



Análisis del Cálculo del Impacto Residual de Hidroproyectos en Loreto,
Perú: Estudio de los casos de la Central Hidroeléctrica Mazán y de la
Hidrovía del Amazonas

Elaborado por Wildlife Conservation Society (WCS):
Jorge Celi, Jorge Fachín y Armando Mercado

Septiembre 2015



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMERICA



© Wildlife Conservation Society (WCS)

Autores:

- Jorge Celi
- Jorge Fachín
- Armando Mercado

Equipo Técnico:

- Oscar Castillo
- Tania Galván

Cómo citar este documento:

Wildlife Conservation Society. 2015. *Análisis del Cálculo del Impacto Residual de Hidroproyectos en Loreto, Perú: Estudio de los casos de la Central Hidroeléctrica Mazán y de la Hidrovía del Amazonas.* Disponible en: <https://peru.wcs.org/es-es/WCS-Perú/Publicaciones>

Este documento ha sido elaborado en el marco del Memorando de Entendimiento entre Conservation Strategy Fund (CSF) y Wildlife Conservation Society (WCS) para la elaboración de dos estudios de caso que permitan evaluar la potencial contribución de los lineamientos de compensación ambiental en el Perú, a la conservación de áreas naturales protegidas en la Amazonia peruana, así como recomendar prácticas y metodologías para una eficiente y costo-efectiva implementación de las políticas de compensación.

Para este trabajo, WCS además contó con el apoyo de la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA) y la Fundación Gordon y Betty Moore. Asimismo, se contó con el apoyo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), en el marco del Consorcio Loreto y Manu-Tambopata, conformado por WCS, la SPDA y el Fondo de las Américas (FONDAM), de la Iniciativa para la Conservación en la Amazonia Andina (ICAA).

Las opiniones expresadas en la publicación son propias de los autores y no reflejan necesariamente la opinión de los financiadores, ni del Gobierno de los Estados Unidos.

ÍNDICE

- 1. Análisis del impacto ambiental neto residual de hidroproyectos**
- 2. Central Hidroeléctrica Mazán**
 - 2.1 *Ecosistemas, riesgo ambiental y estado de protección legal***
 - 2.1.1 Ecosistemas terrestres y cuerpos de agua lénticos
 - 2.1.2 Ecosistemas lóticos
 - 2.2 *Servicios ecosistémicos***
 - 2.2.1 Carbono arriba del suelo por ecosistemas
 - 2.3 *Impactos***
 - 2.3.1 Impactos directos
 - 2.3.2 Impactos indirectos
 - 2.3.3 Impactos sinérgicos y acumulativos
- 3. Hidrovía del Amazonas**
 - 3.1 *Ecosistemas, riesgo ambiental y estado de protección legal***
 - 3.1.1 Ecosistemas terrestres y cuerpos de agua lénticos
 - 3.1.2 Ecosistemas lóticos
 - 3.2 *Servicios ecosistémicos***
 - 3.2.1 Carbono arriba del suelo por ecosistemas
 - 3.3 *Impactos***
 - 3.3.1 Impactos directos
 - 3.3.2 Impactos indirectos
 - 3.3.3 Impactos sinérgicos y acumulativos
- 4. Impacto neto residual**
 - 4.1 *Central Hidroeléctrica Mazán***
 - 4.2 *Hidrovía del Amazonas***
- 5. Referencias**

1. Análisis del impacto ambiental neto residual de hidroproyectos

El análisis de los impactos residuales de los dos hidroproyectos analizados, Central Hidroeléctrica Mazán (CHM) e Hidrovía del Amazonas (HA), se basó en los análisis espaciales de las líneas de base ambiental de las áreas de influencia directa (AID) e indirecta (AII) de estos proyectos, que incluyen: i) la **caracterización de la biodiversidad** a nivel de ecosistemas terrestres y acuáticos y de su contenido de carbono (como indicador de uno de sus **servicios ecosistémicos**), ii) la determinación del **estado de conservación** de los ecosistemas, basada en mapas de riesgo actuales (WCS 2015), y iii) el **estado de protección legal** de dichos ecosistemas. Estos criterios permitieron definir ecosistemas prioritarios a nivel regional antes del análisis del impacto residual. Los resultados anteriores se superpusieron a mapas de la **extensión de los impactos** ocasionados por las actividades de los proyectos, y posteriormente a una propuesta espacialmente explícita de medidas de mitigación, restauración y rehabilitación.

En la Tabla 1 se presenta un ejemplo hipotético y simplificado de la aplicación de la metodología para un número de ecosistemas indeterminados (columna A), bajo cinco estados de conservación (columna B), y con cierto nivel de impacto (columna C). A partir de ello se cuantifica qué y cuánto se impactaría por las actividades del proyecto, cuánto de esto se podría mitigar al aplicar la Jerarquía de la Mitigación (JdM) (D), para así determinar cuánto se debería compensar (E).

Luego se describen los resultados de la aplicación de la JdM para la CHM y la HA considerando el contexto regional y nacional en la priorización de los componentes de la biodiversidad desde un inicio del análisis.

Tabla 1. Esquema hipotético de caracterización de la biodiversidad (representada aquí por ecosistemas), impactos y aplicación de la Jerarquía de la Mitigación.

Características de la biodiversidad (superficie de tipos de ecosistemas y porcentaje del nivel nacional)			Estado actual de la diversidad (superficie y porcentaje de cada ecosistema en estados de conservación 1 a 5)			Impacto inicial (superficie y porcentaje de ecosistemas en diferentes estados bajo impactos X a Z)			Impacto minimizado luego de la JdM (75% de mitigación)		Impacto neto residual (Áreas de compensación)	
A			B			C			D=C*0.75		E=C-D	
Ecosistema	ha	%	Estado	ha	%	Impacto	ha	%	ha	%	ha	%
1	100	10	1	30	30	X	5	16.7	3.8	12.5	1.3	4.2
			2	30	30	Y	5	16.7	3.8	12.5	1.3	4.2
			3	40	40	X	5	12.5	3.8	9.4	1.3	3.1
<i>Subtotal 1</i>	<i>100</i>	<i>10</i>		<i>100</i>	<i>100</i>		<i>15</i>	<i>15</i>	<i>11.3</i>	<i>11.3</i>	<i>3.8</i>	<i>3.8</i>
2	500	50	1	50	10	Y	10	20	7.5	15	2.5	5
			2	400	80	Y	10	2.5	7.5	1.9	2.5	0.6
			5	50	10	Y	20	40	15	30	5	10
<i>Subtotal 2</i>	<i>500</i>	<i>50</i>		<i>500</i>	<i>100</i>		<i>40</i>	<i>8</i>	<i>30</i>	<i>6</i>	<i>10</i>	<i>2</i>
3	200	20	3	140	70	Z	100	71.4	75	53.6	25	17.9
			4	40	20	X	10	25	7.5	18.8	2.5	6.3
			5	20	10	Y	10	50	7.5	37.5	2.5	12.5
<i>Subtotal 3</i>	<i>200</i>	<i>20</i>		<i>200</i>	<i>100</i>		<i>120</i>	<i>60</i>	<i>90</i>	<i>45</i>	<i>30</i>	<i>15</i>
N	200	20	1	66	33	X	20	30.3	15	22.7	5	7.6
			3	66	33	Y	30	45.5	22.5	34.1	7.5	11.4
			5	68	34	Y	40	58.8	30	44.1	10	14.7
<i>Subtotal N</i>	<i>200</i>	<i>20</i>		<i>200</i>	<i>100</i>		<i>90</i>	<i>45</i>	<i>67.5</i>	<i>33.8</i>	<i>22.5</i>	<i>11.3</i>
<i>Total</i>	<i>1000</i>	<i>100</i>		<i>1000</i>			<i>440</i>	<i>44</i>	<i>330</i>	<i>33</i>	<i>110</i>	<i>11</i>

2. Central Hidroeléctrica Mazán

2.1 *Ecosistemas, riesgo ambiental y estado de protección legal*

2.1.1 *Ecosistemas terrestres y cuerpos de agua*

Las AID y AII de la CHM en Loreto incluyen 9 y 12 tipos de ecosistemas diferentes respectivamente (Tabla 2). Tres y seis de estos ecosistemas están sub-representados en las áreas de influencia de la CHM respectivamente (con relación al porcentaje de su superficie en la región), mientras que seis están sobre-representados en los dos casos. Los ecosistemas más abundantes en el AID y el AII, al igual que en la región, son el *bosque siempreverde de penillanura del oeste de la Amazonía* y el *bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía*. Del total de ecosistemas, siete y ocho son ambientes acuáticos y/o inundables y equivalen al 30 y 22% de las AID y AII respectivamente. Adicionalmente, 12 y 5% del total de las AID y AII respectivamente tienen algún grado de intervención. Sin embargo, de acuerdo al análisis de riesgos ambientales (WCS 2015), 56% del total de la superficie del AID tiene bajo y muy bajo riesgo, 20% está en estado intermedio y 24% tiene alto y muy alto riesgo (Tabla 3). En el AII las zonas de menor riesgo alcanzan el 74% de la superficie, las de riesgo medio el 16%, y las de mayor riesgo el 10% (Tabla 3). Cinco de los ecosistemas inundables presentes en las AID y AII son considerados prioritarios a nivel regional, y a pesar de ello sólo el 0.2 y 10% del AID y AII tienen algún estatus de protección legal (Tabla 2).

Tabla 2. Superficie de ecosistemas terrestres y cuerpos de agua lénticos de la AID y AII de la CHM. En tonos de rojo se muestra el nivel de prioridad para su conservación basado en la rareza, abundancia relativa, nivel de protección legal, y riesgo ambiental (más obscuro, más prioritario). Mayor nivel de prioridad para la conservación es 5, en una escala de 5 a 1.

