



Análisis de la Evaluación de Impactos Ambientales 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

Octubre 2015



© Wildlife Conservation Society (WCS)

**Autor:**

- Jorge Celi

**Equipo Técnico:**

- Oscar Castillo
- Armando Mercado
- Jorge Fachín
- Tania Galván

Cómo citar este documento:

**Wildlife Conservation Society.** 2015. *Análisis de la Evaluación de Impactos Ambientales 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 de la evaluación de impacto ambiental de hidroproyectos**

#### **1.1. Central Hidroeléctrica Mazán**

1.1.1. Impactos directos

1.1.2. Impactos indirectos

1.1.3. Impactos sinérgicos y acumulativos

#### **1.2. Hidrovía del Amazonas**

1.2.1. Impactos directos

1.2.2. Impactos indirectos

1.2.3. Impactos sinérgicos y acumulativos

### **2. Conclusiones y Recomendaciones**

### **3. Referencias**

## **1. Análisis de la evaluación de impacto ambiental de hidroproyectos**

En este análisis se evalúan comparativamente los impactos ambientales definidos en los estudios de impacto ambiental (EIAs) y los estudios de factibilidad (EdFs) de la Central Hidroeléctrica Mazán (CHM) y de la Hidrovía del Amazonas (HA), realizados por los consorcios LAE (2014) y EIH – HyQ (2010) respectivamente, con los impactos identificados por WCS en base a los criterios ambientales utilizados en el análisis de las líneas de base ambientales de estos proyectos (Celi and Castillo 2015). Estos criterios son representativos de los principales impactos ambientales directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos de hidroproyectos, aunque debido a la naturaleza de los impactos existen interconexiones entre ellos. La identificación y cuantificación de estos impactos permite el análisis de impactos residuales netos de estos hidroproyectos, los cuales se analizan separadamente en un informe subsiguiente.

### **1.1. Central Hidroeléctrica Mazán**

#### **1.1.1. Impactos directos**

##### *a) Regímenes hidrológicos de los ríos y sus planicies de inundación*

Un total aproximado de 2947 km de ríos se verían afectados por cambios en sus regímenes hidrológicos, incluyendo segmentos en los ríos Napo, Mazán y Amazonas, arriba y abajo de las obras de infraestructura relacionadas a la CHM. De estos, cerca de 2563 km corresponden a tramos que tendrían un incremento en sus niveles del agua por el efecto de rebalse de las aguas ocasionado por las obras sobre el río Napo y el canal de conducción hacia el Amazonas (Tabla 1). Aproximadamente 384 km de ríos (abajo de la represa) tendrían una disminución en sus niveles del agua debido al trasvase de aproximadamente 85% del caudal promedio del río Napo (LAE 2014). De los cuales 71 km en el río Napo y 110 km en el Amazonas tendrían un incremento en sus caudales y niveles del agua, y en 103 km del río Napo sucedería lo contrario (Tabla 1). Además del cambio en la magnitud de los caudales y los niveles del río Napo abajo de la represa, la frecuencia, duración y temporalidad de los pulsos de inundación del río en este sector serían afectadas. Estos cambios en el régimen hidrológico de estos tramos de los ríos tendrían repercusiones en

procesos hidrogeomorfológicos, ecohidrológicos, hidrobiológicos y ecosistémicos dentro y fuera del cauce de los ríos, como se muestra en análisis subsiguientes.

Tabla 1. Kilómetros de ríos a afectarse por potenciales cambios hidrológicos ocasionados por la CHM de acuerdo al EIA y este análisis.

<b>Criterio</b>	<b>Extensión de ríos - WCS (km)</b>	<b>Extensión de ríos - implícito en EIA (km)</b>
Ríos mayores a sexto orden con aumento de caudal	181	110
Ríos mayores a sexto orden con disminución de caudal	103	103
Total de ríos con aumento de caudal	2563	No estimado
Total de ríos con disminución de caudal	384	No estimado
Total de ríos con cambios hidrológicos	2947	No estimado

También es fundamental entender la relación entre los ecosistemas fluviales, sus planicies de inundación y otros ecosistemas acuáticos para entender los potenciales impactos de cambios en el régimen hidrológico de los primeros sobre los ecosistemas inundables. El río Napo tiene un hidrograma impredecible y con múltiples pulsos de inundación de distinta duración, que controlan la hidrología de aproximadamente 75% de sus planicies inundables (Celi and Hamilton in prep. b) (Figura 1) - la hidrología de las planicies restantes es independiente de la hidrología del Napo. Entre las planicies influenciadas por el río, 25% son controlados directamente por su inundación, mientras que 50% son controladas indirectamente por represamiento de aguas locales provenientes de las planicies de inundación o tributarios del Napo. Un aumento en los niveles del río ocasionaría un incremento en la conectividad hidrológica de estos ecosistemas, mientras que el decrecimiento de los niveles ocasionaría lo opuesto. En otras palabras, estos cambios en la conectividad hidrológica producirían cambios en los regímenes hidrológicos de los ecosistemas inundables, y en algunos casos de ecosistemas terrestres.

Los ambientes inundables arriba de la represa en los ríos Napo y Mazán tendrían una inundación más prolongada y o continua y de mayor profundidad, mientras que algunos ecosistemas terrestres se inundarían estacionalmente o permanentemente.

Aproximadamente 2214 km<sup>2</sup> de cuerpos de agua, ecosistemas inundables, y de tierra firme

serían afectados directamente por los embalses que se podrían formar durante las crecidas máximas del río debido a modificaciones en los regímenes hidrológicos de los ríos Napo y Mazán. La Figura 1 muestra la variación natural de los niveles del agua (año 2009) del río Napo abajo de la confluencia con el río Coca en el piedemonte andino en Ecuador (“upstream”) y abajo de la confluencia con el río Mazán antes de la unión del Napo con el Amazonas (“downstream”) en Perú. Esta variabilidad natural del río y de los ecosistemas inundables alrededor en este último sitio podría ser afectada por la CHM. (Los datos representan la elevación arriba del valor mínimo observado en el período de observación).

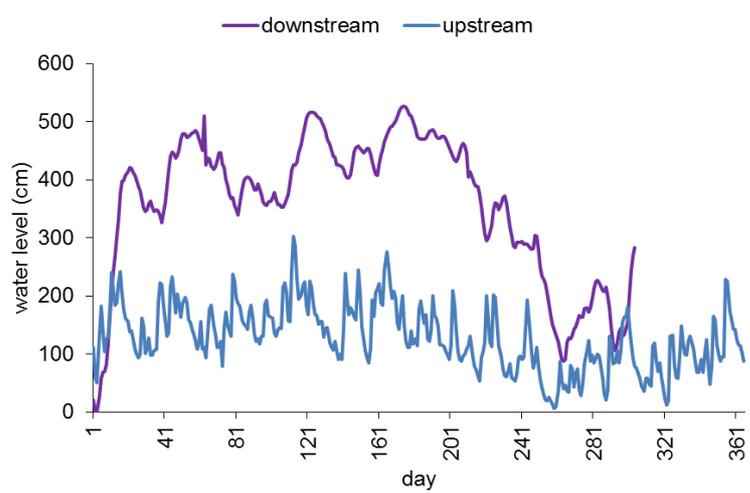


Figura 1. Variación de los niveles del río Napo (2009) abajo de su confluencia con el Coca (“upstream”) y con el Mazán cerca de su unión con el Amazonas (“downstream”). Elaboración propia.

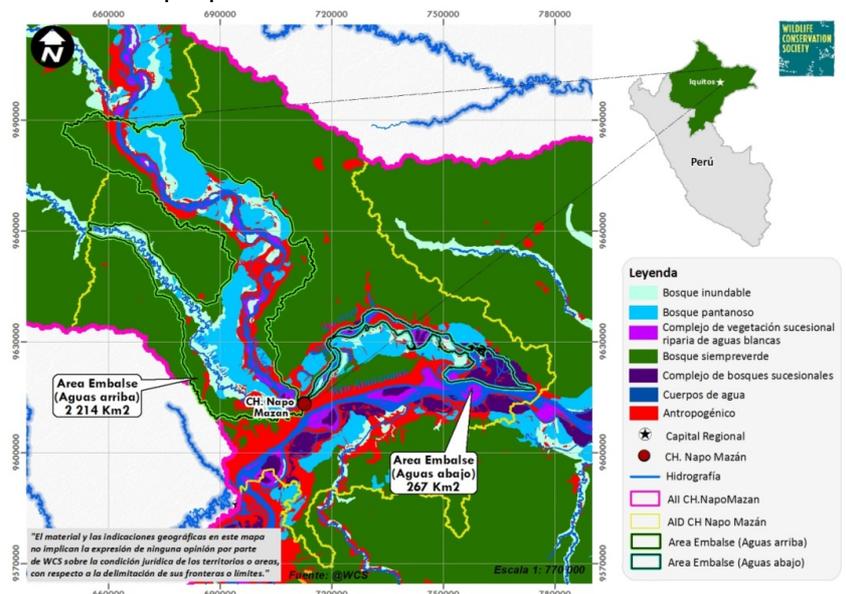


Figura 2. Embalse máximo potencial sobre los ríos Napo y Mazán arriba de la represa de la CHM, y áreas debajo de la represa que mantendrían conectividad hidrológica. Elaborado por WCS.

Los ambientes inundables aguas abajo de la represa, a lo largo del río Napo, tendrían una disminución en su extensión y profundidad, así como en la periodicidad de la inundación. Probablemente, las extensas zonas inundables de este sector del río Napo, arriba de la confluencia con el río Amazonas, serían inundados menos de lo usual por el río (Figura 2); mientras que la disminución general del nivel del río Napo y el aumento de su conectividad con el río Amazonas durante las épocas de crecida de éste podrían ocasionar la inundación de parte de estas zonas inundables por el último (Figura 2). Esto último haría que el período seco de algunas de las planicies inundables sea más corto y que permanezcan inundados la mayor parte del año. Esto asumiendo que ante la disminución del caudal de río Napo haya un incremento en el rol hidrológico del río Amazonas sobre estos ecosistemas. Sin embargo, debido a la disminución del caudal del Napo la influencia del río Amazonas sobre las planicies inundables del Napo bajo sería menor. De ocurrir esta disminución en la conectividad del río aproximadamente 267 Km<sup>2</sup> de bosques inundables y cuerpos de agua se tornarían más secos. Para una mejor aproximación a los potenciales impactos sobre el régimen hidrológico de los ecosistemas inundables es necesario aplicar modelos hidrológicos espacialmente explícitos que consideren la conectividad de los ecosistemas asociados.

En el EIA de la CHM, a pesar de que se menciona que habría disminuciones en el caudal del río Napo, no se analiza a profundidad cuáles serían los impactos directos e indirectos de estos cambios sobre los procesos listados arriba. Es más, se asume que los impactos serían leves a moderados puesto que durante la mayor parte del tiempo la represa dejaría correr el agua a través de las turbinas colocadas en la represa, a pesar de que aproximadamente 6000 m<sup>3</sup>/s (~50% del caudal máximo u 85% del caudal promedio del río) serían trasvasados directamente hacia el Río Amazonas por el canal de conducción. En el EIA también se menciona, más como una medida de mitigación, que se mantendría un caudal ecológico/ambiental de aproximadamente 1000 m<sup>3</sup>/s asumiéndose que esto sería suficiente para el mantenimiento de los procesos ecológicos listados anteriormente. No se hace un análisis técnico lo suficientemente adecuado de cómo se estima ese caudal, aparte de los justificativos para cumplir con el caudal mínimo descrito en la normativa ambiental.

Con relación a los efectos de los cambios por incrementos en el caudal o nivel del agua en los otros tramos de los ríos que serían afectados por el proyecto, en el EIA solo se menciona

que habría mayor turbulencia y sedimentación en la zona de descarga en el Amazonas, por lo que se asume que los impactos identificados en el estudio son considerados leves o moderados. Una correcta evaluación de impacto debería describir y cuantificar a través de modelaciones hidrológicas los cambios en los regímenes hidrológicos de los ríos a ser modificados, y sus implicaciones en el funcionamiento de los ecosistemas.

En el EIA de la CHM no se menciona el efecto de los cambios en el hidrograma del río Napo sobre la hidrología de sus ecosistemas asociados, por lo que se asume que estos impactos no han sido identificados o han sido subestimados. En estudios de esta naturaleza es imprescindible analizar los potenciales cambios en la hidrología de ecosistemas asociados a los ríos a ser modificados a través de modelaciones hidrológicas espacialmente explícitas que cuantifiquen la superficie, magnitud, frecuencia y duración de los impactos sobre estos ecosistemas.

*b) Dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de los ríos*

Los cambios en el régimen de caudal y sedimentos del río Napo, tanto por la retención de sedimentos gruesos por la represa como por el desvío a través del canal de conducción afectarían principalmente a los trechos del río Napo abajo de la represa. La disminución del caudal líquido y sólido influiría directamente en las tasas de formación de hábitats fluviales (ej. islas, bancos, playas, brazos, etc.), en la degradación (incisión) del canal principal del río, y en el aislamiento y subsecuente abandono de los canales secundarios del río por el mismo. Esto a su vez influiría en la conectividad del río con sus planicies de inundación, y en la sucesión ecológica de los hábitats inundables. La zona de la desembocadura del río Napo en el Amazonas, caracterizada por un alto dinamismo y gran diversidad de hábitats con patrones heterogéneos de inundación se podría transformar en una zona menos dinámica y de menor heterogeneidad hidrológica y ecológica.

