



Conservation Strategy Fund | Conservación Estratégica | SERIE ACADÉMICA No. 4 | noviembre de 2011

Costo económico de las emisiones de gases de efecto invernadero en la selva sur del Perú

El caso de la hidroeléctrica Inambari

elena borasino deustua

“La misión de CSF es desarrollar y enseñar herramientas de análisis económicos estratégicos para conservar la naturaleza”.

© Conservation Strategy Fund-CSF

Oficina Bolivia

Conservación Estratégica-Bolivia
Irpavi, Av. Pablo Sánchez No. 6981
La Paz, Bolivia
Tel/Fax: (+591 2) 272-1925
Email: andes@conservation-strategy.org

Finance and Training

Conservation Strategy Fund
1160 G Street, Suite A-1
Arcata, CA 95521-Estados Unidos
Tel: 707-822-5505
Fax: 707-822-5535

General Inquiries, Media and Administration

Conservation Strategy Fund
7151 Wilton Avenue, Suite 203
Sebastopol, CA 95472
Tel 707-829-1802
Fax 707-829-1806

Brazil Office

Conservação Estratégica
Rua Cândido Almeida, 143-Barrio Joana D'Arc
33400-000 - Lagoa Santa - MG - Brasil
Telephone/Fax: +55 31 3681-4901
Email: contato@conservacaoestrategica.org.br

Este documento puede ser descargado
del sitio web de CSF:

www.conservation-strategy.org

Fotografía de la tapa: sebastian suito

Edición: margarita behoteguy

Diseño y diagramación: adriana berríos

Depósito Legal: 4-2-2256-12

ISBN: 978-99954-848-1-1

Impresión: xxxxxxxxx
Telf.: xxxxxxxxxxxx
La Paz - Bolivia

Impreso en Bolivia
Printed in Bolivia

Costo económico de las emisiones de gases de efecto invernadero en la selva sur del Perú

El caso de la hidroeléctrica Inambari

Índice

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	4
<i>DISCLAIMERS</i>	5
AGRADECIMIENTOS.....	7
RESUMEN EJECUTIVO / <i>EXECUTIVE SUMMARY</i>	9
INTRODUCCIÓN.....	14
METODOLOGÍA.....	20
Escenario sin proyecto.....	22
Escenario con proyecto.....	24
Valor del carbono.....	27
RESULTADOS.....	29
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	32
BIBLIOGRAFÍA.....	35
ANEXOS.....	40

MAPAS

Mapa 1 - Ubicación del proyecto Inambari.....	16
Mapa 2 - Vista área de la ubicación del proyecto.....	18

TABLAS

Tabla 1 - Costos económicos de las emisiones según sub escenarios.....	10
Tabla 2 - Escenarios y sub escenarios del análisis.....	11
Tabla 3 - Principales características del Proyecto Inambari.....	17
Tabla 4 - Valor económico de los bosques.....	21
Tabla 5 - Distribución del contenido de biomasa según áreas de impacto.....	24
Tabla 6 - Distribución de las parcelas en la zona del embalse.....	27
Tabla 7 - Costos económicos de las emisiones según sub escenarios.....	30
Tabla 8 - Distribución de las emisiones por escenario y sub escenario.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

EGASUR	Empresa de Generación Eléctrica Amazonas Sur
GEI	Gases de efecto invernadero
EU ETS	European Union Emissions Trading Scheme
UNFCCC	Convención de Cambio Climático de las Naciones Unidas



Disclaimers

El desarrollo de la presente investigación ha sido posible gracias al apoyo de la Fundación MacArthur, WCS y el pueblo americano a través de USAID por medio de la Iniciativa para la Conservación en la Amazonía Andina.

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



Agradecimientos

La autora agradece el generoso apoyo de la Fundación McArthur, y de WCS y el Pueblo Americano a través del proyecto “Fortalecimiento de las Capacidades Locales para la Conservación de la Biodiversidad y el Manejo Sostenible en el Complejo de Conservación Madidi - Manu” de la Iniciativa para la Conservación en la Amazonía Andina.

Un agradecimiento especial a Conservación Estratégica, en especial a John Reid y Alfonso Malky por su constante aliento y supervisión a lo largo de todo el trabajo realizado. Además, mi gratitud se extiende a las siguientes personas e instituciones que contribuyeron de diversas formas a la realización del presente estudio: a Manuel Glave, Karla Vergara, Miguel Figallo, Mauricio Espinoza y Deysi Sánchez de GRADE, a Cristian Vallejos y a todo el equipo de CSF, a Martín Arana, a José Serra, a Eddy Mendoza de Conservación Internacional, a Pronaturaleza, a Pedro Vásquez y Antonio Tovar del Centro de Datos de la Universidad Nacional La Molina, a Heider Damas Vieira y a Mauricio Millones Jiménez de EGASUR, César Ascorra de Cáritas del Perú, a Mariano Castro de la Iniciativa para la Conservación en la Amazonía Andina, a Rómulo Franco y a Isidoro Quispe. Mi más sincero agradecimiento a todos los que hicieron posible este documento.



Resumen ejecutivo

Executive summary

Este trabajo estima, de una manera simplificada, el costo económico de las emisiones netas de gases de efecto invernadero (GEI) por los impactos directos e indirectos de la construcción de la hidroeléctrica Inambari, en la selva sur del Perú. Este costo sumaría un valor entre USD 30,3 y 1.217,5 millones, hasta un 25% adicional sobre el monto total de la inversión presupuestada. Dichos valores son altamente sensibles a las emisiones producidas por la construcción del propio embalse y por el costo marginal de las emisiones de carbono. Pero son menos sensibles a las tasas de deforestación asumidas. En la siguiente tabla se muestra la distribución de las emisiones para dos sub escenarios. En el sub escenario A la vegetación en el área del embalse sería inundada. En el B sería deforestada y quemada antes de llenar el embalse.

TABLA 1. COSTOS ECONÓMICOS DE LAS EMISIONES SEGÚN SUB ESCENARIOS

	Costo marginal de las emisiones	
	USD 5 / tonelada	USD 50 / tonelada
Sub escenario A: inundación de bosques	121.746.055	1.217.460.553
Sub escenario B: deforestación previa	30.364.249	303.642.494

Fuente: Elaboración propia.

Con el objetivo de que los resultados puedan ser incluidos en un análisis costo-beneficio del proyecto, se definen dos escenarios: uno “*sin proyecto*”, donde se evalúan las fuentes de energía alternativas para suplir las demandas de energía actuales, y otro “*con proyecto*”, donde se calculan las emisiones de construirse la hidroeléctrica. En el escenario sin proyecto se incluyen dos efectos de no construirse la hidroeléctrica. Uno de ellos viene dado por las fuentes alternativas de energía que reemplazarían a la central Inambari, y el segundo por la deforestación que ocurriría por el cambio de uso del suelo inducido por actividades humanas en el lugar del proyecto. Para el caso del escenario “*con proyecto*”, las siguientes fuentes de emisiones serán consideradas: por la construcción del embalse en sí, ya sea a través de la inundación de bosques o por la deforestación previa, por la deforestación producida por la desviación de la carretera interoceánica sur, por la construcción de las líneas de transmisión hacia Brasil y, por último, por la deforestación por la reubicación de la población afectada por el embalse.

TABLA 2. ESCENARIOS Y SUB ESCENARIOS DEL ANÁLISIS

ESCENARIO CON PROYECTO	SUB ESCENARIO A Inundación de la vegetación en el área del embalse.	Se evalúa el impacto de la construcción del embalse en cualquiera de los dos sub escenarios, la deforestación producida por la desviación de la carretera interoceánica sur, la construcción de las líneas de transmisión hacia Brasil y la deforestación causada por la reubicación de la población afectada por el embalse.
	SUB ESCENARIO B Deforestación y quema de vegetación antes de llenar el embalse.	
ESCENARIO SIN PROYECTO	Se evalúa el impacto de fuentes de energía diferentes a la hidroeléctrica y la deforestación que ocurriría por el cambio de uso del suelo.	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del estudio demuestran que existen costos importantes que ningún agente involucrado en la inversión estaría forzado a internalizar, y que, finalmente, quien se vería más afectada sería la sociedad global en general al sufrir los impactos que las emisiones tendrían en el proceso de cambio climático. Por tanto, es necesario considerar este tipo de análisis en el proceso de toma decisiones de futuros proyectos, especialmente en espacios tan vulnerables como los Andes tropicales y la cuenca del Amazonas, para estimar los beneficios netos reales que dichos proyectos podrían generar.