Ecosistema	Tipo	Superficie AID (ha)	Superficie AID (%)	Protección (%)	Riesgo elevado (%)	Superficie AII (ha)	Superficie AII (%)	Protección (%)	Riesgo elevado (%)	Nivel de prioridad
Áreas Antrópicas	seco	106058	12.01		64.6	424729	5.09		51.3	3
Bosque azonal semideciduo de colinas del oeste de la Amazonía	seco					124960	1.5	12.2	0.0	3
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía	inundable	24110	2.73		46.3	199837	2.39	0.4	35.2	4
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	inundable	30846	3.49		35.4	292057	3.5	6.1	11.0	3
Bosque pantanoso de la llanura aluvial del	inundable	219	0.02		100.0	116445	1.39	8.3	3.7	4

oeste de la Amazonía										
Bosque pantanosos de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	inundable	103723	11.74		22.6	706888	8.46	3.9	9.6	3
Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía	seco	516712	58.5	0.3	4.5	5948108	71.22	12	2.1	3
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	inundable	35468	4.02		50.1	227468	2.72		31.9	4
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	inundable	17140	1.94		86.9	65994	0.79		68.6	5
Cuerpos de Agua	inundable	49056	5.55		90.4	230653	2.76	4.3	69.8	4
Herbazal pantanosos de la llanura	inundable					13627	0.16	21.9	6.7	3

aluvial de la
alta
Amazonía
Vegetación
esclerófila de
arenas
blancas del
oeste de la
Amazonía

inundable

1518

0.02

0.3

18.7

3

Total (ha)

883332

1707

8352285

798021

Total (%)

100

0.2

100

9.6

Tabla 3. Superficie de las AID y AII de la CHM bajo diferentes categorías de riesgo ambiental. Basado en mapa de riesgos de Loreto generado por WCS (2015).

Riesgo ambiental	Superficie AID (%)	Superficie AII (%)
Muy bajo	42.1	27.7
Bajo	32.2	28.0
Intermedio	16.2	20.0
Alto	8.6	19.3
Muy alto	0.9	5.0

Entre los ecosistemas más vulnerables (más del 80% de su superficie tiene riesgo alto a muy alto) a actividades humanas presentes dentro de la AID de la CHM están el *bosque pantanoso de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía*, el *complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía* y los *cuerpos de agua* (Tabla 2). De acuerdo a este análisis, los dos últimos son considerados ecosistemas prioritarios a nivel regional (con mayor rareza, menor distribución regional y menor representación en áreas protegidas). Igualmente se puede concluir que la mayoría de los ecosistemas acuáticos e inundables en la AID tienen mayor riesgo que los ecosistemas de tierra firme.

En el AII el *complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía* y los *cuerpos de agua* tienen mayor riesgo (aproximadamente 70% de su superficie tiene riesgo alto a muy alto), los *bosque inundables de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía* y el *complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía* tienen riesgos intermedios, y el resto de ecosistemas tienen riesgos relativamente bajos (Tabla 2).

Los ecosistemas prioritarios a nivel regional (definidos en este estudio) presentes en las AID y AII de la CHM, y aún más los que tienen alto grado de amenaza dentro de estas áreas, son considerados prioritarios para la conservación dentro del área de influencia de la CHM, especialmente debido a su bajo porcentaje de inclusión dentro del sistema de áreas protegidas (Tabla 2).

2.1.2 Ecosistemas lóticos

El AID de la CHM contiene 6254 km de ríos de diferentes órdenes, caudales, tipos de agua y dinámicas fluviales. Solo considerando el orden de los ríos, como indicador de diversidad de este tipo de ecosistemas, se estima que existen 294 km de ríos de sexto orden (ej. Amazonas y Napo).

En general estos tipos de ríos son de una unicidad muy alta, reflejan los procesos ecológicos y ambientales propios de sus cuencas, y son prioritarios para la conservación puesto que controlan la hidrología y ecología de extensas zonas inundables. Los ríos más abundantes corresponden a los de primer a tercer orden, que suman un total de 2316 km. Los ríos de cuarto y quinto orden son los menos comunes, con 578 y 194 km respectivamente y por tanto tienen mayor prioridad en términos de conservación.

2.2 Servicios ecosistémicos

2.2.1 Carbono arriba del suelo por ecosistemas

El AID y el AII de la CHM en la región Loreto contienen 86 y 874 Tg C respectivamente, con una densidad promedio de 67.8 ± 34.4 y 75.3 ± 29 Mg C/ha, respectivamente (Tabla 4). Al igual que en toda la región Loreto los ecosistemas con mayor contenido de carbono son el *bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía* y el *bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía* con 60 y 9 Tg C y 690 y 61 Tg C en la AID y en la AII, respectivamente. Los ecosistemas con mayor densidad de carbono son el *bosque azonal semidecíduo de colinas del oeste de la Amazonía* con 121 Mg C/ha (presente solo en el AII), el *bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía* con 116 Mg C/ha, y la *vegetación esclerófila de arenas blancas del oeste de la Amazonía* (presente solo en el AII) con 110 Mg C/ha. Los ecosistemas con menor densidad corresponden a los *cuerpos de agua*, el *complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía*, y el *herbazal pantanoso de la llanura aluvial de la alta Amazonía*, con densidades que oscilan entre 28 y 52 Mg C/ha en las dos áreas de influencia. Sin embargo, los ecosistemas regionales prioritarios presentes en las AID y AII en conjunto contienen 6.1 y 38.4 Tg de C. También, hay que tomar en cuenta que el contenido de carbono bajo el suelo en la mayoría de los ecosistemas inundables puede ser muy elevado por lo que estos valores podrían cambiar. Por otro lado, las áreas antrópicas actuales mantienen aproximadamente 69 Mg C/ha, 8 unidades más que en la región.

Tabla 4. Contenido y densidad media de carbono de los ecosistemas de la AID y AII de la CHM. En tonos de rojo se muestra el nivel de prioridad para su conservación basado en la rareza, abundancia relativa y nivel de protección legal (más obscuro, más prioritario). Mayor nivel de prioridad para la conservación es 5, en una escala de 5 a 1.

Ecosistema	Contenido de Tg C en el AID	Densidad Mg C ha ⁻¹ en el AID	Contenido de Tg C en el AII	Densidad Mg C ha ⁻¹ en el AII	Nivel de prioridad
Vegetación esclerófila de arenas blancas del oeste de la Amazonía			0.2	110.02	3
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial de la alta Amazonía			0.7	52.20	3
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	0.8	46.26	3.2	51.83	5
Bosque pantanoso de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	0.0	85.75	6.0	54.15	4
Cuerpos de Agua	1.2	27.72	6.6	30.54	4
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	2.2	68.96	13.2	62.25	4
Bosque azonal semideciduo de colinas del oeste de la Amazonía			15.1	121.00	3
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía	1.9	93.55	15.4	90.24	4
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	2.4	81.09	25.1	87.53	3
Áreas Antrópicas	8.8	69.41	37.6	68.88	3
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	9.0	89.17	60.7	87.61	3
Bosque siempreverde	59.5	116.31	689.7	116.59	3

de la penillanura del
oeste de la Amazonía

<i>TOTAL</i>	85.9	67.8	873.5	75.3
---------------------	-------------	-------------	--------------	-------------

La caracterización de los ecosistemas de las áreas de influencia de la CHM, sus servicios ecosistémicos (basado en su contenido carbono) y riesgos ambientales, y el estado de protección legal de los mismos permiten hacer un primer acercamiento al establecimiento de prioridades de conservación en las áreas de influencia. Además, facilitan el análisis de los impactos de las obras y el cálculo del impacto residual que se describen a continuación.

2.3 *Impactos*

2.3.1 Impactos directos

Con el fin de determinar la extensión de los impactos ambientales potenciales de la CHM y el impacto residual sobre la biodiversidad se han cuantificado la superficie de los ecosistemas que serían afectados directamente por los cambios hidrológicos en el AID. A continuación se analizan espacialmente algunos de los impactos descritos en el informe anterior (ver informe sobre Impactos Ambientales de hidroproyectos), y se sugieren medidas de mitigación a ser consideradas para el análisis del impacto residual.

a) Regímenes hidrológicos de los ríos y los ecosistemas acuáticos asociados

En términos generales dos tipos de impactos en el régimen hidrológico han sido identificados, el aumento y la disminución del hidroperíodo. En el primer caso debido a la formación de un embalse arriba de la represa y el rebalse del río Napo por el Amazonas, y en el segundo caso debido a la disminución de los niveles de agua y la potencial desecación de zonas anegadas anteriormente inundadas por el Río Napo.

Cerca de 2946 km de ríos arriba y abajo de la represa tendrían cambios en sus regímenes hidrológicos. De estos, 2563 km tendrían un aumento en el nivel del agua y 384 disminución en el nivel del agua, ello ocasionaría cambios semejantes en la conectividad con sus ambientes inundables o aledaños. En la cuenca del Río Napo, 2214 km² de nueve ecosistemas serían

afectados por incrementos en la profundidad de la inundación, mientras que 807 km² pertenecientes a ocho ecosistemas se desecarían en cierto grado (Figura 1, Tabla 5). Los ecosistemas que estarían más afectados por la inundación adicional serían los ***cuerpos de agua***, el ***complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía***, el ***bosque inundable*** y ***vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía*** y el ***bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas de oeste de la Amazonía***, con un cambio entre el 94 y 73% de su área dentro de la AID (resaltados se muestran los ecosistemas prioritarios a nivel regional definidos en este análisis). Los demás ecosistemas presentes en el área del embalse serían afectados entre un 67 y 12% de su área. La superficie total de afectación por inundación a los ecosistemas va del 1 al 16% de la superficie de los mismos en el AII de la CHM. Con relación a los datos regionales los ecosistemas que serían afectados representan menos del 7% de su extensión.

Los ecosistemas que serían afectados por disminución de la inundación son principalmente el ***bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía***, el ***bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía*** y el ***complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía***, con un 25, 19 y 11 %, de superficie afectada en el AID, respectivamente, y 2 % de su extensión en el AII de la CHM (resaltados se muestran los ecosistemas prioritarios a nivel regional definidos en este análisis) (Figura 1, Tabla 5). Veinte y tres por ciento y 5% de las áreas antrópicas (inundables) también serían afectadas en el AID y el AII, respectivamente. A nivel regional los ecosistemas que serían afectados representan menos del 2% de su extensión.

Del conjunto de estos ecosistemas, los más vulnerables dentro del AID de la CHM son los ***cuerpos de agua*** y el ***complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía*** con más del 90% de riesgo alto y muy alto a actividades humanas, los mismos que tienen riesgo alto y medio a nivel regional (WCS 2015), respectivamente. Considerando esto al menos dentro de la AID de la CHM estos dos tipos de ecosistemas son prioritarios para la conservación.

Entre las medidas que se podría tomar para minimizar los impactos de las obras en el régimen hidrológico de los ecosistemas están la liberación de un caudal mayor al propuesto (entre 30 y 50% del caudal promedio anual) y la simulación de los pulsos naturales de la inundación río

abajo de la represa. De esta forma se reduciría el tamaño máximo del embalse que se formaría arriba de la represa y aumentaría el área inundada río abajo, y por tanto disminuiría la superficie de los ecosistemas impactados por estos cambios hidrológicos.

