Documento de trabajo 29

La Compensación Ambiental y la Jerarquía de Mitigación en Loreto, Perú: Estudio de los casos de la Central Hidroeléctrica de Mazán y de la Hidrovía del Amazonas

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

Abril 2016

© Widlife Conservation Society (WCS)

Autores:

- Jorge Celi
- Oscar Castillo
- Armando Mercado

Equipo Técnico:

- Jorge Fachín
- Tania Galván
- José Saito

Cómo citar este documento:

Wildlife Conservation Society. 2016. *La Compensación Ambiental y la Jerarquía de Mitigación en Loreto, Perú: Estudio de los casos de la Central Hidroeléctrica de Mazán y de la Hidrovía del Amazonas.* Documento de Trabajo 29. 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.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO 10

Principales hallazgos 10

Análisis de TdRs de evaluaciones de impacto ambiental 10

Impactos ambientales de hidroproyectos y aplicación de CA 11

Recomendaciones 12

Limitaciones 13

1 ANTEDECENTES 14

1.1 Generalidades sobre los hidroproyectos Central Hidroeléctrica Mazán e Hidrovías Amazónicas 14

1.2 Los lineamientos de compensación ambiental y el sistema de evaluación de impactos del Perú….. 14

1.3 Análisis de los Términos de Referencia (TdRs) de Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y de Factibilidad (EdF) de hidroproyectos 14

1.3 Análisis de los EIA y/o EdFs de los hidroproyectos examinados 17

1.3.1 Análisis de las líneas de base ambiental 17

Principales hallazgos 17

Conclusiones 17

1.5.1 Análisis de áreas de influencia 18

1.5.2 Análisis de impacto ambiental 19

2 PROCESO PARA ALCANZAR LA PÉRDIDA NETA CERO DE BIODIVERSIDAD 25

2.1 Aplicación de la Jerarquía de la Mitigación y cálculo del Impacto Neto Residual 25

Principales hallazgos 25

2.1.1 Identificación y priorización de los componentes de biodiversidad para su inclusión en la contabilización de las pérdidas y ganancias de biodiversidad 28

2.1.2 Definición de métricas para la cuantificación de los componentes de biodiversidad 30

2.1.3 Definición del período de tiempo para medir las pérdidas y ganancias de biodiversidad 32

2.1.4 Determinación del escenario de referencia para evaluar las pérdidas y ganancias de biodiversidad debido al proyecto 33

2.1.5 Cuantificación de los impactos residuales sobre la biodiversidad 34

2.1.5.1 Componentes de la biodiversidad identificados y priorizados para su inclusión en el cálculo de las pérdidas y ganancias de biodiversidad 34

2.1.5.2 Cálculo del impacto neto residual 34

2.2 Diseño de los Planes de Compensación Ambiental 35

2.2.1 Identificación de un portafolio potencial de sitios y medidas de compensación 35

2.2.2 Determinación de ganancias teóricas en los sitios de compensación potenciales 36
2.2.3 Selección de sitios para la compensación y aplicación de las medidas de compensación ambiental 37
3 ESTUDIO DE CASO DE LA CHM 40
3.1 Descripción del proyecto 40
3.2 Impactos y medidas de mitigación identificados 41
3.2.1 Análisis de áreas de influencia 41
3.2.2 Análisis de impactos ambientales 45
3.2.3 Aplicación de la Jerarquía de la Mitigación 50
3.3 Cálculo del impacto residual 56
3.3.1 Componentes de la biodiversidad identificados y priorizados para su inclusión en el cálculo de las pérdidas y ganancias de biodiversidad 56
3.3.1.1 Caracterización de la biodiversidad, riesgo ambiental y estado de protección legal 56
a. Ecosistemas terrestres y cuerpos de agua lénticos 56
b. Ecosistemas lóticos 59
c. Carbono arriba del suelo 59
3.3.1.2 Impactos ambientales y aplicación de medidas de mitigación 61
3.3.2 Métricas utilizadas para cuantificar los elementos prioritarios de la biodiversidad 64
3.3.3 Período de tiempo utilizado para medir las pérdidas y ganancias de biodiversidad 65
3.3.4 Escenario de referencia utilizado para evaluar las pérdidas y ganancias de biodiversidad debido al proyecto 65
3.3.5 Impactos residuales sobre la biodiversidad 66
3.4 Plan de compensación para compensar las pérdidas de biodiversidad 71
3.4.1 Portafolio de sitios y medidas de compensación 71
3.4.2 Ganancias teóricas identificadas en los sitios potenciales de compensación 77
3.4.3 Sitios potenciales de compensación para alcanzar Pérdida Neta Cero 78
3.5 Conclusión del estudio de caso de la CHM 82
4 ESTUDIO DE CASO DE LA HA 84
4.1 Descripción del proyecto 84
4.2 Impactos y medidas de mitigación identificados 86
4.2.1 Análisis de áreas de influencia 86
4.2.2 Análisis de impactos ambientales 90
4.3.3 Aplicación de la Jerarquía de la Mitigación 96
4.3 Cálculo del impacto residual 100

4.3.1 Componentes de la biodiversidad identificados y priorizados para su inclusión en el cálculo de las pérdidas y ganancias de biodiversidad 100
4.3.1.1. Caracterización de la biodiversidad, riesgo ambiental y estado de protección legal 100
a. Ecosistemas terrestres y cuerpos de agua lénticos 100
b. Ecosistemas lóticos 104
c. Carbono arriba del suelo 104
4.3.1.2 Impactos ambientales y aplicación de la Jerarquía de la Mitigación 107
Impactos directos 107
a. Regímenes hidrológicos de los ríos y ecosistemas inundables asociados 107
b. Dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de los ríos 107
c. Conectividad hidrobiológica 109
d. Impactos indirectos, sinérgicos y acumulativos 110
4.3.2 Métricas utilizadas para cuantificar los elementos prioritarios de la biodiversidad 110
4.3.3 Período de tiempo utilizado para medir las pérdidas y ganancias de biodiversidad 111
4.3.4 Escenario de referencia utilizado para evaluar las pérdidas y ganancias de biodiversidad debido al proyecto 111
4.3.5 Impactos residuales sobre la biodiversidad 111
4.3 Plan de compensación para compensar las pérdidas de biodiversidad 115
4.4.1 Portafolio de sitios potenciales y medidas de compensación 115
4.4.2 Ganancias teóricas identificadas en los sitios potenciales de compensación 125
4.4.3 Sitios potenciales de compensación para alcanzar Pérdida Neta Cero 128
4.5 Conclusión del estudio de caso de la HA 135
5 Recomendaciones 136
Referencias 137

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Análisis comparativo de las líneas bases necesarias para hidroproyectos y las realizadas durante el EIA de la CHM y el EdF de la HA. 17
Tabla 2. Recomendaciones para mejorar EIAs y EdFs de los hidroproyectos CHM y HA. 21
Tabla 3. Esquema hipotético de caracterización de la biodiversidad (representada aquí por ecosistemas), impactos y aplicación de la JdM. 27
Tabla 4. Ejemplos de criterios, indicadores y métricas para la cuantificación de las pérdidas de biodiversidad por los impactos de actividad humanas en ecosistemas acuáticos 28
Tabla 5. Superficies de las áreas de influencia directa e indirecta de la CHM de acuerdo al EIA y al presente análisis. 43
Tabla 6. Análisis comparativo de los impactos ambientales directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos de los hidroproyectos CHM. 46
Tabla 7. Análisis comparativo de la aplicación de la JdM durante este análisis y el EIA de la CHM. 51
Tabla 8. 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 abundancia relativa, nivel de protección legal, y porcentaje de su superficie bajo riesgo ambiental elevado (categorías 4 y 5). Mayor nivel de prioridad para la conservación es 5 (más obscuro), en una escala de 5 a 1. 57
Tabla 9. 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). 59
Tabla 10. 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 abundancia relativa, nivel de protección legal, y porcentaje de su superficie bajo riesgo ambiental elevado (categorías 4 y 5). Mayor nivel de prioridad para la conservación es 5 (más obscuro), en una escala de 5 a 1. 60
Tabla 11. 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 abundancia relativa, nivel de protección legal, y porcentaje de su superficie bajo riesgo ambiental elevado (categorías 4 y 5). Mayor nivel de prioridad para la conservación es 5 (más obscuro), en una escala de 5 a 1. 62
Tabla 12. Descripción de impactos ambientales iniciales y residuales luego de la aplicación de la JdM para la CHM. Se incluyen medidas de mitigación y detalles sobre compensación ambiental. 68
Tabla 13. Costo ambiental del INR de la CHM bajo el escenario actual de riesgo ambiental del portafolio de sitios de conservación de Loreto y estimación de la superficie mínima de compensación ambiental (soluciones o hexágonos). En rojo se resaltan los ecosistemas prioritarios. 76
Tabla 14. INR después de la aplicación de la JdM, área mínima de compensación y ganancia mínima de biodiversidad por ecosistema. En rojo se resaltan los ecosistemas prioritarios. 78
Tabla 15. Propuesta de compensación ambiental parcial para la CHM enfocada en ecosistemas (no especies acuáticas migratorias). En rojo se indican los ecosistemas prioritarios. 79
Tabla 16. Áreas adicionales de manejo integrado de cuencas para mitigación de impacto de la CHM y apoyo a la compensación ambiental. En rojo se indican los ecosistemas prioritarios. 80
Tabla 17. Ganancias netas del plan de compensación propuesto. En rojo se resaltan los ecosistemas prioritarios. 81
Tabla 18. Ganancias netas del plan de compensación propuesto y de las áreas de mitigación adicionales. En rojo se resaltan los ecosistemas prioritarios. 81

Tabla 19. 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. 86
Tabla 20. Superficies de las áreas de influencia directa e indirecta de la HA de acuerdo al EdF y al presente análisis. 89
Tabla 21. Análisis comparativo de los impactos ambientales directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos de la HA. 91
Tabla 22. Análisis comparativo de la aplicación de la JdM durante este análisis y el EdF de la HA. 97
Tabla 23. 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 abundancia relativa, nivel de protección legal, y porcentaje de su superficie bajo riesgo ambiental elevado (categorías 4 y 5). Mayor nivel de prioridad para la conservación es 5 (más obscuro), en una escala de 5 a 1. 101
Tabla 24. 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 (2015a). 104
Tabla 25. 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 abundancia relativa, nivel de protección legal, y porcentaje de su superficie bajo riesgo ambiental elevado (categorías 4 y 5). Mayor nivel de prioridad para la conservación es 5 (más obscuro), en una escala de 5 a 1. 105
Tabla 26. 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. 108
Tabla 27. Descripción de impactos ambientales iniciales y residuales luego de la aplicación de la JdM para la HA (ver detalles de los ecosistemas en tabla 6). 113
Tabla 28. Costo ambiental del INR de la HA bajo el escenario actual de riesgo ambiental del portafolio de sitios de conservación de Loreto y estimación de la superficie mínima de compensación ambiental (soluciones). En rojo se indican los ecosistemas prioritarios para la conservación. 123
Tabla 29. INR después de la aplicación de la JdM, área mínima de compensación y ganancia mínima de biodiversidad por ecosistema. En rojo se resaltan los ecosistemas prioritarios. 126
Tabla 30. Áreas adicionales de manejo integrado de cuencas para mitigación de impacto de la HA y apoyo a la compensación ambiental en el AID del proyecto. La superficie de las mejores soluciones fue estimada sin contar la planicie de inundación. 129
Tabla 31. Ganancia neta residual por ecosistema luego de la aplicación de la JdM y el cálculo del INR y después de adición de áreas de manejo integrado de cuencas como áreas de mitigación de la HA. En rojo se resaltan los ecosistemas prioritarios. 130

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo conceptual de impactos ambientales de un proyecto (a) y ejemplificación hipotética de impactos para los efectos de dragado en los ríos (b). 23
Figura 2. 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 obscuro = sexto, fucsia = séptimo o mayor. En turquesa se representan las externalidades 24
Figura 3. Plano de la CHM con las principales obras de infraestructura relacionadas. Fuente EIA..... 40
Figura 4. Áreas de influencia directa e indirecta de la CHM de acuerdo al EIA. 41
Figura 5. Áreas de influencia directa e indirecta (parcial) de la CHM basadas en los análisis de este estudio. 42
Figura 6. Área de influencia indirecta de la CHM basadas en análisis de conectividad hidrobiológica. Fuente WCS, proyecto SNAP 42
Figura 7. Mapa de ecosistemas del AII de la CHM dentro de la región de Loreto. Fuente WCS. 43
Figura 8. Mapa de humedales del AII de la CHM dentro de la región de Loreto. Fuente WCS. 44
Figura 9. Embalse potencial y AID de la CHM. Fuente WCS. 45
Figura 10. 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. 64
Figura 11. Ecosistemas terrestres y acuáticos, y áreas de cambio hidrológico en los ríos Napo y Mazán debido a la CHM delimitadas por las líneas moradas (incremento dela inundación) y lacre (decrecimiento de la inundación) 71
Figura 12. Portafolio de sitios potenciales para la conservación a) actual y b) futuro superpuesto a las áreas de cambio hidrológico que ocasionaría la CHM. 74
Figura 13. Portafolio de sitios potenciales para la conservación a nivel de cuencas, a) actual y b) futuro, superpuesto a las áreas de cambio hidrológico que ocasionaría la CHM. 75
Figura 14. Áreas de migración de peces superpuesta a áreas de cambio hidrológico en los ríos Napo y Mazán. En amarillo se representa el área de migración del Dorado (Brachyplatystoma rousseauxii) y en lila de los migratorios de escamas como el Boquichico *(Prochilodus nigricans)* 77
Figura 15. Áreas potenciales para la compensación de los impactos netos residuales de la CHM. 79
Figura 16. Ubicación de los malos pasos a lo largo de los contemplados en el proyecto Hidrovía del Amazonas y volumen de apertura de los mismos por sector para el escenario de 10 pies de profundidad. El volumen de apertura propuesto para el puerto de Pucallpa es de 600.000m^3 por lo que el volumen total de apertura sería de 4.468.000m^3 85
Figura 17. Áreas de influencia directa e indirecta de la HA acuerdo al EdF. 87
Figura 18. Área de influencia indirecta de la CHM basadas en análisis de conectividad hidrobiológica. Fuente WCS, proyecto SNAP. 87
Figura 19. Áreas de influencia directa e indirecta de la HA basadas en los análisis de este estudio, fuente WCS, proyecto SNAP. 88
Figura 20. Áreas de influencia indirecta terrestre de la HA basadas en escenario pesimista de deforestación, fuente WCS. 88
Figura 21. Mapa de ecosistemas del AII de la HA dentro de la región de Loreto. Fuente WCS. 89
Figura 22. Mapa de humedales del AII de la HA dentro de la región de Loreto. Fuente WCS. 90
Figura 23. 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..... 109

Figura 24. Ecosistemas terrestres y acuáticos y áreas de dragado dentro de las áreas de influencia de la HA. 116
Figura 25. Portafolio de sitios a) actuales y b) futuros potenciales para la compensación superpuesto a las áreas de dragado de la HA. 118
Figura 26. Portafolio de sitios a) actuales y b) futuros potenciales para la compensación (a nivel de cuencas) superpuesto a las áreas de dragado de la HA. 120
Figura 27. Portafolio actual de sitios potenciales para la compensación (a nivel de cuencas) superpuesto al contenido de carbono arriba del suelo, y encuentros de aguas de importancia ecológica dentro de las áreas de influencia de la HA. 121
Figura 28. Contenido de carbono arriba del suelo y encuentros de aguas de importancia ecológica y áreas protegidas de la región. 122
Figura 29. Áreas potenciales para la compensación de los impactos netos residuales de la HA. 134

RESUMEN EJECUTIVO

Los proyectos de integración continentales y las metas energéticas de los países de la región están impulsando una nueva oleada de grandes proyectos de infraestructura, como son los casos de la Central Hidroeléctrica de Mazán (CHM) y la Hidrovía del Amazonas (HA) propuestos en la región de Loreto en Perú. Estas obras, las cuales son parte del portafolio de proyectos estratégicos de Perú, han sido propuestas sin considerar completamente sus implicaciones sobre el ambiente y la planificación integral de los recursos naturales. Por diferentes problemas técnicos y organizativos, es común que los estudios de impacto ambiental (EIAs) o de factibilidad (EdFs) de este tipo de proyectos tengan dificultad en identificar y cuantificar con precisión los potenciales impactos en el ambiente.

En la actualidad, el Ministerio del Ambiente (MINAM), a través del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), busca incluir lineamientos ambientales de compensación ambiental (CA) por medio de la aplicación de la Jerarquía de Mitigación (JdM). Esta incluye una serie de pasos para identificar impactos ambientales evitables y medidas de mitigación, y restauración y rehabilitación que minimicen el Impacto Neto Residual (INR) de una obra o actividad. El cual a su vez utiliza mecanismos de CA, que incluye el análisis de equivalencias ecológicas, para contrarrestar el INR y asegurar la pérdida neta cero de la biodiversidad. Así, la inclusión de estos lineamientos representa un aporte significativo al Sistema de Evaluación de Impactos Ambientales y a la gestión y planificación territorial en general.

Con este propósito el MINAM está colaborando con diferentes instituciones para recibir aportes técnicos y definir la manera de integrar los lineamientos en los reglamentos ambientales. En este contexto se realizaron los estudios de caso de la CHM y la HA con el fin de dar recomendaciones al SEIA y ejemplificar la evaluación de impactos y la aplicación de la JdM. Para esto se evaluaron los TdRs de sus EIAs y EdFs, respectivamente, y se desarrollaron criterios y métodos para las diferentes etapas mencionadas arriba. También se ejemplifica el cálculo del INR y la definición de sitios y medidas de CA basados en los resultados de los análisis anteriores. En general se dan pautas para el desarrollo y aplicación de planes de CA de hidroproyectos en la región andino-amazónica.

En gran parte estos planes fueron hipotéticos, basados en análisis de impactos teóricos que deberían ser validados con datos de campo y modelaciones, pero ejemplifican la información y pasos necesarios para su desarrollo. Utilizan criterios y en algunos casos supuestos conservadores, por lo que no deben ser interpretados literalmente sino más bien como una guía para el desarrollo de planes de CA.

Principales hallazgos

Análisis de TdRs de evaluaciones de impacto ambiental

Basado en el análisis de los TdRs de estudios de hidroproyectos se encontraron deficiencias en el SEIA que incluyen aspectos sobre el alcance, pasos y nivel técnico de los EIAs y sus TdRs. Los TdRs dan una lista de requerimientos legales y administrativos que no siempre tienen injerencia en el proceso de planificación regional y en la selección de alternativas de proyectos. Sin embargo, representan una excelente oportunidad para incluir y retroalimentar reglamentos y normas (ej. lineamientos de CA, caudales ecológicos, riesgos de desastres y vulnerabilidad a cambio climático, certificación, etc.) y guiar la aplicación de la JdM y de mecanismos de CA con la finalidad de evitar y minimizar impactos y alcanzar la pérdida neta cero de biodiversidad.

Los TdRs también deben especificar claramente las áreas y estándares de investigación necesarios para caracterizar de manera integral aspectos ambientales a ser impactados por el proyecto. Deben requerir la adecuada integración de la información de línea base con el análisis de impactos, los cuales deben ser obtenidos y sustentados con métodos de punta. También deben exhortar a que los resultados de los análisis de las caracterizaciones ambientales y evaluaciones de impacto se traduzcan en planes de manejo, mitigación, y CA eficientes.

Por su parte los EIAs deben estar debidamente justificados con precedentes estudios que presenten suficiente evidencia de la necesidad de desarrollo de un proyecto en comparación con otras alternativas dentro del sector. Deben facilitar la adaptación y participación durante todas las etapas del proyecto, de tal forma que la aplicación de la JdM se haga desde un inicio hasta la finalización del mismo, y considerando el conocimiento y necesidades de los actores locales. También deben retroalimentar al SEIA y a los mecanismos de planificación territorial y sectorial.

Impactos ambientales de hidroproyectos y aplicación de CA

Los hidroproyectos de la CHM y la HA, como han sido planteados originalmente, tendrían impactos ambientales muy extensos y severos sobre el funcionamiento y la 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 CA 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 en este reporte los impactos podrían ser minimizados en gran medida.

Debido a la magnitud, duración e incertidumbre de los impactos de las obras de la CHM y la HA es un reto realizar actividades de CA convencionales para estas obras. Los impactos acumulativos y sinérgicos de los diferentes proyectos que se realizan en las cuencas hidrográficas y regiones de estudio deben ser evaluados en conjunto para de esta manera establecer con mayor exactitud los impactos correspondientes a cada proyecto. Esta primera aproximación a los impactos de las obras analizadas y al cálculo del INR luego de la aplicación hipotética de medidas de mitigación permitió ejemplificar una propuesta de plan de CA parcial y mitigación de dichas obras.

La utilización de unidades de información y análisis (hexágonos) permitió superponer diferentes capas de información (ej. biofísica, social, política, etc.) que facilitaron la cuantificación relativa de los impactos ambientales de los proyectos, así como del contexto en el que se desenvuelven, y de las oportunidades existentes para compensar y minimizar sus impactos. De igual manera, estas unidades permitieron la determinación de áreas relativamente similares (equivalentes y cercanas) dentro y fuera de las áreas de impacto directo de los proyectos. Al tratarse de hidroproyectos se dio mayor énfasis a la conservación y/o restauración de ecosistemas acuáticos, riparios y de humedales asociados a dichos ambientes como mecanismos de compensación, y se recalcó la importancia de la conectividad hidrológica e hidrobiológica en la aplicación de estas medidas. Para esto, se complementó este nivel de información con un análisis a nivel de cuencas que mejoró la respuesta de las medidas de compensación a nivel acuático y garantizó la adicionalidad de las mismas.

Debido a la gran extensión y complejidad de las áreas de impacto y de las áreas de compensación, las medidas de compensación y mitigación deben ser lo suficientemente amplias y flexibles para influir tanto en la planificación regional como para ser aplicadas directamente en el campo. Los planes deben considerar mecanismos prácticos para la aplicación de las medidas, como es la reingeniería de las prácticas locales entre otras cosas, y por tanto deben considerar a todos los actores en el diseño y ejecución de las mismas. La factibilidad de las medidas debe ser analizada

cuidadosamente y debe considerar aspectos ambientales, socio-culturales, políticos y financieros, los cuales deben estar sustentados dentro de los planes de desarrollo de las obras propuestas. Las propuestas de compensación y mitigación sugeridas reflejan la naturaleza y magnitud de los proyectos, pero también el contexto socio-ambiental de la región de Loreto, así como algunas de las oportunidades para la conservación que generan las áreas protegidas existentes y las intervenciones que se han realizado en la región para apoyar a la conservación de sus ecosistemas y especies emblemáticas.

Un análisis exhaustivo de los potenciales impactos de estos proyectos y de las medidas de CA que serían más efectivas debe ser realizado, validado y calibrado con datos de campo, así como consensuado con los diferentes actores que intervendrían en el desarrollo y aplicación de las medidas. En el presente trabajo se dan pautas generales para el desarrollo de los planes de CA de la CHM y la HA, así como para su monitoreo y evaluación.

Recomendaciones

Algunas recomendaciones que facilitarían la implementación de medidas de CA como parte del EIA de los hidroproyectos son:

- La revisión de los TdRs de EIAs de tal forma que incluyan criterios de evaluación de impacto de hidroproyectos, así como métodos para la aplicación de la JdM, el cálculo del INR, la definición de equivalencias de biodiversidad, y la definición de sitios y medidas de CA. En este documento se recomiendan criterios y métodos, y se incluye una propuesta de TdR de EIAs de hidroproyectos.