This study estimates the economic cost of the net emissions of greenhouse gases produced by the direct and indirect impacts of the proposed Inambari dam project in the southern jungle of Peru. The cost is between USD 30 million and USD 1.2 billion. The higher figure represents an additional 25% over the total cost of the project. The values calculated are highly sensitive to: 1) whether or not forests are cleared from the reservoir area before inundation and 2) the marginal cost of the carbon emissions. They are less sensitive to deforestation rate assumptions in the region. The table below shows the emissions under different scenarios and cost assumption. In Sub scenario A, the vegetation located inside the reservoir area will be flooded. In Sub scenario B, the same vegetation will be cut and burned before the dam is filled.

TABLE 1: ECONOMIC COSTS OF GHG EMISSIONS BY SUB SCENARIOS

	Marginal cost of emissions	
	USD 5 / ton.	USD 50 / ton.
Sub scenario A flooded forests	121.746.055	1.217.460.553
Sub scenario B previous deforestation	30.364.249	303.642.494

Source: The author.

The study defines “without project” and “with project” scenarios. In the “without project” scenario, two causes of emissions are included: one produced by the electricity sources likely to be used if the Inambari Dam is not constructed; the second produced by the deforestation projected to result from human activities already taking place in the reservoir area. For the “with project” scenario, the following sources of emissions are considered: clearing or flooding of vegetation in the reservoir area; re-routing of the section of the Interoceánica Sur highway that would be flooded by the dam; construction of new transmission lines to Brazil; and the resettlement of the affected population.

While hydropower is sometimes seen as environmentally “clean”, the figures above show that there are significant negative externalities that Inambari’s investors would impose on society at large. The greenhouse gas emissions are just one of the environmental costs of the project; others include the loss of biodiversity, impacts on fisheries, loss of forest products, changes in the downstream hydrology and sedimentation patterns and others.

TABLE 2. SCENARIOS AND SUB-SCENARIOS

SCENARIO WITH PROJECT	SUB SCENARIO A The vegetation located inside the reservoir area will be flooded	Sources of emissions that are considered: clearing or flooding of vegetation in the reservoir area; re-routing of the section of the Interoceánica Sur highway that would be flooded by the dam; construction of new transmission lines to Brazil; and the resettlement of the affected population.
	SUB SCENARIO B The vegetation will be cut and burned before the dam is filled.	
SCENARIO WITHOUT PROJECT	Two causes of emissions are included: one produced by the electricity sources likely to be used if the Inambari Dam is not constructed; the second produced by the deforestation projected to result from human activities already taking place in the reservoir area.	

Source: The author.

These costs need to be included in analyses of infrastructure development in fragile ecosystems such as the Tropical Andes and the Amazon Basin. Cost-benefit analysis that includes a full accounting of external costs can show decision makers the real net benefits of development project, enabling them to make better investment choices and to better internalize impacts through mitigation and compensation measures.



Introducción

En las últimas décadas, extensas áreas de bosques tropicales han sido inundadas para construir represas con el objetivo de producir energía “limpia” para satisfacer la creciente demanda. Aunque parezca una evidente contradicción, por muchos años se ha tenido la idea que las centrales hidroeléctricas son fuentes de energía renovable, limpia y ambientalmente amigable. Sin embargo, cada vez existe más evidencia científica y empírica que esto puede no ser así, especialmente en espacios como los bosques tropicales.

En el año 2000, la Comisión Mundial de Represas publicó un informe luego de una serie de reuniones con los principales grupos de interés para discutir la eficacia de las grandes represas y sus principales impactos sobre la economía, el medio ambiente y la sociedad en general. Entre las principales conclusiones del informe se sostiene que las grandes represas han producido una serie de beneficios económicos y han contribuido a un mayor desarrollo económico. Sin embargo, en muchos casos, los costos sociales y ambientales han sido muy elevados en relación a sus beneficios. Dichos beneficios, a su vez, han sufrido una falta de equidad en su distribución, generando una serie de conflictos (World Commission on Dams 2000).

La literatura existente se ha enfocado en analizar los diversos impactos ambientales y sociales de las represas (Dixon, *et ál.* 1989; Cernea 1997; IUCN - The World Conservation Union and The World Bank Group 1997; Braga, *et ál.* 1998; Fearnside 2004; Rosa, *et ál.* 2004; Anderson, *et ál.* 2006). En el contexto actual ante el cambio climático, el debate acerca de la contribución de las represas a las emisiones de gases de efecto invernadero continúa (Giles 2006). El problema radica en el material orgánico dentro de las represas, que luego de ser inundado, decae para convertirse en metano y dióxido de carbono que son liberados a la atmósfera. Estudios demuestran que las emisiones pueden llegar a ser hasta más importantes que otras fuentes de energía tales como la térmica (Fearnside 2005). Además, el nivel de emisiones puede ser mayor en espacios como los bosques tropicales que en áreas de clima templado (Ledec y Quintero 2003; Gunkel 2009). Estos trabajos se han enfocado básicamente en las emisiones producidas por las represas en sí, sin embargo, existen otros impactos indirectos que podrían contribuir con un mayor nivel de deforestación y, por tanto, de emisiones de gases de efecto invernadero. El presente estudio busca contribuir al entendimiento de los impactos totales, a través de la estimación de emisiones directas e indirectas por la construcción de nuevas represas.

El 28 de abril de 2009, los presidentes de Perú y Brasil firmaron un memorando para construir de manera conjunta seis hidroeléctricas en territorio peruano para la producción de energía, de la cual parte será vendida al Brasil. Uno de estos proyectos es la construcción de la hidroeléctrica Inambari, ubicada entre las regiones de Madre de Dios, Puno y Cusco, a 300 kilómetros de la frontera con Brasil. La finalidad del proyecto, según el estudio de factibilidad, es la generación de energía renovable a bajo costo, y su comercialización en los mercados de Perú y Brasil. En junio de 2008, antes de lanzarse el acuerdo bilateral, el Ministerio de Energía y Minas de Perú ya había otorgado la concesión al consorcio Empresa de Generación Eléctrica Amazonas Sur (EGASUR) para realizar los estudios del proyecto en un plazo de dos años. Sin embargo, el

plazo venció y a través de la Resolución Ministerial N° 265-2011-MEM/DM de junio de 2011 se declaró concluida y extinguida la concesión temporal otorgada a EGASUR, por lo que no existe ningún derecho eléctrico sobre el proyecto. Todo este proceso se encuentra en el marco de la firma del acuerdo energético entre Perú y Brasil en junio 2010. Dicho acuerdo de integración energética tiene como objetivo garantizar la cobertura de la creciente demanda energética en el Perú a través de la construcción de plantas hidroeléctricas y redes de interconexión sobre la selva amazónica peruana. El acuerdo establece que se dará prioridad a la cobertura de la demanda nacional y los excedentes podrán ser transferidos al mercado brasileño. Dicho acuerdo está a la espera de ser discutido por el congreso peruano, ya que opiniones en contra enfatizan el hecho que todavía no se define la demanda potencial de energía que el Perú necesitaría cubrir en el largo plazo y de qué manera se distribuiría entre las distintas fuentes de energía¹.

MAPA 1: UBICACIÓN DEL PROYECTO INAMBARI



Fuente: Serra Vega, 2010.

¹ Ver más información en: <http://www.actualidadambiental.pe/tag=acuerdo-energetico-peru-brasil>

Por otro lado, en los últimos años, la macro región sur del Perú, conformada por las regiones de Madre de Dios, Cusco, Puno, Arequipa, Apurímac, Tacna y Moquegua, ha sido protagonista de una serie de megaproyectos, entre ellos la pavimentación de la carretera interoceánica sur, con una inversión aproximada de USD 2.800 millones (Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2010), y el proyecto de explotación de gas de Camisea, con una inversión de USD 3.300 millones. Ambos proyectos dejaron un mal precedente en la percepción de la población en general, especialmente en lo concerniente a la mitigación de los impactos ambientales.