El aumento del caudal y del volumen de sedimentos que se descargarían en el río Amazonas a través del canal de conducción ocasionaría un incremento en las tasas de sedimentación y probablemente de erosión del fondo del río Amazonas aguas abajo de la unión de este canal con el río (mencionado también en el EIA). Se desconoce exactamente las implicaciones de

este cambio en la geomorfodinámica del Amazonas pero se cree que podría influir en los niveles del agua, y la extensión de las áreas de inundación. Así mismo influiría en las tasas de formación de hábitats fluviales río debajo de este sector.

El EIA de la CHM no analiza detalladamente los impactos de la represa y del canal de conducción sobre las dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de estos tramos del Napo y del Amazonas. De manera general, indica que hay la posibilidad de un incremento en la turbulencia de las aguas en el área de descarga que influya en los niveles de sedimentación en la localidad de Indiana, ubicada río abajo en la misma margen del río. Por otro lado, no hace referencia directa a los impactos hidro-geomorfológicos sobre el río Napo. A pesar de esto, la descripción de áreas de amortiguación en los lechos de los ríos en el diseño de las obras hace suponer que se prevé un incremento en los niveles de erosión de estos debido al incremento del caudal en el Amazonas y a la diferencia de nivel arriba y abajo de las obras en el Amazonas y en el Napo. El EIA tampoco toma en cuenta el hecho de que estos ríos se caracterizan por altas tasas de migración del canal y que esto podría influir en las obras y en sus potenciales impactos, así como en las medidas de contingencia que se deberían considerar ante un eventual cambio en el cauce de estos ríos. En un posterior análisis utilizando modelos específicos se indicarán más detalladamente los potenciales impactos de estas obras sobre las dinámicas hidrogeomorfológicas de este sector.

### *c) Niveles de conectividad hidrobiológica*

La construcción de las obras propuestas sobre el río Napo, junto con los cambios físicos y biogeoquímicos en el ecosistema, disminuirían la conectividad hidrobiológica río arriba de la represa casi en su totalidad. Aproximadamente 83000 km<sup>2</sup> de los cerca de 520000 km<sup>2</sup> del área de impacto indirecto (AII) de la CHM serían aislados del resto de la Amazonía baja (Figura 3). Parte de las grandes migraciones de peces serían interrumpidas en este punto de la cuenca, resultando en una disminución considerable de las áreas de desove de estas especies. Tomando en cuenta que el río Napo es una de las seis cuencas andinas más grandes de la Amazonía podríamos asumir que, una porción muy alta de estos lugares de

desove serían afectados, y por tanto las poblaciones, pesquerías y procesos ecológicos que dependen de ellas.

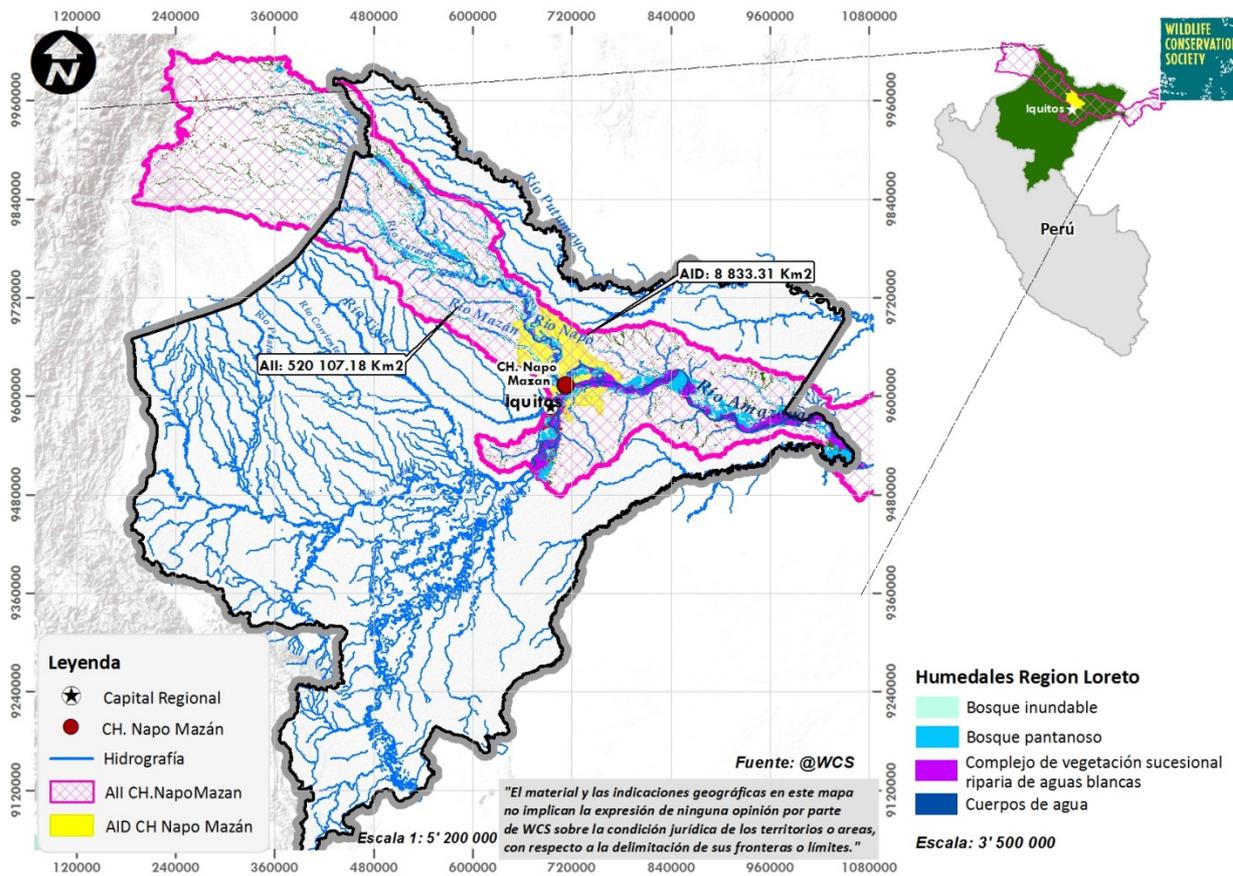


Figura 3 Área de influencia directa e indirecta (desde el estuario) de la CHM definida con base a criterios hidrobiológicos. Elaborado por WCS.

De igual manera las poblaciones de mamíferos acuáticos, reptiles, y peces no migratorios que circulan libremente a lo largo del río serían obstaculizadas por las obras e incremento de actividades humanas durante la construcción y operación del proyecto. Algunas de estas especies (ej. delfín rosado) tienen rangos de distribución muy amplia, pero debido a su rareza, son más vulnerables a caer en cuellos de botella poblacionales y a ser extirpadas localmente. El aislamiento de poblaciones de estas especies río arriba de la represa disminuiría su flujo genético y capacidad de adaptarse a las cambiantes condiciones del ambiente.

El EIA de la CHM lista la presencia de algunas de las especies descritas anteriormente aunque no menciona su área de distribución, hábitos, y cuáles son migratorias. Tampoco indica si están incluidas dentro de alguna categoría de amenaza o no. Así, a pesar de que

describe de cierta manera los niveles de diversidad de algunos sectores del área de impacto directo (AID), e indica que algunas de las especies acuáticas serían afectadas por las obras, no evalúa adecuadamente los impactos sobre las poblaciones de estas especies. Por ejemplo, no cuantifica cuál sería el cambio en la abundancia y distribución de estas especies, y cómo eso afectaría a otras especies y poblaciones humanas que dependen de ellos.

Durante la fase de socialización y aprobación del EIA, después de recibir comentarios de las autoridades y la sociedad civil, los encargados de elaborar el EIA añadieron un canal de peces a las obras de infraestructura. A partir de eso, el EIA asumió que un canal de aproximadamente 20 m de ancho y una gradiente elevada (hasta 7m de diferencia entre el tramo inferior y superior del río) es correspondiente a un río de gradiente baja y de casi un kilómetro de ancho en términos de la disponibilidad de ambientes, recursos, y condiciones necesarios para la movilidad y migración de las especies acuáticas. De las experiencias en otras áreas tropicales se sabe que los canales de peces en general terminan siendo trampas ecológicas que convierten a las especies migrantes en presas más vulnerables a predadores y a la pesca (Pelicice and Agostinho 2008, Pelicice and Agostinho 2012). La ocasional migración de los peces usando la esclusa para barcos o la apertura de compuertas cuando las turbinas no estén funcionando es improbable y mínima debido a la duración, frecuencia y ocurrencia de los fenómenos migratorios y por la sincronización que sería necesaria entre estos eventos.

Estudios de esta naturaleza deberían evaluar minuciosamente la abundancia, riqueza y distribución de las especies acuáticas, con énfasis en las especies migratorias, de paisaje, claves, endémicas o bajo categorías de amenaza, así como las especies importantes en la dieta de los habitantes locales. De igual manera, se debería investigar la ecología y biología de dichas especies, evaluar los impactos de las diferentes actividades del proyecto sobre las mismas, e incluso tomar en cuenta esta información en el diseño de las obras, incluyendo el tipo de proyecto hidroeléctrico o las obras o actividades que se realizarían para minimizar los impactos sobre ellas.

### 1.1.2. Impactos indirectos

a) *Condiciones biogeoquímicas y ecosistémicas de los ecosistemas acuáticos*

La represa sobre el río Napo tendría efectos sobre la acumulación de materia orgánica, sedimentos, nutrientes y otros compuestos o elementos río arriba y río abajo de la misma. Río arriba, esto podría tener diferentes consecuencias en las condiciones autótrofas y heterótrofas de los ecosistemas, por ejemplo los ambientes anteriormente inundados estacionalmente podrían volverse menos productivos si fuesen inundados permanentemente, mientras que los procesos de descomposición se volverían más comunes. Lo mismo ocurriría con las áreas boscosas de tierra firme que podrían inundarse debido a la formación de un embalse. En general el aumento en la descomposición de la materia orgánica en las áreas inundadas por el embalse cambiaría las condiciones de óxido reducción de las aguas y de los sedimentos, los mismos que tenderían a volverse escasos en oxígeno disuelto (hipóxicos) y repercutirían en el ecosistema acuático. A su vez estas condiciones facilitarían la producción de metano y la disolución y disponibilidad de metilmercurio y otros elementos tóxicos, con consecuencias sobre la biota que van del nivel local al global.

Por otro lado, el incremento en la cantidad de nutrientes y las condiciones más lénticas (lacustres) de ese tramo del río, debido a la formación del embalse, podrían aumentar temporalmente los niveles de productividad primaria y secundaria en el mismo. Sin embargo, procesos sinérgicos de eutrofización podrían influir en los niveles de hipoxia del ecosistema y por tanto en la composición y riqueza de la biota. También, las nuevas condiciones físico-químicas que el embalse generaría podrían actuar como una barrera para las migraciones de la fauna acuática.

Los ecosistemas río abajo de la represa, que dejarían de ser inundados por el río, podrían transformarse en ecosistemas con mayor productividad primaria neta (PPN). Además, estos ambientes también serían más susceptibles a la conversión agrícola y serían más vulnerables a las sequías, con repercusiones en la PPN, las tasas de descomposición de la materia orgánica acumulada en los suelos antes anegados (en algunos casos turberas de alta acumulación de carbono), y por tanto la emisión de gases de efecto de invernadero (GEI).

El EIA de la CHM no reconoce claramente estos cambios, aunque sí prevé la extracción de sedimentos debido a la mayor acumulación de los mismos en el canal de derivación y arriba de la represa. A pesar de ello no es explícito en los impactos que los cambios en las tasas de erosión y sedimentación, en el régimen hidrológico y en la calidad del agua tendrían sobre los ecosistemas y la biota en general. Tampoco los análisis de calidad del agua hechos en el EIA prevén los potenciales impactos de las obras sobre la biogeoquímica de los ecosistemas acuáticos, menos aún sobre los niveles de productividad y descomposición de estos y sus implicaciones en los ciclos de los elementos y condiciones ambientales del hábitat.

Estudios de impacto ambiental de obras de este tipo deberían hacer un análisis completo de los procesos biogeoquímicos y ecosistémicos, y su interacción con otros componentes ambientales de los ecosistemas, basado en extensos datos de campo y modelación de escenarios que predigan los efectos de los proyectos sobre estos procesos.

*b) Composición y distribución de las comunidades de organismos*

Los cambios descritos anteriormente tendrían repercusiones directas sobre la distribución, estructura y composición de las comunidades biológicas, tanto de plantas, animales, como de otros organismos. Por ejemplo, cambios en el régimen hidrológico de los bosques inundables o de tierra firme ocasionaría la mortandad de ciertas especies de plantas y la colonización de otras adaptadas a las nuevas condiciones ambientales. Así, los bosques inundables que se secarían podrían eventualmente transformarse en bosques de tierra firme, mientras que los bosques de tierra firme que se inundarían se convertirían en bosques inundables. Esto, a su vez tendría un impacto directo sobre otras especies que dependen de los recursos y especies característicos de cada tipo de hábitat. Por ejemplo, cambios en la hidrología de los extensos aguajales, pantanos dominados por la especie clave de palma de aguaje *Mauritia flexuosa*, podrían afectar a múltiples especies de mamíferos y aves que dependen de planta para su alimentación y resguardo. Estos cambios también afectarían a las comunidades microbianas que juegan un rol determinante en los ciclos de los nutrientes, como el nitrógeno y el carbono, y por tanto podrían tener implicaciones a gran escala.