- Es indispensable contar con una sólida base de información espacial de los patrones de distribución, endemismo, estado de conservación, y nivel de protección legal de la biodiversidad. Así como de escenarios de riesgo ambiental actuales y futuros que muestren las probabilidades de conservación de los diferentes componentes de la biodiversidad.

- Es necesario mantener un sistema de información actualizado que contenga estos datos espaciales sobre las especies, ecosistemas y servicios ecosistémicos (ej. carbono), tanto a nivel regional como a nivel nacional de tal forma que se definan de antemano prioridades y metas de conservación.

  Esta información preliminar serviría para mejorar la planificación territorial y junto con guías metodológicas guiarían a los encargados del desarrollo e implementación de los planes de CA. Dichas guías metodológicas deben ser lo suficientemente flexibles para ajustarse a las condiciones específicas de cada proyecto pero a la vez deben velar por la aplicación de la JdM y los principios de sostenibilidad (ver análisis de TdRs).

- Se recomienda que los análisis de impacto y los planes de manejo y compensación sean hechos por grupos académicos con experiencia en las diferentes áreas relacionadas a los hidroproyectos, y que se sigan estrictamente el método científico en la evaluación de impactos.

Limitaciones

Gran parte de los análisis hechos para estos estudios de caso fueron basados en modelos teóricos y generales utilizando la información existente al presente. Con información adicional, validada y calibrada en el campo, y con modelos que evalúen los impactos de los proyectos sobre componentes específicos del ecosistema se podría cuantificar con mayor precisión la magnitud de los mismos. Así, es recomendable utilizar los resultados del presente análisis con cautela y considerarlos mas como una guía de los procedimientos y metodologías a seguir.
Los sistemas espaciales de información ambiental oficiales para la región, sus cuencas, no están suficientemente desarrollados y establecidos, lo que junto con las limitaciones anteriores, dificultan la selección sistemática de componentes principales de la biodiversidad y de los ecosistemas para la implementar la CA., en el marco de los resultados de los EIA y estudio de factibilidad de estos proyectos. WCS sin embargo está en fase avanzada del diseño del modelo espacialmente explícito de escenarios para los ecosistemas y biodiversidad en la región y cuencas de Loreto, hemos usado este sistema de información como soporte para el desarrollo de los estudios de caso y provisto criterios consistentes y aplicables basados en el conocimiento de los sistemas que serían afectados por las obras.

La aplicación de las recomendaciones y guías dadas en este documento dependen en gran parte de mejoras importantes al SEIA y a los sistemas de planificación regional y sectorial del Perú. De igual manera, depende de la capacidad técnica de las instituciones y del personal involucrado. Por ello, se recomienda invertir en el desarrollo e implementación de los sistemas de planificación y en la mejora de los estándares técnicos del personal y de las instituciones involucradas en los procesos de planificación y conservación del país.

1 ANTEDECENTES

1.1 Generalidades sobre los hidroproyectos Central Hidroeléctrica de Mazán e Hidrovías Amazónicas

Los proyectos de integración continentales y las metas energéticas de los países de la región están impulsando una nueva ola de grandes proyectos de infraestructura, como ese el caso de la Central Hidroeléctrica de Mazán (CHM) y las Hidrovías Amazónicas (HA) propuestas para la región de Loreto. Estas obras, que son parte del portafolio de proyectos estratégicos de Perú, han sido planteadas sin considerar completamente sus implicanciassobre el ambiente y la planificación integral de los recursos naturales. Por diferentes problemas técnicos y organizativos, es común que los estudios de impacto ambiental (EIAs) o de factibilidad (EdFs) de este tipo de proyectos tengan problemas en identificar y cuantificar correctamente los potenciales impactos en el ambiente . De igual manera, no aplican la Jerarquía de Mitigación (JdM), carecen de medidas de compensación ambiental (CA), y en general no analizan los impactos acumulativos y sinérgicos del conjunto de actividades de una región. Esto hace necesario un análisis profundo de las implicanciasde estos proyectos sobre la biodiversidad de una región y el funcionamiento y salud de los ecosistemas en general.

1.2 Los lineamientos de compensación ambiental y el sistema de evaluación de impactos del Perú

El Ministerio del Ambiente (MINAM), a través del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), busca incluir lineamientos ambientales de CA a través de la aplicación de la JdM. Esta incluye una serie de pasos para identificar impactos ambientales evitables y medidas de mitigación, y restauración y rehabilitación que minimicen el INR de una obra o actividad. Utiliza A su vez mecanismos de compensación ambiental basados en el análisis de equivalencias ecológicas con el fin de contrarrestar el INR y asegurar la pérdida neta cero de biodiversidad. Así, la inclusión de estos lineamientos representa un aporte significativo al SEIA y a la gestión y planificación territorial en general.

Con este propósito el MINAM está colaborando con diferentes instituciones para recibir aportes técnicos y definir la manera de integrar los lineamientos en los reglamentos ambientales. En este contexto Wildlife Conservation Society (WCS), en colaboración con Conservation Strategy Fund (CSF) y la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), y con el apoyo de fondos de la Fundación Gordon and Betty Moore ha realizado el estudio de los casos de la Central Hidroeléctrica de Mazán (CHM) y la Hidrovía del Amazonas (HA) ubicados en la región de Loreto, para lo que se evalúan los TdRs de sus EIAs y EdFs, respectivamente, así como los análisis de impactos de estos estudios y la aplicación de la JdM. También se ejemplifican cálculos del INR y la definición de sitios y medidas de compensación basados en los resultados de anteriores análisis. En general, se dan pautas para el desarrollo y aplicación de planes de CA de hidroproyectos en la región andino-amazónica y del Perú en general. A continuación se analizarán estos puntos detalladamente.

1.3 Análisis de los Términos de Referencia (TdRs) de Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y de Factibilidad (EdF) de hidroproyectos

Principales hallazgos

Se encontraron deficiencias: en el alcance de estudios, los pasos a seguir en el proceso de evaluación de impactos, en el nivel técnico de los estudios y encargados de su ejecución y evaluación.

Alcance: Los TdRs dan una lista de requerimientos generales vistos más como requisitos legales o trámites administrativos que podrían tener mayor injerencia en el proceso de planificación regional y en la selección de alternativas de proyectos. Algunos TdRs requieren la inclusión de medidas de compensación ambiental (CA) y el análisis de impactos acumulativos y sinérgicos. Sin embrago, no enfatizan el análisis comparativo de alternativas y asumen que sus estudios de factibilidad han justificado definitivamente la viabilidad ambiental de los proyectos. Tampoco dan pautas para el análisis conjunto de impactos (con otros proyectos) como parte de la planificación regional e intersectorial, ni para sopesar los valores intrínsecos de la naturaleza, en forma de servicios ecosistémicos, con los valores agregados de la implementación de infraestructura. Los TdRs de EIAs no solicitan el análisis exhaustivo de alternativas del proyecto (por ejemplo variaciones de un proyecto hidroeléctrico) con el fin de definir la mejor opción para las áreas de afectación y la región.

Pasos: Los EIAs de proyectos extractivos o de infraestructura siguen una serie de pasos simples descritos en los TdRs que van desde la identificación del tipo de EIA a desarrollarse hasta la generación de recomendaciones y planes de gestión y monitoreo ambiental. Muchas veces esta secuencia de pasos adolece de vínculos con la planificación estratégica regional por lo que la factibilidad de los proyectos no está debidamente justificada. En los EIAs no existe suficiente coherencia entre los objetivos del análisis de impactos y la determinación de medidas de mitigación. Los TdRs de EIAs no facilitan la adaptación y participación durante todas las etapas del proyecto, de tal forma que la aplicación de la JdM se haga desde un inicio hasta la finalización del proyecto y considerando el conocimiento y necesidades de los actores locales.

Componentes: Los TdRs de hidroproyectos listan la mayoría de los componentes que tiene que incluir un EIA: antecedentes, descripción del proyecto, área de influencia, líneas bases ambientales, caracterización de impactos, estrategia de manejo ambiental, etc. Sin embargo, existe un desequilibrio en el nivel de detalle de unos componentes con relación al de otros. Los requerimientos para las líneas de base ambiental son muy extensos y a veces innecesarios, mientras que el componente de evaluación de impactos es muy limitado e incoherente con la línea base. La descripción del proyecto o la estrategia de manejo ambiental describen potenciales impactos del proyecto que no se incluyen en la caracterización de impactos. Además, los TdRs no dan los criterios más adecuados para la evaluación de hidroproyectos.

Iteratividad y Retroalimentación

Es necesaria la interacción y retroalimentación entre el titular del proyecto y el sistema de EIA en cada fase del desarrollo de EIA, jerarquía de mitigación y Compensación ambiental del proyecto para garantizar que desde la Líneas Base del proyecto, la identificación y evaluación de impactos, la aplicación rigurosa de la jerarquía de mitigación con énfasis en evitación y alternativas , permitan una precisa identificación de impactos residuales netos y consistentes planes de gestión social y ambiental y planes de compensación ambiental.

Conclusiones

- La definición del alcance de los análisis de impacto no está bien delimitado.
- Los lineamientos y criterios de sostenibilidad no están bien definidos en los TdRs (ver lista de criterios y principios en informe final).
- Es necesario que los pasos dados en los TdRs estén interconectados y presenten retroalimentación vinculante a la decisión de continuar o no con una de las alternativas del proyecto, al diseño de las obras, y a los planes de gestión basados en la JdM. A su vez estos pasos deben retroalimentar la planificación regional, analizar la sinergia con los planes sectoriales en curso y las obras complementarias al proyecto, e ir a la par con los procesos legales y de participación.

- Los componentes de los TdRs de EIAs tienen bajo nivel de integración y no solicitan información adecuada para el análisis de líneas bases y de impactos ambientales.
- Existe un heterogéneo nivel técnico entre los diferentes componentes del EIA y un inadecuado grado de coordinación e integración entre ellos debido a la falta de enfoque u orientación de los estudios.
- La mala integración de los componentes puede estar dada por falta de experiencia de los técnicos, por un débil diseño experimental, baja calidad de investigaciones individuales de impacto ambiental, y limitado conocimiento de los impactos acumulativos y sinérgicos de las actividades humanas en los ecosistemas.
- El personal e instituciones que evalúan o ejecutan EIAs tienen que ser técnicamente fuertes (ver roles de personal técnico y características de ejecutoras de EIAs en el informe final).

Recomendaciones

Alcance

- Realizar un análisis inicial de alternativas que evalúe el conjunto de proyectos propuestos para suplir una necesidad, el mismo que debe ser revisado durante los EIAs.
- Los TdRs deben guiar la elaboración de EIAs y apoyar a la planificación regional de diferentes sectores estratégicos en conjunto.
- Los TdRs deben ser parte de un proceso de planificación mayor consensuado que promueva la sostenibilidad de los proyectos basada en principios y criterios que deberían ser explícitamente incluidos en varios de los componentes de los TdRs y que servirían para evaluar los EIA.
- Los TdRs deben guiar la aplicación de la JdM y de los mecanismos de compensación ambiental con la finalidad de evitar y minimizar impactos, y alcanzar la pérdida neta cero de biodiversidad.

Pasos

Los TdRs de EIAs deben incluir y mantener la coherencia entre los siguientes pasos (ver detalle en el informe final):

- Explicación de las actividades del proyecto
- Determinación de áreas de influencia directas e indirectas
- Definición de línea base ambiental sólida y relevante al tipo de proyecto a realizarse
- Determinación de impactos ambientales directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos (DIAS)
- Cálculo de los impactos residuales basado en la JdM
- Definición de un plan de implementación y monitoreo de las medidas necesarias para evitar, minimizar o compensar impactos

Componentes

- Los TdRs deben dar pautas claras para que el análisis de impactos esté basado en la debida caracterización ambiental.
- Los TdRs de EIAs deben exigir aproximaciones metodológicas, de diseño experimental, estadística y modelación fuertes y consistentes con las preguntas que los EIAs buscan responder y atendiendo a la complejidad del problema.
- Las calificaciones del personal técnico que desarrolla y actualiza lineamientos ambientales, que evalúa los estudios de impacto ambiental, y que ejecuta dichos estudios deben ser muy altas y deben ser respaldadas por experiencias y estudios anteriores de alta calidad. El personal técnico debe ser capacitado constantemente para que se mantenga actualizado con relación a los diferentes componentes e implicaciones de los EIAs.

En general los TdRs de EIAs deben:

- Especificar las áreas y estándares de investigación necesarios para caracterizar de manera integral aspectos ambientales a ser impactados por el proyecto
- Requerir la adecuada integración de la información de línea base con el análisis de impactos, los cuales deben ser obtenidos y sustentados con métodos de punta
- Exhortar a que los resultados de los análisis de las caracterizaciones ambientales y evaluaciones de impacto se traduzcan en planes de manejo, mitigación, y CA eficientes
- Propiciar el desarrollo de alternativas del proyecto que eviten y minimicen los impactos ambientales

1.3 Análisis de los EIA y/o EdFs de los hidroproyectos examinados

1.3.1 Análisis de las líneas de base ambiental

Principales hallazgos

Las líneas de bases ambientales para el desarrollo de los hidroproyectos y su evaluación de impactos no están vinculadas claramente.

Las líneas de base ambiental de los hidroproyectos analizados no fueron adecuadas para la evaluación de impactos. No contaban con datos suficientes o adecuados y carecían de ciertos análisis indispensables (ver Tabla 1).

Conclusiones

Entre los aspectos ambientales, u componentes de biodiversidad claves necesarios para evaluar tanto la factibilidad como los impactos de los hidroproyectos están:

- El régimen hidrológico de los ríos y sus planicies de inundación
- La dinámica hidráulica y geomorfológica de los mismos
- La abundancia y distribución de peces y otros vertebrados acuáticos
- La extensión, diversidad y estado de conservación de ecosistemas
- Los niveles de diversidad de especies, endemismo y categorías de amenazas
- La ecología de ecosistemas y biogeoquímica
- El uso del suelo y los recursos, riesgos y cambio climático

Recomendaciones

Los TdRs deben dar pautas para que la caracterización ambiental sea hecha con los criterios y métodos adecuados para evaluar impactos de los hidroproyectos.
De continuar con el desarrollo de los proyectos analizados sus líneas ambientales deberían ser rehechas.

Tabla 1. Análisis comparativo de las líneas bases necesarias para hidroproyectos y las realizadas durante el EIA de la CHM y el EdF de la HA.

Criterio	Análisis necesarios	EIA y/o EdF
Régimen hidrológico (magnitud de los picos de inundación, su duración, frecuencia, temporalidad, y origen) de ríos y planicies de inundación	Modelación basada en datos hidrológicos (caudal, nivel, precipitación, evapo-transpiración, etc.) continuos y a largo plazo colectados en	Datos sobre hidrología de ríos insuficientes, y sobre ambientes inundables inexistentes. Análisis espaciales inexistentes.

	localidades representativas de todos los ecosistemas. Análisis espaciales sobre la extensión y temporalidad de la inundación y conectividad hidrológica.	
Dinámica hidráulica y geomorfológica de ríos	Modelos de la evolución fluvial de los ríos utilizando series históricas de imágenes aéreas o satelitales, parametrizados / calibrados con datos de campo (caudal líquido y sólido, batimetría, migración de canales, etc.)	Datos de campo insuficientes, modelamiento de dinámicas y análisis de información inadecuados.
Abundancia y distribución de peces y otros vertebrados acuáticos (conectividad hidrobiológica)	Análisis exhaustivo (no destructivo) de la distribución, riqueza y abundancia de especies (principalmente peces migratorios y/o amenazados).	Análisis no exhaustivo y destructivo con problemas de diseño experimental e interpretación de la información.
Extensión, diversidad y estado de conservación de ecosistemas andino-amazónicos	Sistemas de clasificación actualizados y detallados, con énfasis en humedales y ecosistemas acuáticos.	Clasificación de Holdridge (1967) sin detalles de humedales y ecosistemas acuáticos.
Niveles de diversidad de especies, endemismo, y categorías de amenazas	Análisis detallados y no destructivos de los niveles de diversidad de grupos indicadores complementarios, endemismo, estatus de especies de paisaje y amenazadas.	Inventarios generales de grupos inadecuados y con diseño experimental pobre y resultados inconsistentes.
Ecología de ecosistemas y biogeoquímica	Modelos y estudios de campo sobre el ciclo del carbono, las condiciones físico-químicas de los cuerpos de agua y la contaminación, representativos de la variabilidad espacio-temporal.	Estudios sobre la calidad del agua con deficiencias en el diseño experimental y la interpretación de la información.
Uso del suelo y los recursos, riesgos y cambio climático	Análisis del escenario regional y sectorial a corto, mediano y largo plazo considerando cambios económicos, tecnológicos y ambientales, incluyendo cambio climático.	Ausencia de análisis de escenarios futuros.

1.5.1 Análisis de áreas de influencia

Principales hallazgos y conclusiones

Los estudios examinados no tuvieron una correcta definición de áreas de influencia directas (AIDs) e indirectas (AIIs) de proyectos examinados.

La inadecuada definición de áreas de influencia tiene repercusiones en la caracterización y cuantificación de las superficies a ser afectadas por una obra, y en el análisis de sus impactos sobre los ecosistemas y especies.

Recomendaciones

Los TdRs deben solicitar la utilización de criterios hidrológicos e hidrobiológicos para la definición de AIDs y AIIs de los hidroproyectos:

- AID: criterios hidrológicos y de conectividad basados en mapas hidrográficos (ríos y cuencas), topográficos y geomorfológicos.
- AII: además de los criterios anteriores, se debe utilizar el área de distribución de las especies de peces migratorias de la cuenca, y modelos probabilísticos de deforestación.

1.5.2 Análisis de impacto ambiental

Principales hallazgos

Los estudios de impacto ambiental de los hidroproyectos no analizan a profundidad los potenciales impactos de las actividades propuestas y subestiman sus posibles repercusiones ambientales. En parte esto se debe a que los criterios utilizados para evaluar impactos son muy generales y a que los métodos cualitativos no probabilísticos que se utilizan actualmente no son suficientes.

Conclusiones

En el estado actual propuesto los hidroproyectos analizados ocasionarían impactos sustanciales en los regímenes hidrológicos de los ríos, planicies de inundación y de otros cuerpos de agua y ecosistemas terrestres relacionados. Áreas extensas de estos ecosistemas tendrían un régimen hidrológico alterado con impactos en su funcionamiento, niveles de biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos. Los cambios en la geomorfología de los ríos afectarían sus condiciones hidrodinámicas, su nivel de conectividad con ambientes aledaños, y 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 podrían tener repercusiones amplias a escala de la cuenca del Amazonas, como se indica en los modelos conceptuales (Figuras 1 y 2).

Recomendaciones

Los estudios de impacto ambiental deben utilizar un conjunto de modelaciones ambientales que alimenten a un modelo general de ecosistemas que analice las interrelaciones entre los diferentes componentes del ecosistema y sus repuestas a actividades antrópicas y naturales (Tabla 2, Figura 1). Es indispensable mejorar los requerimientos técnicos de los estudios de impacto ambiental incluyendo criterios más específicos, como los descritos anteriormente para las caracterizaciones ambientales, y aplicando métodos de punta y modelaciones que consideren los efectos de los proyectos bajo contextos más amplios a nivel nacional e internacional. Recomendaciones específicas para el análisis de los criterios se dan en la Tabla 2.
Es importante mencionar que el SEIA debe incluir a la academia y a centros de investigación en el desarrollo de las líneas bases y en la evaluación de impactos para asegurar su óptimo nivel técnico y la independencia y transparencia de los procesos de evaluación ambiental.

Tabla 2. Recomendaciones para mejorar EIAs y EdFs de los hidroproyectos CHM y HA.

Criterios	Recomendaciones basadas en este análisis
	Impactos directos
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 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, deberían 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.
	Impactos indirectos
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.
	Impactos sinérgicos y acumulativos
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.

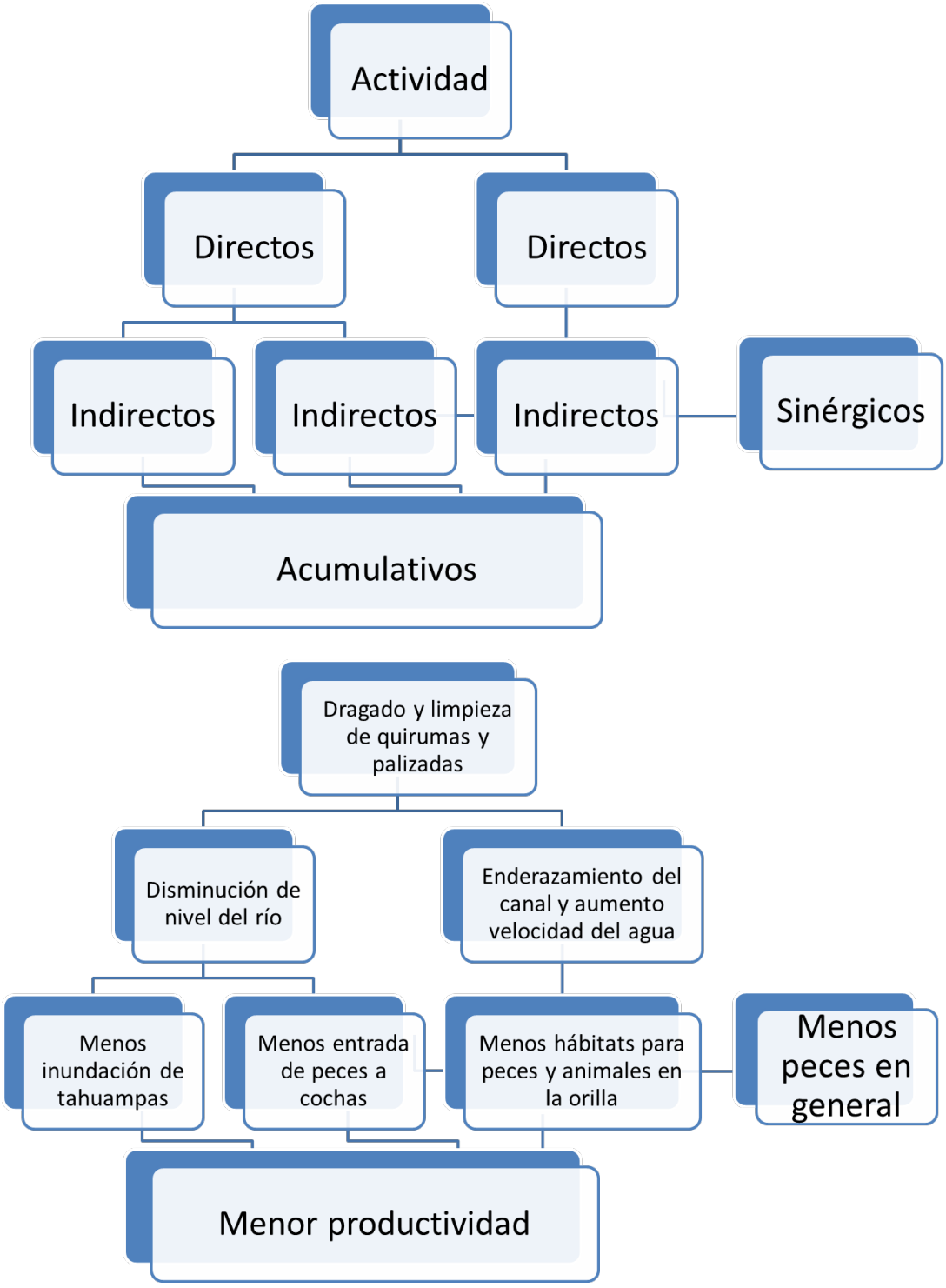


Figura 1. Modelo conceptual de impactos ambientales de un proyecto (a) y ejemplificación hipotética de impactos para los efectos de dragado en los ríos (b).