Esta situación se ve agravada en la Amazonía peruana, ya que este espacio está siendo protagonista de una serie de proyectos de inversión, tanto en infraestructura como en la extracción de recursos naturales, que son promovidos de una manera poco coordinada. El principal problema es que la Amazonía peruana no cuenta con un plan de desarrollo o visión del desarrollo a largo plazo (Dourojeanni, Barandiarán *et ál.* 2009) por lo que no existe un manejo integrado de los impactos económicos, sociales y ambientales que ocurrirán en este espacio.

La hidroeléctrica de Inambari tiene una inversión estimada en USD 4.825 millones, ocuparía un área de embalse de 378 km² y tendría una capacidad instalada de generación de 2.200 MW, convirtiéndose en la central hidroeléctrica más grande de Perú y la quinta más grande de América Latina. Para entender la magnitud del proyecto, según la Comisión Internacional de Grandes Represas, una gran represa está definida como aquella con una altura mayor a los 15 metros. Si las represas presentan una altura entre 10 y 15 metros y tienen una longitud de cresta sobre los 500 metros o una capacidad de descarga de más de 2.000 metros cúbicos o un volumen del embalse que sobrepasan un millón de metros cúbicos, también son consideradas grandes represas (IUCN -The World Conservation Union and The World Bank Group 1997). Las principales características de este proyecto se muestran en la tabla 3.

TABLA 3: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO INAMBARI

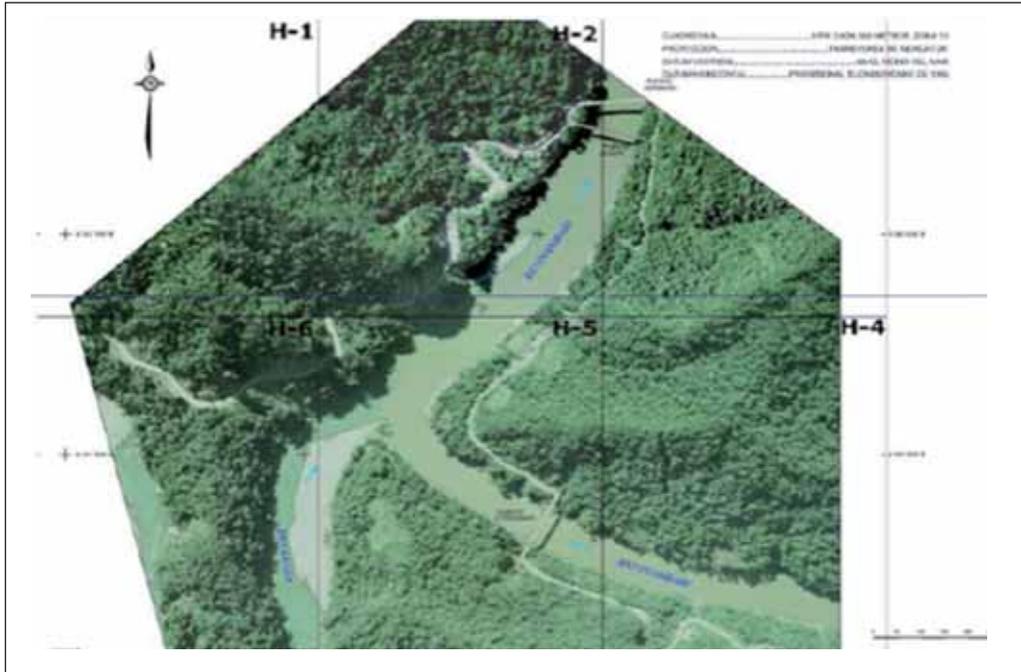
Área anegada del embalse	377,66 km ²
Volumen total del embalse	20.493 x 106 m ³
Nivel de agua normal aguas arriba	525,00 msnm
Longitud de la cresta	945 m
Capacidad de descarga del vertedero	13.600 m ³ /s (decamilenar difluente)
Generación Media Anual	12.720 GWh/año

Fuente: Engevix Ingeniería S/A 2010.

Los llamados hotspots de la biodiversidad son prioridades para la conservación por ser áreas con concentraciones excepcionales de especies endémicas que se encuentran experimentando una importante pérdida de hábitats (Myers, *et ál.* 2000). El hotspot Andes tropicales es uno de los veinticinco identificados con un nivel altamente significativo de endemismo de plantas y vertebrados. La hidroeléctrica Inambari estaría ubicada dentro de esta área, muy cerca del Parque

Nacional Bahuaja Sonene, el cual forma parte, a su vez, del corredor de conservación Vilcabamba – Amboró. Dicho corredor es un área prioritaria para promover acciones de biodiversidad debido a sus altos valores de conservación.

MAPA 2: VISTA ÁREA DE LA UBICACIÓN DEL PROYECTO



Fuente: Serra Vega, 2010; tomado de la presentación de Evandro Miguel de EGASUR.

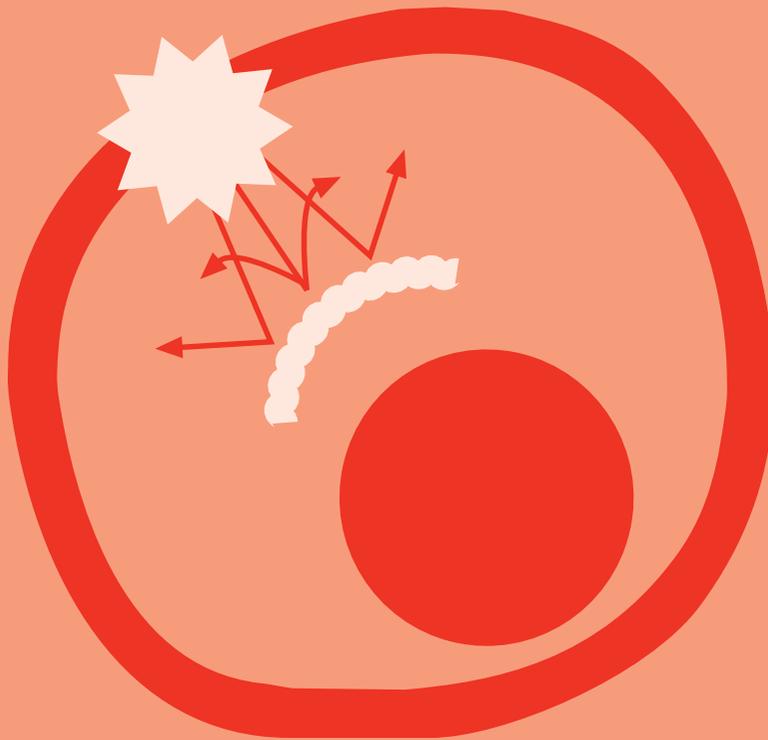
Los principales impactos que la hidroeléctrica Inambari produciría, según EGASUR, son: la pérdida de entre 30.000 y 40.000 hectáreas de bosques tropicales amazónicos y de las áreas de servidumbre para las líneas de transmisión; la ocupación del 5% de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Bahuaja Sonene; la inundación de bosques la cual produce gases de efecto invernadero; las alteraciones en el cauce del río Inambari que afectará las rutas naturales de peces migratorios y reducirá el caudal del río; la pérdida de biodiversidad; la reubicación y reasentamiento como mínimo de 3.261 pobladores en el área del embalse; la inundación de aproximadamente 106,1 km de la carretera interoceánica sur; la apertura de nuevas áreas de ocupación y colonización; y el probable incremento de actividades ilegales.

Algunos de estos impactos están siendo evaluados por EGASUR, tales como los costos de rehacer parte de la carretera interoceánica sur y las compensaciones por el reasentamiento de más de tres mil personas. Una medida importante que EGASUR estaría considerando es la reforestación de bosques. Sin embargo, por no tener acceso al estudio de impacto ambiental no se pudo conocer los detalles del programa, por lo que no fue incluido en el presente análisis. El escenario más probable es la plantación de árboles alrededor de la represa, lo que no alteraría de manera significativa el stock de carbono. Por otro lado, muchos otros impactos, que no son analizados en este estudio, deben ser incluidos también en la evaluación del proyecto para que puedan ser mitigados con los instrumentos más adecuados.