A pesar de que el EIA de la CHM presenta en la línea de base ambiental, la composición de varios grupos de animales y plantas no profundiza en los impactos que las actividades del proyecto tendrían sobre las diferentes comunidades de organismos. La ausencia de un análisis adecuado sobre los cambios hidrológicos del sistema y de sus relaciones con las comunidades de organismos dificulta la determinación de los impactos potenciales sobre estas. En estudios de este tipo se debería prever los potenciales impactos de una obra sobre las especies y así diseñar las investigaciones de línea base e impacto ambiental con esta premisa. No es adecuado seguir un método cualitativo para la identificación y ponderación de impactos de obras de esta magnitud. Estas investigaciones deberían dar estimaciones de cambio sustentadas en investigaciones sólidas debidamente diseñadas metodológicamente y con un marco teórico relevante. Los resultados de estos análisis deben ser respaldados con valores probabilísticos fuertes y precisos producto de investigaciones sólidas y con buen diseño experimental.

Errores y vaguedades técnicas deberían ser inaceptables en los estudios de impacto ambiental, considerando que las empresas que ejecutan estos estudios tienen los recursos suficientes para contratar personal calificado y el hecho de que una incorrecta evaluación de impactos puede tener graves consecuencias en el medio ambiente y las poblaciones involucradas.

*c) Deforestación y cambios en el uso del suelo*

Durante la construcción de una obra de la magnitud de la CHM se requiere de una gran cantidad de mano de obra. Algunas veces, esta llega a superar la población original de la localidad en donde se construye la obra y parcialmente se reubica permanentemente en la zona de trabajo (Tilt et al. 2009). Además, parte de la población que habita la zona de intervención del proyecto tendría que ser desplazada. Se conoce que grandes represas como la CHM han desplazado aproximadamente 80 millones de personas y que existe la tendencia a que lo sigan haciendo (Sims 2001). En conjunto esto podría generar una serie de dinámicas demográficas que pueden incidir en las tasas de conversión de bosques a zonas agrícolas o ganaderas, y en el uso de recursos biológicos, especialmente en los sectores

aptos para estas actividades cerca de la zona de intervención y a lo largo de las áreas que se secarían río abajo de la represa (Fearnside 2014).

Estos potenciales cambios en el uso del suelo tendrían efectos sobre los bosques nativos e incrementarían el grado de degradación y fragmentación de los mismos, con consecuencias sobre la estructura, composición y abundancia de la vegetación, así como sobre el estado de las comunidades de fauna y las poblaciones de especies claves y bajo categorías de amenazas. De igual manera incidiría en la capacidad de almacenamiento de carbono de los ecosistemas.

El EIA de la CHM advierte que procesos de este tipo se darían sobre todo durante la construcción de las obras, pero no prevé en qué grado, dónde y en qué período ocurrirían. Para una adecuada previsión de los impactos indirectos de una obra como la CHM sería necesario hacer modelos demográficos y de cambio de uso del suelo basado en experiencias similares en otras regiones y parametrizados para los datos locales.

*d) Emisión de gases de efecto invernadero (GEI)*

El régimen hidrológico de los ecosistemas juega un rol fundamental en las condiciones de óxido reducción de los ecosistemas. Esto a su vez determina, como se analiza anteriormente, el estado trófico de los mismos y la prevalencia de procesos de acumulación o descomposición de materia orgánica (MO). Generalmente a menores niveles de oxígeno hay mayor acumulación de MO, y por tanto mayor descomposición a mayor oxigenación. Durante la descomposición de la MO se liberan entre otros dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>), siendo este último aproximadamente 20-30 veces más potente que el primero en términos de su efecto en el cambio climático (Hamilton et al. 1995).

Los humedales de la Amazonía Andina generalmente boscosos y con bajos niveles de oxígeno disuelto tienden a acumular mucha MO bajo el suelo, como retroalimentación positiva de la alta productividad primaria de los mismos. Se sabe que algunos de estos ecosistemas en la región, las turberas más específicamente, pueden acumular hasta 9 m de MO bajo el suelo (Lahteenoja et al. 2009), y se estima que hasta 1391 Mg/ha de carbono se

mantienen bajo el suelo en los humedales de la región (Draper et al. 2014). Cambios en el régimen hidrológico de estos ecosistemas pueden influir en las tasas de descomposición de la MO y en la cantidad de emisiones de GEI producto de esta. La inundación prolongada y consecuente mortandad de árboles podría generar CO<sub>2</sub> o metano dependiendo de los niveles del oxígeno disuelto, mientras que el secado de las turberas podría oxidar extensas áreas anteriormente hipóxicas y liberar grandes cantidades de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

A su vez, los bosques de tierra firme, generalmente acumulan mayor cantidad de biomasa arriba del suelo, por lo que la disminución de ésta, ya sea por mortandad de árboles debido al cambio en el régimen hidrológico o por deforestación como efecto secundario del potencial crecimiento poblacional y la subsecuente conversión de bosques a áreas agrícolas, incrementaría las emisiones de GEI. Por otro lado, la potencial estratificación térmica de las aguas del embalse que se formaría río arriba, en conjunto con el incremento en la cantidad de sedimentos, materia orgánica y nutrientes y por tanto de procesos de eutrofización, crearían condiciones hipóxicas propicias para la generación de metano (por metano-génesis) en el embalse. Así, mayores cantidades de GEI serían emitidas a la atmósfera tanto por el efecto de burbujeo de los sedimentos y aguas del fondo, como por la liberación directa de las aguas del fondo a través de las turbinas y la turbulencia creada al reventar las aguas con los vertederos río debajo de las obras. Estos fenómenos han sido documentados para muchas represas y se sabe que su contribución a las emisiones de GEI alcanzan hasta 85g CO<sub>2</sub>/kWh y 3g CH<sub>4</sub>/kWh (Hertwich 2013).

En suma los efectos de la inundación adicional sobre la MO producto de las actividades del proyecto se traducirían en la potencial transformación de 23.5 Tg de C arriba del suelo y una emisión de GEI a la atmósfera proporcional. Adicionalmente, 3.6 Tg de C mantenido en los ecosistemas inundables que se desecarían tenderían a oxidarse con su potencial emisión a la atmósfera. El EIA de la CHM no hace mención alguna sobre el potencial efecto de las obras y operación del proyecto en la emisión de GEI. Debido a la relevancia actual de este análisis debería incluir modelaciones de GEI utilizando información actualizada del contenido de carbono de los ecosistemas bajo proyecciones conservadoras de cambio climático.

### 1.1.3. Impactos sinérgicos y acumulativos

Muchos de los impactos descritos anteriormente están estrechamente relacionados entre sí, o bien se originan de impactos al medio físico-químico del ecosistema y se transmiten a nivel de comunidades o procesos ecológicos, o son el producto de sinergias entre las nuevas condiciones ambientales creadas por los impactos y las respuestas de los ecosistemas y las comunidades biológicas a esos cambios. Uno de los ejemplos más claros de impactos sinérgicos es el efecto de la cantidad de MO en el contenido de oxígeno disuelto en el agua y la interacción con la respuesta de las comunidades de fitoplancton y plantas acuáticas al incremento en la disponibilidad de nutrientes en la columna de agua de un embalse. A mayores cantidades de MO mayor la cantidad de oxígeno disuelto requerido para su descomposición, mientras que a mayores niveles de nutrientes también hay un incremento en el tamaño de las poblaciones de algunas especies fotosintéticas dominantes y por tanto mayor consumo de oxígeno disuelto por la comunidad acuática.

Estos dos impactos a pesar de que tienen el mismo origen - el cambio hidrológico ocasionado por la formación del embalse - son causados por dos procesos ecológicos independientes que resultan en impactos similares y aditivos que agravan las condiciones ambientales del reservorio y sus efluentes para la biota y la provisión de servicios ecosistémicos. Estos procesos sinérgicos de descomposición de MO y eutrofización de la columna del agua disminuyen los niveles de diversidad de las comunidades acuáticas, aumentan la deposición de MO, y la toxicidad y anoxia de las aguas del hipolimnion (zona inferior del embalse). De este modo influyen en la calidad del hábitat, pueden ocasionar el prematuro envejecimiento de los ecosistemas (ej. los pantanos se pueden transformar más rápidamente en zonas terrestres) y la disminución de la resiliencia de los ecosistemas ante otros impactos antrópicos y naturales (generalmente a menores niveles de biodiversidad menor capacidad de recuperación de los ecosistemas ante estas eventualidades).

Los impactos de la represa podrían tener efectos a niveles de toda la cuenca amazónica. La ruptura en la conectividad del río Napo y la retención de sedimentos por la represa podrían influir en los niveles de productividad acuática de toda la cuenca, en la tasa de formación de hábitats del estuario, e incluso en la productividad y geomorfología de zonas costeras que dependen de los flujos de sedimentos, elementos y compuestos asociados.

Adicionalmente, obras de esta magnitud que pueden ocasionar grandes impactos en el ambiente deben analizar los potenciales impactos acumulativos del conjunto de obras y actividades de la región, porque su interacción puede magnificar los impactos del proyecto así como su viabilidad. En el caso del río Napo, existen varias obras de infraestructura (ej. represas andinas) y factores de riesgo (frecuente vulcanismo y actividad tectónica, aumento en la frecuencia de fenómenos climáticos extremos, etc.) que deberían ser analizadas cuidadosamente debido a los potenciales efectos sobre el proyecto. De igual manera, se debe tomar en cuenta procesos económicos y ambientales adicionales, como la deforestación, la expansión de la frontera agrícola, la minería y la extracción de petróleo, así como los proyectos de transporte terrestres y fluviales, entre otros, que generarían impactos acumulativos y sinérgicos sobre los ecosistemas acuáticos.

El EIA de la CHM no analiza los impactos sinérgicos y o acumulativos que podría generar el proyecto.

## **1.2. Hidrovía del Amazonas**

### **1.2.1. Impactos directos**

#### *a) Regímenes hidrológicos de los ríos a ser modificados y sus planicies de inundación*

El proyecto HA pretende dragar inicialmente entre 1.500.000 y 2.700.000 m<sup>3</sup> de sedimentos en 13 de aproximadamente 20 malos pasos identificados (sectores de difícil navegabilidad) en los ríos Huallaga, Marañón y Ucayali (EIH and H&Q 2010). Seis de los sitios a dragar están ubicados en el río Huallaga, desde la ciudad de Yurimaguas hasta su confluencia con el río Marañón, tres en el río Marañón río abajo de la ciudad de Saramiriza y cuatro en el río Ucayali, aguas abajo de la ciudad de Pucallpa. Adicionalmente pretende dragar más de 1.500.000 m<sup>3</sup> de sedimentos entre los puertos de Pucallpa e Iquitos. Subsecuentemente sería necesario hacer un dragado de mantenimiento que movilizaría aproximadamente el 25% del dragado de apertura cada año en las mismas localidades. El propósito de estas obras es incrementar la profundidad del canal principal de los ríos mencionados anteriormente para mantener una profundidad mínima de 8 a 10 pies permanentemente.

Contradictoriamente, información reciente del MTC (com. pers.) sugiere que los volúmenes de dragado serían mayores, aunque también se menciona que se aumentaría la profundidad mínima de los ríos en los malos pasos a 6 pies. Por otro lado, tomando en cuenta la superficie de las áreas de dragado y de las áreas de descarga, dependiendo de los volúmenes que se movilicen y asumiendo que el nivel del río no cambiaría, en promedio en las zonas dragadas la profundidad del lecho aumentaría entre 0.8 y 1.4 m (y hasta 2.6 m) mientras que en las zonas de descarga disminuiría entre 1.75 y 3.05 m. A parte del dragado, el proyecto removería las palizadas y quirumas, y colocaría señalización a lo largo de los 2687 km de ríos que cubre el proyecto.

En el intento de incrementar la profundidad del cauce, colateralmente podría disminuir el nivel del agua lo que a su vez reincidiría negativamente en la profundidad del mismo. Situaciones semejantes se han observado por ejemplo en los ríos Yalu y Pearl en China, Mississippi y Kissimmee en los Estados Unidos, y Po en Italia, entre otros (Whalen et al. 2002, Pinter et al. 2004, Simeoni and Corbau 2009, Pinter et al. 2010, Zhang et al. 2010, Gao et al. 2012). Cambios en el nivel del río tendrían repercusiones extensas sobre su hidrología y la de ecosistemas asociados. Este impacto no ha sido previsto en el EdF de la HA y afectaría la navegabilidad de los ríos. Para contrarrestar esto se tendrían que hacer otras acciones que mantengan la profundidad de los ríos y que acentuarían los impactos hidrológicos sobre el río y sus planicies inundables.