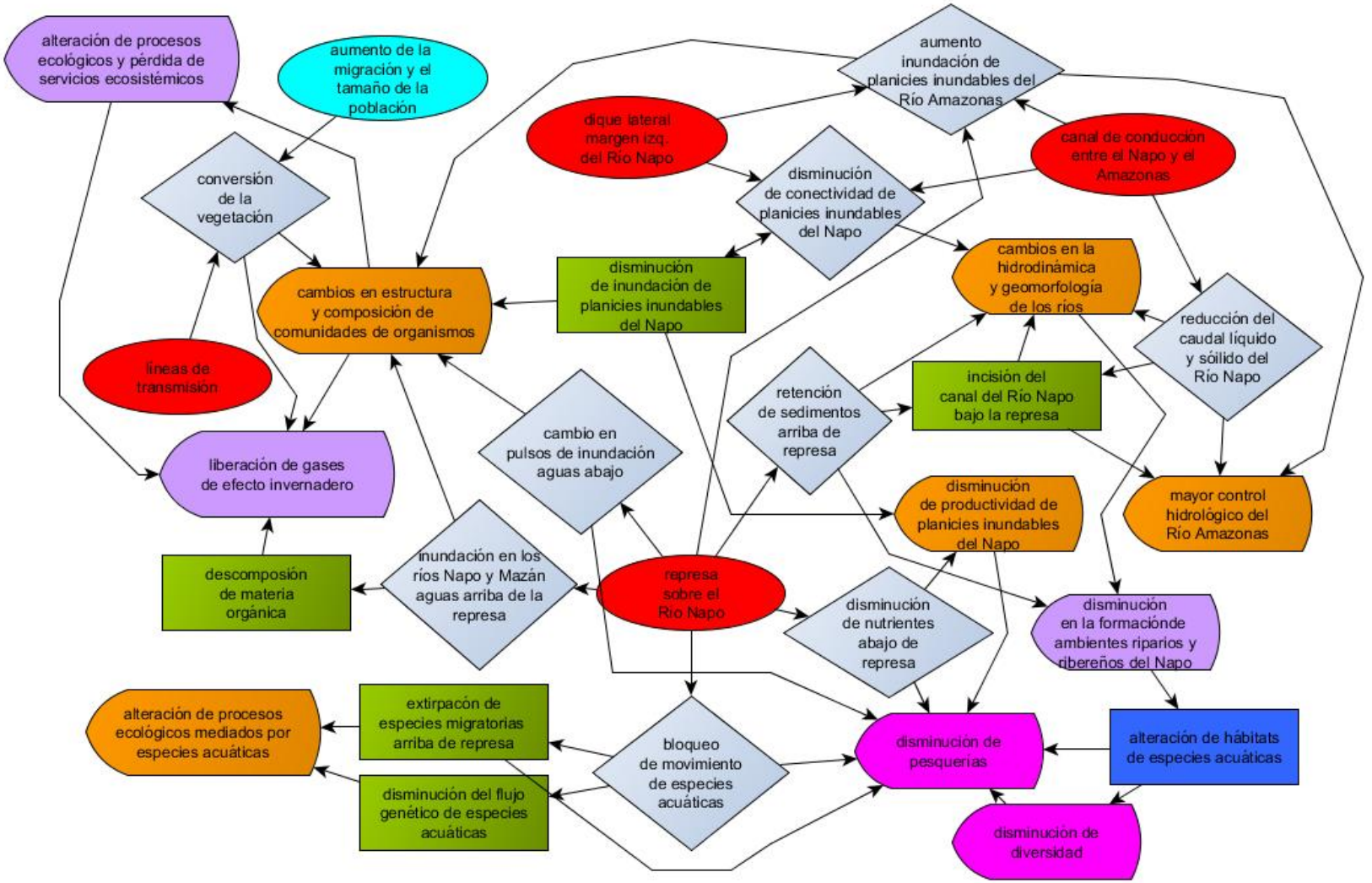


Figura 2. Impactos ambientales potenciales de la infraestructura propuesta para la CHM. Los diferentes colores muestran los niveles y grados de conexión de los impactos: rojo = primero, azul claro = segundo, verde = tercero, naranja = cuarto, morado = quinto, azul obscuro = sexto, fucsia = séptimo o mayor. En turquesa se representan las externalidades

2 PROCESO PARA ALCANZAR LA PÉRDIDA NETA CERO DE BIODIVERSIDAD

Principales hallazgos y conclusiones

El proceso para alcanzar la pérdida neta de biodiversidad se inicia con la priorización de la biodiversidad y el análisis de impactos de una obra o actividad sobre esta. Como indican los pasos de la JdM es necesario decidir si ciertos impactos deben ser evitados o no y si se justifica o no el desarrollo de las obras. Si la decisión es continuar con el proceso de evaluación de impactos el siguiente paso es determinar cómo se pueden minimizar, ya sea aplicando medidas de mitigación, rehabilitación o restauración. El paso subsiguiente es calcular el INR luego de la aplicación de dichas medidas.

Recomendaciones

Por fines prácticos se debe describir espacialmente los impactos más representativos de las obras propuestas, aplicar las medidas de mitigación propuestas espacialmente, y calcular el INR. Este cálculo, basado en la cuantificación y priorización de ciertos elementos de la biodiversidad facilita el análisis de equivalencias ecológicas para la CA. Por ejemplo, a nivel de especies se debe mapear la distribución de las mismas y el rol diferencial de distintos sectores dentro de su rango de distribución, a nivel de procesos ambientales o ecológicos se debe cuantificar la superficie que sería afectada por cambios en los mismos, y a nivel de ecosistemas la superficie y o longitud de estos que sería modificada por los cambios en las condiciones ambientales (ej. inundación o desecamiento). Estas mediciones se pueden superponer o complementar para facilitar la cuantificación de impactos y el análisis de equivalencias en áreas semejantes.

Con esta base se puede determinar espacialmente los sitios que serían impactados y los sitios equivalentes que se utilizarían para la CA, luego de lo cual se establecerían medidas y mecanismos para su aplicación.

Los pasos generales que se siguen para alcanzar la pérdida neta cero de biodiversidad son:

- Aplicación de la JdM y cálculo del INR
- Identificación de elementos de biodiversidad equivalentes
- Selección de sitios para la CA
- Definición de mecanismos de CA
- Elaboración de guías y procedimientos para la estimación de costos, financiamiento, y garantías del plan de CA
- Plan de fiscalización y monitoreo de los indicadores de ganancias en el plan de CA

2.1 Aplicación de la Jerarquía de la Mitigación y cálculo del Impacto Neto Residual

Principales hallazgos

El análisis de los impactos residuales de los hidroproyectos se basa 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:

- 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),

- la determinación del estado de conservación de los ecosistemas, basada en mapas de riesgo actuales (WCS 2015a), y
- el estado de protección legal de dichos ecosistemas.

Estos criterios permiten definir ecosistemas prioritarios a nivel regional antes del análisis del impacto residual.

Posteriormente, los resultados anteriores se superponen 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 3 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 de un proyecto, cuánto de esto se podría mitigar al aplicar la JdM (D), para así determinar cuánto se debería compensar (E).

Recomendaciones

Para la aplicación de esta metodología se requiere contar con un sistema de información que permita superponer múltiples capas de información a unidades específicas de análisis (ej. hexágonos o cuencas hidrográficas).

Tabla 3. Esquema hipotético de caracterización de la biodiversidad (representada aquí por ecosistemas), impactos y aplicación de la JdM.

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)		**INR** (Áreas de compensación)	
A			**B**			**C**			**D=C*0.75**		**E=C-D**	
Ecosistema	**Ha**	**%**	**Estado**	**ha**	**%**	**Impacto**	**ha**	**%**	**ha**	**%**	**ha**	**%**
			1	30	30	X	5	16.7	3.8	12.5	1.3	4.2
1	100	10	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
Subtotal 1	***100***	***10***		***100***	***100***		***15***	***15***	***11.3***	***11.3***	***3.8***	***3.8***
			1	50	10	Y	10	20	7.5	15	2.5	5
2	500	50	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
Subtotal 2	***500***	***50***		***500***	***100***		***40***	***8***	***30***	***6***	***10***	***2***
			3	140	70	Z	100	71.4	75	53.6	25	17.9
3	200	20	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
Subtotal 3	***200***	***20***		***200***	***100***		***120***	***60***	***90***	***45***	***30***	***15***
			1	66	33	X	20	30.3	15	22.7	5	7.6
N	200	20	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
Subtotal N	***200***	***20***		***200***	***100***		***90***	***45***	***67.5***	***33.8***	***22.5***	***11.3***
Total	***1000***	***100***		***1000***			***440***	***44***	***330***	***33***	***110***	***11***

2.1.1 Identificación y priorización de los componentes de biodiversidad para su inclusión en la contabilización de las pérdidas y ganancias de biodiversidad

Principales hallazgos y conclusiones

Existen al menos tres niveles de biodiversidad que deben tomarse en cuenta en la priorización de los elementos de la diversidad:

- ecosistemas o comunidades,
- especies, y
- poblaciones o nivel genético.

Cada nivel está caracterizado por una:

- composición: abundancia relativa y riqueza (¿Qué contiene?),
- estructura (¿Cómo es?), y
- función (indicadores de procesos fundamentales).

Estas características de la biodiversidad permiten categorizar y comparar lugares, determinar el estado de los mismos, y evaluar los impactos de las actividades humanas sobre estos, como se ejemplifica en la Tabla 4.

A su vez orientan la identificación y priorización de componentes de la biodiversidad, la aplicación de la JdM, y la cuantificación de las pérdidas y ganancias de biodiversidad como parte de la CA.

Tabla 4. Ejemplos de criterios, indicadores y métricas para la cuantificación de las pérdidas de biodiversidad por los impactos de actividad humanas en ecosistemas acuáticos

Criterio	Indicador	Impacto (Métrica)
Ecosistemas (comunidades)	***Ejemplos***	***Ejemplos***
Composición	# de ecosistemas inundables, # de ecosistemas acuáticos,	Pérdida u homogenización de ecosistemas, disminución en la extensión
Estructura	Condición físico-química del agua, régimen hidrológico y de sedimentos, niveles de conectividad hidrológica, régimen hidráulico y de sedimentos	Cambio en el hábitat físico-químico, cambio en la profundidad, frecuencia y duración de la inundación, disminución de conectividad hidrológica, cambio en dinámicas fluviales
Función	Producción primaria neta acuática, descomposición, tasas de sedimentación-erosión	Cambio en el ciclo del C (Emisión de GEI, acumulación de MO), cambio en tasas de sedimentación-erosión
Especies		
Composición	Riqueza, abundancia relativa y composición de especies	Cambio en la riqueza, abundancia relativa y composición de especies
Estructura	Formas de vida y hábitos de las especies	Cambio en la biomasa, altura de la vegetación, resistencia a

		sequía o inundación
Función	Procesos ecológicos diferenciales mediados por las especies	Cambio en el rol de las especies en el ciclo de los elementos y en las relaciones interespecíficas
Poblaciones (genes)		
Composición	Diversidad genética	Cambio en el número de poblaciones, número de individuos
Estructura	Demografía	Cambio en la estructura de las poblaciones (ej. radio sexual, de edad, tamaño)
Función	Roles ecológicos de poblaciones	Cambio en el rol de las especies en el ciclo del C y de los elementos, y en interacciones inter e intraespecíficas

Recomendaciones

Idealmente el análisis de la biodiversidad debería hacerse a todos los niveles y considerando las tres características de la misma.

Por razones prácticas, en el contexto de la evaluación de impactos ambientales y la aplicación de la JdM al menos un conjunto mínimo de criterios e indicadores representativos del tipo de la biodiversidad que sería afectada debe analizarse.

En el caso de los hidroproyectos en la región andino-amazónica el análisis de la diversidad de especies y ecosistemas acuáticos, así como de los servicios ambientales que estos proveen es primordial. Sin embargo, debido a que la influencia de este tipo de obras se puede extender más allá de los límites de los ecosistemas acuáticos se deben hacer análisis adicionales sobre otros tipos de diversidad.

Una primera aproximación consiste en priorizar los tipos de ecosistemas existentes en las áreas de influencia de un proyecto con relación en base a las siguientes variables:

Variables utilizadas para priorizar ecosistemas o hábitats

- abundancia relativa,
- nivel de endemismo,
- representatividad dentro de las áreas protegidas del país, y
- estado y/o riesgo ambiental o vulnerabilidad a actividades humanas

La categorización (ej. de 1 a 5) de estas variables representativas de la composición y estructura de los ecosistemas permite identificar los ecosistemas prioritarios para la conservación de la biodiversidad y determinar si serían afectados o no por las actividades de un proyecto. Esto a su vez facilita la identificación de medidas para evitar o minimizar los impactos sobre estos ecosistemas, el cálculo del impacto residual, y la determinación de sitios equivalentes para la CA.

A la par es necesario evaluar y mapear los servicios que proveen los ecosistemas como una medida de su funcionalidad (como la acumulación de carbono arriba y abajo del suelo, la provisión de nutrientes, sedimentos, agua y peces, etc.).

Similarmente, hay que mapear en la zona de influencia del proyecto la abundancia relativa y distribución de las especies de ciertos grupos representativos de organismos a ser afectados (ej. peces, vegetación, macroinvertebrados acuáticos, etc.), así como la información poblacional de algunos de los siguientes tipos de especies:

Especies representativas de la biodiversidad

- bandera
- claves
- bajo algún grupo funcional importante
- endémicas
- migratorias
- bajo alguna categoría de amenaza
- de uso prioritario por pueblos indígenas

Esta información adicional, superpuesta a la del ecosistema, permite mejorar la priorización inicial al incluir más componentes y niveles de biodiversidad.

Una vez identificada la biodiversidad prioritaria para la conservación se debe identificar la biodiversidad prioritaria para la CA a partir del cálculo del impacto residual. Por ejemplo, serían prioritarios para la CA los elementos de la biodiversidad con mayor nivel de prioridad que serían afectados por el proyecto luego de la aplicación de medidas de prevención y mitigación. Dependiendo del estado de la biodiversidad prioritaria para la CA las medidas que se aplicarían serían enfocadas a la conservación o a la rehabilitación y/o restauración.

Es importante destacar que no todos los elementos de la biodiversidad pueden ser compensados, ya sea porque son irremplazables o vulnerables a la extinción. Por ejemplo, las migraciones a gran escala de peces en áreas extensas juegan papeles tan importantes en el funcionamiento de los ecosistemas y en la estructura de las comunidades que no pueden ser compensados. De igual manera consisten los ecosistemas escasos o de distribución limitada. En tales casos sería indispensable aplicar medidas de prevención y mitigación de tal manera que no sea necesaria la CA.

2.1.2 Definición de métricas para la cuantificación de los componentes de biodiversidad

Principales hallazgos y conclusiones

Como se indica en la sección anterior existen varios niveles de biodiversidad que pueden ser afectados por las actividades de un proyecto. De igual manera, existen un sinnúmero de métricas que se pueden utilizar para cuantificar sus efectos sobre la biodiversidad (ej. Tabla 4).

Por razones prácticas es necesario seguir un orden jerárquico de análisis y asumir que los niveles macro de biodiversidad (ej. ecosistemas) son representativos de los niveles de diversidad de organismos o especies. Se esperaría por ejemplo que un ecosistema único y escaso contenga especies con similares

características. También que la conservación de dicho ecosistema mantenga poblaciones viables de dichas especies. Así, si se cuantifica la alteración de un ecosistema por una actividad específica se puede determinar cuánto de ese ecosistema u otro semejante debería ser conservado para minimizar o compensar la pérdida de biodiversidad en general.

En el caso de las grandes obras de infraestructura, como pueden ser los hidroproyectos, los impactos ambientales pueden ser tan grandes que pueden afectar múltiples ecosistemas y especies de amplia distribución. Generalmente los impactos de esta magnitud son difíciles de compensar y representan un reto para la aplicación de la JdM. Sin embargo, la aproximación original en la que se priorizan y cuantifican inicialmente los elementos macros de la biodiversidad (ej. ecosistemas, hábitats) superpuesta a indicadores de los servicios ecosistémicos, y de la abundancia y distribución de especies representativas de la biodiversidad puede orientar la mitigación de impactos, el cálculo del INR, y la definición de equivalencias de biodiversidad.

Recomendaciones

Debido a la naturaleza acuática de los hidroproyectos se debe darmayor énfasis en la cuantificación de los elementos de la biodiversidad acuática, como son la diversidad y extensión de ecosistemas y especies de este tipo.

A nivel de ecosistemas o hábitats la evaluación de los humedales, los cuerpos de agua lénticos y los lóticos es un paso inicial en la caracterización y cuantificación de la biodiversidad. Entre las métricas potenciales, espacialmente explícitas, derivadas de las mencionadas en la sección anterior, están:

- La extensión o superficie de los ecosistemas en diferentes estados de conservación
- La longitud de ríos o ecosistemas lóticos en cuencas bajo diferentes estados de conservación

Estas métricas pueden ser medidas y calibradas fácilmente usando mapas de hábitats o ecosistemas superpuestos a mapas de uso del suelo o de riesgo ambiental categorizados de 1 a 3 o de 1 a 5 (de menor a mayor nivel de riesgo o estado) dependiendo del detalle o exactitud de la información. Los ecosistemas pueden ser medidos en hectáreas o kilómetros cuadrados bajo diferentes estados o niveles de riesgo (ej. ha de ecosistema 1 x estado 5 o prístino o bajo riesgo), y para el caso de ecosistemas lóticos de menor orden (como los afluentes de grandes ríos, como el Napo o el Marañón) se puede estimar la longitud de los mismos por unidad de superficie en diferentes estados o niveles de riesgo (ej. km de ríos x km^2 de cuenca en estado 5 o bajo riesgo).

Un segundo nivel de análisis es la cuantificación de los servicios ecosistémicos o funciones ecológicas. Algunos ejemplos de métricas son:

- El contenido de carbono arriba y/o abajo del suelo
- El nivel de conectividad hidrológica

Idealmente es necesario conocer el contenido de carbono arriba y abajo del suelo y bajo una misma unidad de medida (ej. Mg de C por ha) de tal manera que estos estimados sean comparables entre varios tipos de ambientes. Muchos humedales se caracterizan por su alto contenido de carbono bajo el suelo, pero lamentablemente esta información aún está en proceso de descubrimiento por lo que al momento es recomendable utilizar información sobre el carbono arriba del suelo , la cual estámás estandarizada, al menos para el Perú.

Con relación a la conectividad hidrológica, existen varias alternativas metodológicas, la más simple de las cuáles es el desarrollo de una base de información que describa la relación existente entre los segmentos de un río (ej. entre confluencias de un río y sus afluentes) con relación a un punto inicial de mayor conectividad (por ejemplo en una escala de 1 a 5). Sin embargo, debido a que la creación de un mapa de conectividad para una región grande como el Departamento de Loreto puede ser demandante y/o requiere de modelos hidrológicos espacialmente explícitos no siempre es factible incluir esta variable.

Finalmente, a nivel de especies y poblaciones las métricas indispensables y que se pueden medir y mapear fácilmente con registros geo-referenciados y/o modelos de idoneidad de hábitat son:

- La distribución de especies representativas
- La abundancia de especies representativas

Los ejemplos de tipos de especies que deberían ser mapeadas se dan en la sección anterior. Para el caso de hidroproyectos de gran magnitud que pueden afectar el hábitat acuático de las especies y la conectividad hidrobiológica de los ríos es importante mapear la distribución de especies de peces migratorios, de peces que ocupan diferentes hábitats (ej. lagunas, bosque inundado, canales principal de ríos, etc.), y/o que son importantes en la dieta de los pobladores locales, así como especies de mamíferos y de otros vertebrados acuáticos y/o de paisaje (ej. delfín, jaguar, etc.). Esto puede ser hecho a nivel de cuencas como son los mapas de distribución de especies de peces migratorios a nivel de cuencas desarrollados por el proyecto SNAP de WCS.

Igualmente, a los mapas de fauna se pueden superponer mapas de uso de los recursos florísticos por parte de los pobladores locales, en particular de especies claves como la palma de aguaje *Mauritia flexuosa*.

Las métricas listadas aquí pueden ser utilizadas para caracterizar la biodiversidad, estimar los impactos de una obra, calcular el INR, así como las áreas equivalentes que pueden ser utilizadas para la CA.

2.1.3 Definición del período de tiempo para medir las pérdidas y ganancias de biodiversidad

Principales hallazgos

El impacto de grandes obras de infraestructura tiene varias etapas:
- una de impactos intensos y puntuales durante el período de construcción de las mismas, seguido de
- una serie de impactos más extensos y menos intensos (no necesariamente de menor magnitud) que se pueden extender durante todo su período de funcionamiento, y finalmente
- una etapa en la que los impactos puedan volver a ser intensos y de duración indeterminada durante el período de desmantelamiento y remediación.

Recomendaciones

Para el caso de los hidroproyectos de gran magnitud es recomendable un período de monitoreo y análisis de impactos que dure estas tres etapas, la última de las cuales puede extenderse indefinidamente dependiendo de la magnitud de los impactos.

Las métricas sugeridas anteriormente permiten evaluar la efectividad de las medidas de CA, y de ser necesario deben dictar la adaptación de las mismas para alcanzar las metas de CA.

Cabe recalcar que el éxito de un plan de CA radica en su flexibilidad puesto que los niveles de incertidumbre y riesgos de este tipo de proyectos son relativamente altos, lo cual puede repercutir en la magnitud y extensión de los impactos.

Los planes de CA deben estar respaldados con planes de monitoreo y manejo adaptativo sólidos.

2.1.4 Determinación del escenario de referencia para evaluar las pérdidas y ganancias de biodiversidad debido al proyecto

Principales hallazgos y conclusiones

El escenario de referencia en el que un proyecto se desarrolla puede considerar un futuro estático o un futuro dinámico. En el primer caso se asume que las condiciones socioeconómicas, ambientales y políticas son relativamente similares, mientras que en el segundo se espera que haya cambios y que estas condiciones sean diferentes. Este último también reconoce que otros factores podrían influir en la pérdida o ganancia de biodiversidad.

A pesar de que el escenario dinámico parezca más realista y adjudique también los impactos ambientales a otras actividades adicionales al proyecto, la naturaleza incierta del futuro y de los impactos de ciertas obras de gran magnitud (así como el efecto acumulativo y sinérgico de los impactos de varias actividades) hace que sea recomendable mantener una postura conservadora frente a los impactos y a las medidas de CA que se tomen de ser necesarias. En ese sentido para proyectos que manejan niveles de incertidumbre altos y que pueden ocasionar impactos severos es recomendable utilizar un escenario de referencia conservador, es decir más estático.

Por otro lado, un escenario estático puede dictar qué futuro es deseable al propiciar la definición de medidas que apoyen al desarrollo sostenible y a la conservación de la biodiversidad, y así evitar los impactos de obras o actividades que de lo contrario se desarrollarían.

Este escenario puede funcionar siempre y cuando el rol de las acciones propuestas por el proyecto sean tomadas en cuenta en la planificación regional y sectorial, para lo cual sería extremadamente importante que esta anteceda a todos los proyectos que se pretendan realizar en una región.