La definición de un caudal óptimo para el mantenimiento de la biodiversidad y las funciones de los ecosistemas, así como para la generación de energía y la provisión de otros servicios ecosistémicos (ej. navegabilidad, pesca, etc.) debe ser evaluada cuidadosamente desde el momento en que se planifican las obras.

Por ejemplo, al mantener una cota máxima de inundación de 94 msnm arriba de la represa la superficie de ecosistemas que sería inundada alcanzaría a 750 km² y sería tres veces menor que la superficie máxima estimada a una cota de 97msnm (~2214 km²). Igualmente, si se dejara un caudal mayor abajo de la represa y el nivel mínimo del río se mantuviera por lo menos a 86 msnm el área vulnerable a desecación por pérdida de conectividad hidrológica sería de 631 km², un 22% menor al área estimada a una cota de 83 msnm (807 km²) (Figura 1, Tabla 5). Así, aproximadamente 1297 km de ríos (45% menos que en el embalse de 97msnm) serían afectados por aumento de nivel del agua y ~11 km menos por la disminución de los niveles. Igualmente, la superficie de los ecosistemas a ser inundados se reduciría entre 3 y 100%, y el efecto sobre los ecosistemas con tendencia a disminuir su nivel sería el opuesto (Tabla 5).

Tabla 5. Ecosistemas con potencial aumento y o disminución de niveles del agua arriba y abajo de la represa de la CHM a 94 y 97 msnm. En tonos de rojo se muestra el nivel de prioridad para su conservación basado en la rareza, abundancia relativa y nivel de protección (más obscuro, más prioritario). Mayor nivel de prioridad para la conservación es 5, en una escala de 5 a 1.

Ecosistemas	Desecación abajo embalse 94 msnm (ha)	Inundación embalse 94 msnm (ha)	Desecación abajo embalse 97 msnm (ha)	Inundación embalse 97 msnm (ha)	Nivel de prioridad
Cuerpos de Agua	93	0	945	530	4
Ríos	0	8372	0	15481	---
Áreas Antrópicas	40894	17949	47866	39,131	3
Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía	0	1154	0	59557	3
Bosque inundable	1845	3254	5141	13488	4

de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas de oeste de la Amazonia					
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	0	12924	0	23899	3
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	16898	28636	20924	65052	3
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	2004	2482	2050	4060	5
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	1367	181	3783	180	4
Total	63100	74952	80709	221378	

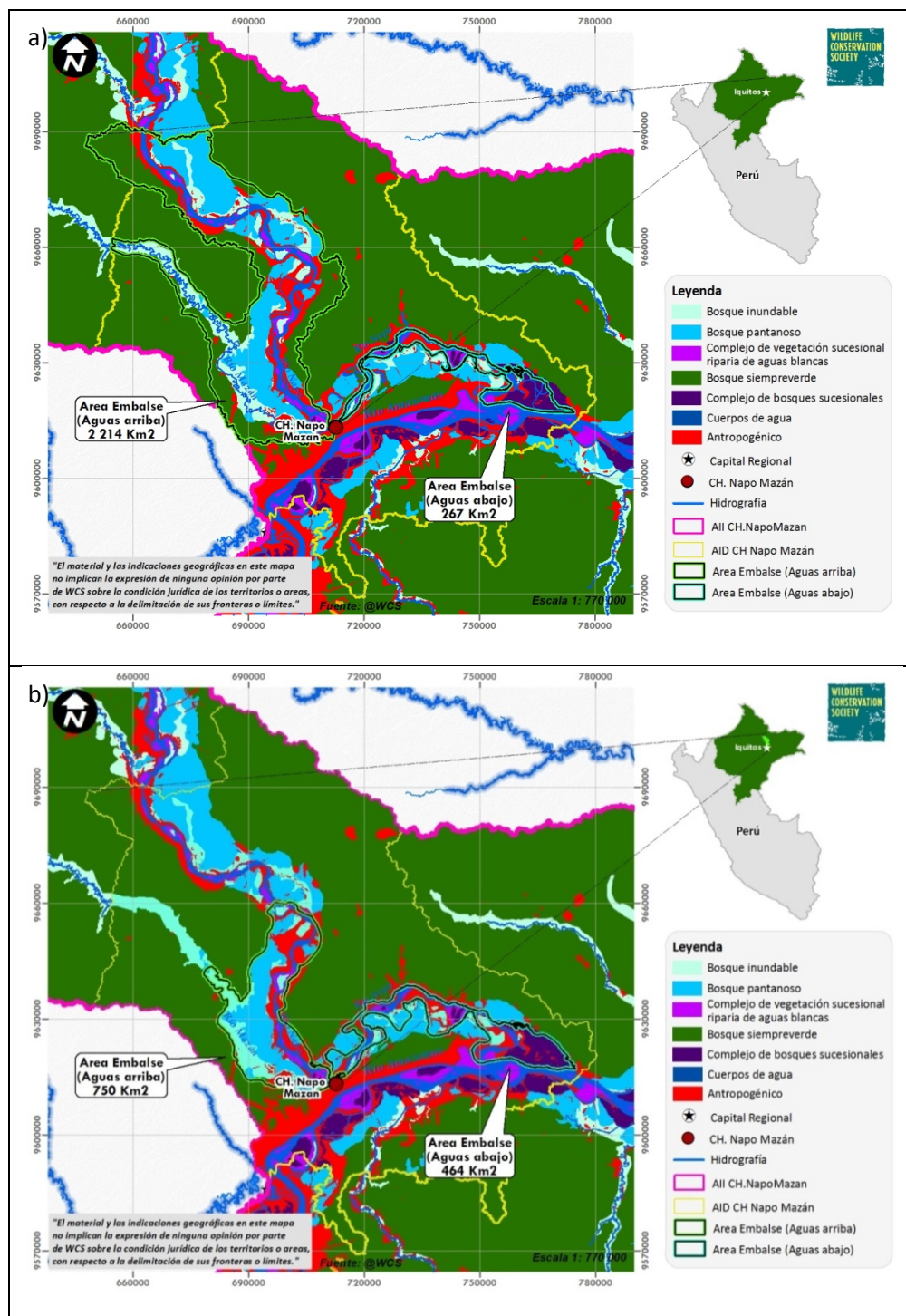


Figura 1. Potenciales embalses que se formaría río arriba y abajo de la CHM en la cota máxima de 97 msnm (a) y 94 msnm (b). El embalse inferior corresponde al área de las planicies inundables que mantendrían conectividad hidrológica con el río. Elaborado por WCS.

El EIA de la CHM no prevé estos impactos sobre la hidrología de los ecosistemas y no propone ninguna medida de mitigación, aparte del mantenimiento de un caudal mínimo, de menos del 10% del caudal máximo para la navegación en la parte inferior del río Napo.

b) Dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de los ríos

Aproximadamente el 7% de los ríos que serían afectados - ya sea por el embalse arriba de la represa o por el cambio de caudal abajo de la misma - son ríos de sexto orden y representan cerca del 100% de los ríos de este tipo en el AID de la CHM. En el AII existen ríos de sexto orden (ej. otros tramos del Río Napo), sin embargo debido a la gradiente altitudinal, química y ecológica estos sectores no son completamente semejantes. Ríos de este tipo son únicos, tienen funciones ecológicas y geomorfológicas muy importantes, y podrían considerarse irremplazables. Igualmente ocurre hasta cierto nivel con los ríos de quinto y cuarto orden dentro del AID que representan el 3% de los ríos del AID (~88 km).

Los ríos de primer a tercer orden corresponden al 90% de los ecosistemas fluviales dentro del área del embalse y del área de desecación. A pesar de la magnitud del impacto, estos ríos están mejor representados en la región, y en el AII de la CHM, al tiempo que su función ecológica y geomorfológica a nivel regional es menor.

Una de las opciones existentes para evitar o minimizar los impactos sobre los tramos de los ríos de sexto orden es la construcción de una represa parcial que retenga parte del caudal del río Napo para reenviarlo a través del canal de conducción, pero que no disminuya su flujo extremadamente, y que no interrumpa los pulsos de la inundación natural del río (Terry 2014). Otra alternativa, es la construcción de solo el canal de conducción, el cual enviaría un porcentaje menor del caudal del Napo al Amazonas. Estas opciones además de permitir el mantenimiento de las dinámicas fluviales y de inundación, mantendrían el flujo de sedimentos indispensables para la formación de ecosistemas fluviales y el sostenimiento de los altos niveles de productividad de las planicies inundables río abajo. Una alternativa adicional, pero con menor impacto positivo sobre los ecosistemas fluviales es la purga de sedimentos a través de compuertas en las secciones más profundas del río, lo que junto con una mayor liberación del caudal líquido (como se propone en el análisis del impacto anterior) mantendría parcialmente algunos de los procesos hidráulicos que caracterizan a este tipo de ríos.

Ninguna de estas alternativas, u otras semejantes, es propuesta en el EIA de la CHM. Sin embargo, como parte del mantenimiento de las obras se propone el dragado de sedimentos en zonas de mayor acumulación arriba de la represa, lo que indirectamente podría incrementar el caudal sólido río abajo de la misma y por tanto mitigar los impactos de la disminución del caudal sobre las hidrodinámicas fluviales.

c) Conectividad hidrobiológica

Las obras de infraestructura y los cambios que producen en las condiciones del hábitat acuático en el AID de la CHM, forman una barrera para la movilidad de las especies acuáticas, especialmente de peces migratorios y mamíferos de amplia distribución. En este sentido, 83188 km² del AII en la cuenca del río Napo arriba de la represa tendrían un cambio significativo e irremplazable en las poblaciones de dichas especies, lo cual no podría ser compensado debido a la magnitud del impacto.

Como se describe anteriormente las mejores opciones para evitar estos cambios en las poblaciones de fauna acuática son la no obstrucción o el bloqueo incompleto del canal principal del río Napo a través de una represa parcial. Aun cuando esta última opción interfiera en el tránsito de la fauna, la magnitud del impacto sería mucho menor y podría ser paliada con medidas de protección de las especies acuáticas en diferentes sectores de la cuenca. Una alternativa adicional no propuesta anteriormente podría ser la construcción de diques laterales parciales arriba de la represa que mantengan la conectividad hidrológica entre el río arriba y abajo de la represa a través de una cocha (antiguo meandro) en la margen izquierda del río que aún mantiene su conexión con este a través de quebradas y riachuelos. De esta manera, se facilitaría el tránsito de la fauna acuática a través de ambientes con condiciones más adecuadas para esta.