El objetivo general del presente estudio es estimar el costo económico de las emisiones netas de gases de efecto invernadero por los impactos directos e indirectos de la construcción de la represa Inambari, y así proveer información que pueda mejorar la toma de decisiones.

Entre los objetivos específicos tenemos:

- Identificar los principales usos actuales y futuros de la tierra en el área de embalse.
- Estimar las emisiones netas de dióxido de carbono y metano producidas por la descomposición de vegetación sumergida por la represa.
- Estimar las emisiones netas de la deforestación producida por: la construcción de las líneas de transmisión, la desviación del nuevo tramo de la carretera interoceánica sur, la reubicación de la población afectada y la migración espontánea hacia territorios sin intervención humana.
- Aportar en el debate sobre las opciones forestales como mecanismos para la lucha contra el cambio climático que están siendo negociadas para el proceso post - Kyoto.



Metodología

Según la teoría económica, el valor de los bienes y servicios ambientales, los cuales incrementan el bienestar humano, no se encuentra completamente reflejado en los precios de mercado por una falta de derechos de propiedad. Por tal razón, una serie de métodos de valoración económica han sido desarrollados. Normalmente, los bienes y servicios ambientales son clasificados de acuerdo a cómo son utilizados. El valor económico total se encuentra compuesto por el valor de uso directo, el valor de uso indirecto, el valor de opción y el valor de no uso. Algunos ejemplos para el caso de los bosques se muestran en la Tabla 4. El presente estudio tiene como enfoque apenas el valor de uso indirecto de la regulación de emisiones netas de gases de efecto invernadero a la atmósfera producidas por la deforestación de bosques tropicales.

TABLA 4: VALOR ECONÓMICO DE LOS BOSQUES

Valores de uso			Valores de no uso
Uso directo	Uso indirecto	Opción	Existencia
Productos forestales maderables (madera, leña)	Protección de cuencas	Usos directos e indirectos futuros	Biodiversidad (vida silvestre)
Productos forestales no maderables (frutos, medicinas, material genético)	Ciclo de nutrientes		Cultura, patrimonio
Usos educacionales, recreacionales y culturales	Reducción de la contaminación del aire		Valor intrínseco
Habitat humano	Regulación micro climática		Valor de legado
Amenidades (paisaje)	Secuestro de carbono		

Fuente: Bishop, 1999.

El método de valoración a utilizarse es el de cambio de productividad o función de producción. Este método de “valorar el ambiente como un insumo” se basa en que los beneficios de los servicios ambientales afectan la productividad de las actividades económicas (Barbier 2007). Así, es posible estimar la disponibilidad a pagar por dicho servicio al estimar su valor como si fuera un factor de producción de dichas actividades económicas. Este consta de dos pasos: el primero es determinar los efectos físicos producidos por el cambio en el ambiente; y el segundo se trata de valorar los cambios en términos monetarios (Izko y Burneo 2003). En síntesis, la aplicación de este método consiste en determinar los cambios en el contenido de carbono de

la biomasa vegetal, por efecto de la deforestación, y valorar dichas emisiones con precios de mercado o valores encontrados en la literatura.

Para calcular las emisiones netas de una decisión de construir esta represa, se comparan dos escenarios: uno “sin proyecto”, en el cual se evaluarán las posibles emisiones de no construirse la hidroeléctrica donde las actividades se mantendrán en su trayectoria actual, y otro “con proyecto”, donde se calcularán las emisiones de construirse la hidroeléctrica. El periodo de análisis es de 30 años, y el año de inicio es 2008².

Escenario sin proyecto

En el escenario sin proyecto se definirán dos efectos de no construirse la hidroeléctrica. Uno de ellos viene dado por las emisiones de las fuentes alternativas de energía que reemplazarían a la central Inambari. El segundo efecto viene dado por la deforestación que ocurriría por el cambio de uso del suelo inducido por actividades humanas. En el área de estudio se lleva a cabo una serie de actividades económicas que pueden tener un impacto negativo sobre el bosque, que de no construirse la represa podrían seguir incrementando las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera a través de la deforestación.

Fuentes alternativas de energía

En esta sección se busca calcular las emisiones por la generación de energía futura según la demanda proyectada. Estas emisiones se producirán de no realizarse el proyecto. Para el caso del Perú, la información utilizada proviene del Plan Referencial de Electricidad 2008-2017 (Ministerio de Energía y Minas 2008) donde se obtuvieron datos de la generación de energía por fuentes (carbón, diesel, gas natural e hidráulica) por año. Para el caso de Brasil, los datos provienen del Plano Nacional de Energía 2030 (Ministério de Minas Energia 2007) y Matriz Energética Nacional 2030 (Ministério de Minas Energia 2007). Los indicadores de generación proyectada son referenciales para ciertos años, para lo cual se calculó la tasa media de crecimiento anual, y se extrapolaron para el resto de años. Para completar los 30 años de análisis, para ambos países, se tuvo que proyectar la información de los últimos años (a partir del año 20 para Perú y del año 23 para Brasil). Una vez calculada la cantidad de energía por generar, se calcularon los valores de las emisiones por fuente de energía³, y luego el valor total de emisiones por unidad de generación (toneladas de CO₂ por GWh). Según el estudio de factibilidad, la cantidad media de energía que se espera que el proyecto Inambari genere alcanza un valor de 12.720 GWh/año, y a la fecha se ha discutido que se distribuya 75% hacia Brasil y el resto para el mercado doméstico peruano. Con estos datos se calcularon, finalmente, el total de toneladas de emisiones de dióxido de carbono (equivalente – tCO₂e) por año.

² Es importante notar que la investigación fue realizada previamente a la publicación del Estudio de Impacto Ambiental, al cual no se tuvo acceso.

³ Sonia Medina, comunicación personal.

Cambio de uso de la tierra

En esta sección se intenta calcular la deforestación que ocurriría en la zona de estudio de no construirse la represa. Los datos de deforestación fueron tomados del Centro de Datos para la Conservación de la Universidad Agraria de la Molina (Centro de Datos para la Conservación - UNALM 2005) y de Conservación Internacional (Conservación Internacional-Perú 2009), y fueron superpuestos con el área de la concesión⁴ (Anexo 2). El valor inicial del área total deforestada para el 2008 fue de 8.680 hectáreas dentro del área de concesión, y se calculó el promedio anual de hectáreas deforestadas entre 1990 y 2008, que alcanzó un valor de 289 hectáreas por año. Aunque los valores de deforestación muestran un incremento en el tiempo, se considera relevante incluir toda la tendencia disponible. En lugar de considerar una tasa de deforestación, se asume que se mantendrá un promedio absoluto anual fijo en los próximos años, asumiendo que existe suficiente tierra potencial para ser convertida a actividades agropecuarias sin mayores cambios tecnológicos. De contarse con mayor información sobre los factores de deforestación y las características físicas de la zona, este supuesto puede ser reemplazado por una tasa real de deforestación.

Para efectos de calcular el contenido de carbono en el área de la concesión se utilizó la base de datos de Saatchi *et ál.* (2009), la cual se superpuso con el área de la concesión y se encontró un valor promedio de 190 toneladas de carbono en biomasa por hectárea. La principal actividad económica que resultaría de la deforestación proyectada es la agricultura, lo que fue reconocido a través de las imágenes satelitales utilizadas en los dos estudios anteriores. Por tal motivo, se quiso incluir el contenido de carbono en la biomasa de dicha actividad, el cual alcanzó un promedio de 80,7 toneladas de carbono en biomasa por hectárea (Chambi 2001), y luego se pudo calcular las emisiones netas.

⁴ No fue posible superponer los datos de deforestación con el área de la represa en sí, pero las diferencias no son substanciales.

TABLA 5: DISTRIBUCIÓN DEL CONTENIDO DE BIOMASA SEGÚN ÁREAS DE IMPACTO

Rangos (Mg/ha)	Embalse/ Concesión	Desvío carretera	Líneas de transmisión	Reubicación población
0-25	0%	0%	0,44%	0%
25-50	0,01%	0%	1,16%	0%
50-75	0,11%	0%	0,98%	0%
75-100	0,18%	0%	0,52%	0%
100-150	12,92%	6,57%	14,02%	8,91%
150-200	28,68%	26,83%	45,70%	24,96%
200-250	51,18%	58,16%	22,45%	58,29%
250-300	6,91%	8,43%	2,78%	7,84%
300-350	0%	0%	11,95%	0%
350-400	0%	0%	0%	0%
>400	0%	0%	0%	0%

Fuente: Saatchi *et ál.* 2007.