Para los fines de la CA, hay que ver al escenario estático como un escenario optimista enfocado más en las metas de conservación y ganancias de biodiversidad que en las pérdidas de la misma. Sin embargo, hay que ser realista y actuar estratégicamente para contrarrestar los efectos de posibles amenazas de otros proyectos y riesgos naturales. Esto puede ser facilitado a través de modelaciones ambientales y socioeconómicas generadas por organismos de planificación y centros de investigación, y es consistente con una propuesta de CA flexible basada en el manejo adaptativo.

2.1.5 Cuantificación de los impactos residuales sobre la biodiversidad

2.1.5.1 Componentes de la biodiversidad identificados y priorizados para su inclusión en el cálculo de las pérdidas y ganancias de biodiversidad

Principales hallazgos y conclusiones

Para poder incluir identificar y priorizar componentes de la biodiversidad en el cálculo de pérdidas y ganancias de biodiversidad es necesario superponer información sobre las características de los ecosistemas, así como sobre su estado de conservación y de protección legal.

La caracterización de la biodiversidad tiene que ser hecha al menos a nivel de ecosistemas terrestres y acuáticos, e incluir un análisis del contenido de carbono arriba del suelo como indicador de uno de sus servicios ecosistémicos.

La determinación del estado de conservación de los ecosistemas puede basarse en la superposición de mapas de ecosistemas a mapas de riesgo actual, come los definidos por WCS 2015 para la región de Loreto.

Para determinar el estado de protección legal de los ecosistemas es necesario superponer los mapas de distribución de los ecosistemas a mapas de áreas naturales protegidas del Perú.

Recomendaciones

Se recomienda seguir una metodología estandarizada que considere variables tales como las descritas en la sección anterior sobre la identificación y priorización de la biodiversidad.

2.1.5.2 Cálculo del impacto neto residual

Principales hallazgos y conclusiones

Como se mencionó anteriormente los análisis de los impactos residuales de hidroproyectos se basan en análisis espaciales de las líneas de base ambiental de sus áreas de influencia directa (AID) e indirecta (AII), en la caracterización espacial de los impactos, y en la aplicación de medidas de mitigación espacialmente explícitas. Esto facilita la determinación de los potenciales impactos residuales luego de la aplicación de dichas medidas.

De desarrollarse los hidroproyectos sin aplicar la JdM 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.

Recomendaciones

Se deben listar 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 CA. De esta manera es factible hacer estimaciones de las áreas que serían afectadas antes y después de la aplicación de la JdM.

2.2 Diseño de los Planes de Compensación Ambiental

En las secciones siguientes se describe el proceso a seguir para determinar:

- los sitios y medidas de conservación y restauración necesarios para compensar los impactos netos no evitables,
- los indicadores de ganancia neta en biodiversidad y funcionalidad de los ecosistemas que se utilizarán para monitorear y evaluar la eficacia de los mecanismos de compensación ambiental, y
- un plan de aplicación de las medidas propuestas que considera riesgos e incertidumbres, mecanismos de vigilancia y supervisión, y su conexión con el sistema de áreas protegidas del Perú.

2.2.1 Identificación de un portafolio potencial de sitios y medidas de compensación

Principales hallazgos y conclusiones

Para determinar sitios potenciales de compensación de los hidroproyectos es necesario utilizar escenarios de costo ambiental basados en los niveles de diversidad y de riesgo ambiental de la región de Loreto. Estos escenarios, actual y futuro, realizados por WCS (2015b) utilizan el programa Mazán para definir los portafolios de sitios potenciales para la conservación para toda la región.

Las unidades de análisis que se utilizan son los hexágonos y microcuencas, las cuales son categorizadas de acuerdo a su costo ambiental, siendo en principio las unidades con mayor costo ambiental las menos prioritarias para la conservación y las de menor costo ambiental las de mayor prioridad. Detalles metodológicos de la definición del portafolio de sitios se encuentran en el informe respectivo.

Para los fines de la CA se identifica un conjunto de unidades (hexágonos y microcuencas) con costos ambientales semejantes a las zonas en donde se determina espacialmente el INR, las mismas que tienen semejanzas relativas en términos de su **equivalencia ecológica** (tipo de ecosistema) y **estado de conservación**. Además, se considera los criterios de **cercanía** (se priorizan unidades de análisis aledañas o superpuestas a las zonas de impacto) y **adicionalidad**.

Para este último criterio se priorizan todos los hexágonos que forman parte de toda la **extensión** de las microcuencas o subcuencas tanto de las áreas de impacto como de las áreas de CA aledañas con el fin de garantizar o propiciar las ganancias netas de biodiversidad y minimizar los impactos hidrológicos e hidrobiológicos de los hidroproyectos. También se priorizan las unidades aledañas a áreas de conservación u otros mecanismos de gestión sustentables de los recursos naturales actuales o potenciales, independientes de su estado de conservación y de su costo ambiental, para fomentar la **conectividad** con dichas áreas y minimizar los impactos indirectos de los proyectos sobre estas.

Recomendaciones

Se recomienda proponer medidas que estén directamente relacionadas al estado de conservación y costo ambiental actual, tanto de conservación como de restauración. Las áreas en mejor estado de conservación y con bajo costo ambiental serían propicias para la conservación, versus las áreas en peor estado de conservación y alto costo ambiental que podrían ser restauradas.

La aplicación de estas medidas depende en gran parte de los costos de implementación y de las estrategias de conservación regionales. También serían más efectivas cuando los ecosistemas u otros niveles de biodiversidad que protegen o restauran sean prioritarios, como es el caso de los ecosistemas ribereños que en su mayoría están amenazados a pesar de que proveen diversos servicios ecosistémicos a las poblaciones locales.

Debido a la magnitud del INR de los hidroproyectos las medidas de compensación a proponerse serían parciales y por tanto se sugiere la revisión de algunas de las actividades propuestas por los proyectos, y la aplicación de planes de conservación y manejo a nivel regional que consideren los impactos acumulativos de múltiples proyectos y la aplicación de la JdM.

2.2.2 Determinación de ganancias teóricas en los sitios de compensación potenciales

Principales hallazgos y conclusiones

Independiente de las medidas de CA identificadas, una vez que estas entran en aplicación y con el fin de evaluar y monitorear su eficacia es necesario utilizar varios grupos de variables ambientales/biológicas indicadores de los cambios en los diferentes niveles y componentes de la biodiversidad que serían impactados y/o compensados.

Recomendaciones

A continuación se describen algunos grupos de variables que deben ser analizados durante las diferentes fases de los proyectos:

-La cobertura de la vegetación. El análisis espacial de esta variable permite identificar y cuantificar áreas con diferentes niveles de alteración, para así evaluar a lo largo del tiempo si las medidas de compensación ocasionan incrementos en la misma. El monitoreo de esta variable permite analizar los cambios en el ambiente a un nivel más macro, por lo que su estudio debe ser complementado con el análisis de otras variables que identifiquen niveles más finos de cambio que ocurren en la vegetación o en otros componentes de los ecosistemas. Este análisis también permite identificar el nivel de fragmentación o conectividad de los ecosistemas.

-El carbono arriba del suelo. El análisis espectral de la vegetación permite hacer estimados de su contenido de carbono para así evaluar si existe un aumento en la biomasa vegetal arriba del suelo debido a las medidas de compensación aplicadas. El incremento en la biomasa vegetal es visto como algo positivo en términos del funcionamiento de los ecosistemas y de los servicios ambientales que proveen. Idealmente también se debería evaluar el contenido de carbono bajo el suelo, por lo que el desarrollo de métodos espaciales para evaluar esto es indispensable.

-La composición de la fauna terrestre y la vegetación. Con el fin de evaluar la efectividad de las medidas propuestas y para determinar la relación entre las variables descritas arriba y la estructura y diversidad de las comunidades de flora y fauna es necesario hacer evaluaciones de campo de las mismas a través de un monitoreo continuo a lo largo de transectos y/o parcelas en las áreas de intervención. Este análisis puede ser hecho a nivel de grupos de especies representativos de la diversidad de especies de la región (ej. árboles maderables, palmas, vertebrados terrestres, escarabajos, mariposas, etc.) con el fin de

determinar si las medidas de compensación aumentan el nivel de diversidad de las áreas que serían manejadas o conservadas.

-La estructura de las poblaciones de la fauna acuática. Para determinar la efectividad de las medidas de mitigación y compensación sobre la fauna acuática es necesario dar seguimiento cercano y continuo a las poblaciones de especies de peces migratorios y locales en las áreas de intervención y sus áreas de influencia. Entre las especies representativas de los diferentes grupos de peces que deberían ser monitoreados a través de un seguimiento de las actividades pesqueras están (C. Cañas, com. pers.):

-La mota flemosa (*Brachyplatystoma platynemum*) o el dorado (*B. rousseauxii*) representativos de los grandes peces migratorios que ocupan sólo el canal de los grandes ríos.

-La doncella (*Pseudoplatystoma fasciatum*), el pumazúngaro (*P. tigrinum*) u otras especies de este género, que representan típicos grandes migratorios que ingresan a la planicie de inundación de grandes ríos.

-El boquichico (*Prochilodus nigricans*) o la llambina (*Potamorhina altoamazonica*), migratorios de escamas y detritívoros que ingresan a bosques inundables.

-El sábalo (*Brycon spp.*), la gamitana o el paco (*Colossoma spp.*), peces frugívoros que migran entre tributarios, ambientes inundables y grandes ríos.

-El paiche (*Arapaima spp.*) o el huasaco (*Hoplias malabaricus*), peces no migratorios de distribución localizada en el primer caso y amplia distribución en el segundo.

El monitoreo de estas especies debe evaluar la estructura poblacional (ej. sexo, edad, época de desove, madurez gonadal, etc.) a nivel espacial en las cuencas que serían manejadas, y debe servir para entender el estado de las poblaciones de los diferentes grupos de especies que podrían ser afectadas por las actividades del proyecto.

A la par es necesario realizar el monitoreo de la calidad del agua (ej. oxígeno disuelto, temperatura, conductividad, etc.) y de los otros componentes bióticos del ecosistema de los que depende esta fauna, así como la variabilidad espacial y temporal de los regímenes hidrológicos [ej. (Celi 2014)] y las dinámicas hidráulicas y geomorfológicas [ej. (Abad et al. 2012; Gutierrez et al. 2014)] de los ríos que serían intervenidos y de sus planicies de inundación.

En general, se debe estimar las tasas de incremento, en términos de calidad o cantidad, de los diferentes indicadores mencionados arriba durante las diferentes fases del proyecto, las mismas que deben ser monitoreadas constantemente y retroalimentar el manejo de las áreas de compensación o de áreas aledañas, que de ser necesario se sumarían al sistema de CA que se esté desarrollando. Los planes de CA deberían tener la suficiente flexibilidad para cumplir con las metas de conservación y/o restauración que busquen alcanzar.

2.2.3 Selección de sitios para la compensación y aplicación de las medidas de compensación ambiental

Principales hallazgos y conclusiones

Las áreas de CA, ya sea para conservación o restauración, pueden ser escogidas de un portafolio de sitios potenciales para la conservación que priorice varios atributos de la biodiversidad y que optimice el costo ambiental de estos objetos (WCS 2015b).

En principio las áreas de menor costo ambiental serían las áreas dedicadas a la conservación, mientras que las de mayor costo ambiental deberían ser restauradas. Las primeras podrían actuar como áreas núcleos que deberían ser conectadas entre sí y con otras áreas del sistema nacional de áreas protegidas a través de los sitios de restauración, con el fin de mejorar la conectividad entre ellos.

Recomendaciones

Debido a que gran parte de los impactos ocurrirían a lo largo de ecosistemas fluviales y riparios, y ante la baja representatividad de estos tipos de ecosistemas en los sistemas de áreas protegidas, es importante identificar sistemas hidrográficos que actúen como corredores biológicos y que sean incluidos en los sistemas de áreas protegidas (Cui et al. 2012; Harvey & Gooseff 2015; Rouget et al. 2006).

Para evitar el traslado de las amenazas existentes en el área de CA, deben ser aplicadas medidas más amplias de manejo y conservación en regiones circundantes a las mismas. Estas medidas deberían estar lideradas por los gobiernos regionales y nacionales y apoyadas por los proyectos, para así disminuir los riesgos e incertidumbres alrededor de los planes de CA.

Igualmente tiene que estar explícito en los planes de manejo y CA los mecanismos de control y vigilancia que serían necesarios para mantener o mejorar el estado de conservación de estas áreas. Un sistema de pago por servicios ambientales junto con un sistema de monitoreo ambiental podrían actuar como incentivo y mecanismos de supervisión de las prácticas que se implementen.

Los planes de CA deben estar estrechamente ligados a los planes de mitigación ambiental. Estos deben empezar antes de la fase de construcción de los proyectos con el fin de identificar, evitar y minimizar la mayoría de los impactos, y continuar junto a los planes de CA durante las fases de construcción, operación y desmantelamiento, en caso de que se diera esto último. Los resultados del plan de CA deberán ser vinculados de manera permanente (aproximadamente 50 años) a los planes de manejo ambiental de la región y del sistema de áreas protegidas del país.

Debido a la gran extensión y complejidad de las áreas de impacto y de las áreas de CA, las medidas de CA y mitigación deben ser lo suficientemente amplias y flexibles para influir tanto en la planificación regional como para ser aplicadas directamente en el campo.

Los planes deben considerar mecanismos prácticos para la aplicación de las medidas, como es la reingeniería de las prácticas locales entre otras cosas. Así deben considerar a todos los actores en el diseño y ejecución de las mismas.

La factibilidad de las medidas debe ser analizada cuidadosamente y debe considerar aspectos ambientales, socio-culturales, políticos y financieros, los cuales deben estar sustentados dentro de los planes de desarrollo de las obras propuestas.

Las propuestas de CA y mitigación sugeridas reflejan la naturaleza y magnitud de los proyectos analizados, pero también el contexto socio-ambiental de la región de Loreto, así como algunas de las

oportunidades para la conservación que generan las áreas protegidas existentes y las intervenciones que se han realizado en la región para apoyar a la conservación de sus ecosistemas y especies emblemáticas.

Un análisis más exhaustivo de los potenciales impactos de los hidroproyectos y de las medidas de CA que serían más efectivas debe ser realizado, validado y calibrado con datos de campo, así como consensuado con los diferentes actores que intervendrían en el desarrollo y aplicación de las medidas.

3 ESTUDIO DE CASO DE LA CHM

3.1 Descripción del proyecto

El proyecto hidroeléctrico CHM pretende generar 544 MW a través de la regulación de los caudales del Río Napo abajo de su confluencia con el Río Mazán, a unos 80 km de la desembocadura del Napo en el Río Amazonas (Figura 3). Consiste de tres obras principales:

- Un canal de conducción ubicado en la localidad de Mazán que derivaría aproximadamente el 85% del caudal promedio (6000m^3/s) del Río Napo hacia el Amazonas para generar hasta 444 MW de electricidad aprovechando una diferencia estacional en los niveles de los dos ríos de hasta 7 m.
- Una represa de cerca de 500 m de largo y 17 m de alto a través del brazo principal del Río Napo ubicada aproximadamente 500 m río abajo de la confluencia con el Río Mazán que controlaría los niveles del agua en el sector y generaría 100 MW adicionales, y
- Un dique lateral de 11 km de largo en la margen izquierda del Río Napo arriba de la represa que controlaría la inundación lateral en ese lado del río, y que junto con las obras anteriores facilitaría el control de los niveles del río y la formación de un embalse estacional.
- Adicionalmente se desarrollaría un dique de aproximadamente 3 km en la margen derecha del río arriba de la confluencia con el Río Mazán, un línea de transmisión que conectaría las dos casas de máquinas propuestas con Iquitos, una esclusa en el lado izquierdo de la represa, un canal de peces en la margen derecha, carreteras asociadas, etc.

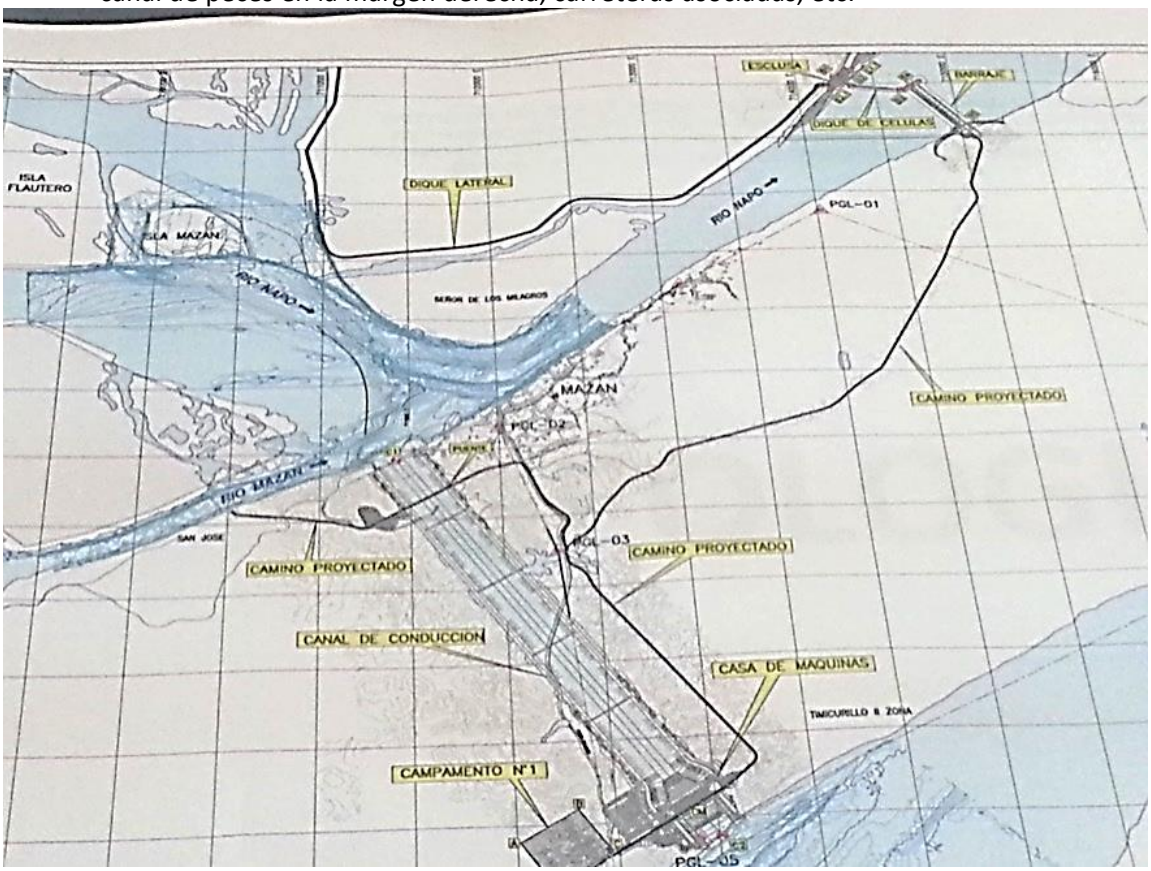


Figura 3. Plano de la CHM con las principales obras de infraestructura relacionadas. Fuente EIA.

El funcionamiento de la CHM dependería de la fluctuación natural de los niveles de los Ríos Napo y Amazonas, los mismos que tienes hidrogramas opuestos durante parte del ciclo anual. En este sentido durante las crecidas del Napo y cuando el Amazonas esté bajo la central tendría la capacidad máxima de producción de energía, mientras que durante las crecidas del Amazonas y el estiaje del Napo la capacidad de producción de la central sería mínima sino nula. Esto evidencia la necesidad de la formación de un embalse sobre los Ríos Napo y Mazán que mantenga la diferencia de nivel positiva con respecto al Río Amazonas, a pesar de que en el EIA de la CHM no se menciona que esto ocurriría. De igual manera no se describen los potenciales impactos de la formación de un embalse ni dela ruptura de la conectividad longitudinal del Río Napo sobre la biodiversidad. Un análisis detallado de esto se hace en las próximas secciones.

3.2 Impactos y medidas de mitigación identificados

3.2.1 Análisis de áreas de influencia

El AID de la CHM de acuerdo al EIA incluye solo el cauce de los Ríos Napo y Amazonas abajo de las obras de infraestructura propuestas hasta la confluencia de los dos. Deja de lado todos los ecosistemas acuáticos que están directamente conectados con los ríos, y no define un área de inundación potencial durante períodos de avenidas (Figura 4). El AII del mismo proyecto corresponde a un polígono alrededor del AID que atraviesa indiscriminadamente, sin ningún criterio aparente, áreas directamente conectadas al río (Figura 4). En este análisis, utilizando los criterios descritos en la primera sección (hidrológicos e hidrobiológicos) hemos redefinido estas áreas (Figuras 5 y 6). Como resultado del análisis la superficie de las áreas de influencia de la CHM cambió en varios órdenes de magnitud (Tabla 5).

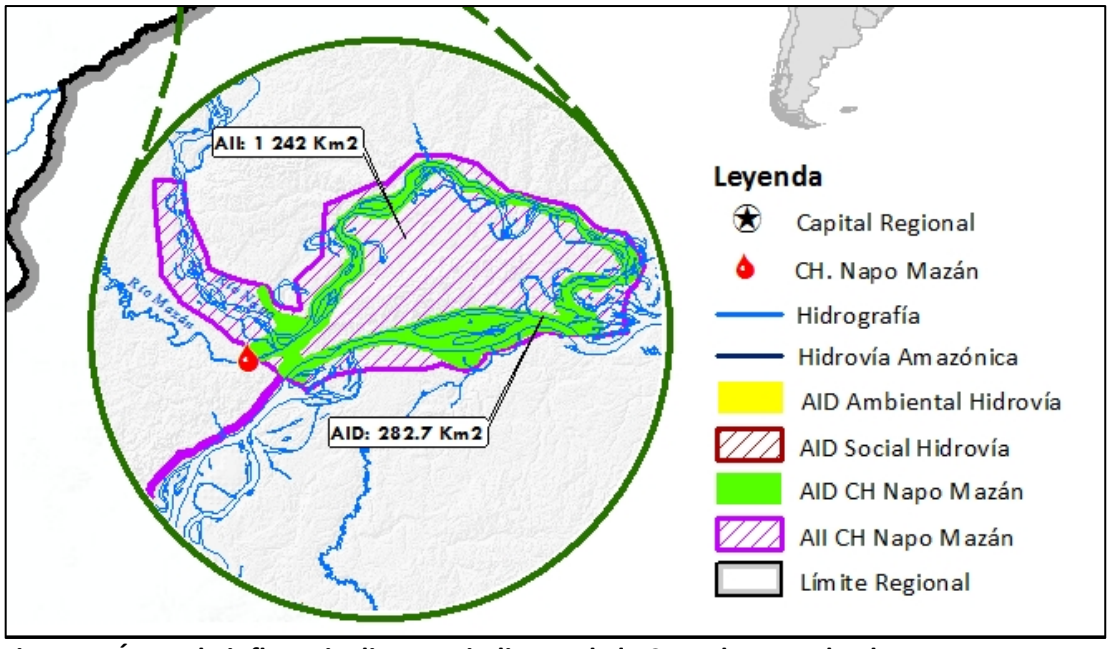


Figura 4. Áreas de influencia directa e indirecta de la CHM de acuerdo al EIA.