El EIA de la CHM no identifica estas opciones a las obras de infraestructura propuestas, y como única medida de mitigación considera la construcción de un canal de peces con dimensiones menores a las óptimas para la migración de más de 50 especies de peces migratorios y grandes mamíferos acuáticos. Lamentablemente, la eficacia de este tipo de estructura es muy baja, y más bien funcionan como trampas ecológicas para muchas especies (Pelicice and Agostinho 2008). Durante la audiencia pública (realizada en la ciudad de Mazán en septiembre de 2014) personal

del equipo consultor mencionó que se planeaba utilizar equipos ultrasónicos para guiar a los peces a través del canal. A pesar de lo sofisticado de esta técnica su aplicabilidad en ecosistemas muy diversos, como son los ríos tropicales, es cuestionable y no ha sido probada positivamente en ningún otro lugar tropical.

2.3.2 Impactos indirectos

A continuación se describe brevemente y a manera de ejemplo cómo la aplicación de las medidas de mitigación sugeridas anteriormente disminuiría los impactos indirectos.

a) Condiciones biogeoquímicas y ecosistémicas de los ecosistemas acuáticos

La aplicación de las medidas anteriores reduciría los efectos de las obras sobre la biogeoquímica de los ríos y sus planicies inundables. Por ejemplo, la formación de un embalse menor disminuiría la cantidad de materia orgánica (MO) que se descompondría, y si en paralelo hay una mayor liberación de caudal, entonces la cantidad de nutrientes que se acumularían en el embalse sería menor. Así, las condiciones tróficas de los ecosistemas después de las obras tendrían mayor similitud a las anteriores a las mismas. Las condiciones serían aún más semejantes si las obras no crearan un embalse y permitieran el flujo natural del río.

El EIA de la CHM no hace este análisis de impactos y por tanto no propone medidas para mitigarlos.

b) Composición y distribución de las comunidades de animales y plantas

La aplicación de las medidas de mitigación indicadas líneas arriba influiría positivamente en la estructura y composición de las comunidades de animales y plantas de los ambientes acuáticos y terrestres a ser afectados, haciendo que los cambios en estas sean menores. Idealmente, las medidas mantendrían los niveles de conectividad críticos indispensables para permitir la migración y dispersión de las especies dentro de su rango de distribución. Adicionalmente, la aplicación de mejores prácticas agrícolas, agroforestales forestales, de reforestación, pago por

servicios ambientales, etc. por parte de la población local facilitada por los planes de manejo y monitoreo ambiental propuestos en el EIA atenuaría parcialmente los impactos de las obras y de los cambios demográficos y culturales sobre los ecosistemas terrestres. Estos planes deben incluir lineamientos, criterios e indicadores para el desarrollo de estas actividades en coordinación con las poblaciones involucradas, y estar estrechamente relacionados a la planificación regional.

El EIA no propone ninguna medida de mitigación para minimizar los impactos de los cambios ambientales sobre las especies que ocupan los hábitats que serían afectados. Sin embargo, tiene planes de manejo ambiental y social que podrían ser mejorados para facilitar la aplicación de medidas de mitigación.

c) Deforestación y cambios en el uso del suelo

La apertura de caminos alrededor y hacia las obras, así como el potencial incremento poblacional podrían cambiar el uso del suelo e incrementar las tasas de deforestación del sector. Para minimizar los impactos de estas actividades el plan de manejo socioambiental debería proponer y monitorear actividades agroforestales, agrícolas y de reforestación, entre otras para remediar y rehabilitar ambientes, así como aplicar mecanismos de compensación ambiental en las áreas de influencia de las obras. De igual manera, dichos planes podrían incluir mecanismos de pago por servicios ambientales para mantener la cobertura boscosa y compensar por la pérdida de esta en las áreas de desarrollo de las obras.

El plan de manejo socioambiental descrito en el EIA de la CHM considera el desarrollo de actividades agroforestales más desde la perspectiva productiva que de la de la conservación de la biodiversidad, y con el fin de compensar por los impactos a los medios de vida de la gente.

d) Emisión de gases de efecto invernadero (GEI)

El efecto de las obras sobre la emisión de GEI está directamente relacionado a los cambios hidrológicos, y por tanto a las condiciones de óxido-reducción de los ambientes, así como a los cambios en la cobertura de la vegetación. Estos potenciales impactos podrían ser minimizados con un diseño diferente de las acciones que ocasionan los impactos (ej. disminución de la cota de

la represa, desarrollo solo del canal de conducción, etc.), de tal forma que se evite la formación del embalse artificial o que este tenga menores efectos sobre las tasas de descomposición de MO y la producción de GEI.

El EIA de la CHM no evalúa los potenciales impactos de la formación de un embalse sobre la emisión de GEI y por tanto no propone medidas para mitigar este impacto.

2.3.3 Impactos sinérgicos y acumulativos

El conjunto de diferentes impactos ambientales de la CHM (ej. aumento de la acumulación de MO río arriba de la represa, estratificación de las aguas del embalse, eutrofización, etc.) puede interactuar y acentuar los efectos de estos sobre las condiciones de óxido-reducción en las aguas y por tanto sobre la fauna acuática que depende de estas para su desarrollo. Igualmente, el efecto de otras actividades en la región (e.j. deforestación, minería, etc.) puede acumularse en ciertos puntos río abajo de las obras y por tanto acentuar la intensidad de los impactos producidos por la CHM sobre los ecosistemas y especies relacionados. Es por ello que el EIA debería evaluar el conjunto de impactos de las actividades existentes en la región junto con el conjunto de impactos de las obras propuestas para poder prevenir, evitar y minimizarlos. Por ejemplo, ante el desarrollo de vías de comunicación e hidroeléctricas se podría seleccionar las actividades prioritarias y de menor impacto para el medio ambiente, y minimizar el impacto de las obras aplicando un plan de manejo y de contingencia efectivo.

El EIA de la CHM hace mención a los planes de manejo pero no identifica medidas o actividades enfocadas a la reducción de los impactos acumulativos y sinérgicos.

3. Hidrovía del Amazonas

3.1 *Ecosistemas, riesgo ambiental y estado de protección legal*

3.1.1 *Ecosistemas terrestres y cuerpos de agua lénticos*

Las AID y AII de la HA en la región Loreto contienen respectivamente 22 y 23 tipos de ecosistemas diferentes (Tabla 6). Seis y siete de estos ecosistemas están subrepresentados en el AID y AII respectivamente (con relación al porcentaje de su superficie en la región), mientras que 16 están sobrerrepresentados en las mismas. Los ecosistemas más abundantes en el AID y el AII, al igual que en la región, son el *bosque siempreverde de penillanura del oeste de la Amazonía* y el *bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía*. Del total de ecosistemas, 13 ecosistemas representan ambientes acuáticos o inundables tanto en el AID como en el AII, y equivalen al 59 y 48% de dichas áreas, respectivamente. Adicionalmente, 8 y 5% del total de las áreas de influencia tienen algún grado de intervención. Sin embargo, de acuerdo al análisis de riesgos ambientales, 65% de la superficie del AID tiene bajo y muy bajo riesgo, 18% está en estado intermedio y 17% tiene alto y muy alto riesgo (Tabla 7). En el AII las zonas de menor riesgo alcanzan el 73%, las de medio riesgo el 16%, y las de mayor riesgo el 11%.

Entre los ecosistemas más vulnerables (cerca de 70% de la superficie tiene riesgo alto a muy alto) a actividades humanas presentes dentro de la AID de la HA están los ***cuerpos de agua*** y el ***complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía*** (resaltados están los ecosistemas prioritarios a nivel regional). En general la mayoría de los ecosistemas acuáticos e inundables en la AID tienen mayor riesgo que los ecosistemas de tierra firme.

De igual manera, en el AII el ***complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía*** y los ***cuerpos de agua*** tienen mayor riesgo (más de 60%). Los ***bosques inundables y vegetación riparia de aguas mixtas de la Amazonía*** tienen riesgos intermedios, y el resto de ecosistemas tienen riesgos relativamente bajo. Resaltados están los ecosistemas prioritarios a nivel regional.

Tabla 6. Ecosistemas terrestres de la AID y AII de la HA. En tonos de rojo se muestra el nivel de prioridad para su conservación basado en la rareza, abundancia relativa, nivel de protección legal, y riesgo ambiental (más obscuro, más prioritario). Mayor nivel de prioridad para la conservación es 5, en una escala de 5 a 1.

Ecosistema	Tipo	Superficie AID (ha)	Superficie AID (%)	Protección (%)	Riesgo (%)	Superficie AII (ha)	Superficie AII (%)	Protección (%)	riesgo (%)	Nivel de prioridad
Areas Antropicas	?	784362	7.6	6.1	64.1	1134720	5.4	4.3	56.7	3
Bosque azonal semideciduo de colinas del oeste de la Amazonia	?	9451	0.1	0.00	0.1	65422	0.3	3.6	0.02	3
Bosque de serranias aisladas del oeste de la Amazonia	seco	75003	0.7	88.5	5.7	103311	0.5	91.6	4.1	3
Bosque del piedemonte del oeste de la Amazonia	seco	438248	4.2	4.7	5.9	1162035	5.5	9.0	5.3	3
Bosque del piedemonte del suroeste de la Amazonia	seco	9891	0.1	0.00	0.00	15301	0.1	0.00	12.3	3

Bosque inundable de la llanura aluvial de rios de aguas blancas del oeste de la Amazonia	inundado	302540	2.9	11.6	30.9	391105	1.8	11.0	29.8	4
Bosque inundable de la llanura aluvial de rios de aguas blancas del suroeste de	inundado	184	0.00	0.00	0.00	1206	0.01	0.00	35.2	4
Bosque inundable y vegetacion riparia de aguas mixtas de la Amazonia	inundado	11626	0.1	0.00	17.3	74415	0.4	0.00	47.8	5
Bosque inundable y vegetacion riparia de aguas negras del oeste de la Amazonia	inundado	735230	7.1	57.4	9.9	1484947	7.0	29.7	7.5	3

Bosque inundable y vegetacion riparia de aguas negras del suroeste de la Amazonia	inundado	946	0.01	0.00	0.00	2856	0.01	0.00	0.00	4
Bosque pantanoso de la llanura aluvial del oeste de la Amazonia	inundado	906301	8.7	30.4	6.2	1494773	7.1	20.0	5.3	3
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonia	inundado	2330393	22.4	34.7	7.6	4287246	20.2	19.5	5.4	3
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del sur de la Amazonia	inundado	3270	0.03	19.9	0.00	3788.4274	0.02	17.2	0.00	3

Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonia	seco	2465675	23.7	17.2	4.6	6601234.4	31.2	14.2	4.2	3
Bosque siempreverde estacional de la penillanura del suroeste de la Amazonia	seco	9433	0.1	34.0	19.9	9433.2592	0.04	34.0	19.9	3
Bosque siempreverde estacional subandino del suroeste de la Amazonia	seco	4593	0.04	27.3	0.00	158048.25	0.7	0.8	3.0	
Bosque siempreverde subandino del oeste de la Amazonia	seco	458725	4.4	27.0	6.3	1856565.4	8.8	35.1	3.0	2
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonia	inundado	672176	6.5	17.8	31.7	703146.86	3.3	17.0	30.7	3

Complejo de vegetacion sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonia	inundado	223508	2.2	8.1	68.0	231783.93	1.1	7.8	66.6	4
Cuerpos de Agua	inundado	408365	3.9	17.1	68.6	488598.38	2.3	17.0	63.4	4
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial de la alta Amazonia	inundado	519856	5.0	33.1	4.1	894966.2	4.2	20.1	3.1	3
Vegetacion esclerofila de arenas blancas del oeste de la Amazonia	inundado	18242	0.2	80.3	19.1	19161.446	0.1	77.8	18.2	3
Total (ha)		10388021				21184064				

Tabla 7. Superficie de las AID y AII de la HA bajo diferentes categorías de riesgo ambiental. Basado en mapa de riesgos de Loreto generado por WCS (2015).