Los cambios en los niveles del agua de los ríos, además de la ubicación y tamaño de las zonas de descarga de sedimentos, podrían influir directamente en el nivel de conectividad de estos con los ecosistemas acuáticos asociados y por tanto en los niveles del agua de estos últimos. Este cambio en el rango de las profundidades de los ecosistemas inundables afectaría directamente la extensión de la inundación y los procesos ecológicos y ambientales relacionados (ej. emisión de gases de efecto invernadero, productividad de comunidades de animales y plantas, etc.). Según el modelo de inundación de Hess et al. (2003) se estima que existen aproximadamente 27000 y 37000 km<sup>2</sup> de ecosistemas inundables durante las épocas de aguas bajas y altas, respectivamente, en el AID de la HA. Igualmente, se calcula que hay cerca de 57300 km de ecosistemas fluviales en la misma área. En el peor de los escenarios las superficies de ecosistemas inundables y distancias de ríos podrían disminuir su nivel de inundación promedio de ocurrir cambio en los niveles de

los ríos (Figura 4). Basado en un estudio similar sobre los impactos de la Hidrovía del Paraguay-Paraná (Hamilton 1999), se estima una disminución promedio en la extensión de la inundación de entre 10 y 20 % (5400 y 3700km<sup>2</sup>) durante las épocas de aguas bajas y altas, respectivamente. De igual manera este potencial impacto no ha sido previsto en el EdF. En un análisis subsiguiente se detallan los efectos de los cambios geomorfológicos e hidrológicos sobre los ecosistemas.

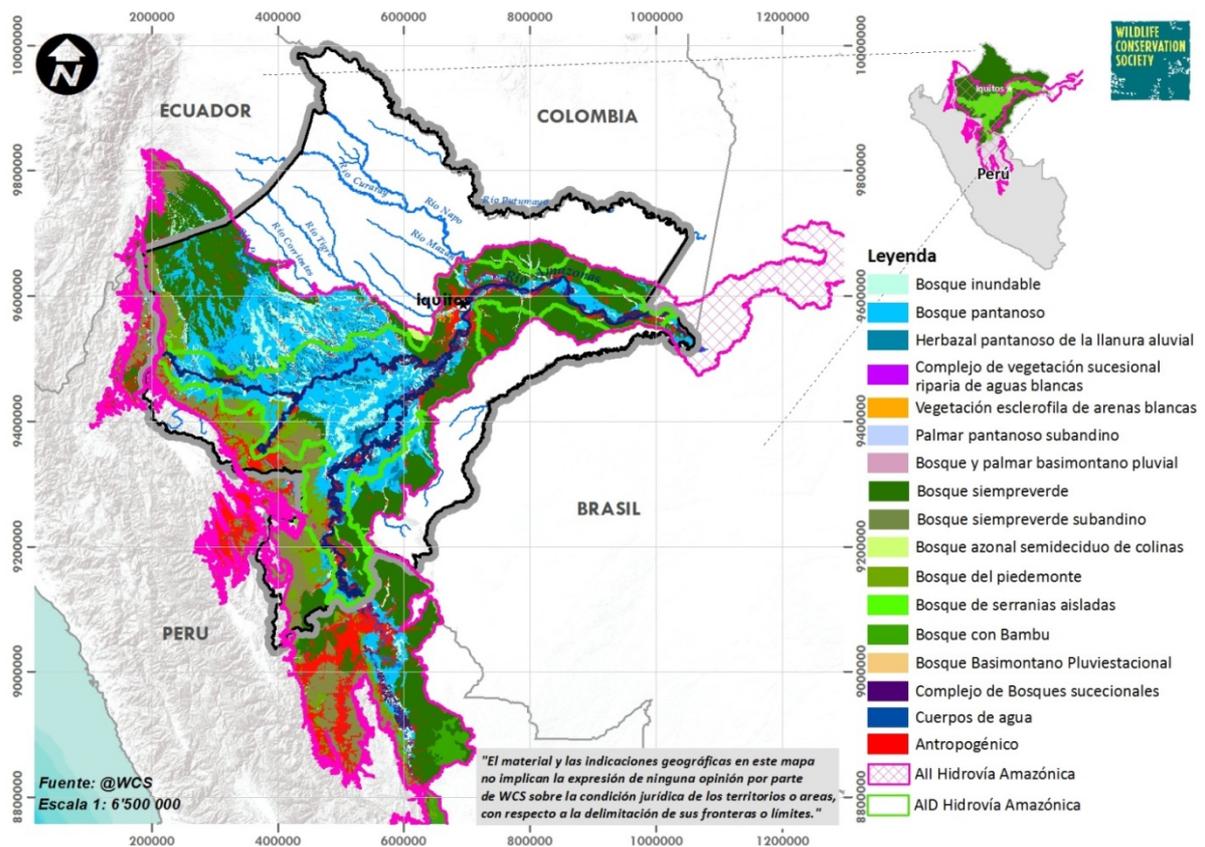


Figura 4. Ecosistemas de las áreas de influencia de la HA. Elaborado por WCS.

b) *Dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de los ríos*

La acumulación diferencial de sedimentos en diferentes sectores de los ríos responde a características hidráulicas específicas de dichos sectores. La remoción de sedimentos (y material rocoso y vegetal) de los malos pasos identificados en la HA y el depósito de estos materiales en otros sectores del río podrían tener efectos en sus dinámicas hidráulicas, con implicaciones en procesos geomorfológicos e hidráulicos como la formación de bancos o islas no previstos en otros sectores de los ríos o el aumento de la velocidad del agua. El dragado puede ocasionar incisiones en el lecho del río que a su vez producen aumento en los niveles de erosión de fondo en las áreas afectadas con subsecuente decrecimiento del nivel del agua y erosión de los bancos. Igualmente, el depósito de sedimentos en otros sectores haría que las condiciones hidráulicas cambien y que reincida en los procesos de erosión y sedimentación río abajo, y en los niveles de conectividad hidrológica entre diferentes sectores del río.

Tomando en cuenta que los ríos andino-amazónicos son extremadamente dinámicos y acarrear grandes cantidades de sedimentos, el hecho que las actividades de dragado y depósito estén ubicadas consecutivamente a lo largo de varios sectores de los ríos a ser intervenidos, y que los volúmenes de sedimentos a ser removidos inicialmente son sustanciales [1.2% de los sedimentos liberados por los ríos de la Amazonía peruana norte (Armijos et al. 2013)], los impactos del dragado podrían influir en ecosistemas fluviales y ribereños cientos y hasta miles de kilómetros río abajo. Se estima que los efectos de actividades humanas que interfieren en la geomorfología e hidráulica de los sistemas fluviales pueden sentirse entre 50 y 500 veces río abajo la longitud de la área afectada, dependiendo de la intensidad de la actividad (Abad, J., pers. com.) en el área de intervención. Además, los ecosistemas fluviales tienen características fractales y emergentes por lo que el impacto acumulativo de zonas extensas de dragado podría afectar ecosistemas tan distantes como el estuario que depende grandemente de los sedimentos andinos para la formación de hábitats deltaicos. Situaciones semejantes han sido observadas en los ríos Mississippi (EEUU) y Zhujiang (China), en los que debido a la intensidad y duración de las intervenciones de dragado los niveles de incisión y erosión de fondo (junto con la retención y o extracción de sedimentos) han disminuido los niveles del agua y la tasa de formación de islas, y han incrementado la vulnerabilidad de estos

ambientes a los efectos del cambio climático (Luo et al. 2007, Pinter et al. 2010, Zhang et al. 2011).

El EdF de la HA no identifica estos posibles impactos y a pesar de que menciona que los ríos andino-amazónicos son extremadamente dinámicos y que migran frecuentemente de canal no considera cómo la remoción y reubicación de sedimentos afectaría estas dinámicas hidráulicas y geomorfológicas, las cuales incidirían directamente sobre las zonas a ser intervenidas. De darse esto, dichas zonas podrían volver a llenarse de sedimentos, o se podrían generar malos pasos en otros sectores de los ríos, lo cual podría llevar a acciones adicionales de dragado u otras actividades de mayor impacto para mejorar o incluso mantener la navegabilidad de los ríos. En el modelo indicativo incluido abajo se muestra el potencial efecto inicial de las actividades de dragado sobre los ríos a ser modificados utilizando un efecto de hasta 100 veces y un decaimiento de las intensidades del impacto río abajo que va de 5 la más alta a 1 la menor (Tablas 2 y 3, Figura 5). Se estima que entre 2745 y 4575 km de ríos podrían ser afectados por esta actividad bajo esta parametrización (Tabla 2, Figura 5). Solo en la región de Loreto cerca de 1226 y 2500 km<sup>2</sup> de ríos de 6to orden tendrían intensidades acumuladas altas y muy altas bajo los escenarios de 8 y 10 pies de dragado, y entre 1920 y 1472 km<sup>2</sup> bajo intensidades menores para los dos escenarios (Tabla 3).

Tabla 2. Malos pasos, volumen e intensidad relativa de dragado, y efecto potencial río abajo para los escenarios de 8 y 10 pies de profundidad a alcanzar.

Mal paso	Ríos a intervenir	Vol. (m <sup>3</sup> ) 8'	intensid ad	efecto (km) 8'	Vol. (m <sup>3</sup> ) 10'	Intensid ad	efecto (km) 10'
Puerto Iquitos	Amazonas	900000	5	1000	900000	5	1000
Puerto Pucallpa	Ucayali	615000	5	1000	615000	5	1000
Santa María	Huallaga	335500	3	2745	579842	5	4575
Oro Mina	Huallaga	304557	3	1050	477297	4	1400
Providencia	Huallaga	301024	3	1260	433812	4	1680
Santa Fe	Ucayali	224054	2	400	430779	4	800
Metropolis	Huallaga	218673	2	1000	369745	3	1500
Gasolina	Marañón	57634	1	270	111782	1	270
Paranapura	Huallaga	37603	1	275	94192	1	275
Puerto Elisa	Marañón	12600	1	310	52851	1	310
Cornejo Portugal	Ucayali	19043	1	400	52063	1	400
Kerosene	Marañón	14752	1	280	35170	1	280

Salida del Puinahua	Ucayali	14030	1	200	34533	1	200
Progreso	Huallaga	0			9160	1	350
Bolivar	Ucayali	0			6695	1	100

Tabla 3. 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	Ríos de 6to orden (km <sup>2</sup> ) – 8 pies	Ríos de 6to orden (km <sup>2</sup> ) – 10 pies
1	665	709
2	1256	764
3	1212	448
4	1226	1572
5	----	866
<b>Total general</b>	<b>4359</b>	<b>4359</b>

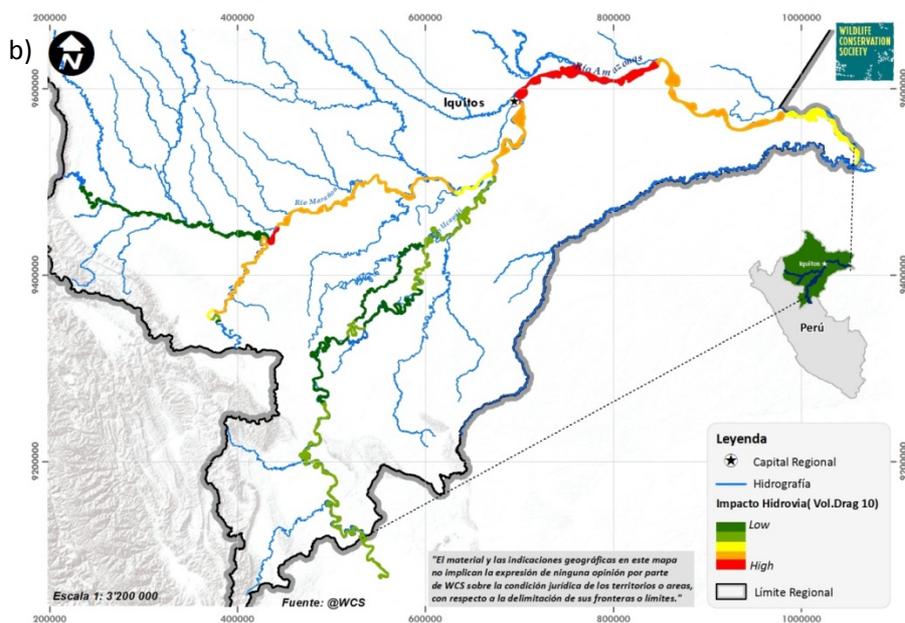
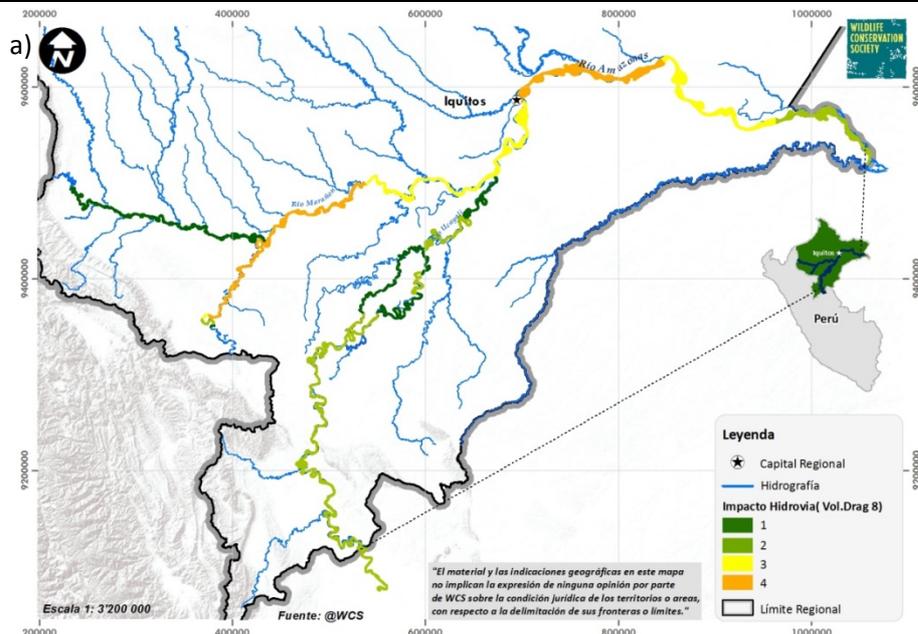