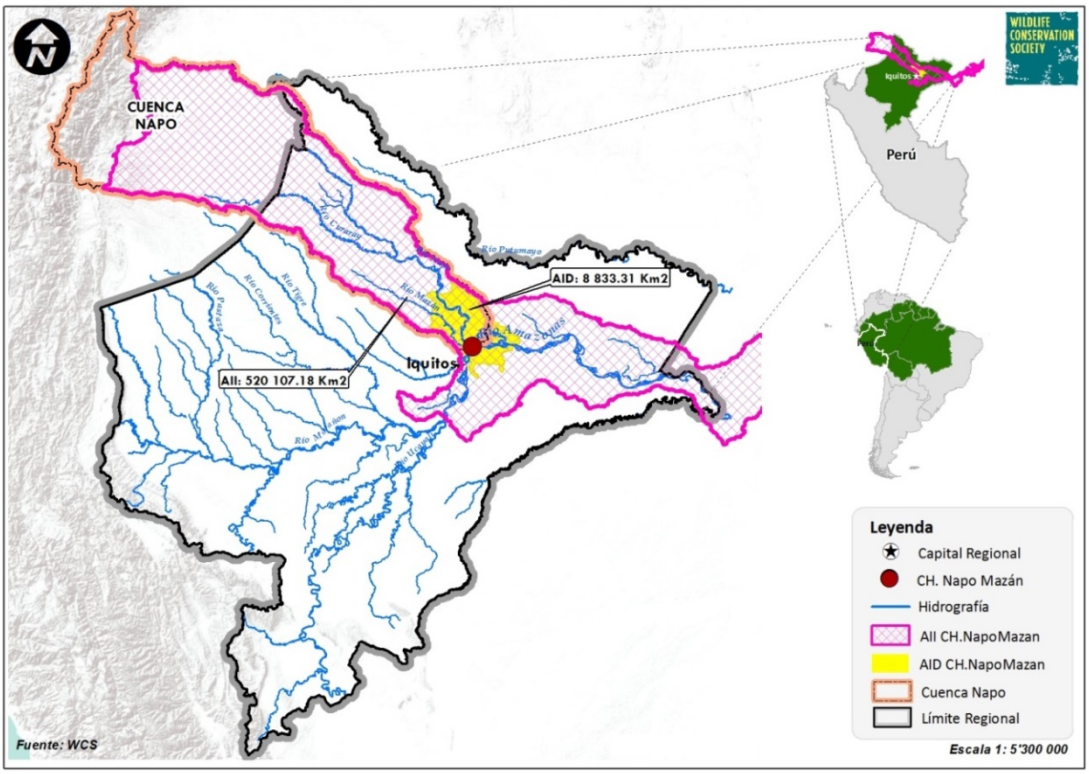


Figura 5. Áreas de influencia directa e indirecta (parcial) de la CHM basadas en los análisis de este estudio.

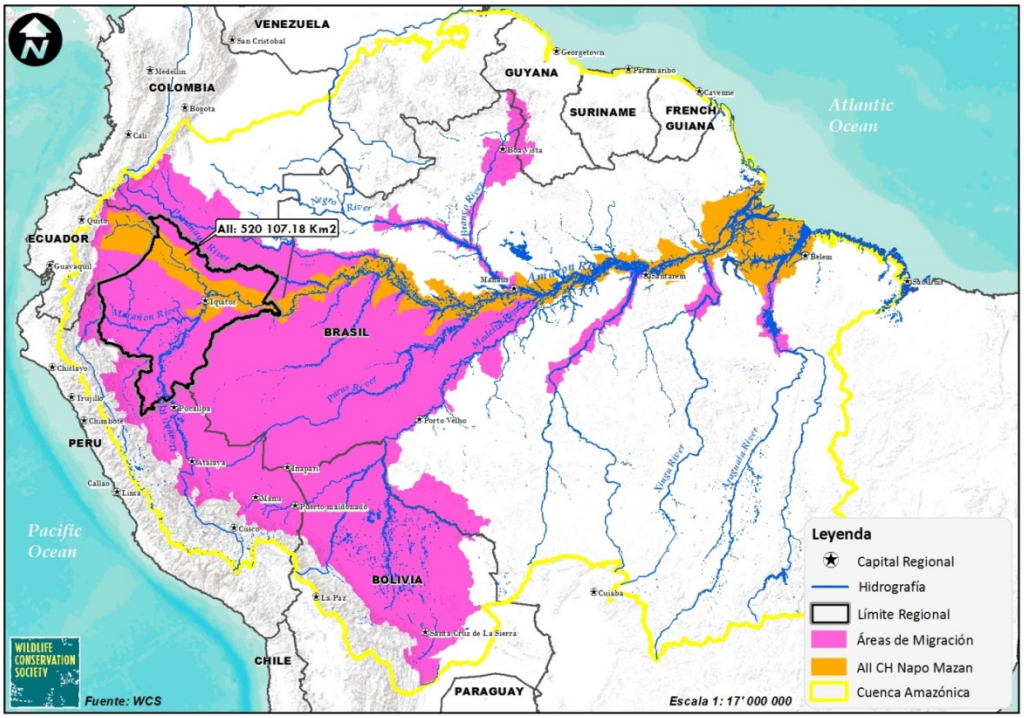


Figura 6. Área de influencia indirecta de la CHM basadas en análisis de conectividad hidrobiológica. Fuente WCS, proyecto SNAP

Tabla 1. Superficies de las áreas de influencia directa e indirecta de la CHM de acuerdo al EIA y al presente análisis.

	Área según EIA-EdF (Km^2)	Área según este estudio (Km^2)
AID	283	8833
AII	1242	520107

Este análisis nos ha permitido identificar con mayor precisión alguna de los elementos de la biodiversidad que podrían ser afectados por este proyecto. A manera de ejemplos se incluyen aquí los mapas de ecosistemas general y de humedales del AII de la CHM en de la región de Loreto (Figuras 7 y 8). Estos muestran la gran diversidad de ambientes que existen en la región y que de alguna forma podrían ser afectados por las actividades del proyecto. Estos mapas han sido producto del trabajo de WCS en los últimos dos años y se han realizado en el marco de otros proyectos; sin embargo, están siendo usados acá como un aporte importante de WCS a este proceso.

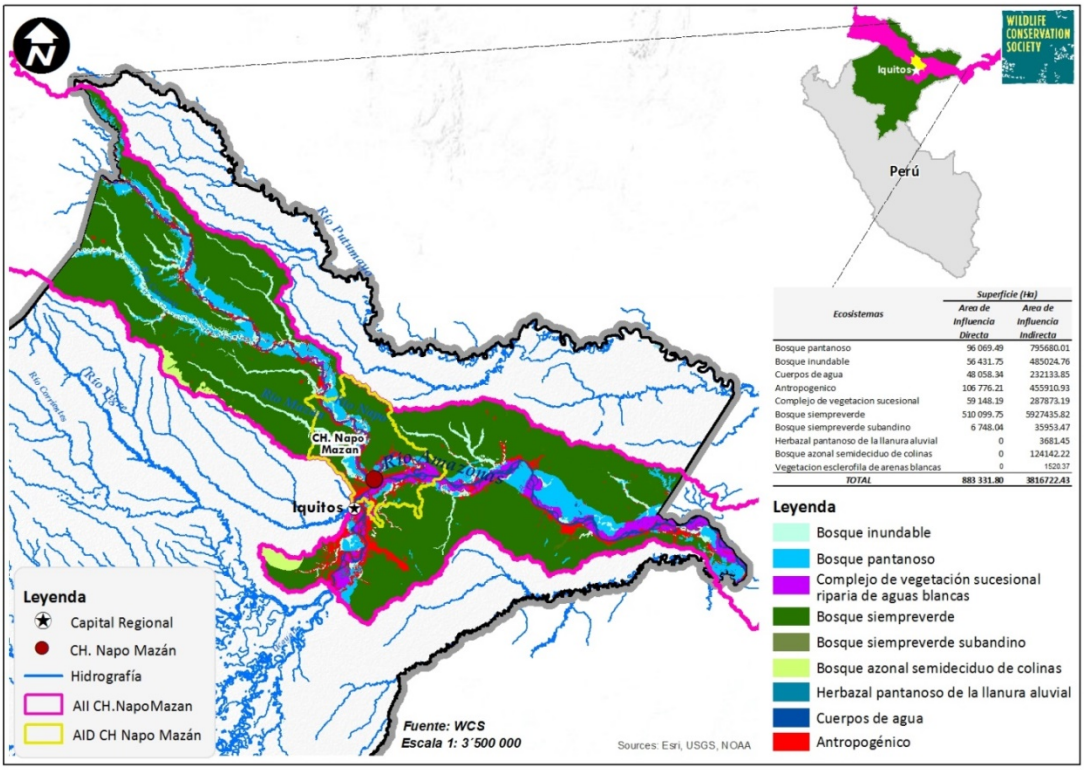


Figura 7. Mapa de ecosistemas del AII de la CHM dentro de la región de Loreto. Fuente WCS.

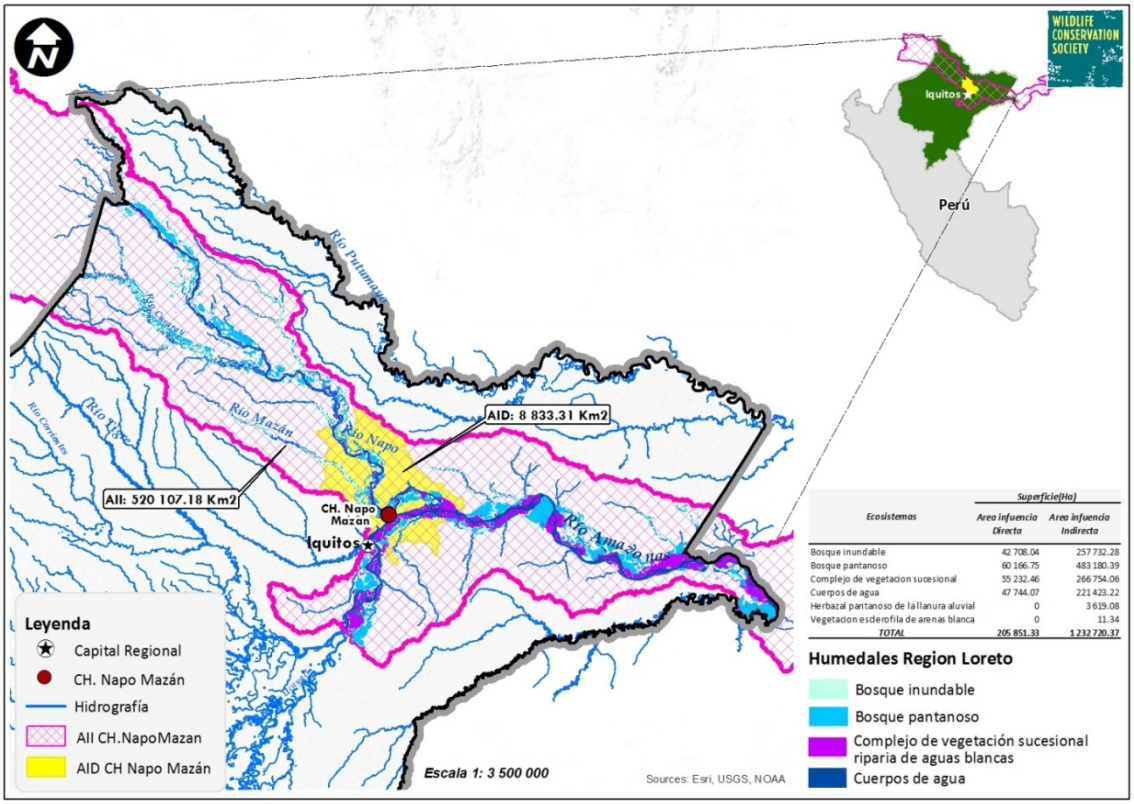


Figura 8. Mapa de humedales del AII de la CHM dentro de la región de Loreto. Fuente WCS.

Adicionalmente, la mejor identificación de las AID y AII de la CHM junto con el modelamiento del nivel máximo de la inundación que ocasionaría la represa durante períodos de avenidas facilitó la determinación del potencial embalse que se formaría aguas arriba de la represa durante estos episodios de inundación (Figura 9). Este ejercicio es muy útil puesto que nos permitió hacer estimaciones de las áreas que cambiarían su régimen de inundación arriba de la represa, con potencial incremento de la descomposición de la biomasa. En las siguientes secciones se describen los impactos potenciales con mayor detenimiento. De igual manera, el ejercicio fue realizado aguas abajo de las obras para entender el efecto inverso de la represa río abajo.

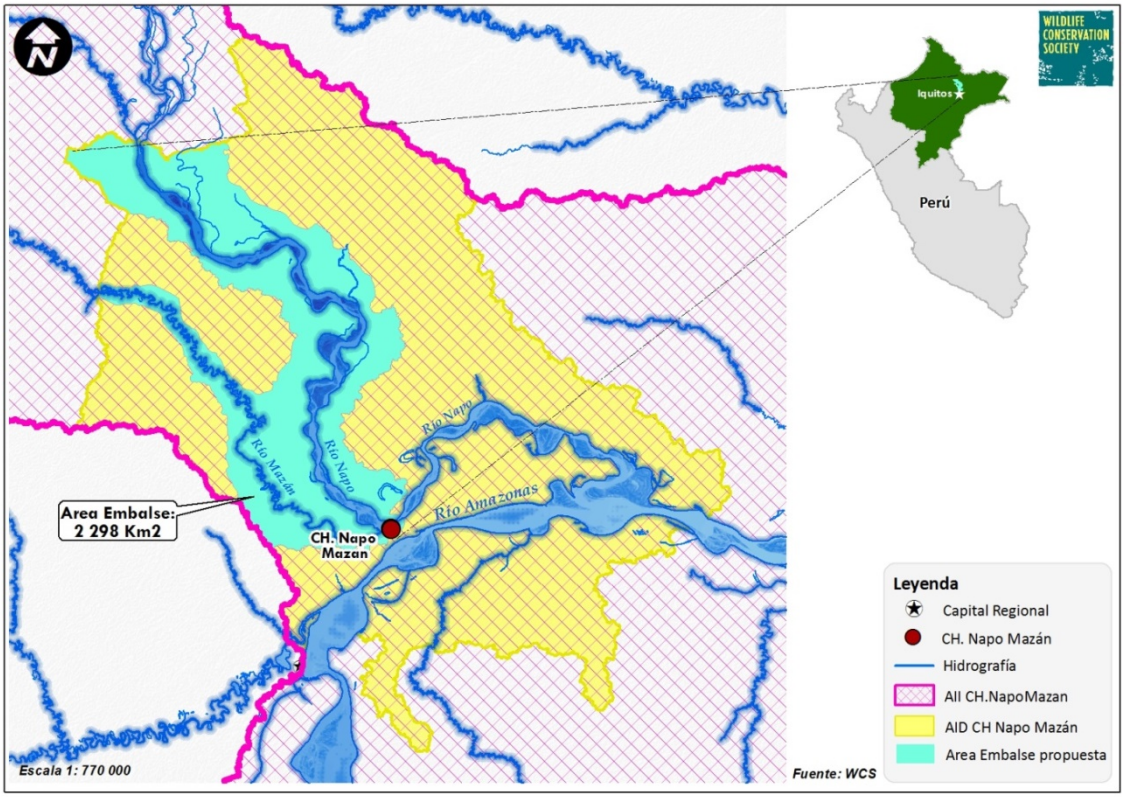


Figura 9. Embalse potencial y AID de la CHM. Fuente WCS.

3.2.2 Análisis de impactos ambientales

En este análisis se evalúan comparativamente los impactos ambientales definidos en el EIA de la CHM realizado por los consorcios LAE (2014) 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 & Castillo 2015) (Tabla 6). Estos criterios son representativos de los principales impactos ambientales directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos de los hidroproyectos, aunque debido a la naturaleza de los impactos existen interconexiones entre ellos (Figura 2). La identificación y cuantificación de estos impactos permite el análisis de impactos residuales netos de estos hidroproyectos, los cuales se analizan subsiguientemente.

Tabla 2. Análisis comparativo de los impactos ambientales directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos de los hidroproyectos CHM.

Criterios	Consideraciones basadas en este análisis	Del EIA
Impactos directos		
Regímenes hidrológicos de los ríos y sus planicies de inundación	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. 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^2 de ecosistemas inundables serían modificados.	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. 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.
Dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de los ríos	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. El aumento del caudal líquido y sólido 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.	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.
Conectividad hidrobiológica	La construcción de las obras sobre el río Napo disminuiría la conectividad hidrobiológica río arriba de la represa casi en su totalidad. Cerca de 83000 km^2 de los 520000 km^2 del AII 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 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.

Impactos indirectos		
Condiciones biogeoquímicas y ecosistémicas de los ecosistemas acuáticos	La represa sobre el río Napo tendría efectos sobre la acumulación de materia orgánica (MO), 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, 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 MO 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 con repercusiones en el ecosistema acuático. 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). 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 MO en los suelos antes anegados y por tanto la emisión de gases de efecto de invernadero (GEI).	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
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	La demanda de mano de obra para la construcción de la	El EIA de la CHM advierte que procesos de este tipo se

cambios en el uso del suelo	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 abajo de la represa.	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 podría generar CO_2 o CH_4 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 GEI. A su vez, los bosques de tierra firma, 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, MO y nutrientes y por tanto de procesos de eutrofización, crearían condiciones hipóxicas propicias para la generación de metano en el embalse.	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.
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. Por ejemplo el efecto de la cantidad de MO en el contenido de oxígeno disuelto en el agua y la interacción	El EIA de la CHM no hace mención sobre los potenciales impactos sinérgicos del proyecto.

	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.	
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.

3.2.3 Aplicación de la Jerarquía de la Mitigación

Se evaluó comparativamente la aplicación de la JdM en el EIA de la CHM durante el análisis de impactos identificados (Tabla 7).

Tabla 3. Análisis comparativo de la aplicación de la JdM durante este análisis y el EIA de la CHM.

Criterios	Medidas de mitigación basadas en este análisis	Del EIA
Impactos directos		
Regímenes hidrológicos de los ríos y sus planicies de inundación	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.	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.
Dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de los ríos	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	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.

	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.	
Conectividad hidrobiológica	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 algunas de las especies acuáticas a través de ambientes con condiciones más adecuadas para estas. A pesar de esto, las especies qué solo utilizan el cauce principal de los ríos no se beneficiarían de esta medida.	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. LamenTablamente, la eficacia de este tipo de estructura es muy baja, y más bien funcionan como trampas ecológicas para muchas especies (Pelicice & 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.
Impactos indirectos		
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	El EIA de la CHM no hace este análisis de impactos y por tanto no propone medidas para mitigarlos.

	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.	
Composición y distribución de las comunidades de organismos	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.
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	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.

	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.	
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.
Impactos sinérgicos y acumulativos		
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 (ej. 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,	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.

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.

3.3 Cálculo del impacto residual

3.3.1 Componentes de la biodiversidad identificados y priorizados para su inclusión en el cálculo de las pérdidas y ganancias de biodiversidad

El análisis de los impactos residuales de la CHM se basó en los análisis espaciales de las líneas de base ambiental de las áreas de influencia directa (AID) e indirecta (AII) del proyecto, 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 2015a), y iii) el **estado de protección legal** de dichos ecosistemas. Estos criterios permitieron definir los ecosistemas prioritarios a nivel regional antes del análisis del impacto residual. Los resultados anteriores se superpusieron a mapas de la **extensión de los impactos** (áreas de inundación y desecamiento artificial) ocasionados por las actividades de los proyectos, y posteriormente a una propuesta espacialmente explícita de medidas de mitigación, restauración y rehabilitación.

3.3.1.1 Caracterización de la biodiversidad, riesgo ambiental y estado de protección legal

a. Ecosistemas terrestres y cuerpos de agua lénticos

Las AID y AII de la CHM en Loreto incluyen 9 y 12 tipos de ecosistemas diferentes respectivamente (Tabla 8). 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 siempre verde 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 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 2015a), 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 9). 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 9). Cinco de los ecosistemas inundables presentes en las AID y AII son considerados prioritarios a nivel regional (con base en su abundancia relativa a nivel de la región, su estatus de protección legal, y su nivel de riesgo alto y muy alto a actividades antrópicas), y a pesar de ello sólo el 0.2 y 10% del AID y AII tienen algún estatus de protección legal (Tabla 8). Los valores de las variables anteriores fueron agrupados y categorizados de 1 a 5, siendo 5 mayor nivel de prioridad.

Tabla 4. 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 abundancia relativa, nivel de protección legal, y porcentaje de su superficie bajo riesgo ambiental elevado (categorías 4 y 5). Mayor nivel de prioridad para la conservación es 5 (más obscuro), 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 oeste de la Amazonía	inundable	219	0.02		100.0	116445	1.39	8.3	3.7	4
Bosque pantanoso 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	seco	516712	58.5	0.3	4.5	5948108	71.22	12	2.1	3

Amazonía										
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 pantanoso de la llanura aluvial de la alta Amazonía	inundable					13627	0.16	21.9	6.7	3
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 5. 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 8). 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 8).

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 8).

b. 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.

c. Carbono arriba del suelo

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 10). 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 semideciduo 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 6. 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 abundancia relativa, nivel de protección legal, y porcentaje de su superficie bajo riesgo ambiental elevado (categorías 4 y 5). Mayor nivel de prioridad para la conservación es 5 (más obscuro), 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	9.0	89.17	60.7	87.61	3

palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía					
Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía	59.5	116.31	689.7	116.59	3
TOTAL	**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 permitieron hacer un primer acercamiento al establecimiento de prioridades de conservación en las áreas de influencia. Además, facilitaron el análisis de los impactos de las obras y el cálculo del impacto residual que se describen a continuación.

3.3.1.2 Impactos ambientales y aplicación de medidas de mitigación

Con el fin de determinar la extensión de los impactos ambientales potenciales de la CHM y el impacto residual sobre la biodiversidad se cuantificó la superficie de los ecosistemas que serían afectados directamente por los cambios hidrológicos en el AID. A continuación, a manera de ejemplo se analiza espacialmente y comparativamente los impactos sobre los regímenes hidrológicos con y sin la aplicación de las medidas de mitigación consideradas para el análisis del impacto residual.

En términos generales dos tipos de impactos en el régimen hidrológico fueron 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 km^2 de nueve ecosistemas serían afectados por incrementos en la profundidad de la inundación, mientras que 807 km^2 pertenecientes a ocho ecosistemas se desecarían en cierto grado (Figura 10, Tabla 11). 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 10, Tabla 11). 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 2015a), respectivamente. Considerando esto al menos dentro de la AID de la CHM estos dos tipos de ecosistemas son prioritarios para la conservación.