Escenario con proyecto

Para el caso del escenario con proyecto, las siguientes fuentes de emisiones serán consideradas: la construcción del embalse y la inundación de bosques, la deforestación por la reconstrucción de la carretera interoceánica sur, a desviarse y las líneas de transmisión hacia Brasil y la deforestación por la población a reubicarse. Cabe resaltar, que en ninguno de los dos escenarios se ha incluido posibles impactos de la deforestación por el descontrol de quemas de bosques.

Inundación de bosques

La principal fuente para calcular las emisiones por la construcción del embalse es el estudio de Arana Cardó (2009), el cual aplica un modelo llamado el *Biome Carbon Loss*, siguiendo a Lima *et ál.* (2007), para el caso de la represa Inambari. Estima las emisiones tanto de dióxido de carbono como de metano, el cual afecta cerca de 21 veces más al cambio climático que el dióxido de carbono, según la Convención sobre el Cambio Climático. Este modelo no considera las emisiones de metano que resultan de la “gasificación” cuando las aguas profundas pasan por las turbinas y por estructuras diseñadas para la oxigenación aguas abajo de las represas. Lima *et ál.* (2007), estima rangos de estas emisiones que denomina como “aguas abajo” y los expresa en comparación con las emisiones de la superficie del reservorio para 10 represas brasileñas. Las medianas (que eliminan el efecto de *outliers*) dan un rango de 19% a 122% de emisiones aguas abajo como proporción de las emisiones de los lagos. No obstante, la posible importancia de estas emisiones, que pueden ser la mitad de todas las emisiones, son omitidas en el presente estudio

por la falta de información específica y por su gran variación. En general, la estimación de los GEI emitidos por las represas es muy compleja, tal como muestran los trabajos de Fearnside *et ál.* (2005, 2006) y Lima *et ál.* (2007). El presente estudio aplica una metodología más simple sobre la base de los datos que se encuentran disponibles.

Ciertos ajustes fueron realizados para el cálculo, entre ellos el área del embalse fue ajustado de 46.000 a 37.766 hectáreas según el estudio de factibilidad, de los cuales se consideró el 90% como área efectiva para dar espacio amplio a los lechos de río (ya están “inundados”). El contenido de carbono inicial en la biomasa también fue levemente modificado de 185 toneladas por hectárea⁵ por el estimado de 190 toneladas por hectárea de Saatchi *et ál.* (2009), el cual será utilizado en el resto del análisis.

Este cálculo asume que se inundarán los bosques y la vegetación en pie, y no serán deforestados previamente. Esto es lo que históricamente ha sucedido con las grandes represas. Los resultados formarán parte de un sub escenario A, el cual será comparado con el sub escenario B donde se asumirá una deforestación inicial de los bosques, en los primeros dos años, sin emisiones posteriores por el proceso de descomposición de la materia orgánica. La empresa sostiene que llevará a cabo una tala selectiva de especies con mayor contenido de biomasa, por tanto, con mayores efectos sobre las emisiones de metano. De este modo, se espera que el resultado final sea un punto medio entre ambos estimados si es que efectivamente se lleva a cabo la deforestación previa.

Desviación de la carretera interoceánica sur y construcción de la línea de transmisión

Los datos de la longitud de ambas infraestructuras y sus respectivas áreas fueron tomados del estudio de factibilidad. Para el caso de la carretera la longitud sería de 115 kilómetros y el ancho sería de 12 metros⁶, mientras que la línea de transmisión alcanzaría una longitud de 1.168 km y un ancho de 76 metros. Esta última implicaría la construcción de una línea nueva, probablemente paralela a la existente en la región de Madre de Dios, ya que se requeriría una mayor capacidad para transmitir la energía. Se asume que se tendría que deforestar el área de la línea completa, ya que es una línea distinta a la actual. De existir deforestación en algunos tramos y bosques intervenidos previamente, nuestro cálculo de emisiones estaría sobrestimado.

5 En el estudio se especifica por tipo de vegetación: 55tC/ha para sabana seca, 108tC/ha para sabana húmeda y 185tC/ha para bosque tropical.

6 No se considera el área del derecho de vía dado que varía según la topografía del terreno y las características geomorfológicas, por tanto el ancho real sería mayor.

Se obtuvieron las áreas georreferenciadas y se superpusieron con el mapa de biomasa por lo que fue posible encontrar el contenido de carbono promedio del área a deforestar (asumiendo un 50% de carbono almacenado en la biomasa vegetal). Los datos de carbono fueron convertidos a dióxido de carbono multiplicándolo por el parámetro 3,67, y así fueron estimadas las emisiones producidas por año, las cuales fueron distribuidas según el número de años que ambos proyectos tomarían para construirse. Según EGASUR, se espera construir el desvío de la carretera interoceánica en un plazo de dos años, y las líneas de transmisión hacia Brasil en un plazo de tres.

Reubicación de la población afectada

No se tiene información precisa acerca del plan de reubicación de la población afectada, por lo que no se conoce las condiciones en las que las personas van a vivir de realizarse el proyecto, ni tampoco, exactamente, a donde van a ser trasladadas. Por esta razón, se asume que el 50% de la población va a ser reubicada principalmente donde las nuevas carreteras van a ser construidas⁷, y el otro 50% decidirá mudarse a las ciudades ya existentes. Según el último censo poblacional son 500 familias ubicadas en el área del embalse. En el año inicial, la población sería reubicada, produciendo la misma deforestación que la situación actual. Para realizar esto, se contó con información de EGASUR sobre la distribución de los hogares por tamaño de parcelas. Esto multiplicado por el número de viviendas permitió encontrar el área deforestada actualmente. Bajo el supuesto que la empresa asumirá los costos del proceso de reubicación, se espera que la población afectada pueda contar como mínimo con los mismos niveles de vida con los que cuentan actualmente. Luego, a partir del primer año, se aplicaría la deforestación promedio, de 289 hectáreas por año, que se ha estado llevando a cabo en el área de estudio entre los periodos 1990-2008 (como se vio en el escenario sin proyecto). Nuevamente, dado que la actividad a realizarse sería principalmente la agropecuaria, se ha determinado el contenido de carbono que corresponde a dicha actividad, para calcular las emisiones netas.

⁷ Según informaciones preliminares, existe una alta probabilidad que los nuevos centros poblados, donde la deforestación se encontraría mayormente concentrada, corresponde a bosques primarios.

TABLA 6: DISTRIBUCIÓN DE LAS PARCELAS EN LA ZONA DEL EMBALSE

Tamaño parcela (hectáreas)	Proporción de familias	Hectáreas promedio por familia	Número de familias	Total hectáreas
< 1	33%	1	82	82
1-5	30%	3	75	225
5-10	10%	7,5	25	187,5
10-50	22%	30	55	1650
50-100	3%	75	8	600
> 100	2%	100	5	500
Total	100%	-	250	3244,5

Fuente: EGASUR⁸, Instituto Nacional de Estadística e Informática 2007.

Además, habría que considerar el impacto del propio embalse, el cual facilita el acceso fluvial hacia muchas zonas apartadas por la dificultad de la navegación. Esto también sumaría un efecto negativo en cuanto a la deforestación que no cuantificamos aquí.

Valor del carbono

Un elemento importante para estimar el costo económico de las emisiones es determinar el valor económico de la unidad de carbono emitido. El precio de mercado sería la primera opción, pero el mercado de carbono recién está en proceso de consolidación. El *European Union Emissions Trading Scheme* (EU ETS) es uno de los más importantes y fue creado en el año 2005. Durante estos años el precio de mercado ha sido muy volátil, y se considera que sus fluctuaciones siguen un patrón complejo, debido también a la presencia de valores atípicos (*outliers*) significativos (Chevallier 2011; Feng *et ál.* 2011). Por tanto, aunque hay algunos trabajos que han intentado conseguir un modelo representativo del comportamiento del precio de carbono, éste es altamente complejo y se considera que el mercado de carbono, en general, es todavía débil e inestable (Seifert *et ál.* 2008; Benz y Truck 2009; Jaehn y Letmathe 2010; Feng *et ál.* 2011).