Figura 5. Efectos acumulativos potenciales del dragado de 8 pies (a) y 10 pies (b) de sedimentos en 13 malos pasos en los ríos Huallaga, Marañón y Ucayali sobre los mismos ríos y el Amazonas. Elaborado por WCS.

c) *Conectividad hidrobiológica*

Los cambios hidrológicos, geomorfológicos e hidráulicos de los ríos afectarían directamente su conectividad con los cuerpos de agua y zonas inundables asociadas. Muchas de las planicies inundables dependen de esta conexión para mantener sus elevados niveles de productividad primaria y secundaria, las mismas que son mediadas por la cantidad de nutrientes y materia orgánica que son intercambiadas entre los ríos y las zonas inundables. Gran parte de las poblaciones de fauna acuática también dependen de la conectividad entre estos ecosistemas para su migración lateral y longitudinal para alimentación o desove en las lagunas y bosques inundables. Muchas de estas especies, como es el caso de peces frugívoros y o insectívoros (ej. *Colossoma* spp.) dependen de los recursos del bosque para su nutrición, mientras que otras, como los manatíes o capibaras utilizan los extensos y productivos herbazales flotantes mantenidos por la entrada de nutrientes desde los ríos como áreas de alimentación. El aislamiento, permanente o temporal, de ecosistemas otrora con mayor conectividad, podría disminuir estos flujos de recursos y cambiar las condiciones ambientales y la extensión de los ambientes inundables indispensables para el mantenimiento de poblaciones de organismos acuáticos.

Lamentablemente este potencial impacto de las obras propuestas no ha sido previsto, y definitivamente sería subestimado si se considerara el área de influencia ambiental de 500 m a cada lado del río propuesta en el EdF. Las áreas inundables que tienen conexión directa e indirecta con el río se extienden decenas de kilómetros en algunos casos (Figura 6). Estudios de este tipo deben utilizar criterios hidrológicos e hidrobiológicos en la definición de las áreas de influencia de los proyectos y estar basados en estudios sobre la distribución y ecología de las especies acuáticas.

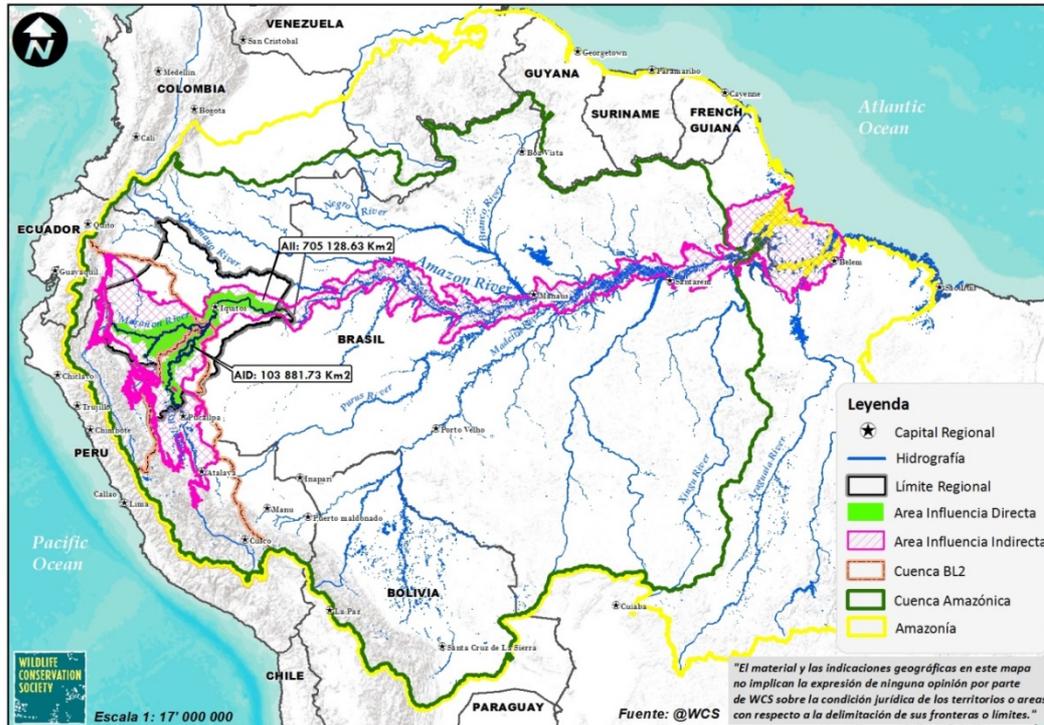


Figura 6. Área de influencia directa e indirecta de la Hidrovía Amazonas basada en criterios hidrológicos e hidrobiológicos. Elaborado por WCS.

### 1.2.2. Impactos indirectos

#### a) *Condiciones autótrofas y heterótrofas de los ecosistemas acuáticos*

Los potenciales cambios en el nivel del agua de los ríos y en el grado de conectividad de estos con sus planicies inundables y otros ecosistemas asociados (ej. lagunas, tributarios, etc.) podría influir en los regímenes hidrológicos de estos ecosistemas (ej. magnitud, duración, frecuencia, etc.) y en la extensión de las zonas inundables. Estos cambios en la hidrología de los sistemas inundables podrían exponer extensas áreas inundables a períodos más largos de desecamiento, y en algunos casos cambiarlas permanentemente a áreas secas. Como se analizó en la sección anterior, esto podría influir en los niveles de óxido reducción de los ecosistemas y acentuar la descomposición de la MO acumulada en el suelo, así como cambios en la estructura, composición, y productividad de las comunidades vegetales. De igual manera influiría en la emisión de GEI, con posibles incrementos en la producción de CO<sub>2</sub> de las áreas anteriormente inundadas.

Los cambios en el régimen hidrológico y conectividad de los ecosistemas influiría en el intercambio de MO, nutrientes y otros compuestos o elementos con las planicies inundables, lo que a su vez disminuiría los niveles de productividad de las mismas y el rol que tienen como mediadoras de múltiples procesos biogeoquímicos y ecológicos.

El EdF de la HA no identifica el cambio potencial en el nivel del río, menos aún la disminución de la conectividad hidrológica con ecosistemas asociados. Así, no cuantifica cambios en estos ecosistemas ni las implicaciones más amplias de los mismos. Estudios como este deben hacer estimaciones correctas y con un buen nivel de confianza estadística de los potenciales cambios en estos procesos ecológicos para de esta forma prevenir o mitigar dichos impactos.

*b) Composición y distribución de las comunidades biológicas*

Además de los efectos de los cambios hidrológicos sobre el funcionamiento de los ecosistemas, estos ocasionarían impactos sobre la estructura y composición de las comunidades biológicas. El desecamiento de las planicies inundables transformaría estas en bosques más secos con una composición florística típica de áreas no inundadas, lo cual influiría en las comunidades de animales relacionadas. De igual manera, las comunidades microbianas responsables de los ciclos de los nutrientes y del carbono cambiarían ante las nuevas condiciones aeróbicas de las planicies desecadas temporalmente o permanentemente. Además, el secado de estos ambientes los hace más vulnerables a cambios antrópicos en la cobertura de la vegetación. Estos cambios en la estructura y composición de las comunidades biológicas afectarían las interacciones entre las especies y por tanto el funcionamiento de los ecosistemas y sus niveles de diversidad.

Más específicamente, a nivel de las comunidades acuáticas, los cambios en la hidrología de los ecosistemas asociados al río afectarían la extensión y calidad del hábitat de especies de peces, reptiles y mamíferos acuáticos, con potencial disminución en el tamaño y salud de sus poblaciones. Estos impactos se podrían extender tanto río abajo como arriba del AID del proyecto e influirían a las comunidades de peces migratorios que tienen amplios rangos de distribución, que van desde el estuario hasta el piedemonte andino (Figuras 5 y 6).

Algunos de estos potenciales impactos han sido descritos en el EdF de la HA, por ejemplo se menciona que los organismos bentónicos serían los más impactados y que los peces serían ligeramente afectados, pero solo temporalmente. A pesar de esto la inadecuada caracterización de las comunidades bióticas en la línea base de los estudios y el análisis superficial de impacto ambiental no permiten hacer una adecuada evaluación de impacto ambiental de este proyecto. Estudios como este deberían cuantificar los potenciales efectos de los cambios hidrológicos y biogeoquímicos-ecosistémicos sobre las comunidades de organismos acuáticos y terrestres con investigaciones de la ecología, biología y distribución de las especies, así como modelaciones más sólidas para complementar a las investigaciones individuales

c) *Deforestación y cambios en el uso del suelo*

El desarrollo de una hidrovía implica el incremento del tráfico fluvial y de la comercialización de materia prima y productos elaborados que sustenten económicamente el proyecto. Esto podría generar un aumento en la extracción de recursos maderables, no maderables, e hidrobiológicos, entre otros. También, indirectamente podría ocasionar un incremento en la colonización y la expansión de la frontera agrícola, con subsecuente cambio en la cobertura de la vegetación y mayor presión sobre los recursos biológicos. Se proyecta que a menor costo de transporte mayor sea la probabilidad de acceso a una localidad y de cambio de la cobertura boscosa (Young 2015). Las zonas de mayor probabilidad de cambio en el uso del suelo serían las de mayor aptitud agrícola o las potenciales áreas desecadas debido al cambio en el régimen hidrológico. Young (2013) estima que el nivel de deforestación de la región aumentaría en un orden de magnitud de incrementarse el acceso a la región y de no haber mecanismos sociales y de gobernanza para su conservación. De acuerdo a escenarios optimistas y pesimistas para la región entre 11000 y 72000 km<sup>2</sup> de áreas boscosas podrían ser convertidos a otros usos del suelo en los próximos 25 años (Figura 7). Entre los ecosistemas más vulnerables en los dos escenarios están el *complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía*, el *bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del suroeste de la Amazonía*, y el *complejo de vegetación*

sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía con cambios en la cobertura actual que van entre 21 y 43% para el escenario optimista y entre 90 y 94% para el escenario pesimista.

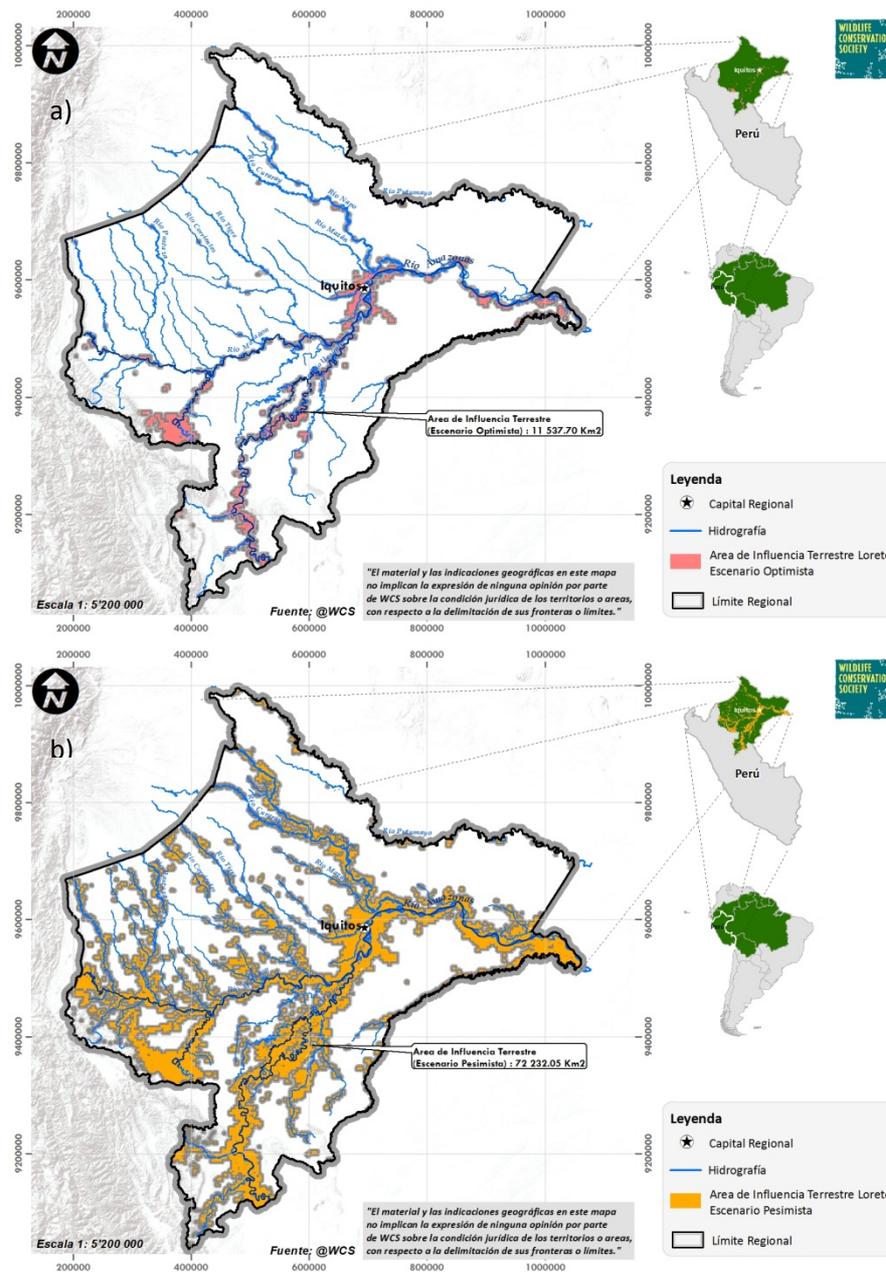


Figura 7. Escenarios optimista (a) y pesimista (b) para el área de influencia terrestre de la Hidrovía del Amazonas. Elaborado por WCS.