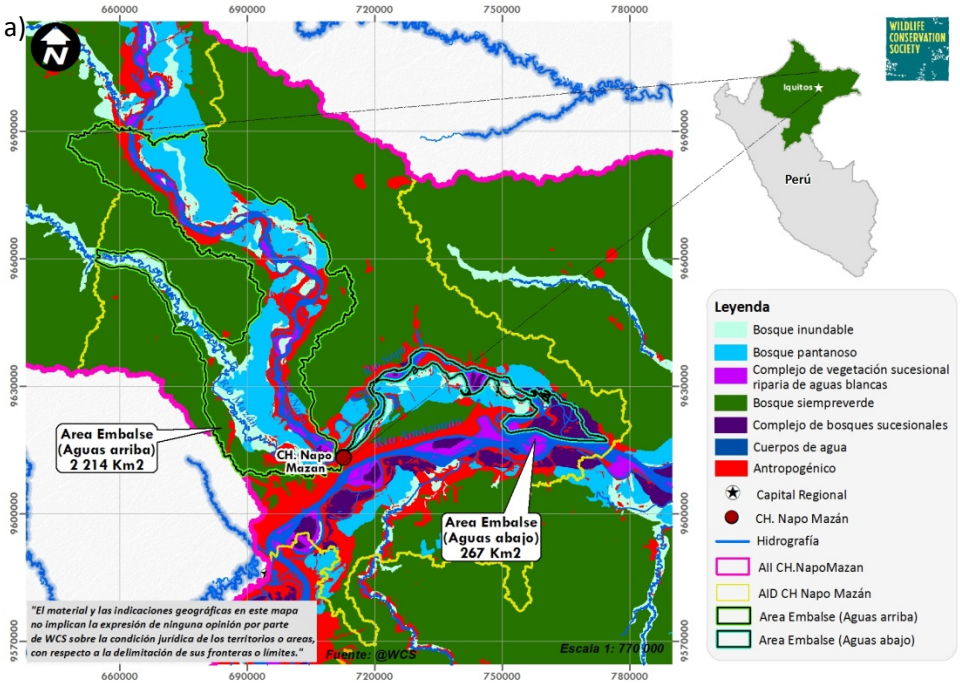
Si se aplicaran algunas de las medidas de mitigación listadas anteriormente y se mantuviera una cota máxima de inundación de 94 msnm arriba de la represa la superficie de ecosistemas que sería inundada alcanzaría a 750 km^2 y sería tres veces menor que la superficie máxima estimada a una cota de 97msnm (~2214 km^2). 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 km^2, un 22% menor al área estimada a una cota de 83 msnm (807 km^2) (Figura 10, Tabla 9). 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 11).

Tabla 7. 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 abundancia relativa, nivel de protección legal, y porcentaje de su superficie bajo riesgo ambiental elevado (categorías 4 y 5). Mayor nivel de prioridad para la conservación es 5 (más obscuro), 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 de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas de oeste de la Amazonía	1845	3254	5141	13488	4
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	2004	2482	2050	4060	5

vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía					
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	1367	181	3783	180	4
Total	63100	74952	80709	221378	

a)



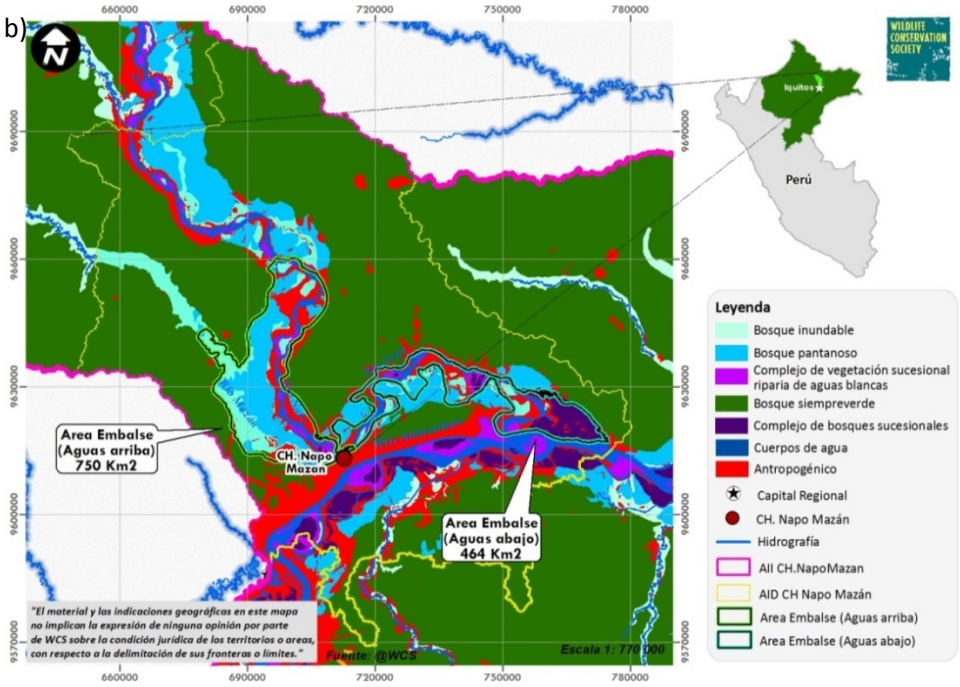


Figura 10. Potenciales embalses que se formaría río arriba y abajo de la CHM en la cota máxima de 97 msnm (a) y 94 msnm (b). El embalse inferior corresponde al área de las planicies inundables que mantendrían conectividad hidrológica con el río.

Para el cálculo del INR se describen más los impactos sobre otros componentes de los ambientes estudiados, aunque no se hicieron análisis espaciales detallados para los mismos.

3.3.2 Métricas utilizadas para cuantificar los elementos prioritarios de la biodiversidad

Por razones prácticas se siguió un orden jerárquico de análisis y se asumió que los niveles macro de biodiversidad (ej. ecosistemas) son representativos de los niveles de diversidad de organismos o especies. Así, al cuantificar la alteración de un ecosistema por actividades relacionadas a la CHM se determinó cuánto de ese ecosistema u otro semejante tenía que ser conservado para minimizar o compensar la pérdida de biodiversidad en general.

La cuantificación de los elementos macros de la biodiversidad (ej. ecosistemas, hábitats) superpuesta a indicadores de los servicios ecosistémicos y de la distribución de especies paisaje facilitó el desarrollo de medidas de mitigación, el cálculo del INR, y la definición de equivalencias de biodiversidad. Debido a la naturaleza acuática de la CHM mayor énfasis se dio a la cuantificación de la diversidad de ecosistemas y especies acuáticas.

A nivel de ecosistemas la evaluación de los humedales, cuerpos de agua lénticos y lóticos fue un paso inicial en la caracterización y cuantificación de la biodiversidad. Entre las métricas espacialmente explícitas utilizadas estuvieron:

- La extensión o superficie de los ecosistemas en diferentes estados de conservación
- La longitud de ríos o ecosistemas lóticos en cuencas y o áreas de influencia bajo diferentes estados de conservación

Estas métricas fueron medidas usando mapas de ecosistemas superpuestos a mapas de riesgo ambiental como indicador de su estado de conservación (categorizados de 1 o menor riesgo a 5 o mayor riesgo). Los ecosistemas fueron medidos en hectáreas y kilómetros cuadrados bajo diferentes nivel de riesgo (ej. ha de ecosistema 1 x estado 5 o prístino o bajo riesgo), y para el caso de ecosistemas lóticos de menor orden (como los afluentes de grandes ríos como el Napo) se estimó la longitud de los mismos dentro de las áreas de influencia directa e indirecta de las obras.

Un segundo nivel de análisis fue la cuantificación de los servicios ecosistémicos basado en el contenido de carbono arriba del suelo, el mismo que fue estimado en Mg de C por ha. cLamentablemente aún no se conoce lo suficiente sobre el contenido de carbono bajo el suelo de los humedales, por lo que se utilizó información sobre el carbono arriba del suelo estandarizada para el Perú.

A nivel de especies y poblaciones la métrica utilizada estuvo basadas en modelos de idoneidad de hábitat son, específicamente la distribución de especies de peces migratorios de escamas y del dorado, uno de los grandes migratorios sin escamas, ya que los dos grupos de peces ocupan hábitats distintos y complementarios durante diferentes épocas del año.

3.3.3 Período de tiempo utilizado para medir las pérdidas y ganancias de biodiversidad

El impacto de una obra de infraestructura como la CHM ocurre en varias etapas. Una etapa inicial de impactos intensos y puntuales durante el período de construcción de las obras, seguido de una serie de impactos más extensos y menos intensos (no necesariamente de menor magnitud) que se pueden extenderse durante todo el período de funcionamiento de la misma. Finalmente, una etapa en la que los impactos puedan volver a ser intensos y de duración indeterminada durante el período de desmantelamiento. Para el caso de la CHM, a pesar de que su vida útil sería de aproximadamente 50 años, es recomendable un período de monitoreo y análisis de impactos que dure al menos estas tres etapas, y probablemente indefinidamente dependiendo de la magnitud de los impactos de esta obra.

3.3.4 Escenario de referencia utilizado para evaluar las pérdidas y ganancias de biodiversidad debido al proyecto

Existen dos escenarios de referencia potenciales para la CHM, un futuro estático o un futuro dinámico. En el primer caso se asume que las condiciones socioeconómicas, y ambientales serían relativamente similares, mientras que en el segundo se reconoce que habrían cambios y que las condiciones ambientales serían diferentes. Este último también reconoce que otros factores podrían influir en la pérdida o ganancia de biodiversidad. A pesar de que el escenario dinámico parezca más realista y adjudique también los impactos ambientales a otras actividades adicionales al proyecto, la naturaleza incierta del futuro y de los impactos de esta obra (así como el efecto acumulativo y sinérgico con varias actividades) hace que sean recomendable mantener una postura conservadora frente a los impactos y a las medidas de compensación a tomarse. En ese sentido para proyectos que manejan niveles de incertidumbre altos y que pueden ocasionar impactos severos, como es el caso de la CHM, es recomendable utilizar un escenario de referencia estático.

Para los fines de la compensación este escenario estático debe ser visto como un escenario optimista enfocado más a las metas de conservación y ganancias de biodiversidad que en las pérdidas de la misma. Sin embrago, a la vez se deben desarrollar estrategias de conservación basadas en modelaciones ambientales y socioeconómicas que permitan contrarrestar los efectos de posibles amenazas de otras actividades humanas y riesgos naturales.

3.3.5 Impactos residuales sobre la biodiversidad

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 (detalles en la tabla 12). 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 JdM, 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. Del mismo modo la superficie de las áreas de compensación de estos últimos ecosistemas podría ser muy extensa.

Debido a que la perdida 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 laguna (cocha) en la planicie de inundación ubicada al norte del sector donde se desarrollarían las obras, así como la revisión de las obras que se desarrollarían (ej. solo el canal de conducción, una represa parcial, diques laterales incompletos, etc.). 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.

Tabla 8. Descripción de impactos ambientales iniciales y residuales luego de la aplicación de la JdM 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
Regímenes hidrológicos de los ríos y los ecosistemas asociados	*Formación de un embalse máximo hasta la cota de 97msnsm* ***3512 km² total de ecosistemas terrestres (ET) y cuerpos de agua en las cuencas del Napo y del Amazonas con cambios hidrológicos:*** -2947 km² de 9 ET inundados (2214 km² en el Napo, 733 km² en el Amazonas) -807 km² de 8 ET con disminución de nivel de agua ***2946 km de ríos con cambio hidrológico:*** 2563 km de ríos con incremento del nivel del agua 384 km de ríos con disminución de nivel del agua	Caudal ecológico del 30-50% Simulación de pulsos naturales de inundación	*Formación de un embalse máximo hasta la cota de 94msnsm* ***1853 km² de ecosistemas terrestres (ET) y cuerpos de agua las cuencas del Napo y del Amazonas con cambios hidrológicos:*** -1222 km² de 9 ET inundados (750 km² en el Napo, 473km² en el Amazonas) -631 km² de 8 ET con disminución de nivel de agua ***1670 km de ríos con cambio hidrológico:*** 1297 km de ríos con incremento del nivel del agua 373 km de ríos con disminución de nivel del agua	>1853 km² de ecosistemas terrestres y cuerpos de agua lénticos (ver detalles de ecosistemas en columna anterior) >1670 km de ríos (ver detalle de ecosistemas en columna anterior)

	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 ***302 km^2 de ecosistemas prioritarios con potencial cambio hidrológico:*** -186 km^2 de bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas de oeste de la Amazonía -40 km^2 de complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía -61 km^2 de complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía -16 km^2 de cuerpos de agua lénticos	~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 ***112 km^2 de ecosistemas prioritarios con potencial cambio hidrológico:*** -60 km^2 de bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas de oeste de la Amazonía -16 km^2 de complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía -25 km^2 de complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía -9.3 km^2 de cuerpos de agua lénticos	>112 km^2 de ecosistemas prioritarios (ver detalle de ecosistemas en columna anterior)

Dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de los ríos	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
Conectividad hidrobiológica	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

3.4 Plan de compensación para compensar las pérdidas de biodiversidad

3.4.1 Portafolio de sitios y medidas de compensación

Anteriormente se determinó hipotéticamente que la reducción de la cota máxima de la represa de la CHM de 97 a 94 msnm disminuiría en cerca de un 50% la superficie de los ecosistemas que serían afectados por cambios hidrológicos, de 3512 a 1853 km^2. De estos últimos, 112 km^2 corresponden a ecosistemas prioritarios, es decir son altamente amenazados y tienen poca representatividad en el sistema de áreas protegidas del país. Igualmente, varios de estos ecosistemas corresponden a zonas de mayor actividad humana y tienen un nivel alto de alteración, por lo que las medidas de compensación necesarias deben considerar este aspecto. Además, dentro de los 1853 km^2 de superficie a ser afectada existen cerca de 1700 km de ecosistemas fluviales y aproximadamente 13 Tg de carbono almacenado arriba del suelo que también serían perturbados (Figura 11).

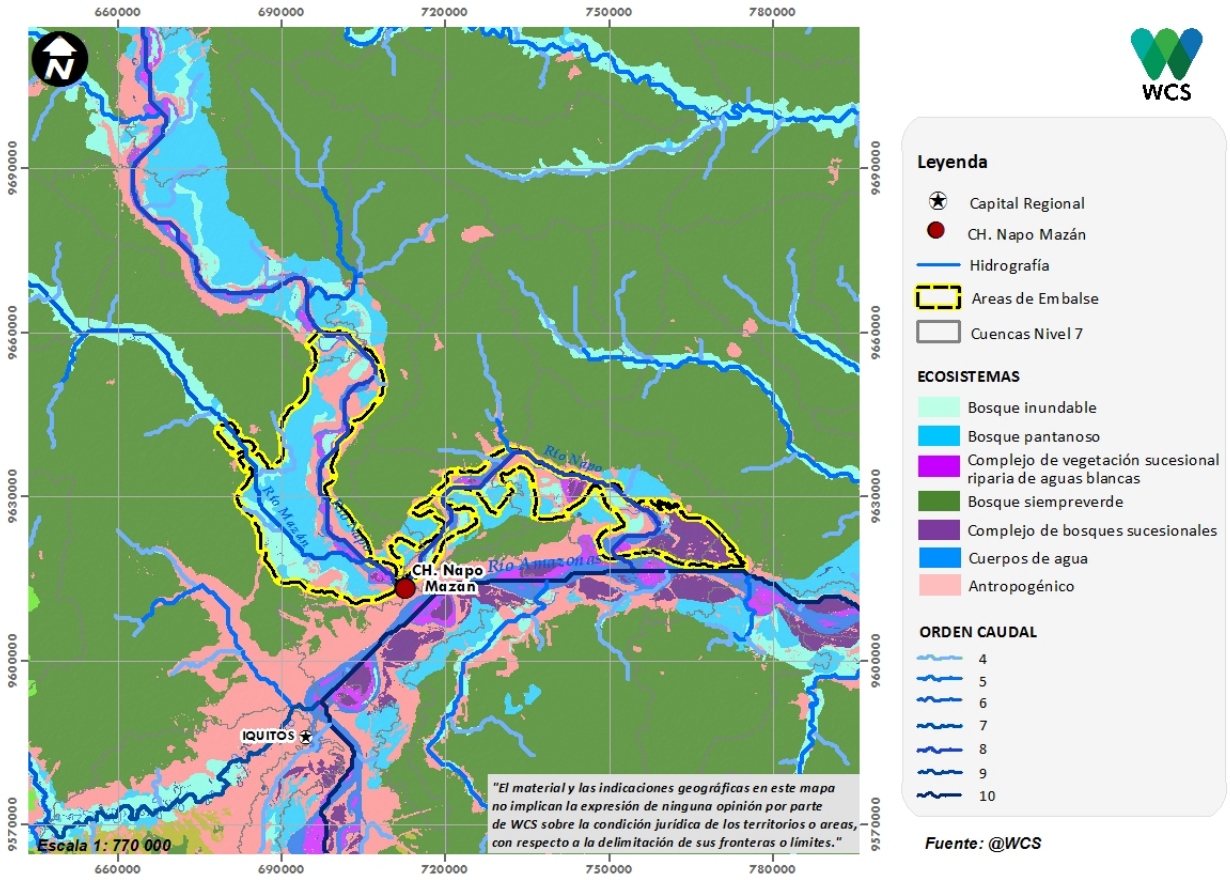


Figura 11. Ecosistemas terrestres y acuáticos, y áreas de cambio hidrológico en los ríos Napo y Mazán debido a la CHM delimitadas por las líneas moradas (incremento dela inundación) y lacre (decrecimiento de la inundación).

Así, para compensar estos ecosistemas y servicios sería necesario identificar y aplicar **medidas de conservación y o manejo** en al menos una superficie similar o igual que tenga condiciones semejantes o mejores y que incluya los mismos ecosistemas o ambientes más prioritarios, y los servicios ecosistémicos a ser afectados. Entre las medidas de compensación propuestas están el identificar y conservar/restaurar al menos 112 km^2 de ecosistemas prioritarios en el mejor estado de conservación

que no serían afectados por cambios hidrológicos dentro de la AID o AII de la CHM. Sin embargo, debido a que la extensión del área de impacto directo es mayor (~1900 km^2) y afecta a otros ecosistemas que son menos prioritarios, una segunda acción potencial sería identificar y añadir hasta 1740 km^2 de ecosistemas prioritarios dentro del AID o AII de la CHM a un sistema de conservación o manejo. De existir una superficie menor de ecosistemas prioritarios, la superficie restante debería ser compensada con otros sistemas equivalentes, en diversidad y estado, a los afectados directamente por las actividades del proyecto.

Alternativamente, la compensación se podría hacer con ecosistemas equivalentes a los que serían directamente afectados, para lo cual sería necesario determinar la superficie de cada ecosistema bajo diferentes estados de conservación. A la par, 1700 km de ecosistemas fluviales que serían modificados deberían ser compensados con trechos semejantes en áreas sin modificaciones hidrológicas y geomorfológicas. Esto siempre y cuando los impactos en la conectividad hidrobiológica no invaliden la viabilidad ambiental del proyecto. Estos ambientes están superpuestos a los ecosistemas terrestres, por lo que un análisis de los objetos de conservación al nivel de cuencas sería inclusivo de los dos.

Por otro lado, para garantizar la adicionalidad de estas acciones, puesto que las áreas de compensación equivalentes no necesariamente tienen la misma probabilidad de riesgo y o conservación que las áreas a ser compensadas, se debería considerar la aplicación de las medidas en un área mayor a la que sería impactada, así como asegurar que la compensación se dé durante todo el ciclo del proyecto (~50 años). Para que estas acciones sean posibles sería necesario contar con un sistema de catastro y monitoreo espacial (ej. utilizando hexágonos como unidades de información y análisis, y cuencas como unidades de análisis y manejo) que permita cuantificar e identificar los diferentes ecosistemas en diversos estados de conservación, tanto los que serían impactados por el proyecto como los que servirían para su compensación. Igualmente, es recomendable compaginar la compensación de los ecosistemas y de sus servicios con una estrategia de conservación regional de tal manera que complementen otras acciones de conservación y o manejo de los recursos naturales de la región.

Debido a que gran parte de los ecosistemas prioritarios tienen un alto nivel de intervención y son ecosistemas tradicionalmente modificados por las poblaciones locales el sistema de manejo más idóneo que garantice su conservación es la aplicación de diversas prácticas tradicionales de manejo mejoradas para las necesidades actuales de las poblaciones que ocupan o utilizan esos ecosistemas. Estas prácticas deben estar estrechamente relacionadas a sistemas de mercado y de transporte que garanticen su sostenibilidad. Deben mejorar la calidad del ambiente (por ejemplo a través de la reforestación de áreas degradadas o la recuperación de la ambientes susceptibles a ser modificados por disturbios naturales y antrópicos), facilitar el reclutamiento de las especies y aumentar la diversidad y por tanto la salud y resiliencia de los ecosistemas. Entre algunos ejemplos están la implementación de sistemas agroforestales que combinen productos de subsistencia con productos comercializables apetecidos en los mercados locales e internacionales (incluidos productos maderables y no maderables), la reforestación o enriquecimiento de tierras degradadas con plantas de crecimiento rápido y que mejoren la calidad del suelo, la conservación y o restauración de las riberas de los ríos y otros cuerpos de agua, la aplicación de prácticas de manejo no destructivas de bosques de producción, etc.

Estas áreas de manejo deben estar complementadas con áreas de conservación comunitarias y regionales que compensen las áreas en mejor estado de conservación que serían afectadas por el proyecto. Igualmente, deben ser representativas de las áreas que serían impactadas y deben cumplir con las reglas de adicionalidad, los planes de monitoreo, y las estrategias regionales de conservación. Diferentes grados de intangibilidad se deberían aplicar en estas áreas de conservación, y se deberían

implementar planes de manejo de las áreas de amortiguamiento a definirse. A la par de estas medidas de restauración y conservación en las áreas de compensación, medidas de mitigación durante las diferentes fases del proyecto deberían aplicarse en las áreas de impacto directo e indirecto. Debido al nivel de incertidumbre de los impactos del proyecto y de los riesgos de otras actividades es recomendable incluir un escenario de deforestación pesimista en estos planes de compensación, y por tanto aplicar medidas anticipadas que eviten y minimicen este escenario.

En las figuras 12 y 13 se superponen los impactos netos de las actividades propuestas (representados por los cambios hidrológicos hipotéticos) por la CHM luego de la aplicación de algunas de las medidas de mitigación sugeridas a los potenciales objetos de conservación (a nivel de cuencas y hexágonos) basados en escenarios de costo ambiental actual y futuro definidos por WCS (2015b) que podrían ser utilizados para la compensación de los ecosistemas y servicios que serían afectados por las actividades del proyecto. En la Tabla 13 se detalla el costo ambiental del INR de la CHM bajo el escenario actual de riesgo ambiental del portafolio de sitios de conservación de Loreto para una superficie mínima de CA (soluciones o hexágonos). En rojo se resalta la superficie de ecosistemas prioritarios que servirían para la CA.