Riesgo ambiental	Superficie AID (%)	Superficie AII (%)
Muy bajo	35.9	40.8
Bajo	29.5	31.9
Intermedio	17.7	16.2
Alto	14.1	9.5
Muy alto	2.7	1.6

3.1.2 Ecosistemas lóticos

El AID de la HA contiene 57735 km de ríos de diferentes órdenes, caudales, tipos de agua y dinámicas fluviales. Solo considerando el orden de los ríos, como indicador de diversidad de este tipo de ecosistemas, se estima que existen 7459 km de ríos de sexto orden (ej. Amazonas, Maraón, Napo, Ucayali, etc.). En general estos tipos de ríos son de una unicidad muy alta, reflejan los procesos ecológicos y ambientales propios de sus cuencas, y son prioritarios para la conservación. Los ríos más abundantes corresponden a los de primer a tercer orden, que suman un total de 45735 km. Los ríos de cuarto y quinto orden son los menos comunes, con 3445 y 1095 km respectivamente, y por tanto también constituyen unidades prioritarias para la conservación.

3.2 Servicios ecosistémicos

3.2.1 Carbono arriba del suelo

La AID y AII (solo en la región de Loreto) de la HA contienen 809 y 1850 Tg C respectivamente, con una densidad promedio de 76.6 ± 26.5 y 76.2 ± 27.3 Mg C/ha, respectivamente (Tabla 8). Al igual que en toda la región los ecosistemas mejor representados son el *bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía* y el *bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial* del oeste de la Amazonía con 276 y 272 Tg C y 731 y 336 Tg C en la AID y en la AII, respectivamente. De la misma manera, el ecosistema con mayor densidad de carbono es el *bosque azonal semideciduo de colinas del oeste de la Amazonía* con 125 y 122 Mg C/ha, seguido por el *bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía* con 114 y

112 Mg C/ha, y el *bosque siempreverde subandino del oeste de la Amazonía* con 111 y 108 Mg C/ha en las dos áreas de influencia. Los ecosistemas con menor densidad corresponden a los *cuerpos de agua, el herbazal pantanoso de la llanura aluvial de la alta Amazonía, y el complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía*, con densidades que oscilan entre 21 y 44 Mg C/ha en las dos áreas de influencia. A su vez, las áreas antrópicas en las AID y AII tienen menor densidad de carbono que en la región (61 Mg C/ha), 54 y 57 Mg C/ha, respectivamente, lo cual puede ser un indicador del menor estado de conservación de estos ambientes en dichas áreas.

Tabla 8. Contenido y densidad media de carbono de los ecosistemas de la AID y AII de la HA. En tonos de rojo se muestra el nivel de prioridad para su conservación basado en la rareza, abundancia relativa y nivel de protección (más oscuro, más prioritario) y en verde se indica que están bajo alguna categoría de protección legal.

Ecosistemas	Contenido AID (Tg C)	Densidad AID (Mg C ha ⁻¹)	Contenido AII (Tg C)	Densidad AII (Mg C ha ⁻¹)	Nivel de prioridad
Áreas agropecuarias heterogéneas			0.0	51.96	
Bosque siempreverde del abanico del Pastaza			0.0	24.22	
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del suroeste de la Amazonía			0.1	58.75	
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del suroeste de la Amazonía	0.1	77.01	0.2	77.10	
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del sur de la Amazonía	0.2	69.64	0.3	72.09	
Bosque siempreverde estacional de la penillanura del suroeste de la Amazonía	0.7	71.87	0.7	71.86	
Bosque del piedemonte del suroeste de la Amazonía	0.8	84.74	1.3	86.89	
Vegetación esclerófila de arenas blancas del oeste de la Amazonía	1.9	102.80	2.0	102.59	

Bosque inundable y vegetación riparia de aguas mixtas de la Amazonía	0.8	72.03	5.9	91.60
Bosque azonal semideciduo de colinas del oeste de la Amazonía	1.2	124.48	8.0	122.44
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	8.1	43.63	8.6	44.25
Bosque de serranías aisladas del oeste de la Amazonía	7.7	103.94	10.8	104.64
Cuerpos de Agua	7.7	20.63	11.0	24.53
Bosque siempreverde estacional subandino del suroeste de la Amazonía	0.4	82.33	17.6	111.17
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía	19.5	69.31	26.2	72.38
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial de la alta Amazonía	19.1	36.97	39.9	44.80
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	40.6	65.33	42.4	64.91
Áreas Antrópicas	56.3	53.83	88.8	57.02
Bosque pantanoso de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	49.0	54.96	91.8	62.29
Bosque del piedemonte del oeste de la Amazonía	42.8	100.87	112.5	101.18
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	53.3	74.09	119.3	82.38
Bosque siempreverde subandino del oeste de la Amazonía	49.8	111.46	195.6	107.78
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	172.5	74.67	335.9	78.87

Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía	276.3	113.77	730.9	111.96
TOTAL	808.8	53.61	1849.6	60.92

3.3 *Impactos*

3.3.1 **Impactos directos**

Para determinar la extensión de los impactos ambientales potenciales de la HA y el impacto residual sobre la biodiversidad se han cuantificado la superficie de los ecosistemas que serían afectados directamente por los cambios hidrológicos en el AID y cambios del uso del suelo en la AID y AII. A continuación se analizan espacialmente algunos de los impactos descritos en la sección anterior, y se sugieren medidas de mitigación que podrían ser consideradas en el análisis del impacto residual.

a) *Regímenes hidrológicos de los ríos y ecosistemas inundables asociados*

Como se ha mencionado anteriormente las obras de dragado podrían ocasionar la disminución del nivel del agua en los sectores a ser intervenidos, y potencialmente en las áreas que tienen conexión hidrológica directa en indirecta como son los tramos del río arriba y abajo de las áreas de intervención y las planicies de inundación y humedales circundantes. No se sabe a ciencia cierta la extensión ni la magnitud de los impactos, pero en el peor de los casos 57735 km de ríos y riachuelos ubicados dentro del AID podrían tener disminuciones en sus niveles de agua. A pesar de que los cambios puedan ser mínimos en algunos de los sectores de menor intervención es probable que esto influya grandemente en la conectividad con las planicies de inundación y que disminuya la extensión de las mismas. De ser así 58000 km² de ecosistemas inundables podrían tener una disminución en la magnitud de la inundación. Un porcentaje de estas áreas podrían desecarse o cambiar a un régimen hidrológico independiente de la inundación de los ríos de perderse completamente la conectividad hidrológica con los mismos.

Las obras pretenden ahondar al menos entre 0.8 y 2.2 m (y hasta 2.6 m) la profundidad del cauce de los ríos, lo cual podría disminuir los niveles de agua del río proporcionalmente. Se conoce que en la Hidrovía del Paraguay-Paraná los estudios de impacto ambiental predijeron un decrecimiento de menos de 10 cm, aunque estimados conservativos indicaron que estos valores podrían alcanzar hasta 25 cm o más (Hamilton 1999). El EIA fue duramente criticado por no evaluar los efectos de este cambio sobre los niveles de las planicies inundables circundantes y por tanto en la extensión de la inundación. Posteriormente se estimó que la disminución en la extensión de la inundación debido a los cambios en el nivel del río podría alcanzar hasta 25 y 60 % en algunos sectores de la región durante aguas altas y bajas respectivamente. En promedio los valores de escenarios de disminución de 10 y 25 cm del nivel del río variaban entre 6 y 15% y 12 y 31% durante época alta y seca, respectivamente. Si este fuera el caso para los ríos de la HA, asumiendo un cambio promedio del 11% durante épocas de aguas altas y del 21% durante aguas bajas resultaría en una disminución de cerca de 5800 y 11600 km² en la extensión de áreas inundables sensu Josse (2009).

Evitar o disminuir la profundidad de dragado (i.e. a 4-6 pies) en las áreas de intervención mantendría o disminuiría los cambios en los niveles del agua de los ecosistemas hidrológicamente conectados. Otra alternativa podría ser adecuar la flota naviera a las condiciones naturales de los ríos. Existen embarcaciones y tipos de contenedores que requieren menor profundidad de calado y por tanto que se podrían ajustar a las condiciones fluctuantes de los ríos amazónicos. Por ejemplo, los catamaranes requieren menor profundidad, tienen un centro de gravedad más alto, son más estables y producen menos olas que los barcos convencionales (una de las causas de problemas socioambientales más frecuentes de la navegación) (Dzan et al. 2013). De igual manera, modificaciones del sistema ro-ro (roll-on/roll-off) que no requiere grandes profundidades permitiría optimizar el transporte y descarga de productos sin tener que ahondar el canal de los ríos (Sima et al. 2009). En vez de modificar los ríos y ocasionar cambios impredecibles en el ambiente sería preferible optimizar-modernizar el sistema naviero y aumentar la frecuencia y disponibilidad de embarcaciones de menor calado de acuerdo a las necesidades de la población. De esta manera un mayor número de embarcaciones de menor envergadura facilitaría el acceso a sectores difíciles a la vez que mejoraría las condiciones de transporte y mercado de las comunidades locales, una de las principales motivaciones para el desarrollo de la HA.