Otra alternativa es utilizar el costo marginal del daño de las emisiones de carbono, el cual se define como el valor presente neto del daño incremental debido a un pequeño incremento en las emisiones de carbono (Tol 2010). En otras palabras, es el valor descontado del daño asociado a los impactos del cambio climático que hubieran sido evitados al reducir una unidad de carbono emitido (Anthoff *et ál.* 2009). Sin embargo, existen casi trescientas estimaciones del costo social del carbono en la literatura, con diferentes metodologías y supuestos (Tol 2010).

8 Comunicación con representante vía email.

Luego de revisar una serie de estudios que analizan y comparan la gran mayoría de estas estimaciones, se decidió considerar los valores propuestos por Tol (2005), donde sugiere que el costo marginal de las emisiones de dióxido de carbono no deberían exceder los USD 50 por tonelada. Por tal motivo, se considerará este valor como la cota superior. Debido a la gran variabilidad en las estimaciones, se considerará la moda del costo marginal propuesta por el mismo estudio, ya que representa el valor más probable. Dicho valor, tomando todos los estudios sin discreción, alcanza un valor de USD 5 por tonelada, el cual se considerará como la cota inferior para el presente análisis. Estos valores se encuentran dentro del rango que otros estudios de meta análisis presentan (Pearce 2003; Anthoff 2009, Tol *et al.* 2009; Tol 2010).

El costo económico total será estimado calculando el valor presente neto de los costos anuales, con una tasa de descuento de 11%, la cual es utilizada en los diferentes proyectos de inversión del gobierno (Ministerio de Economía y Finanzas 2006).



Resultados

El costo económico de las emisiones netas por la construcción de la represa alcanzaría un valor entre USD 30,3 a USD 1 217,5 millones. Dichos valores son altamente sensibles a las emisiones producidas por la construcción del embalse y por el costo marginal del carbono. Sin embargo, los resultados son menos sensibles a los niveles de deforestación asumidos, ya que afecta a ambos escenarios al mismo tiempo. Si se considera el promedio de los últimos ocho años, 816 hectáreas al año, en lugar de 289 hectáreas al año, los resultados son bastante similares. En la siguiente tabla se muestra la distribución de las emisiones para cada sub escenario.

TABLA 7: COSTOS ECONÓMICOS DE LAS EMISIONES SEGÚN SUB ESCENARIOS

	Costo marginal de las emisiones	
	USD 5 / tonelada	USD 50 / tonelada
Sub escenario A: inundación de bosques	121.746.055	1.217.460.553
Sub escenario B: deforestación previa	30.364.249	303.642.494

Fuente: Elaboración propia.

La principal diferencia entre los escenarios con proyecto A y B es la forma en que los bosques serán tratados una vez construida la represa. Si los bosques se mantienen y son inundados, empezarán a producir emisiones recién en el año en que la represa esté lista, a partir del año 5 aproximadamente, dado que los valores son descontados, a valor presente el costo será menor, pero las emisiones totales son superiores en términos de CO₂e por las emisiones de metano. Por otro lado, en el escenario B los bosques serán deforestados en un inicio, produciendo emisiones los dos primeros años, se asume que el bosque del área del embalse quedará completamente deforestado, y no habrán emisiones por descomposición de la materia orgánica. Dado que los costos serán producidos prontamente, el descuento será menor, y valor presente más grande para cada unidad. Sin embargo, el total de emisiones será menor por la ausencia de metano.

La gran mayoría de las emisiones en el escenario sin proyecto provienen de la generación de energía alternativa, principalmente por la producción de gas natural en ambos países, seguida por el uso de carbón, y finalmente el diesel. Cuando asumimos en el escenario con proyecto que las emisiones de GEI del embalse se producen por la inundación de bosques, el 95% del total emitido se debe justamente a la inundación, y el 5% restante a la desviación de la carretera, la construcción de líneas de transmisión y a la reubicación de la población afectada. La razón es que las emisiones del embalse perduran durante todo el periodo de análisis, desde que la represa se llena, mientras que los otros factores solo son importantes los primeros años del proyecto y en un área relativamente pequeña. Por otro lado, cuando se asume que las emisiones del embalse son producidas por la deforestación del área, éstas pierden parte de su importancia relativa con respecto a los otros factores, debido a que también solo son producidas en los primeros años del proyecto.

TABLA 8: DISTRIBUCIÓN DE LAS EMISIONES POR ESCENARIO Y SUB ESCENARIO

	tCO ₂ e	%
Escenario sin proyecto	32.164.853	
Generación de energía	30.354.884	94,4%
Cambio de uso del suelo	1.809.968	5,6%
Escenario con proyecto (a)	134.687.879	
Inundación de bosques en la represa	128.938.492	95,7%
Carretera y línea de transmisión	2.733.090	2,0%
Reubicación de la población	3.016.297	2,2%
Escenario con proyecto (b)	16.328.634	
Deforestación de bosques en la represa	10.579.247	64,8%
Carretera y línea de transmisión	2.733.090	16,7%
Reubicación de la población	3.016.297	18,5%

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados pueden ser comparados por los presentados por EGASUR⁹ quienes calculan que el proyecto produce un nivel de emisiones igual a 121.413 tCO₂/año. Los promedios son 522.773 (sub escenario b) y 3.878.668 (sub escenario a) tCO₂/año, según el presente análisis. La estimación de EGASUR involucra el uso de la metodología de la Convención de Cambio Climático de las Naciones Unidas (UNFCCC) para el desarrollo de proyectos de desarrollo limpio (MDL). Ésta solamente considera las emisiones de la construcción de la represa y la planta en sí, y no incluye las emisiones indirectas. Además, asume emisiones de otras fuentes de energía, en el caso sin proyecto, que son 228% más altas que los que se calcularon en este estudio en base a la planificación oficial de los gobiernos de Brasil y Perú.

⁹ Incluida en una presentación por Electrobras al Colegio de Ingenieros de Perú.



Discusión y conclusiones

Cada vez es más frecuente incluir en las evaluaciones económicas de grandes proyectos la valoración de los impactos socio-ambientales. El presente análisis muestra que en el peor escenario el costo económico de las emisiones de gases de efecto invernadero del proyecto Inambari podría adicionar aproximadamente un 25% más sobre el total de la inversión presupuestada, cifra bastante significativa. Este resultado demuestra que existen costos importantes que ningún agente está forzado a internalizar y que, finalmente, quien se vería afectada sería la sociedad global al sufrir los impactos que las emisiones tendrían en el proceso de cambio climático. Este monto también puede ser interpretado como el costo de oportunidad por dejar de recibir beneficios por secuestro de carbono, a través del mercado emergente de carbono.

Por tanto, es imprescindible exigir este tipo de análisis en el proceso de toma de decisiones de futuros proyectos, especialmente en espacios tan vulnerables como los Andes Tropicales y la cuenca del Amazonas, para estimar los beneficios netos reales que dichos proyectos podrían generar. Cabe destacar que el presente estudio tiene como enfoque un análisis simple de apenas una clase de costo ambiental, el de las emisiones de GEI, que de por sí es altamente complejo. No se han considerado otros costos de diversos impactos sobre ecosistemas y sus usuarios que un proyecto de gran envergadura como este puede ocasionar en un ambiente sensible.

En este sentido, es importante cuestionar la idea de que la energía hidráulica es siempre limpia y ambientalmente amigable, aunque a veces lo sea. Nos damos cuenta que en espacios como los bosques tropicales las emisiones por la construcción del embalse y por los impactos indirectos son importantes. Una serie de indicadores se han propuesto para la evaluación de represas, concluyendo que el lugar donde se desarrollaría es uno de las variables más importantes. A esta lista de indicadores debe incluirse la valoración económica de impactos ambientales (Ledec y Quintero 2003). La evaluación del lugar donde posibles proyectos hidroeléctricos podrían llevarse a cabo debe incluir este tipo de análisis.