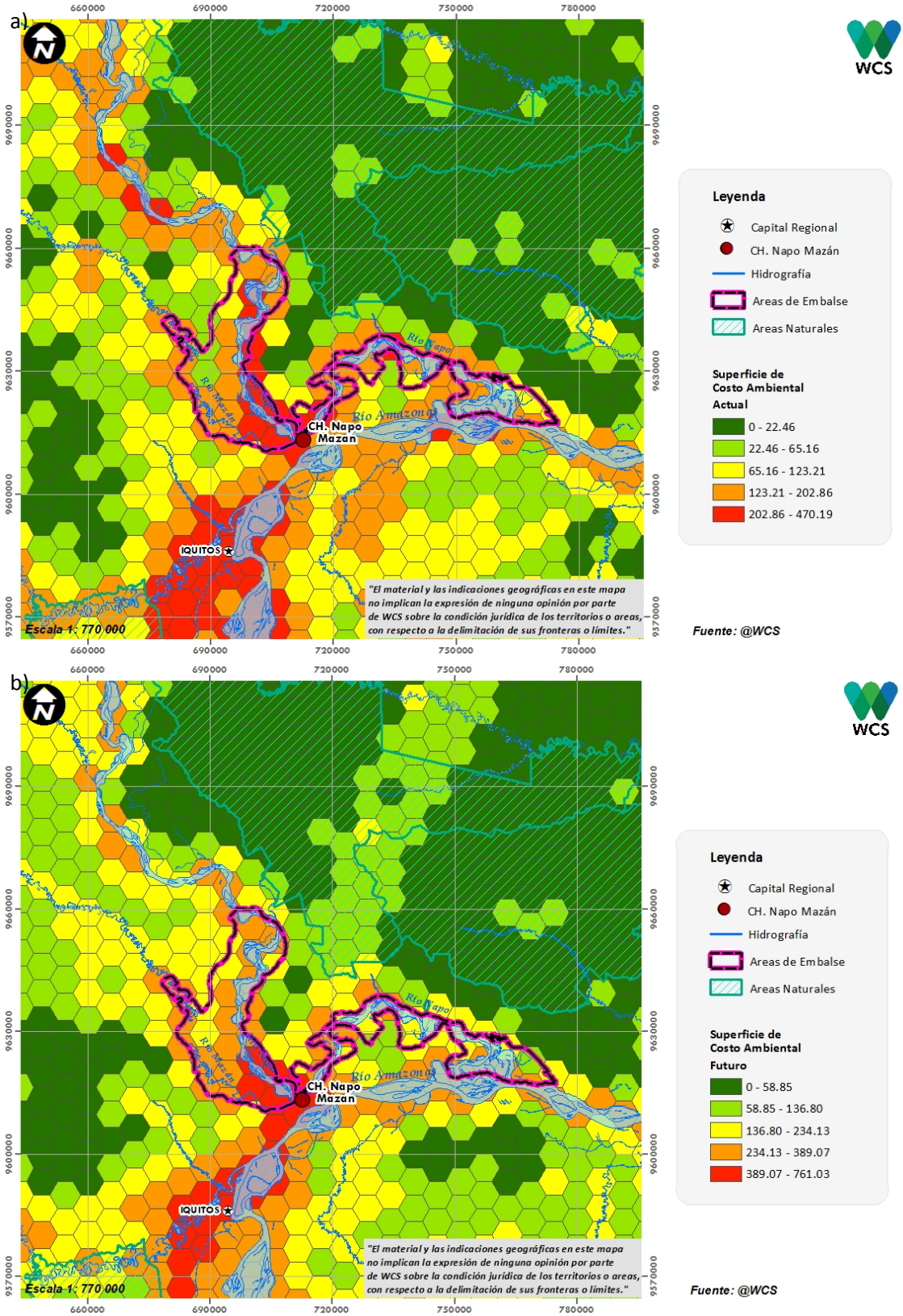


Figura 12. Portafolio de sitios potenciales para la conservación a) actual y b) futuro superpuesto a las áreas de cambio hidrológico que ocasionaría la CHM.

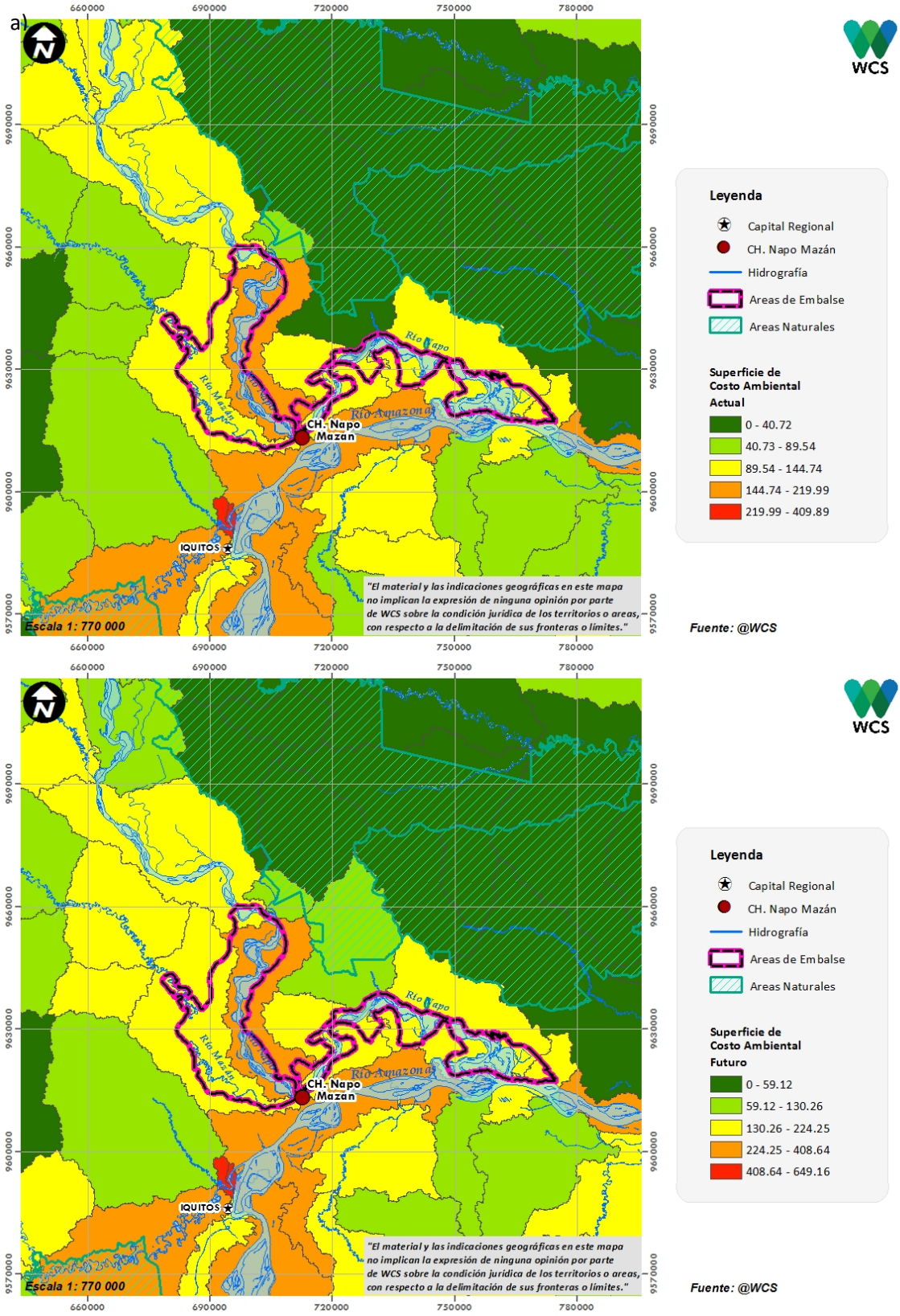


Figura 13. Portafolio de sitios potenciales para la conservación a nivel de cuencas, a) actual y b) futuro, superpuesto a las áreas de cambio hidrológico que ocasionaría la CHM.

Tabla 9. Costo ambiental del INR de la CHM bajo el escenario actual de riesgo ambiental del portafolio de sitios de conservación de Loreto y estimación de la superficie mínima de compensación ambiental (soluciones o hexágonos). En rojo se resaltan los ecosistemas prioritarios.

Ecosistema	Total de costo ambiental	Costo ambiental promedio	Número de hexágonos bajo protección	Número de mejores soluciones	Suma de mejores soluciones en ha
Áreas antrópicas	10530.2	159.5	66	26	63124.2
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía	3881.7	176.4	22	10	8977.5
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	2313.5	154.2	15	0	14857.2
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	7792.2	152.8	51	13	50420.4
Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía	5039.1	120.0	42	18	70604.4
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	1301.6	162.7	8	4	6865.7
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	3875.2	215.3	18	6	5835.9
Cuerpos de Agua	2831.8	166.6	17	5	1461.8
Rios Principales	6936.9	204.0	34	15	22509.4
Total	44502.2	163.0	273	97	244656.4

Debido a la magnitud del impacto de las obras propuestas sobre la conectividad hidrológica longitudinal del Río Napo, y por lo tanto sobre la conectividad hidrobiológica (Figura 14), este impacto no podría ser compensado. En este sentido, la aplicación de la JdM se centraría principalmente en las etapas de evitación y mitigación, lo cual es posible luego de evaluar las alternativas de ingeniería sugeridas durante el análisis del impacto residual. Para facilitar la efectividad de las medidas de mitigación propuestas sería necesario propiciar la conservación y/o el manejo de los hábitats acuáticos críticos e indispensables para las especies migratorias, como son los ambientes de reproducción, alimentación y descanso (i.e. lagunas o cochas, áreas de mezcla de aguas negras y aguas blancas, etc.). En estas áreas un manejo controlado de la pesca y tal vez su restricción en algunos sectores sería necesario, con el fin de fomentar la migración de las especies que podría ser limitada de alguna manera a pesar de las medidas de mitigación. El establecimiento de áreas protegidas comunales y/o regionales y la inclusión de sectores de uso restringido dentro de su territorio, como se ha hecho con éxito en el área protegida regional Tamshiyacu-Tahuayo y en otras regiones de Perú (Anderson et al. 2009; Bodmer et al. 1994; McDaniel 1997; Montoya & Young 2013), sería fundamental para la facilitación de los procesos de migración de fauna acuática en la región.

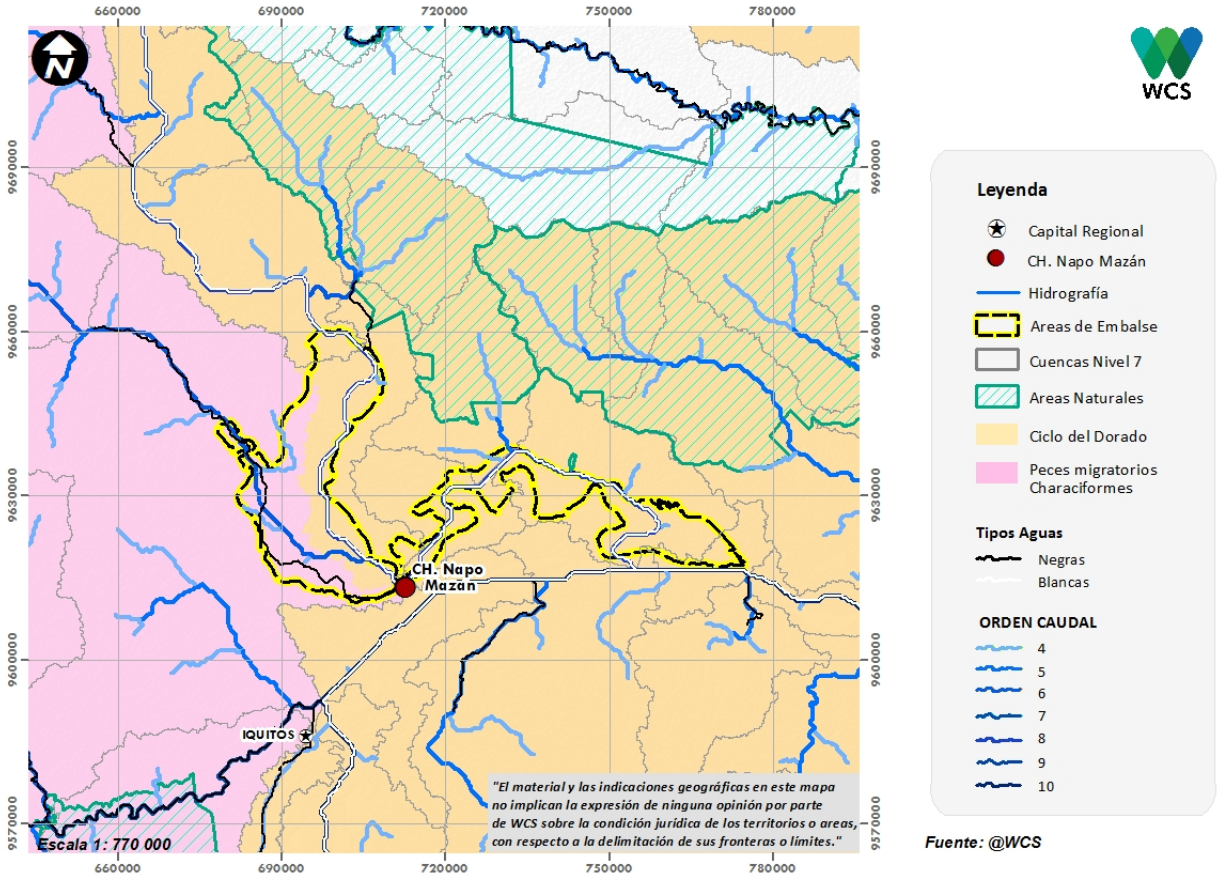


Figura 14. Áreas de migración de peces superpuesta a áreas de cambio hidrológico en los ríos Napo y Mazán. En amarillo se representa el área de migración del Dorado (Brachyplatystoma rousseauxii) y en lila de los migratorios de escamas como el Boquichico *(Prochilodus nigricans)*

3.4.2 Ganancias teóricas identificadas en los sitios potenciales de compensación

Con el fin de evaluar y monitorear la eficacia de los mecanismos de CA es necesario utilizar varios grupos de variables ambientales/biológicas indicadores de los cambios en los diferentes niveles y componentes de la biodiversidad que serían impactados y/o compensados. Entre los grupos de variables recomendadas para evaluar esto se encuentran la cobertura de la vegetación, el carbono arriba del suelo, la composición de la fauna terrestre y la vegetación, y la estructura de las poblaciones de la fauna acuática. En el contexto de este ejercicio se analiza la cobertura vegetal de los ecosistemas asumiendo que el nivel del riesgo es un indicador de su estado de conservación o alteración. Igualmente se han hecho análisis del contenido de carbono arriba del suelo de los ecosistemas y se han relacionado a su estado definido de la forma mencionada líneas arriba. Estas y otras variables a utilizar tienen que ser superpuestas a las unidades de análisis definidas (hexágonos en este caso).

Esto último requiere de un sistema de información espacial establecido que intercepte cualquier combinación de variables por unidad de análisis y que permita cuantificar estas unidades en términos de dichas variables. A su vez debe permitir la búsqueda de condiciones semejantes entre un universo de unidades a las de un set determinado de estas. Debido a que al momento del análisis no se tenía este sistema completamente establecido para fines de la ejemplificación de la cuantificación de las pérdidas y ganancias de biodiversidad se utilizó la extensión de los ecosistemas dentro de las unidades de análisis

para estimar las áreas de impacto y las áreas equivalentes potenciales para la compensación. En la Tabla 14, se da un ejemplo de esta cuantificación de ganancias independiente del estado de conservación (equivalente al 77% de las áreas de impacto luego de la aplicación de la JdM). Sin embargo, cabe mencionar que las unidades potenciales para la compensación fueron seleccionadas visualmente en base a los criterios de equivalencia tanto a nivel de tipo y estado del hábitat como a cercanía, y enfatizando la conectividad de las mismas y con otros elementos de los ecosistemas y de áreas de conservación. Es necesario indicar que la compensación a nivel de los ecosistemas fluviales descrita en la tabla 14 es solamente indicativa y no refleja la realidad de los impactos a nivel de conectividad de este tipo de ecosistemas y su fauna.

Tabla 10. INR después de la aplicación de la JdM, área mínima de compensación y ganancia mínima de biodiversidad por ecosistema. En rojo se resaltan los ecosistemas prioritarios.

Ecosistema	INR después de JdM en ha	Área mínima de compensación en ha	Ganancia mínima en ha
Áreas antrópicas	58842.8	63124.2	4281.3
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía	5098.5	8977.5	3879.0
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	12924	14857.2	1933.2
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	45534.1	50420.4	4886.2
Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía	1154	70604.4	69450.4
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	1547.7	6865.7	5318.0
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	4485.9	5835.9	1350.0
Cuerpos de Agua	93.3	1461.8	1368.4
Ríos Principales	8372	22509.4	14137.4
Total	129680.5	244656.4	106603.9

3.4.3 Sitios potenciales de compensación para alcanzar Pérdida Neta Cero

Los planes de compensación ambiental de la CHM fueron basados en el análisis de los portafolios (actual y futuro) de sitios potenciales para la conservación desarrollados por WCS (2015b) y en el análisis del impacto residual de las obras (Celi 2015a) (Tabla 12). Estos escenarios consideran el costo ambiental presente y futuro para conservar los objetos, pero a la vez incluye los criterios de equivalencia, cercanía, superficie y adicionalidad. En la figura 15 se muestra las áreas potenciales para la compensación de los impactos netos residuales de la CHM determinada de acuerdo a estos criterios. Los hexágonos negros se superponen a los objetos que servirían para compensar las pérdidas netas de hábitats y servicios ecosistémicos por cambios en su régimen hidrológico, mientras que los hexágonos morados representan cuencas hidrográficas que requerirían manejo especial para minimizar los impactos a largo plazo de la CHM. Los colores de las cuencas y hexágonos adicionales representan su costo ambiental, siendo verde el menor costo y rojo el mayor.

El escenario más adecuado de compensación considera el portafolio de sitios actuales que incluye 8 de los ecosistemas que serían afectados por los cambios hidrológicos (en el escenario futuro dos ecosistemas prioritarios no serían considerados en los planes de compensación) (Tabla 15). Además, considera la conservación y/o manejo integrado de las cuencas dentro de las cuales están los sitios de compensación con el fin de mejorar la calidad ambiental de los sitios que serían degradados por el proyecto y a la vez garantizar la ganancias netas de biodiversidad (Tablas 15 y 16). La propuesta también considera la conectividad de las áreas de compensación con las áreas de conservación regional Maijuna-Kichwa y Ampiyacu-Apayacu indicadas en celeste en la figura 15, y podría complementarse con planes de compensación de otros grandes proyectos en la región.

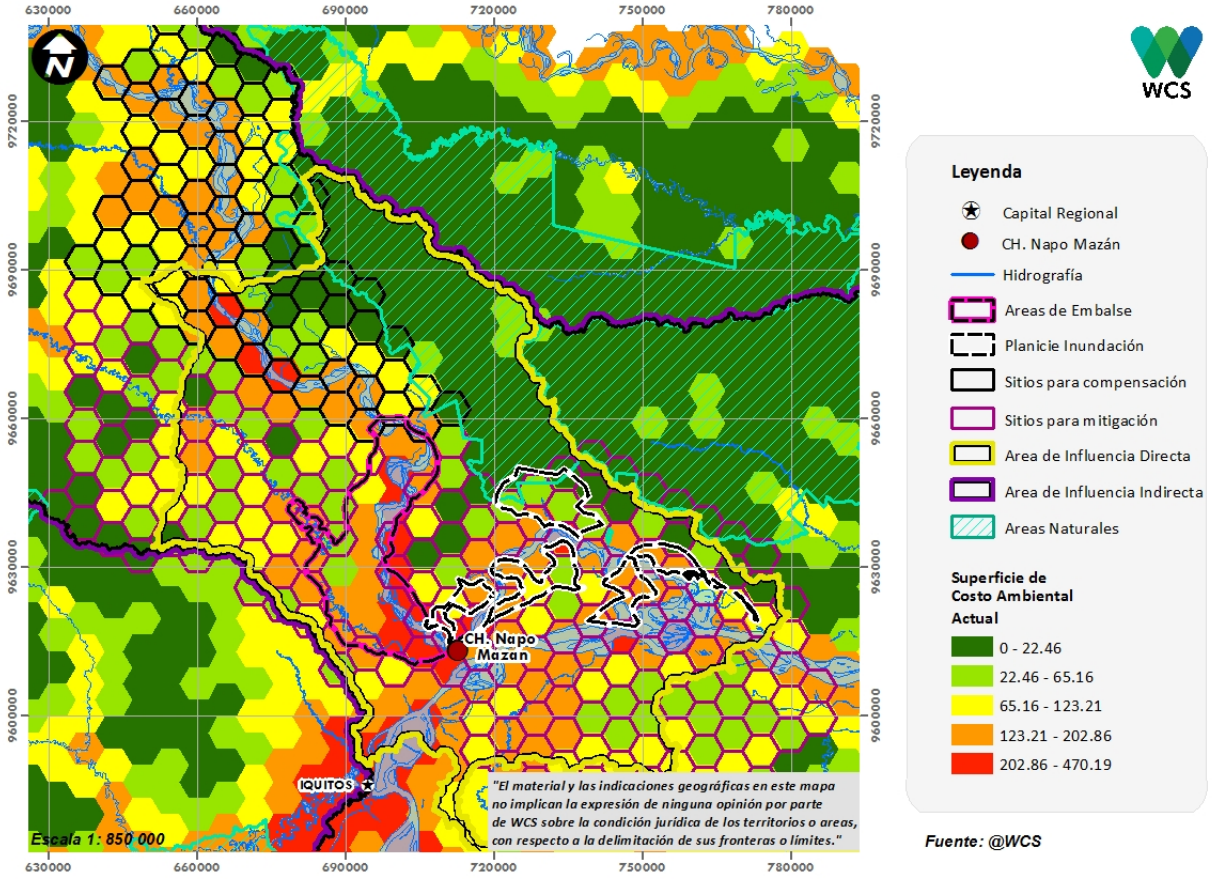


Figura 15. Áreas potenciales para la compensación de los impactos netos residuales de la CHM.

Tabla 11. Propuesta de compensación ambiental parcial para la CHM enfocada en ecosistemas (no especies acuáticas migratorias). En rojo se indican los ecosistemas prioritarios.

Ecosistema	Total de costo ambiental	Costo ambiental promedio	Número de hexágonos bajo Protección	Número de mejores soluciones	Suma de mejores soluciones en ha
Áreas antrópicas	24164.5	134.2	180	55	124469.4
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía	13332.6	148.1	90	44	39712.3

Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	4789.5	129.4	37	0	44351.5
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	18660.0	110.4	169	94	295469.5
Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía	17784.7	83.1	214	73	564609.7
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	835.5	139.3	6	3	848.8
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	9228.4	174.1	53	15	16139.0
Cuerpos de Agua	3232.7	146.9	22	10	1183.8
Rios Principales	12933.8	172.5	75	21	42990.8
Total	104961.8	124.1	846	315	1129774.7

Tabla 12. Áreas adicionales de manejo integrado de cuencas para mitigación de impacto de la CHM y apoyo a la compensación ambiental. En rojo se indican los ecosistemas prioritarios.

Ecosistema	Total de costo ambiental	Costo ambiental promedio	Número de hexágonos bajo protección	Número de mejores soluciones	Suma de mejores soluciones en ha
Áreas antrópicas	46149.2	141.1	327	136	288704.2
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía	7306.6	137.9	53	32	27454.2
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	9862.3	104.9	94	9	93672.4
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	19852.9	129.8	153	62	144470.2
Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía	47561.1	74.1	642	187	1942374.3
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	14146.6	153.8	92	58	85565.7
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	14600.7	187.2	78	52	38519.9
Cuerpos de Agua	8996.9	160.7	56	37	4343.7
Rios Principales	25868.0	178.4	145	88	107603.3
Total	194344.3	118.5	1640	661	2732707.9

En el primer caso las ganancias netas equivalen a 991722 ha, 718 % del conjunto de ecosistemas a ser impactados, mientras si se añaden las áreas de manejo circundantes la ganancia neta alcanzaría a 2594655 ha que corresponden al 1879 % del área de afectación (Tablas 17 y 18).

Tabla 13. Ganancias netas del plan de compensación propuesto. En rojo se resaltan los ecosistemas prioritarios.