El EdF menciona que es posible que haya un incremento en la deforestación debido a la migración y la tala selectiva de madera, sin embargo, no cuantifica cuál sería la tasa de deforestación y su impacto en la diversidad y calidad del ambiente. Este podría ser uno de los impactos más graves de la hidrovía y por tanto debería ser analizado cuidadosamente

utilizando modelos probabilísticos de deforestación basados en acceso, aptitud del suelo, y disponibilidad de recursos.

*d) Emisión de gases de invernadero*

Aproximadamente 4.7 millones de ha de humedales del AID de la HA podrían ser desecadas permanentemente o temporalmente por los cambios hidrológicos y/o podrían ser degradadas o convertidas a zonas agrícolas con repercusión en la emisión de GEI (Fearnside and Pueyo 2012, Fearnside 2013). Los ecosistemas inundables del área que sería afectada por este tipo de impacto contienen en promedio 58 Mg de C por hectárea, los mismos que podrían ser convertidos y aumentar sus emisiones de CO<sub>2</sub> o metano de no haber una adecuada planificación y aplicación de medidas para evitar o contrarrestar los efectos del cambio. Así si asumimos que entre 5400 y 3700 km<sup>2</sup> de humedales podrían ser desecadas entre la época de aguas bajas y altas, la cantidad de emisiones de carbono susceptibles de ser liberadas a la atmósfera alcanzarían entre 21 y 31 Tg C respectivamente. Por otro lado, basado en los escenarios optimistas y pesimistas de cambio del uso del suelo en el área de influencia terrestre de la HA se estima que se podría liberar entre 65 y 557 Tg de C en 25 años.

El EdF no analiza en absoluto este potencial impacto sobre los ecosistemas cuando es uno de los criterios más relevantes para medir los impactos de una actividad o proyecto en un marco regional o global.

### 1.2.3. Impactos sinérgicos y acumulativos

La magnitud y escala del proyecto HA requiere de un análisis detallado de los potenciales impactos acumulativos y sinérgicos que ocurren en la región. El hecho mismo que el dragado tiene un carácter longitudinal e intercalado espacialmente y temporalmente hace que los impactos en un sector del río se acumulen y extiendan longitudinalmente cuando hay superposición de áreas de dragado con otras actividades río abajo. Así, las zonas de dragado en secciones inferiores de los ríos podrían tener mayores impactos acumulados

dependiendo de la intensidad de la actividad. Más aún cuando se sabe que un cambio en la geomorfología en un sector puede afectar el equilibrio dinámico de los ecosistemas fluviales entre 50 y 500 veces la longitud del área afectada (J. Abad, com. pers.).

También si consideramos que los ríos tienen características fractales, el área de afectación podría magnificarse aun cuando la intensidad pueda decaer. Visto así el área de afectación de la HA podría extenderse mucho más abajo, y tal vez hasta el estuario del Amazonas. A esto hay que añadir el hecho de que múltiples actividades ocurren en la región y que estos impactos podrían acentuar los efectos de la HA sobre las dinámicas naturales de los ríos. Por ejemplo las múltiples represas en construcción o planificadas podrían cambiar el balance sedimentario de la cuenca, mientras que las carreteras, minería y deforestación podrían incrementar las tasas de erosión de los suelos. Los impactos de estas y otras actividades potenciales deberían ser analizados conjuntamente para prever cómo estos podrían influir en las actividades de la HA planificadas y sus potenciales impactos. No tomar en cuenta esto en el diseño de las actividades podría invalidar cualquier estimación de impacto y factibilidad ambiental de este proyecto.

Adicionalmente, es necesario analizar el proyecto desde el contexto de cambio climático, ya que se prevé un incremento en la precipitación y en la frecuencia de eventos extremos, de mayor erosión, en la Amazonía occidental. Cambios en el caudal líquido y sólido debido a modificaciones en la escorrentía y capacidad de retención de agua de los ecosistemas deben ser tomados en cuenta en estos análisis. Igualmente importante es evaluar los efectos potenciales de la contaminación de las aguas y sedimentos por el incremento en actividades y riesgos relacionados al transporte, así como la potencial colonización de los ecosistemas acuáticos por especies exóticas invasivas que aprovechan las embarcaciones para dispersarse.

El EdF de la HA no analiza este tipo de impactos.

## **2. Conclusiones y recomendaciones**

En resumen en el presente estado de diseño, los hidroyectos analizados potencialmente ocasionarían impactos sustanciales sobre los regímenes hidrológicos de los ríos, planicies de inundación, y de otros cuerpos de agua y ecosistemas terrestres relacionados. Producto de esto extensiones amplias de estos ecosistemas tendrían un régimen hidrológico alterado, con consecuencias en su funcionamiento, niveles de biodiversidad, y provisión de servicios ecosistémicos. Cambios en la geomorfología de los ríos afectarían sus condiciones hidrodinámicas y su nivel de conectividad con ambientes aledaños, así como su rol en el desarrollo de hábitats fluviales y en la migración de organismos acuáticos. Adicionalmente los impactos acumulativos y sinérgicos de estos proyectos, en conjunto con los impactos de las demás actividades que ocurren en la región tendrían repercusiones amplias a escala de la cuenca del Amazonas y o a nivel global (Anexo 1).

Los estudios de impacto ambiental de estos hidroyectos en general no analizan a profundidad los potenciales impactos de las actividades propuestas, y por tanto subestiman las posibles repercusiones ambientales de estos proyectos (Anexo 1). En parte esto se debe a los criterios utilizados para evaluar impactos, que son muy generales, pero también debido a los métodos cualitativos no probabilísticos que se utilizan actualmente. Los estudios de impacto ambiental deberían utilizar un conjunto de modelaciones ambientales que alimenten a un modelo general de ecosistemas que facilite analizar las interrelaciones entre los diferentes componentes del ecosistema y sus repuestas a actividades antrópicas y naturales (Anexo 2). El siguiente modelo conceptual e hipotético ejemplifica de una manera simplificada las interacciones entre los diferentes tipos de impactos de las actividades de los proyectos (Figura 8).





Figura 8. Modelo conceptual de impactos ambientales de un proyecto (a) y ejemplificación hipotética de impactos para los efectos de dragado en los ríos (b). Elaboración propia.

En la realidad las interacciones entre los ecosistemas y entre sus componentes son mucho más complejas y de tal forma los impactos ocasionados sobre estos por intervenciones humanas. El diagrama sobre los impactos de las obras de la CHM muestra más detalles sobre sus efectos sobre el ambiente y las relaciones entre estos (Figura 9).

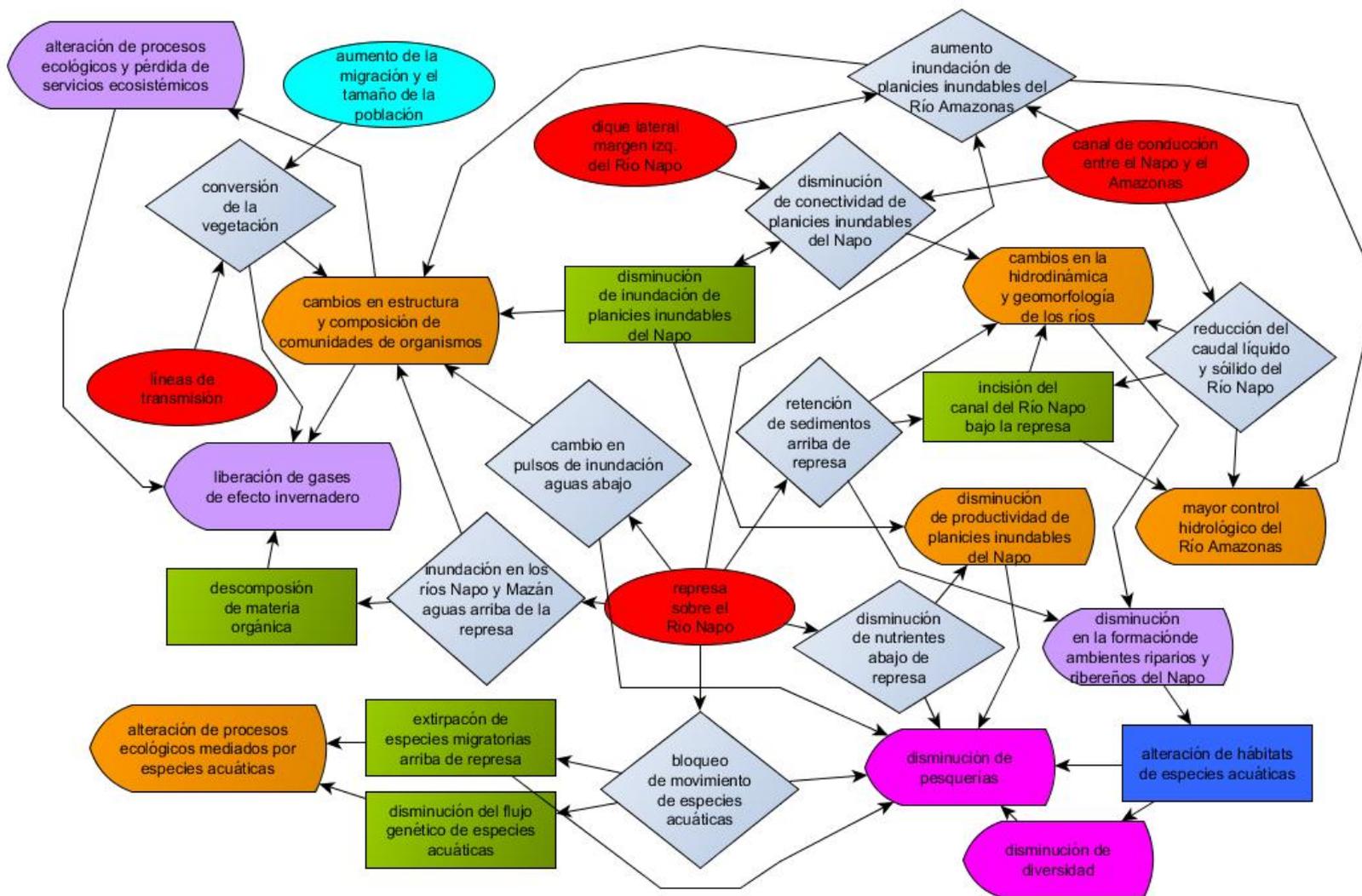


Figura 9. Impactos ambientales potenciales de la infraestructura propuesta para la CHM. Los diferentes colores muestran los niveles y grados de conexión de los impactos: rojo = primero, azul claro = segundo, verde = tercero, naranja = cuarto, morado = quinto, azul oscuro = sexto, fucsia = séptimo o mayor. En turquesa se representan las externalidades. Elaboración propia.

Así, es indispensable mejorar los requerimientos técnicos de los estudios de impacto ambiental incluyendo criterios más específicos, como los descritos en el cuerpo del informe, para las caracterizaciones ambientales y las evaluaciones de impacto, así como aplicando métodos de punta y modelaciones que consideren los efectos específicos de los proyectos bajo contextos más amplios a nivel nacional e internacional. Recomendaciones específicas para el análisis de cada uno de los criterios se muestran en el Anexo 2.

Es importante mencionar que el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) debe considerar incluir a la academia y a centros de investigación en el desarrollo de las líneas bases y en la evaluación de impactos para de esta forma asegurar el óptimo nivel técnico de estos, y la independencia y transparencia de los procesos de evaluación ambiental.

