CULTIVO POR DISTRITO AFECTADO POR LA HIDROELÉCTRICA RÍO GRANDE (VPN SOLES PARA UN PERÍODO DE 30 AÑOS)

Distrito	Cultivos	Precio en Chacra (S/.)	Rendimiento (Kg/Ha)	Rentabilidad (S/./Ha)
Balsas	Arveja grano seco	2.76	2,123	23,317.01
	Maíz amiláceo	1.44	2,500	-1,896.70
	Papa	1.14	14,417	50,062.03
	Yuca	0.85	8,000	16,322.96
	Cacao	5.90	500	6,904.43
	Café	6.11	665	11,404.34
	Plátano	0.96	10,254	28,297.92
Chuquibamba	Arveja grano seco	3.34	833	2,853.06
	Arveja grano verde	3.41	2,162	33,189.46
	Maíz amiláceo	1.52	815	-7,843.28
	Maíz choclo	1.64	7,000	54,415.63
	Papa	1.21	15,000	57,586.71
	Yuca	0.93	8,000	20,483.21
	Cacao	6.03	432	1,300.22
	Plátano	0.94	6,692	12,681.44
Celendín	Arveja grano seco	2.59	1,500	3,151.08
	Arveja grano verde	2.28	1,500	9,587.16
	Cebada	1.20	900	-4,762.66
	Frijol grano seco	2.59	900	3,175.67
	Maíz amiláceo	2.59	1,500	4,378.61
	Maíz choclo	1.27	1,800	4,562.79
	Papa	1.08	9,000	8,605.65
	Trigo	1.40	1,000	-3,127.04
	Yuca	0.95	6,000	14,717.26
	Plátano	1.03	17,375	64,660.84
Oxamarca	Arveja grano seco	2.59	1,500	3,169.26
	Cebada	1.23	900	-4,568.16
	Frijol grano seco	2.59	900	3,190.08
	Maíz amiláceo	2.59	1,200	5,678.15
	Papa	0.99	10,000	10,006.01
	Trigo	1.41	1,000	-3,054.33

Distrito	Cultivos	Precio en Chacra (S/.)	Rendimiento (Kg/Ha)	Rentabilidad (S././Ha)
Utco	Arveja grano seco	2.59	1,500	3,140.70
	Arveja grano verde	2.07	1,500	7,522.48
	Frijol grano seco	2.59	900	3,170.72
	Maíz amarillo duro	0.98	1,800	-3,931.76
	Maíz amiláceo	2.59	1,500	4,378.61
	Papa	0.93	12,000	18,008.54
	Trigo	1.41	1,200	-1,677.03
	Yuca	1.01	6,000	17,143.92
	Plátano	1.02	9,050	25,821.48
José Sabogal	Arveja grano seco	3.14	683	-3,883.12
	Arveja grano verde	1.76	3,000	15,840.49
	Cebada	1.01	650	-6,668.03
	Maíz amiláceo	2.54	850	1,757.19
	Papa	0.46	8,613	17,481.75
	Trigo	1.66	950	-1,386.07
	Plátano	0.46	10,000	4,787.85
Bolívar	Arveja grano seco	2.48	1,373	9,909.83
	Cebada	1.16	1,634	714.71
	Haba grano seco	2.29	1,500	9,185.91
	Maíz amiláceo	2.03	1,800	4,972.85
	Papa	0.86	20,000	53,983.14
	Trigo	1.40	1,856	-964.55
Longotea	Arveja grano seco	2.48	1,500	11,996.62
	Cebada	1.12	1,608	515.21
	Haba grano seco	2.50	1,560	12,140.76
	Maíz amiláceo	2.02	1,900	6,185.60
	Papa	0.81	18,231	37,705.09
	Trigo	1.16	1,860	-2,130.31
Ucuncha	Arveja grano seco	2.48	1,405	10,314.17
	Cebada	1.12	1,820	1,684.59
	Haba grano seco	2.48	1,500	11,050.99
	Maíz amiláceo	2.03	1,730	4,044.19
	Papa	0.80	18,000	35,479.80
	Trigo	1.24	1,803	-1,168.56

TABLA 2. RENTABILIDAD NETA DE LOS PRINCIPALES CULTIVO POR DISTRITO AFECTADO POR LA HIDROELÉCTRICA CHADÍN 2

Distrito	Cultivos	Precio en Chacra (S/.)	Rendimiento (Kg/Ha)	Rentabilidad (S././Ha)
Balsas	Arveja grano seco	2.76	2,123	25,556.18
	Maíz amiláceo	1.44	2,500	- 267.10
	Papa	1.14	14,417	54,854.48
	Yuca	0.85	8,000	18,058.50
	Cacao	5.90	500	7,220.80
	Café	6.11	665	11,886.68
	Plátano	0.96	10,254	33,514.49
Cocabamba	Arveja grano seco	3.62	650	246.91
	Frijol grano seco	3.70	650	4,837.76
	Maíz amarillo duro	1.03	2,200	- 2,359.00
	Maíz amiláceo	2.07	850	- 4,464.83
	Trigo	1.55	1,000	- 2,303.75
	Yuca	0.90	13,000	38,801.75
	Cacao	7.81	1,000	42,952.89
	Café	8.27	811	29,347.91
	Plátano	0.98	10,000	33,592.83
Pisuquia	Arveja grano seco	3.62	700	885.68
	Frijol grano seco	3.67	650	4,718.86
	Maíz amarillo duro	1.03	2,400	- 1,765.49
	Maíz amiláceo	2.07	850	- 12,606.73
	Trigo	2.07	950	263.72
	Yuca	0.90	14,000	42,229.45
	Cacao	8.27	1,000	38,022.75
	Café	8.27	902	34,372.87
	Plátano	0.90	9,000	23,581.42