Con la modernización del sistema naviero el dragado podría ser evitado, y tal vez hecho solo en sectores en los que sea imposible la navegabilidad durante un número significativo de días al año. Si este fuera el caso, se deberían evaluar los efectos de estos dragados sobre la hidrología e hidrodinámica de los ecosistemas acuáticos relacionados, determinar la extensión de los ecosistemas que serían afectados y la magnitud de los impactos que esto ocasionaría.

Si la profundidad óptima se redujera a 6 pies el efecto del dragado se estima que los efectos directos se sentirían hasta 1800 km río abajo de las zonas de intervención, mientras que si el dragado fuera hecho hasta 4 pies los efectos de la actividad serían menos extensos (1000 km). Proporcionales serían los efectos en las zonas inundables aledañas.

Aparte del dragado en los malos pasos, así llamados en el EdF, este sugiere algunas medidas para mejorar la navegabilidad como la señalización, el uso de sistemas de posicionamiento global y el monitoreo de los niveles del agua y del thalweg de los ríos que podrían evitar y o minimizar algunos de los impactos de las obras. Sin embargo, no hace un análisis detallado ni comparativo de otras alternativas de embarcaciones o sistemas de transporte fluvial que puedan utilizar los ríos en las condiciones actuales.

b) Dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de los ríos

De acuerdo a proyecciones conservativas al realizarse el dragado de los ríos hasta 10 pies de profundidad en el peor de los casos sus efectos sobre la hidrodinámica de estos podrían sentirse hasta casi 5000 km de distancia, mientras que si el dragado fuera hecho hasta los 8 pies de profundidad los efectos alcanzarían aproximadamente entre 3000. A nivel de Loreto la superficie de ríos que tendrían una mayor intensidad acumulada de impactos se duplicaría entre los dragados a 8 y 10 pies de profundidad (Figura 2 y Tabla 9). En términos generales esto equivale a la profundización del canal de navegación entre 0.8 y 2.6 m o más dependiendo del sector, lo cual podría tener repercusiones en las dinámicas hidráulicas del río y su conectividad con los ecosistemas asociados. Esto solamente analizando los potenciales impactos directos del dragado sobre la dinámica de los ríos. Si tomamos en cuenta los efectos de los depósitos de sedimentos dentro del cauce, la posible contaminación relacionada, el uso de deflectores de las corrientes, la

remoción de palizadas, el efecto erosivo de las olas que ocasionan las embarcaciones sobre los bancos y playas de los ríos, etc., las consecuencias de las actividades relacionadas al desarrollo de la HA podrían ser mayores. Además hay que considerar que se propone un dragado de mantenimiento que acentuaría sus efectos sobre la hidrodinámica de los ríos y su conectividad. La recurrencia de esta actividad puede tener impactos acumulativos persistentes y graves sobre dichas dinámicas hidráulicas e hidrológicas.

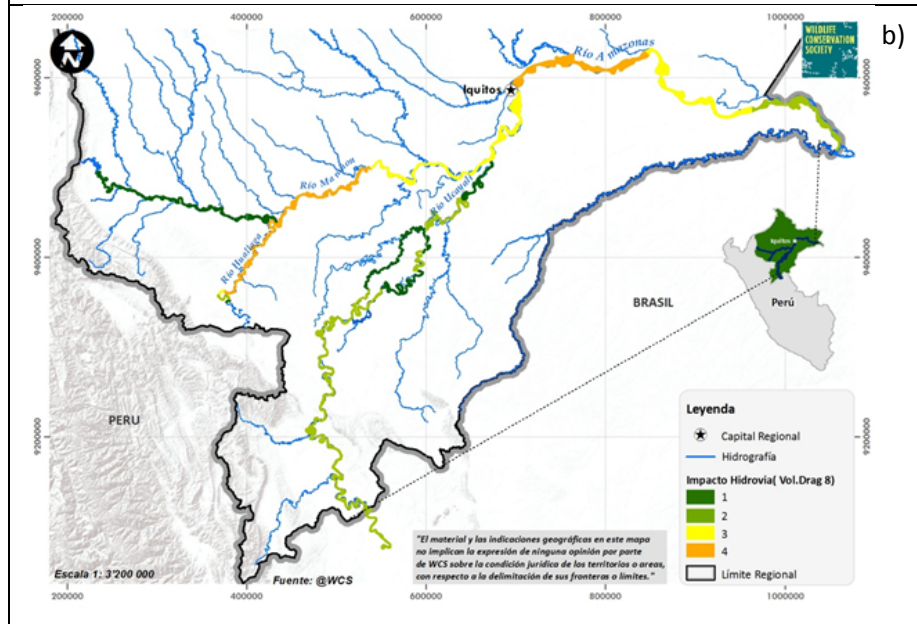
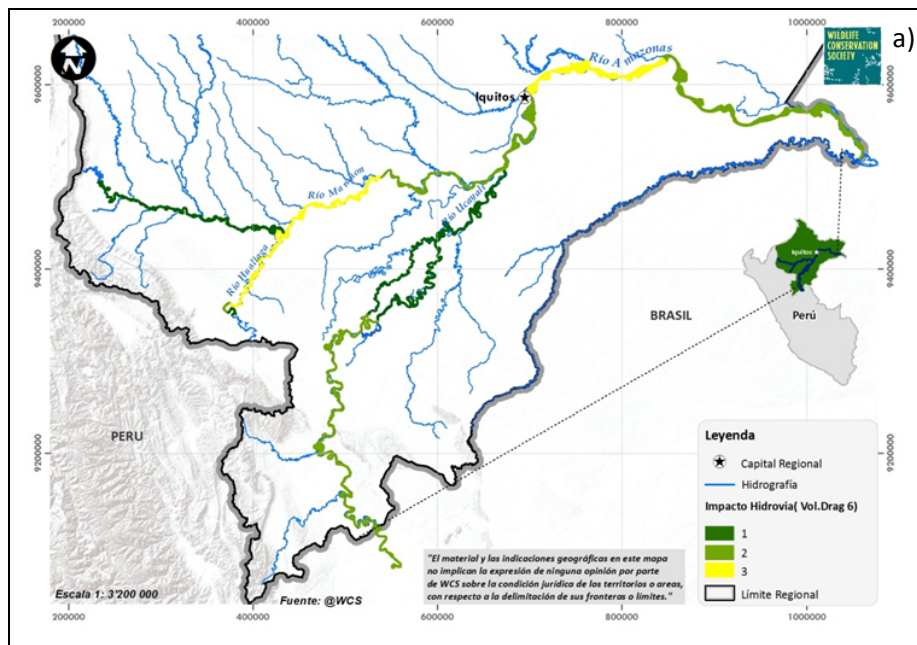
Tabla 9. Impacto acumulativo de las actividades de dragado a 8 y 10 pies de profundidad río abajo de las mismas en la región de Loreto sobre los ríos de 6to orden.

Intensidad Acumulada	Superficie de ríos de 6to orden (km ²) – 10 pies	Superficie de ríos de 6to orden (km ²) – 8 pies	Superficie de ríos de 6to orden (km ²) – 6 pies
1	709	665	885
2	764	1256	2248
3	448	1212	1226
4	1572	1226	----
5	866	----	----
Total general	4359	4359	4359

Si el dragado fuera menor, por ejemplo hasta 6 pies de profundidad, sus efectos se sentirían aproximadamente hasta 2000 km río abajo y la extensión de ríos con alta intensidad acumulada de impactos sería mucho menor (Tabla 9). Correspondientemente los cambios en la hidrodinámica de los ríos y en su conectividad con las planicies inundables serían menores. Usando la misma lógica los efectos de 4 pies de dragado podrían sentirse hasta 1000 km río abajo, y por tanto proporcionalmente menores serían las áreas aledañas a afectarse por los potenciales cambios hidrológicos.

En este punto sería conveniente sopesar las opciones de transporte, su potencial modernización y optimización para los diferentes tipos de ríos de la región, con las opciones de dragado para minimizar o evitar los potenciales impactos de esta actividad.

El EdF identifica la necesidad de mejorar la navegabilidad de los ríos de la región, basado en la flota naviera existente y sin considerar el reemplazo hacia un sistema de transportación más eficiente que incluya varios tipos de embarcaciones adecuadas para las condiciones de navegación presentes, como podrían ser por ejemplo los catamaranes mencionados anteriormente.



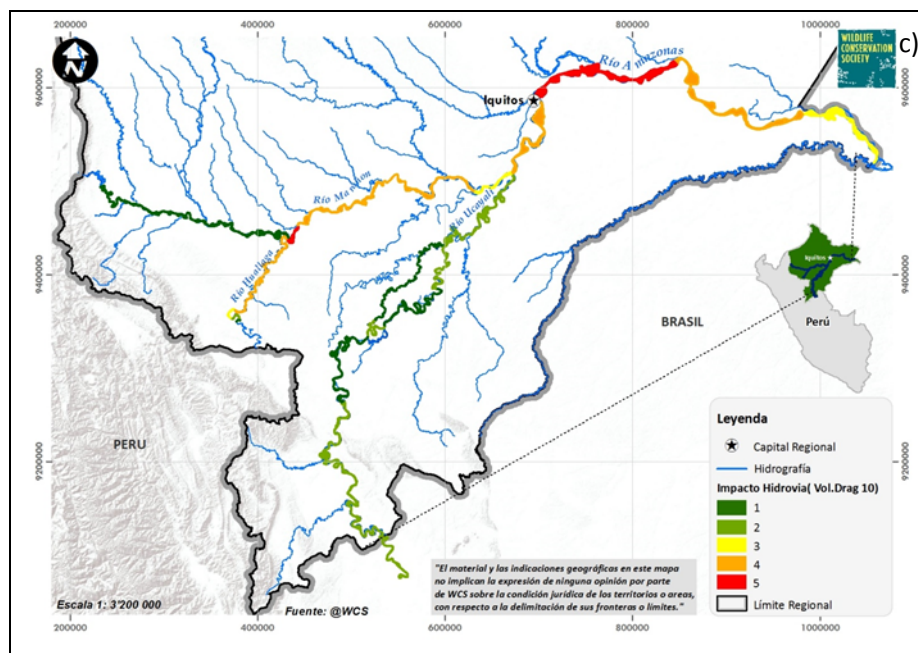


Figura 2. Efectos acumulativos potenciales del dragado de 6 (a), 8 (b) y 10 pies (c) de sedimentos en 13 malos pasos en los ríos Huallaga, Marañón y Ucayali sobre los mismos ríos y el Amazonas. Elaborado por WCS.

c) *Conectividad hidrobiológica*

Los principales efectos del dragado sobre la fauna acuática están relacionados a la modificación de los hábitats riparios, de las condiciones físico-químicas y la calidad de las aguas, y la disminución de la conectividad hidrológica entre el río sus tributarios y planicies de inundación. El dragado en sí alteraría las zonas profundas donde transitan los grandes bagres migratorios, mientras que la deposición inadecuada de los sedimentos puede alterar hábitats más someros y o cauces secundarios de los ríos en donde habitan especies de fondo (ej. Carachama) y migradores de escamas (ej. Sábalo, Bocachico, etc.). En conjunto las actividades de dragado y depósito pueden ocasionar incisión del cauce, acelerar la velocidad del flujo, disminuir la conectividad lateral de los ríos con los ecosistemas acuáticos aledaños con implicaciones para las especies de peces que entran a estos ecosistemas para alimentarse y reproducirse.