### 3. Referencias

- Armijos, E., A. Crave, P. Vauchel, P. Fraizy, W. Santini, J. S. Moquet, N. Arevalo, J. Carranza, and J. L. Guyot. 2013. Suspended sediment dynamics in the Amazon River of Peru. *Journal of South American Earth Sciences* **44**:75-84.
- 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., and S. K. Hamilton. in prep. b. Sources of flood waters in the Napo River floodplain (Amazon Basin) as indicated by major solute chemistry. *in* M. S. University, editor.
- Draper, F. C., K. H. Roucoux, I. T. Lawson, E. T. A. Mitchard, E. N. Honorio Coronado, O. Lahteenoja, L. Torres Montenegro, E. Valderrama Sandoval, R. Zarate, and T. R. Baker. 2014. The distribution and amount of carbon in the largest peatland complex in Amazonia. *Environmental Research Letters* **9**.
- EIH, and H&Q. 2010. Estudio de Factibilidad “Mejoramiento y Mantenimiento de la Condiciones de Navegabilidad en los Ríos Huallaga, Ucayali, Marañón y Amazonas”. Estudio de Ingeniería Hidráulica y H&Q Ingenieros, Proinversión, Ministerio de Economía y Finanzas, Lima, Perú.
- Fearnside, P. M. 2013. Credit for climate mitigation by Amazonian dams: loopholes and impacts illustrated by Brazil's Jirau Hydroelectric Project. *Carbon Management* **4**:681-696.
- Fearnside, P. M. 2014. Impacts of Brazil's Madeira River Dams: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Science & Policy* **38**:164-172.
- Fearnside, P. M., and S. Pueyo. 2012. COMMENTARY: Greenhouse-gas emissions from tropical dams. *Nature Climate Change* **2**:382-384.
- Gao, J. H., J. Li, H. Wang, F. L. Bai, Y. Cheng, and Y. P. Wang. 2012. Rapid changes of sediment dynamic processes in Yalu River Estuary under anthropogenic impacts. *International Journal of Sediment Research* **27**:37-49.

- 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.
- Hamilton, S. K., S. J. Sippel, and J. M. Melack. 1995. OXYGEN DEPLETION AND CARBON-DIOXIDE AND METHANE PRODUCTION IN WATERS OF THE PANTANAL WETLAND OF BRAZIL. *Biogeochemistry* **30**:115-141.
- Hertwich, E. G. 2013. Addressing Biogenic Greenhouse Gas Emissions from Hydropower in LCA. *Environmental Science & Technology* **47**:9604-9611.
- Hess, L. L., J. M. Melack, E. Novo, C. C. F. Barbosa, and M. Gastil. 2003. Dual-season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon basin. *Remote Sensing of Environment* **87**:404-428.
- LAE. 2014. Estudios de Pre-Inversión a Nivel de Factibilidad con Estudios Definitivos de Ingeniería e Impacto Ambiental del Proyecto: "Construcción de la Central Hidroeléctrica de Mazán y el Sistema de Transmisión. Lahmeyer Agua y Energía, Organismo Público Infraestructura para la Productividad. Gobierno Regional de Loreto., Lima, Perú.
- Lahteenoja, O., K. Ruokolainen, L. Schulman, and M. Oinonen. 2009. Amazonian peatlands: an ignored C sink and potential source. *Global Change Biology* **15**:2311-2320.
- Luo, X. L., E. Y. Zeng, R. Y. Ji, and C. P. Wang. 2007. Effects of in-channel sand excavation on the hydrology of the Pearl River Delta, China. *Journal of Hydrology* **343**:230-239.
- Mounic-Silva, C. E., and R. G. Leite. 2013. Abundance of young-of-the-year migratory Characiforms in floodplain areas of the middle Solimoes-Amazon River at flooding 2007/2008. *Journal of Applied Ichthyology* **29**:118-124.
- Pelicice, F. M., and A. A. Agostinho. 2008. Fish-passage facilities as ecological traps in large neotropical rivers. *Conservation Biology* **22**:180-188.
- Pelicice, F. M., and C. S. Agostinho. 2012. Deficient downstream passage through fish ladders: the case of Peixe Angical Dam, Tocantins River, Brazil. *Neotropical Ichthyology* **10**:705-713.
- Pinter, N., A. A. Jemberie, J. W. F. Remo, R. A. Heine, and B. S. Ickes. 2010. CUMULATIVE IMPACTS OF RIVER ENGINEERING, MISSISSIPPI AND LOWER MISSOURI RIVERS. *River Research and Applications* **26**:546-571.
- Pinter, N., K. Miller, J. H. Wlosinski, and R. R. van der Ploeg. 2004. Recurrent shoaling and channel dredging, Middle and Upper Mississippi River, USA. *Journal of Hydrology* **290**:275-296.
- Simeoni, U., and C. Corbau. 2009. A review of the Delta Po evolution (Italy) related to climatic changes and human impacts. *Geomorphology* **107**:64-71.
- Sims, H. 2001. Moved, left no address: Dam construction, displacement and issue salience. *Public Administration and Development* **21**:187-200.
- Tilt, B., Y. Braun, and D. M. He. 2009. Social impacts of large dam projects: A comparison of international case studies and implications for best practice. *Journal of Environmental Management* **90**:S249-S257.
- Whalen, P. J., L. A. Toth, J. W. Koebel, and P. K. Strayer. 2002. Kissimmee River restoration: a case study. *Water Science and Technology* **45**:55-62.
- Young, K. R. 2015. Biodiversity and environmental services in Loreto. WCS.
- Zhang, Q., Y. D. Chen, T. Jiang, X. H. Chen, and Z. F. Liu. 2011. Human-induced regulations of river channels and implications for hydrological alterations in the Pearl River Delta, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* **25**:1001-1011.

Zhang, W., X. H. Ruan, J. H. Zheng, Y. L. Zhu, and H. X. Wu. 2010. Long-term change in tidal dynamics and its cause in the Pearl River Delta, China. *Geomorphology* **120**:209-223.

Anexo 1. Análisis comparativo de los impactos ambientales directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos de los hidroproyectos CHM y HA.

<b>Central Hidroeléctrica Mazán (CHM)</b>		
<b>Criterios</b>	<b>Consideraciones basadas en este análisis</b>	<b>Del EIA</b>
<b>Impactos directos</b>		
Regímenes hidrológicos de los ríos y sus planicies de inundación	<p>Se estima que cerca de 3000 km de ríos y riachuelos podrían tener cambios en sus regímenes hidrológicos. De estos cerca de 300 km corresponden a ríos de sexto orden.</p> <p>Es fundamental entender la relación entre los ecosistemas fluviales, sus planicies de inundación y otros ecosistemas acuáticos para entender los potenciales impactos de cambios en el régimen hidrológico de los primeros sobre los ecosistemas inundables. Aproximadamente 2900 Km<sup>2</sup> de ecosistemas inundables serían modificados.</p>	<p>En el EIA solo se menciona que habría mayor turbulencia y sedimentación en la zona de descarga en el Amazonas, por lo que se asume que los impactos identificados en el estudio son considerados leves o moderados.</p> <p>En el EIA de la CHM no se menciona el efecto de los cambios en el hidrograma del río Napo sobre la hidrología de sus ecosistemas asociados, por lo que se asume que estos impactos no han sido identificados o han sido subestimados.</p>
Dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de los ríos	<p>La disminución del caudal líquido y sólido influiría directamente en las tasas de formación de hábitats fluviales, en la incisión del canal principal del río, y en el aislamiento y subsecuente abandono de los canales secundarios del río por el mismo. Esto a su vez influiría en la conectividad del río con sus planicies de inundación, y en la sucesión ecológica de los hábitats inundables.</p> <p>El aumento del caudal y del volumen de sedimentos que se descargarían en el río Amazonas a través del canal de conducción ocasionaría un incremento en las tasas de sedimentación y probablemente de erosión del fondo del río Amazonas aguas abajo de la unión</p>	<p>El EIA de la CHM no analiza detalladamente los impactos de la represa y del canal de conducción sobre las dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de estos tramos del Napo y del Amazonas. De manera general, indica que hay la posibilidad de un incremento en la turbulencia de las aguas en el área de descarga que influya en los niveles de sedimentación en la localidad de Indiana, ubicada río abajo en la misma margen del río. Por otro lado, no hace referencia directa a los impactos hidrogeomorfológicos sobre el río Napo.</p>

	de este canal con el río.	
Conectividad hidrobiológica	La construcción de las obras sobre el río Napo disminuiría la conectividad hidrobiológica río arriba de la represa casi en su totalidad. Aproximadamente 83000 km <sup>2</sup> de los cerca de 520000 km <sup>2</sup> del All serían aislados del resto de la Amazonía baja. Parte de las grandes migraciones de peces serían interrumpidas en este punto de la cuenca, resultando en una disminución considerable de las áreas de desove de estas especies que se encuentran en el piedemonte andino.	A pesar de que describe de cierta manera los niveles de diversidad de algunos sectores del área de impacto directo (AID), e indica que algunas de las especies acuáticas serían afectadas por las obras, no evalúa adecuadamente los impactos sobre las poblaciones de estas especies.
<b>Impactos indirectos</b>		
Condiciones biogeoquímicas y ecosistémicas de los ecosistemas acuáticos	<p>La represa sobre el río Napo tendría efectos sobre la acumulación de materia orgánica, sedimentos, nutrientes y otros compuestos o elementos río arriba y río abajo de la misma.</p> <p>Río arriba, esto podría tener diferentes consecuencias en las condiciones autótrofas y heterótrofas de los ecosistemas, igualmente ocurriría con las áreas boscosas de tierra firme que podrían inundarse debido a la formación de un embalse. En general el aumento en la descomposición de la materia orgánica en las áreas inundadas por el embalse cambiaría las condiciones de óxido reducción de las aguas y de los sedimentos, los mismos que tenderían a volverse escasos en oxígeno disuelto (hipóxicos) y repercutirían en el ecosistema acuático.</p> <p>Los ecosistemas río abajo de la represa, que dejarían</p>	El EIA de la CHM no reconoce claramente estos cambios, aunque si prevé la extracción de sedimentos debido a la mayor acumulación de los mismos en el canal de derivación y arriba de la represa y deja implícito que esto podría ocasionar impactos en la biogeoquímica de los ecosistemas

de ser inundados por el río, podrían transformarse en ecosistemas con mayor productividad primaria neta (PPN). A pesar de ello estos ambientes también serían más susceptibles a la conversión agrícola y serían más vulnerables a las sequías, con repercusiones en la PPN, las tasas de descomposición de la materia orgánica acumulada en los suelos antes anegados y por tanto la emisión de gases de efecto de invernadero (GEI).

Composición y distribución de las comunidades de organismos	Los cambios descritos anteriormente tendrían repercusiones directas sobre la distribución, estructura y composición de las comunidades biológicas, tanto de plantas, animales, como de otros organismos. Esto, a su vez tendría un impacto directo sobre otras especies que dependen de los recursos y especies característicos de cada tipo de hábitat.	A pesar de que el EIA de la CHM presenta en la línea de base ambiental, la composición de varios grupos de animales y plantas no profundiza en los impactos que las actividades del proyecto tendrían sobre las diferentes comunidades de organismos.
Deforestación y cambios en el uso del suelo	La demanda de mano de obra para la construcción de la obra podría generar una serie de dinámicas demográficas y de migración que pueden incidir en las tasas de conversión de bosques a zonas agrícolas o ganaderas, y en el uso de recursos biológicos, especialmente en los sectores aptos para estas actividades cerca de la zona de intervención y a lo largo de las áreas que se secarían río abajo de la represa.	El EIA de la CHM advierte que procesos de este tipo se darían sobre todo durante la construcción de las obras, pero no prevé en qué grado, dónde y en qué período ocurrirían.
Emisión de gases de efecto invernadero (GEI)	Cambios en el régimen hidrológico de estos ecosistemas pueden influir en las tasas de descomposición de la MO y en la cantidad de emisiones de GEI producto de esta. La inundación prolongada y consecuente mortandad de árboles	El EIA de la CHM no hace mención alguna sobre el potencial efecto de las obras y operación del proyecto en la emisión de GEI.

---

podría generar CO2 o metano dependiendo de los niveles del oxígeno disuelto, mientras que el secado de las turberas podría oxidar extensas áreas anteriormente hipóxicas y liberar grandes cantidades de CO2 a la atmósfera.

A su vez, los bosques de tierra firme, generalmente acumulan mayor cantidad de biomasa arriba del suelo, por lo que la disminución de ésta, ya sea por mortandad de árboles debido al cambio en el régimen hidrológico o por deforestación como efecto secundario del potencial crecimiento poblacional y la subsecuente conversión de bosques a áreas agrícolas, incrementaría las emisiones de GEI. Por otro lado, la potencial estratificación térmica de las aguas del embalse que se formaría río arriba, en conjunto con el incremento en la cantidad de sedimentos, materia orgánica y nutrientes y por tanto de procesos de eutrofización, crearían condiciones hipóxicas propicias para la generación de metano (por metano-génesis) en el embalse.

#### **Impactos sinérgicos y acumulativos**

Impactos sinérgicos	Son el producto de sinergias entre las nuevas condiciones ambientales creadas por los impactos y las respuestas de los ecosistemas y las comunidades biológicas a esos cambios. Uno de los ejemplos más claros es el efecto de la cantidad de MO en el contenido de oxígeno disuelto en el agua y la interacción con la respuesta de las comunidades de fitoplancton y plantas acuáticas al incremento en la	El EIA de la CHM no hace mención sobre los potenciales impactos sinérgicos del proyecto.
---------------------	--	--

---

disponibilidad de nutrientes en la columna de agua de un embalse.