Distrito	Cultivos	Precio en Chacra (S/.)	Rendimiento (Kg/Ha)	Rentabilidad (S./Ha)
Celendín	Arveja grano seco	2.59	1,500	3,452.69
	Arveja grano verde	2.28	1,447	10,507.83
	Cebada	1.20	900	-5,224.44
	Frijol grano seco	2.59	900	3,468.43
	Maíz amiláceo	2.59	1,500	4,774.25
	Maíz choclo	1.27	1,800	4,988.09
	Papa	1.08	9,000	9,403.82
	Trigo	1.40	1,000	-3,428.13
	Yuca	0.95	6,000	16,107.65
	Plátano	1.03	17,375	79,412.06
Chumuch	Arveja grano seco	2.55	1,207	-2,822.22
	Arveja grano verde	1.93	1,400	5,784.55
	Cebada	1.10	900	-5,986.08
	Frijol grano seco	2.55	900	3,377.99
	Maíz amiláceo	2.53	1,500	4,154.85
	Maíz choclo	1.14	1,800	3,315.16
	Papa	0.96	12,000	15,211.49
	Trigo	1.41	1,000	-4,882.91
	Yuca	0.84	8,000	17,778.89
	Plátano	0.88	15,032	50,857.71

TABLA 3. RENTABILIDAD NETA DE LOS PRINCIPALES CULTIVO POR DISTRITO AFECTADO POR LA HIDROELÉCTRICA VERACRUZ

Distrito	Cultivos	Precio en Chacra (S/.)	Rendimiento (Kg/Ha)	Rentabilidad (S./Ha)
Lonya Grande	Frijol grano seco	4.15	750	8,373.24
	Maíz amarillo duro	1.06	2,608	-4,977.25
	Yuca	0.90	12,800	43,112.90
	Cacao	7.24	672	19,709.10
	Café	6.96	705	9,717.82
	Plátano	0.64	10,288	13,931.79
Yamón	Frijol grano seco	4.14	755	8,402.26
	Maíz amarillo duro	1.06	2,600	-4,937.39
	Yuca	0.99	12,441	47,555.36
	Cacao	7.24	835	22,739.06
	Café	6.83	720	9,787.30
	Plátano	0.67	12,900	27,631.63

TABLA 4. RENTABILIDAD NETA DE LOS DISTRITOS AFECTADOS POR LA HIDROELÉCTRICA RENTEMA Y SEGÚN FRENTE PRODUCTIVO AL QUE PERTENECEN

DISTRITO	Rentabilidad (S./Ha)			
	Frente Productivo de Predominio Arrocero	Frente Productivo de Predominio Cafetalero	Frente Productivo de predominio de Agricultura de Subsistencia de Clima Tropical Subhúmedo a muy Húmedo	Frente Productivo de Predominio de Agricultura de Subsistencia de Sistemas Inter-montañosos
Aramango	-	7,534.99	45,584.78	15,389.47
Bagua	33,414.04	-	71,419.85	5,131.52
Bagua Grande	12,782.55	11,716.63	23,457.07	13,118.99
Bellavista	18,447.26	8,506.60	13,796.68	461.95
Cajaruro	27,854.42	14,134.71	21,383.77	6,624.61
Chirinos	16,803.58	20,437.63	5,078.96	5,809.72
Choros	26,205.33	13,527.67	1,031.75	-4,186.79
Copallin	22,801.58	10,572.83	43,006.63	4,636.20
Cujillo	36,050.31	12,461.91	5,929.53	-5,090.34
Cumba	11,749.25	10,679.14	16,984.76	6,252.91
El Milagro	11,870.33	8,901.52	20,158.01	8,705.83
El Parco	20,461.10	9,889.45	40,311.29	7,164.32
Huarango	17,807.14	19,962.61	15,667.06	5,604.80
Jaen	17,700.78	-194.67	15,183.57	9,897.89
Jamalca	13,268.83	7,855.70	10,810.05	11,782.67
La Coipa	1,237.13	27,760.76	906.74	9,033.72
La Peca	20,658.25	10,164.55	41,409.00	1,354.78
Lonya Grande	-	8,609.84	9,539.12	7,279.81
Pion	-	18,245.35	342.27	-3,126.76
San Ignacio	-	-	-	-
San José De Lourdes	-	-	-	-
Santa Rosa	18,301.97	8,825.61	17,303.11	1,809.91
Santo Tomas	35,101.60	8,330.83	5,601.67	28,083.09
Toribio Casanova	36,523.58	10,240.37	4,984.85	-1,673.38
Yamon	-	8,672.65	23,042.11	-2,239.81

TABLA 5. RENTABILIDAD NETA DE LOS DISTRITOS AFECTADOS POR LA HIDROELÉCTRICA MANSERICHE

Región	Provincia	Distrito	Rentabilidad (S./Ha)
Amazonas	Condorcanqui	El Cenepa	29,417.07
		Nieva	29,727.38
		Río Santiago	29,417.92
	Bagua	Imaza	17,618.31