Se conoce que durante las épocas de crecidas de los ríos las especies migratorias de escamas (ej. Bocachico) cursan los tributarios por grandes trechos río arriba y entran al bosque a alimentarse, y que la productividad de las pesquerías está directamente relacionada a la magnitud y extensión

de la inundación (C. Cañas, com. pers.). Basado en este conocimiento se puede asumir que los hábitats riparios y la conectividad hidrológica de al menos la AID (sino la AII) de la HA (entre 58000 y 107000 km²), y consecuentemente las poblaciones de peces y otra fauna acuática que ocupan estos ambientes, podrían ser afectadas por las intervenciones para mejorar la navegabilidad.

De haber menor intensidad de dragado (i.e. menor volumen y frecuencia) y una adecuada disposición de sedimentos (ej. lejos de entradas a otros cuerpos de agua) los efectos podrían ser menos extensos. Alternativamente, la opción de adecuar la flota naviera a las condiciones naturales de los ríos balancearía los beneficios de un transporte de pasajeros y mercancías mejorado con el mantenimiento de la integridad y las dinámicas naturales de los ecosistemas.

El EdF menciona que los impactos sobre la fauna acuática serían leves y temporales a pesar de no identificar el área de influencia directa correctamente y los hábitats que ocupan las especies, así como los cambios que estos tendrían ante los potenciales cambios en la hidrodinámica y conectividad hidrológica de los ríos y ecosistemas asociados. No determina medidas de mitigación, aunque la optimización de las actividades de señalización y balizamiento propuestas podrían disminuir la intensidad del dragado.

3.3.2 Impactos indirectos, sinérgicos y acumulativos

Asumiendo que muchos de los impactos de las actividades de mejoramiento de la navegabilidad ocurrirían en casi la totalidad de la AID acuática de la HA (cerca de 104000 km²) y en aproximadamente 3000 a 30500 km² adicionales del AID terrestre fuera del AID acuática se puede suponer que los ecosistemas dentro de estas áreas (entre 107000 y 134500 km²) estarían sujetos a cambios en sus condiciones biogeoquímicas y ecológicas, así como en la composición y distribución de sus comunidades de organismos. Adicionalmente, el contenido de carbono de sus ecosistemas estaría en riesgo de ser transformado a emisiones de GEI debido a los potenciales cambios hidrológicos y en el estado de óxido reducción, así como debido a la potencial deforestación por el incremento en su accesibilidad. Mayores detalles sobre los impactos

indirectos potenciales de la HA están en el informe anterior sobre impactos ambientales de hidroproyectos (Celi 2015).

Por otro lado, solo en el AID de la HA se encuentra el 62% de los ecosistemas considerados prioritarios a nivel regional y más de 2 millones de hectáreas que se encuentran bajo alguna categoría de protección, las cuales podían ser afectadas de no tomarse las medidas adecuadas para evitar o minimizar los impactos del desarrollo de la HA

De implementarse las recomendaciones mencionadas anteriormente los impactos sobre los ecosistemas y la biodiversidad también serían menores. En términos pragmáticos sería recomendable definir y aplicar metas de conservación específicas por tipo de ecosistema y a nivel regional para contrarrestar los efectos del desarrollo de la HA y de otras actividades productivas o extractivas. Especial énfasis es necesario dar a los ecosistemas acuáticos y humedales debido a que son más vulnerables a actividades humanas que otros ecosistemas y están menos representados en las áreas de conservación.

El análisis de los impactos acumulados de las otras actividades que ocurren en la región también sería necesario para revisar los efectos sobre las áreas de intervención de la HA, y su sinergia con los efectos de las últimas. En particular cómo los cambios en las dinámicas hidrológicas y de los sedimentos debido a infraestructura, procesos erosivos e incremento de la escorrentía debido al cambio climático afectarían a los volúmenes y frecuencias de dragado río abajo, y cómo el impacto combinado de estas actividades en conjunto afectaría a la distribución y abundancia de las especies en la cuenca. Debido a la escala y magnitud de las obras, y a su impacto a nivel regional y continental, una serie de medidas de mitigación deben desarrollarse a nivel de los gobiernos regionales y de los países que serían afectados por el conjunto de las actividades propuestas.

El EdF no hace un análisis profundo de impactos indirectos, sinérgicos y acumulativos y no identifica medidas de mitigación ni de compensación ambiental a este nivel

4. Impacto neto residual

De desarrollarse los hidroyectos de la CHM y la HA de la forma en que han sido planteados en su EIA y EdF respectivamente, los impactos sobre el ambiente serían muy extensos y con consecuencias severas sobre el funcionamiento e integridad de los ecosistemas y sobre los sistemas humanos que sustentan. Debido a esto se puede concluir que sin la aplicación de medidas de prevención, mitigación, y compensación no se justificaría su desarrollo. El EIA de la CHM y el EdF de la HA no analizan a profundidad los potenciales impactos ambientales de las obras y no incluyen medidas de mitigación adecuadas o suficientes. Si se toma en cuenta algunas de las medidas sugeridas u otras adicionales, los impactos podrían ser minimizados grandemente, justificando la factibilidad ambiental de los proyectos. En las tablas 10 y 11 se listan algunas de estas medidas y los potenciales impactos residuales luego de su aplicación hipotética. Igualmente, se listan los ecosistemas más vulnerables que serían afectados incluso luego de la aplicación de la JdM y que, de desarrollarse los proyectos, deberían ser sujetos a compensación ambiental.

A través de los escenarios potenciales de impacto se identifica varios tipos y niveles de impactos, algunos que deben ser evitados y otros que pueden ser minimizados.

4.1. *Central Hidroeléctrica Mazán*

Debido a la magnitud de los impactos de la CHM se debe hacer todo lo posible en términos de alternativas energéticas y de ingeniería, y de estrategias de planificación regional para evitarlos. Como está propuesto el proyecto, los potenciales efectos sobre la fauna acuática - en particular los peces que tienen grandes migraciones y que dependen de múltiples hábitats a lo largo de extensas áreas en la cuenca amazónica - serían casi imposibles de mitigar y de compensar. Adicionalmente la potencial formación de un embalse arriba de la represa propuesta cambiaría los regímenes hidrológicos de extensas zonas inundables y de tierra firme, mientras que la disminución significativa del caudal del río Napo alteraría los regímenes hidrológicos de las planicies de inundación del río abajo de esta. Particularmente grave es la alteración de algunos de los ecosistemas terrestres e inundables prioritarios a nivel regional, así como de cuerpos de agua con alto nivel de vulnerabilidad a actividades humanas presentes en el área de influencia del proyecto.

En ese sentido, sería importante repensar el diseño de las obras para evitar alterar estos ecosistemas o al menos minimizar los impactos sobre ellos como se demostró en el análisis anterior. Así los impactos residuales serían menores y más factibles de compensar. Por ejemplo, la extensión de ecosistemas prioritarios a ser compensados si se redujera la cota de la represa en 3 m sería aproximadamente tres veces menor y equivaldría a 2800 ha que corresponden al 0.5% de su extensión en la región.

Para cumplir con el criterio de adicionalidad de la jerarquía de la mitigación, tomando en cuenta que la compensación ambiental debe asegurar la conservación de las áreas afectadas durante la vida del proyecto - desde su desarrollo hasta su desmantelamiento - se sugiere la conservación de un superficie mayor a la que sería impactada (Kiesecker et al. 2010). Para el caso de los ecosistemas prioritarios mencionados arriba se tendría que establecer un sistema de reservas que protejan una superficie mayor a las 2800 ha. De igual manera los otros ecosistemas a ser afectados, que suman 127000 ha, tendrían que ser compensados con ecosistemas equivalentes o mejores. Siguiendo el mismo criterio la superficie de las áreas de compensación de estos últimos ecosistemas podría ser muy extensa.

Debido que la pérdida de conectividad hidrobiológica que la represa ocasionaría no sería compensable la alternativa que presenta un mejor balance en términos de mitigación y producción de energía es el mantenimiento de la conectividad hidrológica a través de los canales naturales y la cocha en la planicie de inundación ubicada al norte del sector donde se desarrollarían las obras. Esto no asegura la migración de todas las especies pero al menos crea más oportunidades para la movilización de las mismas. A la vez, es probable que reduzca aún más el área de ecosistemas que tendrían afectaciones en sus regímenes hidrológicos y por tanto en la superficie de las áreas a compensar. Análisis adicionales serían necesarios para cuantificar dichas áreas y para evaluar la factibilidad ambiental, económica y técnica de las obras bajo este escenario.

También hay que tomar en cuenta que debido a que gran parte de los ecosistemas prioritarios mencionados arriba se encuentran en zonas ribereñas de mayor influencia antrópica, las acciones de compensación en estos ambientes deberían estar enfocadas a mejorar el manejo de los mismos por parte de las poblaciones locales. La cuenca del río Napo tiene numerosas poblaciones kichwa

a lo largo de sus riberas, las mismas que tienen amplio conocimiento de sus ecosistemas y recursos debido a los servicios que estos les brindan (obs. pers.), por lo que sería indispensable definir estrategias que consideren su conocimiento tradicional y sus medios de vida.

4.2 *Hidrovia del Amazonas*

Los potenciales impactos ambientales de la HA pueden tener repercusiones extensas sobre varios componentes de los ecosistemas y afectar su equilibrio dinámico e integridad. Por ejemplo, las actividades de dragado podrían bajar el nivel del agua de los ríos, y así su conectividad con los ecosistemas circundantes y de esta manera la extensión de la inundación. Esto afectaría los procesos ecológicos y servicios ecosistémicos que esta sustenta. Estos cambios harían a estos ecosistemas más vulnerables a la desecación y conversión con subsecuente aumento en la emisión de GEI. Por otro lado, los impactos acumulativos del dragado podrían ser sentidos centenas de kilómetros río abajo y afectar hábitats acuáticos importantes para los peces de los cuales dependen las importantes pesquerías de la Amazonía baja.