---

Impactos  
acumulativos

Obras de esta magnitud que pueden ocasionar grandes impactos en el ambiente deben analizar los potenciales impactos acumulativos del conjunto de obras y actividades de la región, tanto porque su interacción puede magnificar los impactos del proyecto así como su viabilidad.

---

El EIA de la CHM no hace mención sobre los potenciales impactos acumulativos del proyecto.

## Hidrovia del Amazonas

Crterios	Consideraciones basadas en este anlisis	Del EdF
<b>Impactos directos</b>		
Regmenes hidrolgicos de los ros y sus planicies de inundacin	El proyecto de hidrovia del Amazonas pretende dragar inicialmente entre 1.500.000 y 2.700.000 m <sup>3</sup> de sedimentos en 13 de aproximadamente 20 malos pasos identificados (sectores de difcil navegabilidad) en los ros Huallaga, Marañn y Ucayali. Los cambios en los niveles del agua de los ros, adem{s de la ubicacin y tamao de las zonas de descarga de sedimentos, podran influir directamente en el nivel de conectividad de estos con los ecosistemas acu{ticos asociados y por tanto en los niveles del agua de estos {ltimos. Basado en estudios sobre proyectos semejantes se estima que en promedio entre 10 y 20% de la extensi3n de las {reas inundables podran desecarse.	Este impacto no ha sido previsto en el estudio de factibilidad (EdF) del proyecto, y es contradictorio con los objetivos del proyecto de facilitar la navegabilidad.
Din{micas hidr{ulicas y geomorfol3gicas de los ros	La remoci3n de sedimentos (y material rocoso y vegetal) de los malos pasos identificados en la HA y el dep3sito de estos materiales en otros sectores del r3o podran tener efectos en sus din{micas hidr{ulicas, con implicaciones en procesos geomorfol3gicos e hidr{ulicos como la formaci3n de bancos o islas no previstos en otros sectores de los ros o el aumento de la velocidad del agua.  Tomando en cuenta que los ros andino-amaz3nicos son extremadamente din{micos y	El EdF de la HA no identifica estos posibles impactos y a pesar de que menciona que los ros andino-amaz3nicos son extremadamente din{micos y que migran frecuentemente de canal , no considera c3mo la remoci3n y reubicaci3n de sedimentos afectar{a a estas din{micas hidr{ulicas y geomorfol3gicas, las cuales incidiran directamente sobre las zonas a ser intervenidas.

---

acarrean grandes cantidades de sedimentos, el hecho que las actividades de dragado y depósito están ubicadas consecutivamente a lo largo de varios sectores de los ríos a ser intervenidos, y que los volúmenes de sedimentos a ser removidos inicialmente son sustanciales, los impactos acumulativos del dragado podrían influir en ecosistemas fluviales y ribereños cientos y hasta miles de kilómetros río abajo.

---

Conectividad  
hidrobiológica

Los cambios hidrológicos, geomorfológicos e hidráulicos de los ríos afectarían directamente su conectividad con los cuerpos de agua y zonas inundables asociadas. Muchas de las planicies inundables dependen de esta conexión para mantener sus elevados niveles de productividad primaria y secundaria.

Gran parte de las poblaciones de fauna acuática también dependen de esta conectividad entre estos ecosistemas para su migración lateral y longitudinal para alimentación o desove en las lagunas y bosques inundables.

El aislamiento, permanente o temporal, de ecosistemas otrora con mayor conectividad, podría disminuir estos flujos de recursos y cambiar las condiciones ambientales y la extensión de los ambientes inundables indispensables para el mantenimiento de poblaciones de organismos acuáticos.

Este potencial impacto de las obras propuestas no ha sido previsto, y definitivamente sería subestimado si se considerara el área de influencia ambiental de 500 m a cada lado del río propuesta en el EdF.

## Impactos indirectos

Condiciones autótrofas y heterótrofas de los ecosistemas acuáticos	Los potenciales cambios en el nivel del agua de los ríos y en el grado de conectividad de estos con sus planicies inundables y otros ecosistemas asociados (ej. lagunas, tributarios, etc.) podría influir en los regímenes hidrológicos de estos ecosistemas (ej. magnitud, duración, frecuencia, etc.) y en la extensión de las zonas inundables.	El EdF de la HA no identifica el cambio potencial en el nivel del río, menos aún la disminución de la conectividad hidrológica con ecosistemas asociados. Así, no cuantifica cambios en estos ecosistemas ni las implicaciones más amplias de los mismos.
	Los cambios en el régimen hidrológico y conectividad de los ecosistemas influiría en el intercambio de MO, nutrientes y otros compuestos o elementos con las planicies inundables, lo que a su vez disminuiría los niveles de productividad de las mismas y el rol que tienen como mediadoras de múltiples procesos biogeoquímicos y ecológicos.	
Composición y distribución de las comunidades biológicas	Además de los efectos de los cambios hidrológicos sobre el funcionamiento de los ecosistemas, estos ocasionarían impactos sobre la estructura y composición de las comunidades biológicas. El desecamiento de las planicies inundables transformaría estas en bosques más secos con una composición florística típica de áreas no inundadas, lo cual influiría en las comunidades de animales relacionadas. De igual manera, las comunidades microbianas responsables de los ciclos de los nutrientes y del carbono cambiarían ante las nuevas condiciones aeróbicas de las planicies desecadas	Algunos de estos potenciales impactos han sido descritos en el EdF de la HA, por ejemplo se menciona que los organismos bentónicos serían los más impactados y que los peces serían ligeramente afectados, pero solo temporalmente. A pesar de esto la inadecuada caracterización de las comunidades bióticas en la línea base de los estudios y el análisis superficial de impacto ambiental no permiten hacer una adecuada evaluación de impacto ambiental de este proyecto.

	<p>temporalmente o permanentemente. Además, el secado de estos ambientes los hace más vulnerables a cambios antrópicos en la cobertura de la vegetación. Estos cambios en la estructura y composición de las comunidades biológicas afectarían las interacciones entre las especies y por tanto el funcionamiento de los ecosistemas y sus niveles de diversidad.</p>	
<p>Deforestación y cambios en el uso del suelo</p>	<p>El desarrollo de una hidrovía implica el incremento en el tráfico fluvial y en la comercialización de materia prima y productos elaborados que sustenten económicamente el proyecto. Esto podría generar directamente un aumento en la extracción de recursos maderables, no maderables, e hidrobiológicos, entre otros. También, indirectamente podría ocasionar un incremento en la colonización y la expansión de la frontera agrícola, con subsecuente cambio en la cobertura de la vegetación y mayor presión sobre los recursos biológicos. Entre 1100 y 70000 km<sup>2</sup> podrían ser convertidos a otros usos del suelo en 25 años de acuerdo a escenarios optimistas y pesimistas para la región.</p>	<p>El EdF menciona que es posible que haya un incremento en la deforestación debido a la migración y la tala selectiva de madera, sin embargo, no cuantifica cuál sería la tasa de deforestación y su impacto en la diversidad y calidad del ambiente.</p>
<p>Emisión de gases de invernadero</p>	<p>Aproximadamente 4.7 millones de ha de humedales del AID de la HA podrían ser desecadas permanentemente o temporalmente por los cambio hidrológicos y o podrían ser degradadas o convertidas a zonas agrícolas con repercusión en la emisión de GEI.</p>	<p>El EdF no analiza en absoluto este potencial impacto sobre los ecosistemas cuando es uno de los criterios más relevantes para medir los impactos de una actividad o proyecto en un marco regional o global.</p>

---

Los ecosistemas inundables del área que sería afectada por este tipo de impacto contienen en promedio 58 Mg ha<sup>-1</sup> de C, los mismos que podrían ser convertidos y liberar entre 21 y 31 Tg de CO<sub>2</sub> o metano a la atmósfera de no haber una adecuada planificación y aplicación de medidas para evitar o contrarrestar los efectos del cambio. Adicionalmente, entre 65 y 557 Tg de C podrían ser convertidos a GEI por deforestación en el AID terrestre de la HA.

#### **Impactos sinérgicos y acumulativos**

Impactos sinérgicos	Debido a que los ríos tienen características fractales, el área de afectación podría magnificarse aun cuando la intensidad pueda decaer. Visto así el área de afectación de la HA podría extenderse mucho más abajo, y tal vez hasta el estuario del Amazonas. A esto hay que añadir el hecho de que múltiples actividades ocurren en la región y que estos impactos podrían acentuar los efectos de la HA sobre las dinámicas naturales de los ríos.	El EdF de la HA no analiza este tipo de impactos.
Impactos acumulativos	Debido a que el dragado tiene un carácter longitudinal e intercalado espacialmente y temporalmente hace que los impactos en un sector del río se acumulen y extiendan longitudinalmente cuando hay superposición de áreas de dragado con otras actividades río abajo. Así, las zonas de dragado en secciones inferiores de los ríos podrían tener mayores	El EdF de la HA no analiza este tipo de impactos.

---

impactos acumulados dependiendo de la intensidad de la actividad. Más aún cuando se sabe que un cambio en la geomorfología en un sector puede afectar el equilibrio dinámico de los ecosistemas fluviales entre 50 y 500 veces la longitud del área afectada.

## Anexo 2. Recomendaciones para mejorar EIAs y EdFs de los hidroyectos CHM y HA.

<b>Criterios</b>	<b>Recomendaciones basadas en este análisis</b>
	<b>Impactos directos</b>
Regímenes hidrológicos de los ríos y sus planicies de inundación	Una correcta evaluación de impacto debería describir y cuantificar a través de modelaciones hidrológicas los cambios en los regímenes hidrológicos de los ríos a ser modificados, y sus implicaciones en el funcionamiento de los ecosistemas. Es imprescindible analizar los potenciales cambios en la hidrología de ecosistemas asociados a los ríos a ser modificados a través de modelaciones hidrológicas espacialmente explícitas que cuantifiquen la superficie, magnitud, frecuencia y duración de los impactos sobre estos ecosistemas.
Dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de los ríos	Utilizar modelos específicos que analicen detalladamente los potenciales impactos de las obras sobre las dinámicas hidrogeomorfológicas de los ríos.
Conectividad hidrobiológica	Estudios de esta naturaleza deberían evaluar minuciosamente la abundancia, riqueza y distribución de las especies acuáticas, con énfasis en las especies migratorias, de paisaje, claves, endémicas y o bajo categorías de amenaza, así como las especies importantes en la dieta de los habitantes locales. De igual manera, se debería investigar la ecología y biología de dichas especies, y tomar en cuenta estos criterios en la definición de las áreas de influencia de los proyectos. De esta forma se podrían evaluar adecuadamente los impactos de las diferentes actividades de los proyectos, e incluso tomar en cuenta esta información en el diseño de las obras o tipo de proyecto.
	<b>Impactos indirectos</b>
Condiciones biogeoquímicas y ecosistémicas de los ecosistemas acuáticos	Estudios de impacto ambiental de obras de este tipo deberían hacer un análisis completo de los procesos biogeoquímicos y ecosistémicos, y su interacción con otros componentes ambientales de los ecosistemas, basado en extensos datos de campo y modelación de escenarios que predigan los efectos de los proyectos

	sobre estos procesos.
Composición y distribución de las comunidades de organismos	Se debería prever los potenciales impactos de una obra sobre las especies y su distribución para así diseñar las investigaciones de línea base e impacto ambiental con esta premisa. No es adecuado seguir un método cualitativo para la identificación y ponderación de impactos de obras de esta magnitud. Estas investigaciones deberían dar estimaciones de cambio sustentadas en investigaciones sólidas debidamente diseñadas metodológicamente y con un marco teórico relevante. Los resultados de estos análisis deben ser respaldados con valores probabilísticos fuertes y precisos producto de investigaciones sólidas y con buen diseño experimental.
Deforestación y cambios en el uso del suelo	Para una adecuada previsión de los impactos indirectos de una obra serían necesarios hacer modelos demográficos y de cambio de uso del suelo basado en experiencias similares en otras regiones y parametrizados con datos locales que incluyan información sobre la aptitud del suelo y la disponibilidad de recursos.
Emisión de gases de efecto invernadero (GEI)	Debido a la relevancia actual de este análisis debería incluir modelaciones de GEI utilizando información actualizada del contenido de carbono de los ecosistemas bajo proyecciones conservadoras de cambio climático.
	<b>Impactos sinérgicos y acumulativos</b>
Impactos sinérgicos y acumulativos	Grandes obras de infraestructura pueden ocasionar severos impactos en el ambiente. Así, deben analizar los potenciales impactos acumulativos del conjunto de obras y actividades de la región, tanto porque su interacción puede magnificar los impactos del proyecto así como su viabilidad. En la Amazonía existen varias obras de infraestructura (ej. represas andinas, carreteras) y factores de riesgo (ej. vulcanismo, actividad tectónica, aumento en la frecuencia de fenómenos climáticos extremos, etc.) que deberían ser analizadas cuidadosamente debido a los potenciales efectos sobre los proyectos. De igual manera, se debe tomar en cuenta procesos económicos y ambientales adicionales, como la deforestación, la expansión de la frontera agrícola, la minería y la extracción de petróleo, así como los proyectos de transporte terrestres y fluviales, entre otros, que generarían impactos acumulativos y sinérgicos sobre los ecosistemas acuáticos.