Este análisis podría ser refinado con estimados de las emisiones de GEI “aguas abajo” de la represa, que pueden ser tan significativas como las del reservorio, pero por falta de información fueron excluidas aquí. Por otro lado, en el escenario sin proyecto se consideró un factor de emisiones igual a cero para las alternativas provenientes de fuentes hidroeléctricas, y en ambos países dichas fuentes son las más importantes en comparación con el resto. Para las fuentes hidroeléctricas ya existentes este supuesto es correcto porque las emisiones no dependen de su producción. Pero hidroeléctricas nuevas sí tendrán emisiones y en ese sentido las emisiones “sin proyecto” son subestimadas en este estudio.

Un tema que no tratamos a detalle aquí es sobre el valor apropiado de la tasa social de descuento. No existe un consenso acerca del valor correcto y la tasa elegida tiene un impacto significativo en el valor presente de los costos ambientales. En el contexto del cambio climático, se sostiene que una tasa social de descuento positiva implica darle importancia mínima al bienestar de las generaciones futuras porque el valor presente de los impactos en un horizonte de décadas se

acerca a cero. Normalmente, y como se aplica también en este estudio, se asume que la tasa social de descuento es constante en el tiempo. Una opción a considerar es una tasa social de descuento hiperbólica que decrece con el tiempo y así atribuye más importancia al futuro que la tasa constante (Guo, Cameron *et ál.* 2006).

Por otra parte, si bien existe una serie de esfuerzos por entender y monitorear los principales factores de deforestación, es importante realizar un análisis en profundidad y más constante del avance de la deforestación en la selva peruana. Los datos utilizados aquí son gruesos, y no incluyen una proyección adecuada del cambio de uso de la tierra en la zona de estudio. Actualmente, en el contexto de las opciones que se están creando para manejar el tema de la deforestación evitada, tales como REDD+, es importante construir un modelo de deforestación que pueda ser aplicado en las diferentes regiones de la selva de Perú. Esta información debe servir de referencia para focalizar mejor los recursos para reducir la deforestación.



Bibliografía

- ABRIL, G., F. GUÉRIN, S. RICHARD, R. DELMAS, C. GALY-LACAUX, P. GOSSE, A. TREMBLAY, L. VARFALVY, M. A. DOS SANTOS, Y B. MATVIENKO (2005). "Carbon dioxide and methane emissions and the carbon budget of a 10-year old tropical reservoir (Petit Saut, French Guiana)" en *Global Biogeochemical Cycles* 19(4).
- ANDERSON E, PRINGLE C, y ROJAS, M. (2006). "Transforming tropical rivers: an environmental perspective on hydropower development in Costa Rica" en *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* 16(7): 679-693.
- ANTHOFF, D., RICHARD S.J. TOL y GARY W. YOHE (2009). "Risk aversion, time preference, and the social cost of carbon" en *Environmental Research Letters* 4(2).
- ARANA CARDÓ, M. (2009). *La Represa de Inambari y las emisiones de los gases de invernadero*.
- BARBIER, E. B. (2007). "Valuing ecosystem services as productive inputs" en *Economic Policy* (49): 178-229.
- BENZ, E. y S. TRUCK (2009). "Modeling the price dynamics of CO₂ emission allowances" en *Energy Economics* 31(1): 4-15.
- BISHOP, J. T. (Ed.). (1999). *Valuing forests. A review of methods and applications in developing countries*. London: International Institute for Environment and Development.
- BRAGA B.; ROCHA O.; TUNDISI J., (1998). "Dams and the Environment: The Brazilian Experience" en *International Journal of Water Resources Development* 14(2): 127 - 140.
- CERNEA, M. M. (1997). *Hydropower dams and social impacts: A sociological perspective*. Social Assessment Series 044. Washington, D.C.: The World Bank. p. 30.
- CONSERVACIÓN INTERNACIONAL-PERÚ (2009). "Presentación avances deforestación en Madre de Dios". Lima.
- CHAMBI, P. P., GLAVE, M., PIZARRO, R. (2001). *Valoración económica de la captura de carbono mediante simulación aplicada a la zona boscosa del río Inambari y Madre de Dios*. Valoración económica de la diversidad biológica y servicios ambientales en el Perú. Lima: Institute Nacional de Recursos Naturales (INRENA). p. 474.
- CHEVALLIER, J. (2011). "Detecting instability in the volatility of carbon prices" en *Energy Economics* 33(1): 99-110.

- DIXON, J. A., TALBOT L. M. y LE MOIGNE G. J. M. (1989). *Dams and the environment. Considerations in the World Bank Projects*". World Bank Technical Paper 110. Washington, D.C.: The World Bank. p. 63.
- DOUROJEANNI, M., BARANDIARÁN, A. y DOUROJEANNI, D. (2009). *Amazonía Peruana en 2021. Explotación de recursos naturales e infraestructuras: ¿Qué está pasando? ¿Qué es lo que significan para el futuro?* Lima, Perú: ProNaturaleza - Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza.
- ENGEVIX ENGENHARIA S/A (2010). "Reporte final de la segunda etapa de factibilidad. Central hidroeléctrica Inambari". Engevix Engenharia S/A S&Z Consultores Asociados.
- FEARNSIDE, P. M. (2002). "Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications" en *Water Air and Soil Pollution* 133(1-4): 69-96.
- FEARNSIDE, P. M. (2004). "Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Controversies provide a springboard for rethinking a supposedly 'clean' energy source - An editorial comment" en *Climatic Change* 66(1-2): 1-8.
- FEARNSIDE, P. M. (2005). "Do Hydroelectric Dams Mitigate Global Warming? The Case of Brazil's Curuá-una Dam" en *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 10(4): 675-691.
- FENG, Z. H., ZOU L. L. y WEI Y.M. (2011). "Carbon price volatility: Evidence from EU ETS" en *Applied Energy* 88(3): 590-598.
- GILES, J. (2006). "Methane quashes green credentials of hydropower" en *Nature* 444(7119): 524-525.
- GUÉRIN, F., ABRIL G., RICHARD S., BURBAN B., REYNOUARD C., SEYLER P., y DELMAS R. (2006). "Methane and carbon dioxide emissions from tropical reservoirs: Significance of downstream rivers" en *Geophysical Research Letters* 33(21).
- GUNKEL, G. (2009). "Hydropower - A Green Energy? Tropical Reservoirs and Greenhouse Gas Emissions" en *Clean-Soil Air Water* 37(9): 726-734.
- GUO, J., HEPBURN, C., TOL, R. S. J. y ANTHOFF D. (2006). "Discounting and the social cost of carbon: a closer look at uncertainty" en *Environmental Science & Policy* 9(3): 205-216.
- INRENA, SZF, FENAMAD/PNUD, CDC-UNALM (2005). *Hacia un Sistema de Monitoreo Ambiental Remoto Estandarizado para el SINANPE: Piloto IV Parque Nacional Bahuaja Sonene, Reserva Nacional Tambopata y Reserva Comunal Amarakaeri (2000-2005)*. Lima, Perú. 76 p.

- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (2007). Censos Nacionales 2007, XI de Población y VI de Vivienda. Perú.
- IUCN - THE WORLD CONSERVATION UNION y THE WORLD BANK GROUP (1997). *Large Dams. Learning from the past looking at the future*. Workshop proceedings, Gland, The World Conservation Union and The World Bank.
- IZKO, X. y BURNEO D. (2003). *Herramientas para la valoración y manejo forestal sostenible de los bosques sudamericanos*. Quito: International Union for Conservation of Nature - South.
- JAEHN, F. y LETMATHE P. (2010). "The emissions trading paradox" en *European Journal of Operational Research* 202(1): 248-254.
- LEDEC, G. y QUINTERO J. D. (2003). "Good dams and bad dams: Environmental criteria for site selection of hydroelectric projects". Sustainable Development Working Paper 16, The World Bank: 20.
- LIMA, I. B. T., BAMBACE L. A. y RAMOS, F. M. (2007). *GHG Cycle analysis and novel opportunities arising from emerging technologies developed for tropical dams*. Workshop on the Greenhouse Gas Status of Freshwater reservoirs Foz do Iguacu, Brazil, Embrapa INPE.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS (2006). *Actualización de la tasa social de descuento*. Lima. p. 54.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (2008). *Plan referencial de electricidad 2008-2017*. M. d. E. y. M. D. G. d. Electricidad. Lima.
- MINISTÉRIO DE MINAS ENERGIA (2007). *Matriz Energética Nacional 2030*. M. d. M. Energia. Brasília: Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética.
- MINISTÉRIO DE MINAS ENERGIA (2007). *Plano Nacional de Energia 2030*. M. d. M. e. Energia. Brasília: Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES (2010) "Carretera Interoceánica" en *Boletín Bibliográfico* 18.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C.G., DA FONSECA, G. A. B. y KENT, J. (2000). "Biodiversity hotspots for conservation priorities" en *Nature* 403(24): 6.
- PEARCE, D. (2003). "The social cost of carbon and its policy implications" en *Oxford Review of Economic Policy* 19(3): 362-384.