Conservadoramente se estima un promedio de hasta 20% en la disminución de la extensión de los ecosistemas inundables del AID de la HA debido a potenciales cambios en el nivel del río, lo que equivaldría a cerca de dos millones de hectáreas. Esto en términos de compensación ambiental es extremadamente elevado, por lo que se sugiere buscar alternativas para mejorar la flota naviera de tal forma que esta se adapte a las condiciones naturales de los ríos, y o dragar a un menor nivel cuando la alternativa anterior no sea suficiente, de esta forma los impactos serían significativamente menores. Por ejemplo, si se realizara el dragado hasta 6 pies de profundidad únicamente, la extensión de los ríos afectados se minimizaría en cerca del 50% comparado al impacto del dragado a 8 pies. Algo similar sucedería con los potenciales impactos en la conectividad y la extensión de la inundación; si la disminución de la extensión de ríos afectados fuera de cerca del 10%, la extensión de las áreas a ser compensadas, a pesar de ser alta aún, sería de cerca de un millón de hectáreas. Los mecanismos de compensación para áreas de esta extensión representan un reto, pero igual lo son los impactos de obras de esta magnitud.

De especial importancia son los ecosistemas prioritarios que se encuentran dentro del AID de la HA y que corresponden al 62% del área de dichos ecosistemas en la región. Solo estos ecosistemas abarcan 366000 ha susceptibles a cambios ambientales, por lo que sería recomendable considerar medidas de conservación e inclusive restauración o rehabilitación para minimizar los impactos sobre estos ambientes. Esto implicaría un cambio profundo en los modelos de manejo ecosistémico por parte de las comunidades asentadas a lo largo de los ríos, ya que estos ambientes son sus áreas de mayor intervención y a la vez corresponden a las zonas de amortiguamiento naturales de los efectos de otras actividades antrópicas y naturales sobre otros ecosistemas y áreas habitadas. En un informe posterior se detallarán medidas de mitigación y mecanismos específicos de compensación ambiental.

Tabla 10. Descripción de impactos ambientales iniciales y residuales luego de la aplicación de la Jerarquía de la Mitigación para la CHM. Se incluyen medidas de mitigación y detalles sobre compensación ambiental

Criterio	Impacto inicial	Medidas de mitigación	Impacto después de JdM	Áreas de compensación ambiental
<i>Regímenes hidrológicos de los ríos y los ecosistemas asociados</i>	<i>Formación de un embalse máximo hasta la cota de 97msnm</i> <i>3512 km² total de ecosistemas terrestres (ET) y cuerpos de agua en las cuencas del Napo y del Amazonas con cambios hidrológicos:</i> <i>-2947 km² de 9 ET inundados (2214 km² en el Napo, 733 km² en el Amazonas)</i> <i>-807 km² de 8 ET con disminución de nivel de agua</i> <i>2946 km de ríos con cambio hidrológico:</i> <i>2563 km de ríos con incremento del nivel del agua</i> <i>384 km de ríos con</i>	Caudal ecológico del 30-50% Simulación de pulsos naturales de inundación	<i>Formación de un embalse máximo hasta la cota de 94msnm</i> <i>1853 km² de ecosistemas terrestres (ET) y cuerpos de agua las cuencas del Napo y del Amazonas con cambios hidrológicos:</i> <i>-1222 km² de 9 ET inundados (750 km² en el Napo, 473km² en el Amazonas)</i> <i>-631 km² de 8 ET con disminución de nivel de agua</i> <i>1670 km de ríos con cambio hidrológico:</i> <i>1297 km de ríos con incremento del nivel del agua</i> <i>373 km de ríos con</i>	>1853 km² de ecosistemas terrestres y cuerpos de agua lénticos >1670 km de ríos

	disminución de nivel del agua 71 km de ríos de 6to orden en el Napo con incremento de caudal 110 km de ríos de 6to orden en el Amazonas con incremento de caudal 103 km de ríos de 6to orden con disminución de caudal <i>302 km² de ecosistemas prioritarios con potencial cambio hidrológico:</i> -186 km² de bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas de oeste de la Amazonia -40 km² de complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía -61 km² de complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas		disminución de nivel del agua ~30 km de ríos de 6to orden en el Napo con incremento de caudal 110 km de ríos de 6to orden en el Amazonas con incremento de caudal 103 km de ríos de 6to orden con disminución de caudal <i>112 km² de ecosistemas prioritarios con potencial cambio hidrológico:</i> -60 km² de bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas de oeste de la Amazonia -16 km² de complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía -25 km² de complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas	>112 km² de ecosistemas prioritarios
--	--	--	--	---

	de la Amazonía -16 km ² de cuerpos de agua lénticos		de la Amazonía -93 km ² de cuerpos de agua lénticos	
<i>Dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de los ríos</i>	284 km ² de ríos de 6to orden con cambio geomorfológico	Represa parcial Solo canal de conducción Purga de sedimentos	~200 km ² de ríos de 6to orden con menos cambio geomorfológico	~200 km ² de ríos de 6to orden
<i>Conectividad hidrobiológica</i>	83188 km ² (~80%) de la cuenca del Río Napo desconectados (pérdida de conectividad no compensable)	Represa parcial Solo canal de conducción Diques laterales que no bloquean entrada de río por quebradas y cochas en la planicie de inundación	~4000 km ² (4%) de la cuenca del Río Napo parcialmente desconectados	4000 km ² de la cuenca del Napo
Servicios ecosistémicos	~25 Tg C de GEI potenciales debido a cambio hidrológico y o conversión asociada en el AID	Caudal ecológico del 30- 50% Simulación de pulsos naturales de inundación	~13 Tg de GEI potenciales debido a cambio hidrológico y o conversión asociada en el AID	>13 Tg de C

Tabla 11. Descripción de impactos ambientales iniciales y residuales luego de la aplicación de la jerarquía de la mitigación para la HA.

Criterio	Impacto inicial	Medidas de mitigación	Impacto después de JdM	Compensación ambiental
<i>Regímenes hidrológicos de los ríos y los</i>	Dragado a 8 pies	Menor profundidad de dragado o ausencia del	Dragado a 4 pies	

<i>ecosistemas asociados</i>	14500 km (~25%) de ríos con disminución de nivel del agua 11600 km ² (20%) de ecosistemas inundables con disminución de nivel del agua	mismo Mejora de flota naviera Mejora del sistema de navegación	5700 km (~10%) de ríos con disminución de nivel del agua 5800 km ² (10%) de ecosistemas inundables con disminución de nivel del agua	>5700 km de ríos >5800 km ² de ecosistemas inundables
<i>Dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de los ríos</i>	3000 km de ríos de 6to orden con cambios geomorfológicos 1225 km ² de ríos de 6to orden con impacto de alta intensidad	Menor profundidad de dragado o ausencia del mismo Mejora de flota naviera Mejora del sistema de navegación	1000 km de ríos de 6to orden con cambios geomorfológicos <1225 km ² de ríos de 6to orden con impacto de alta intensidad	>1000 km de ríos de 6to orden <1225 km ² de ríos de 6to orden
<i>Conectividad hidrobiológica</i>	~11600 km ² de ecosistemas inundables con menor conectividad hidrobiológica	Menor profundidad de dragado o ausencia del mismo Mejora de flota naviera Mejora del sistema de navegación	~5800 km ² de ecosistemas inundables con menor conectividad hidrobiológica	>5800 km ² de ecosistemas inundables
Servicios ecosistémicos	~ 31 Tg C vulnerable a cambio por desecación y conversión asociada en el AID acuática Hasta 557 Tg C vulnerable a cambio por deforestación en el AID terrestre	Menor profundidad de dragado o ausencia del mismo Mejora de flota naviera Mejora del sistema de navegación	~21 Tg C vulnerable a cambio por desecación y conversión asociada en el AID acuática ~100 Tg C vulnerable a cambio por deforestación en el AID terrestre	>21 Tg C en AID acuática >100 Tg C en AID terrestre

		Protección de áreas sensibles y rehabilitación de áreas degradadas		
--	--	---	--	--

5. Referencias

- Celi, J., and O. Castillo. 2015. Análisis de Términos de Referencia de Estudios de Impacto Ambiental y de Factibilidad de Hidroproyectos: Los estudios de caso de la Central Hidroeléctrica Mazán y la Hidrovía del Amazonas, Loreto-Perú. WCS, Lima, Perú.
- Celi, J. E. 2015. Análisis de la evaluación de impactos ambientales de la Central Hidroeléctrica de Mazán y de la Hidrovía del Amazonas. Wildlife Conservation Society, Lima, Perú.
- Dzan, W. Y., S. Y. Chang, K. C. Hsu, and Ieee. 2013. Designing and Building of a Catamaran and its Stability Analysis. 2013 Second International Conference on Robot, Vision and Signal Processing (Rvsp):148-152.
- Hamilton, S. K. 1999. Potential effects of a major navigation project (Paraguay-Parana Hidrovia) on inundation in the Pantanal floodplains. Regulated Rivers-Research & Management **15**:289-299.
- Josse, C. 2009. Mapa de Ecosistemas Terrestres de los Andes Orientales y Amazonía Occidental.
- Kiesecker, J. M., H. Copeland, A. Pocewicz, and B. McKenney. 2010. Development by design: blending landscape-level planning with the mitigation hierarchy. Frontiers in Ecology and the Environment **8**:261-266.
- Pelicice, F. M., and A. A. Agostinho. 2008. Fish-passage facilities as ecological traps in large neotropical rivers. Conservation Biology **22**:180-188.
- Sima, E., I. E. Calciu, and A. Nicolae Balcescu Land Forces. 2009. RO-RO TRANSPORTS - A PROFITABLE WAY OF TRANSPORTATION. 15th International Conference the Knowledge-Based Organization: Applied Technical Sciences and Advanced Military Technologies, Conference Proceedings 6 **6**:165-169.
- Terry, M. 2014. Evaluación de la propuesta proyecto: "Central Hidroeléctrica Mazán y su Línea de Trasmisión" y el Estudio de Impacto Ambiental Detallado. Fundación Río Napo, Ecuador.
- WCS. 2015. Mapa de riesgos ambientales de la Región Loreto, Perú.