- ROSA, L. P., DOS SANTOS, M. A., MATVIENKO, B., DOS SANTOS, E. O. y SIKAR, E. (2004). "Greenhouse gas emissions from hydroelectric reservoirs in tropical regions". en *Climatic Change* 66(1-2): 9-21.
- SAATCHI, S. S., HOUGHTON R. A., DOS SANTOS ALVALÁ, R. C., SOARES, J. V. y YU Y. (2007). "Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin" en *Global Change Biology* 13(4): 816-837.
- SAATCHI, S. S., R. A. HOUGHTON, DOS SANTOS ALVALÁ, R. C., SOARES, J. V. y YU Y (2009). *LBA-ECO LC-15 Amazon Basin Aboveground Live Biomass Distribution Map: 1990-2000*. O. R. N. L. D. A. A. Center. Tennessee.
- SEIFERT, J., UHRIG-HOMBURG M. y WAGNER M. W. (2008). "Dynamic behavior of CO₂ spot prices" en *Journal of Environmental Economics and Management* 56(2): 180-194.
- SERRA VEGA, J. (2010). *Inambari: La urgencia de una discusión seria y nacional. Pros y contras de un proyecto hidroeléctrico*. Lima: ProNaturaleza – Fundación Peruana para la Conservación.
- TOL, R. S. J. (2005). "The marginal damage costs of carbon dioxide emissions: an assessment of the uncertainties" en *Energy Policy* 33(16): 2064-2074.
- TOL, R. S. J. (2010). "The Economic Impact of Climate Change" en *Perspektiven der Wirtschaftspolitik* 11: 13-37.
- WORLD COMMISSION ON DAMS (2000). *Represas y desarrollo. Un nuevo marco para la toma de decisiones*. Síntesis. World Commission on Dams.

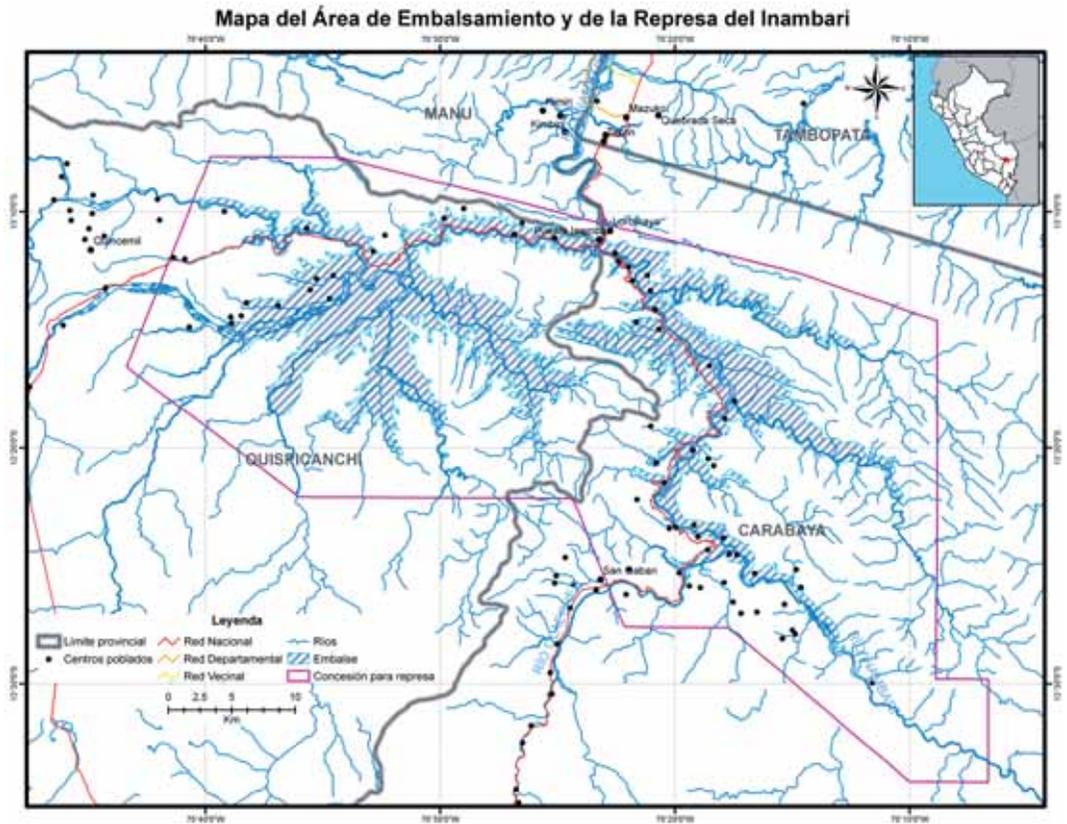


Anexos

Anexo 1. Supuestos principales

- Año de inicio: 2008
- Tiempo de análisis: 30 años
- Tiempo de construcción del llenado de la represa: 5 años
- Tiempo de construcción del desvío de la carretera: 2 años
- Tiempo de construcción de las líneas de transmisión: 3 años
- Tasa social de descuento: 11%
- Porcentaje de energía a Brasil: 75%
- Crecimiento promedio energía al 2027 (demanda base) en Perú: 7,55%
- Crecimiento de energía por periodos en Brasil:
 - Carbón: 2005/2010 (16,34%), 2010/2020 (1,84%), 2020/2030 (7,25%)
 - Diesel: 2005/2010 (0%), 2010/2020 (0%), 2020/2030 (0%)
- Gas Natural: 2005/2010 (33,25%), 2010/2020 (0,52%), 2020/2030 (4,12%)
- Hidráulica: 2005/2010 (3,41%), 2010/2020 (4,02%), 2020/2030 (3,39%)
- Factores de emisión por fuente de energía: Carbón (1 tC₂/MWh), Diesel (0,75 tC₂/MWh), Gas Natural (0,55 tC₂/MWh) y Hidráulica (0 tC₂/MWh)
- Contenido de biomasa inicial en el área de concesión: 190 tC/ha
- Carbono almacenado en la biomasa: 50%
- Factor de conversión a dióxido de carbono: 3,67
- Deforestación promedio anual 1999-2008: 289 hectáreas
- Proporción de la población afectada a reubicarse en zonas rurales/bosques: 50%

Anexo 2. Mapa de ubicación del proyecto



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática 2007, Ministerio de Transporte del Perú 2007 y EGASUR.

Serie Académica / *Academic series* *

Edición 1 – Valoración económica de recursos naturales y culturales del Parque Nacional Torotoro (2008).
sophia espinoza

Edición 2 – Valoración económica de recursos naturales en Áreas Protegidas de Bolivia / *Economic Valuation of Natural Resources of Bolivian Protected Areas* (2008).
sophia espinoza, paola lozano, lia peñarrieta, patricia siles y cristina zea o'phelan

Edición 3 – El ecoturismo como herramienta para la conservación: Pílon Lajas frente a la demanda turística de la Amazonía boliviana (2011).
carlos alberto solís rojas

Edición 4 – Costo económico de las emisiones de gases de efecto invernadero en la selva sur del Perú. El caso de la hidroeléctrica Inambari
elena borasino deustua

Estos documentos pueden ser descargados del sitio web: www.conservation-strategy.org

* La Serie Académica publica proyectos de investigación destacados desarrollados por estudiantes en temas de economía ambiental estratégica.

* The academic series publishes noteworthy research conducted by university students on strategic environmental economics themes.

REALIZACIÓN



APOYO