Ecosistema	INR después de JdM en ha	Área de compensación en ha	Ganancia neta en ha
Áreas antrópicas	58842.8	124469	65627
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía	5098.5	39712	34614
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	12924	44351	31427
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	45534.1	295470	249935
Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía	1154	564610	563456
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	1547.7	849	-699
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	4485.9	16139	11653
Cuerpos de Agua	93.3	1184	1090
Ríos Principales	8372	42991	34619
Total	129680.5	1129775	991722

Tabla 14. Ganancias netas del plan de compensación propuesto y de las áreas de mitigación adicionales. En rojo se resaltan los ecosistemas prioritarios.

Ecosistema	INR después de JdM en ha	Área de compensación y mitigación en ha	Ganancia mínima en ha
Áreas antrópicas	58842.8	288704	229861
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía	5098.5	27454	22356
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	12924	93672	80748
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	45534.1	144470	98936
Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía	1154	1942374	1941220
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	1547.7	85566	84018
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	4485.9	38520	34034

Cuerpos de Agua	93.3	4344	4250
Ríos Principales	8372	107603	99231
Total	129680.5	2732708	2594655

Así, aparte de la pérdida de conectividad longitudinal (y sus efectos sobre la fauna acuática) que no puede ser compensada a la escala de este proyecto, teóricamente es factible compensar las pérdidas ocasionadas por el proyecto a nivel de hábitats directamente afectados por cambios en el régimen hidrológico y además alcanzar ganancias en biodiversidad a través de planes de compensación y manejo que propicien la conservación y restauración de los ecosistemas. Adicionalmente, es necesario evaluar la factibilidad económica y social de las acciones propuestas, las mismas que podrían ser alcanzadas de existir la voluntad política de los organismos encargados de liderar y apoyar la implementación delos mecanismos de compensación en el país. La implementación de esto planes de compensación también requiere del entrenamiento del personal de implementar y fiscalizar los planes, así como de las personas directamente afectadas por los mismos. Además, hay que tomar en cuenta que los habitantes de las tierras directamente afectadas por los impactos no serían necesariamente los mismos involucrados en la compensación. Sin embargo, la complementación de los planes de compensación social y ambiental podría facilitar la implementación de los últimos, por lo cual se sugiere buscar mecanismos sociales para promover la integración de los habitantes de las áreas afectadas en las áreas de compensación y manejo complementarias.

3.5 Conclusión del estudio de caso de la CHM

Se puede concluir que el EIA de la CHM no evalúa correctamente los potenciales impactos de las obras del proyecto. Se necesitan mejorar los métodos de evaluación de impactos ambientales de hidroproyectos con los criterios y los modelos atrás sugeridos. De igual manera, los responsables de la ejecución y evaluación de estos EIAs deben tener un excelente nivel técnico para que el destino de este tipo de obras esté respaldado por opiniones técnicas y apolíticas.

A manera de ejemplo se utilizaron algunos de los métodos de evaluación de impactos sugeridos y se demostró que la magnitud de los impactos DIAS de la CHM es muy elevada, y que con la aplicación de la JdM el INR puede ser reducido considerablemente. Pese a ello, el impacto de la pérdida de conectividad longitudinal del Río Napo sobre la fauna acuática no puede ser compensado completamente por lo que se sugiere una revisión de las características del proyecto.

Durante este ejercicio se muestra hipotéticamente que es posible aplicar criterios técnicos para determinar áreas de impacto y áreas equivalentes que pueden ser utilizadas para mitigar y compensar los impactos de este tipo de hidroproyecto. Su efectividad radica en la precisión de las fuentes información, así como en la exactitud de los modelos utilizados y en la objetividad y capacidad de interpretación y discernimiento de las personas involucradas en el proceso de evaluación de impactos.

Asimismo, se demostró que es posible aplicar mecanismos de compensación, aunque sean parciales, como son la conservación y restauración de ecosistemas prioritarios, entre otros. La utilización de ciertos criterios, como la equivalencia, cercanía, conectividad y adicionalidad facilitan la selección de objetos de potenciales para la compensación, los mismos que pueden ser computados para determinar si existen pérdidas o ganancias netas de biodiversidad. La efectividad de los planes de compensación depende de la aplicación de medidas basadas en la retroalimentación obtenida de planes de monitoreo y manejo adaptativo, así como en la determinación de mecanismos de participación y capacitación de

las personas encargadas de implementar dichos planes. Su factibilidad también depende de que exista una planificación regional y sectorial efectiva, así como de la voluntad política y la capacitad técnica y organizativa de las partes involucradas.

4 ESTUDIO DE CASO DE LA HA

4.1 Descripción del proyecto

El proyecto Hidrovía del Amazonas busca mejorar las condiciones de navegabilidad 2683.5 km de los Ríos Marañón, Huallaga, Ucayali y Amazonas, entre los tramos de estos ríos comprendidos entre las ciudades de Sarameriza, Yurimaguas y Ucayali, en los tres primeros ríos y la frontera con Brasil, en el Río Amazonas. Para este propósito, además de las actividades de señalización y ayuda satelital a la navegación, se pretende dragar entre ~3 y 4.5 millones m^3 de sedimentos en localidades someras (malos pasos) de dichos ríos (Figura 16 y Tabla 19) con el fin de incrementar la profundidad de los mismos entre 8 y 10 pies (metros) y permitir la navegación continua de embarcaciones de hasta 4 y 6 pies de calado respectivamente.

Este proyecto pretende dragar un volumen de apertura considerable en el Río Huallaga, y cantidades aproximadamente 5 y 10 veces menores en los Ríos Ucayali y Marañón respectivamente, así como volúmenes considerables en los puertos de Pucallpa e Iquitos (Tabla 19). Se estima que el volumen de dragado de mantenimiento anual corresponde a cerca del 25% del volumen de dragado de apertura, por lo que la cantidad de sedimentos que serían removidos durante el proyecto (50 años) equivaldría a cerca de 50 millones de m^3 (o el 1250% del volumen de dragado inicial).

Estos sedimentos no serían removidos del cauce de los ríos, sino más bien reubicados en otras localidades del mismo, por lo que se espera que las dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de los ríos cambien considerablemente. Otros potenciales impactos de estas actividades se describen a en las secciones posteriores.

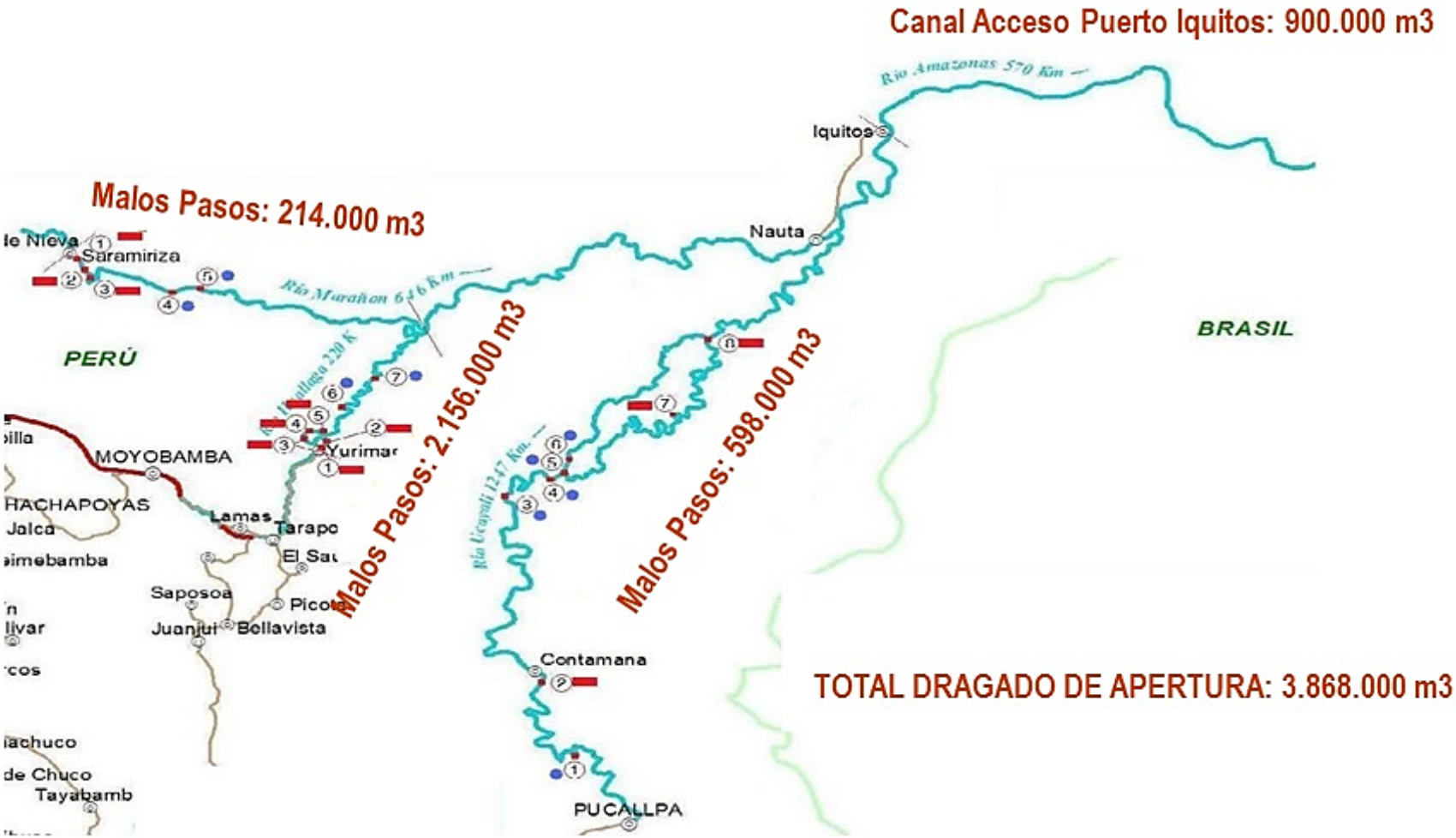


Figura 16. Ubicación de los malos pasos a lo largo de los contemplados en el proyecto Hidrovía del Amazonas y volumen de apertura de los mismos por sector para el escenario de 10 pies de profundidad. El volumen de apertura propuesto para el puerto de Pucallpa es de 600.000m^3 por lo que el volumen total de apertura sería de 4.468.000m^3

Tabla 15. 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^3) 8'	Intensidad	efecto (km) 8'	Vol. (m^3) 10´	Intensidad	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
Metrópolis	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
Bolívar	Ucayali	0			6695	1	100

4.2 Impactos y medidas de mitigación identificados

4.2.1 Análisis de áreas de influencia

El EdF de la Hidrovía del Amazonas establece una zona de 500m alrededor de los márgenes de los ríos a ser modificados como el área de influencia ambiental (AID y AII combinadas) y áreas de influencia sociales de 5 a 20 km alrededor de los cauces principales de los ríos (Figura 17). En este análisis, utilizando criterios hidrológicos e hidrobiológicos hemos redefinido estas áreas de influencia (Figuras 18-19). Como resultado del análisis las áreas cambiaron en varios órdenes de magnitud (Tabla 20), a pesar de que solo se incluyeron criterios relacionados a la conectividad acuática directa de los ecosistemas. Si se toma en cuenta los efectos indirectos sobre el uso del suelo y la cobertura vegetal debido al incremento potencial de actividades relacionadas al desarrollo de estas obras se estima que las AIIs serán aún mayores al considerar esto (Figura 20).

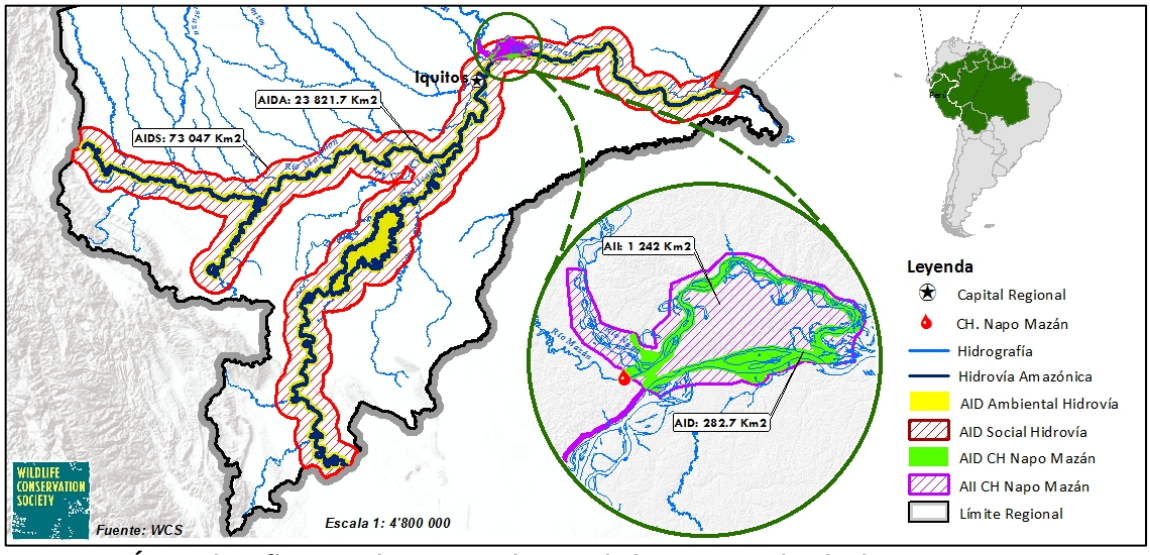


Figura 17. Áreas de influencia directa e indirecta de la HA acuerdo al EdF.

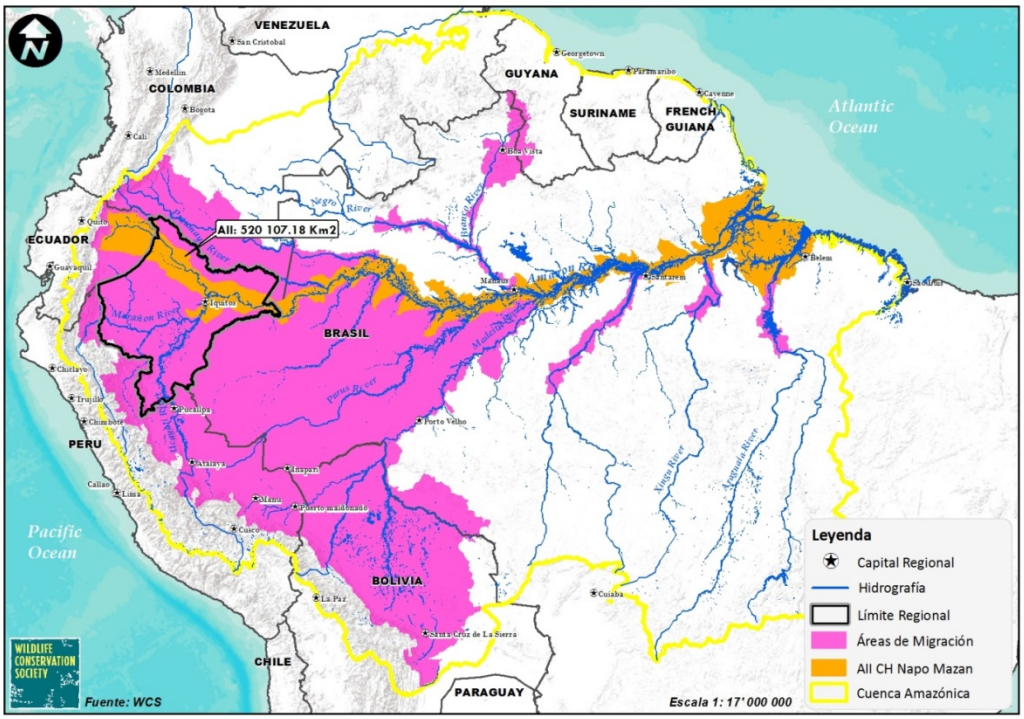


Figura 18. Área de influencia indirecta de la CHM basadas en análisis de conectividad hidrobiológica. Fuente WCS, proyecto SNAP.

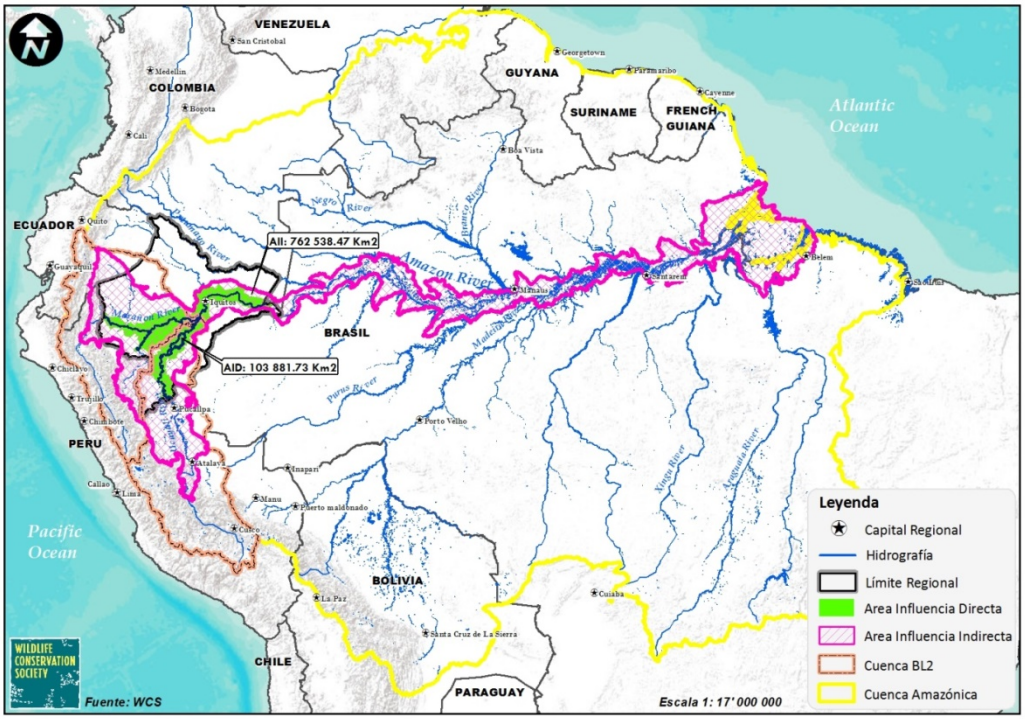


Figura 19. Áreas de influencia directa e indirecta de la HA basadas en los análisis de este estudio, fuente WCS, proyecto SNAP.

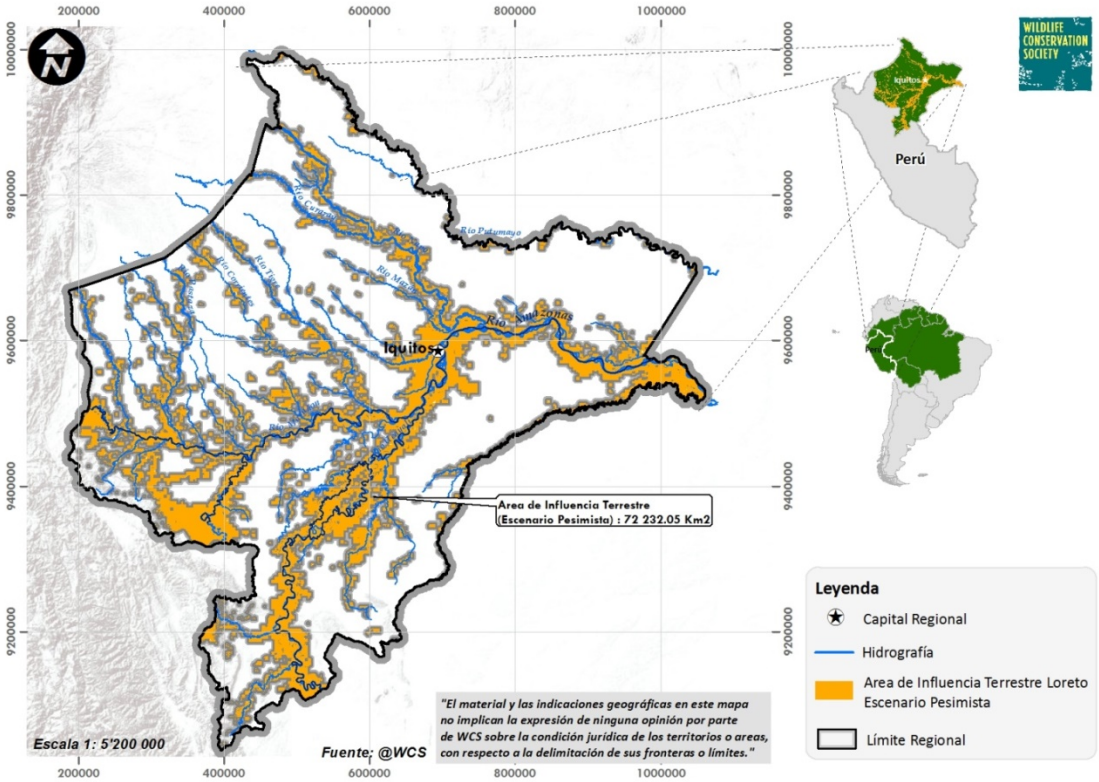
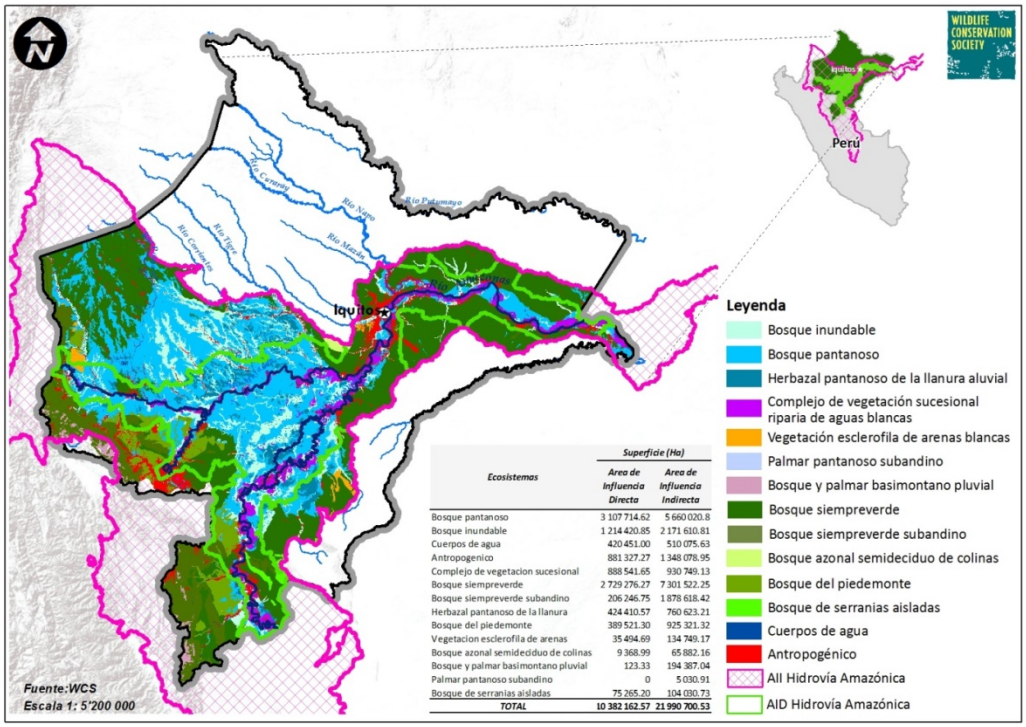


Figura 20. Áreas de influencia indirecta terrestre de la HA basadas en escenario pesimista de deforestación, fuente WCS.

Tabla 16. Superficies de las áreas de influencia directa e indirecta de la HA de acuerdo al EdF y al presente análisis.

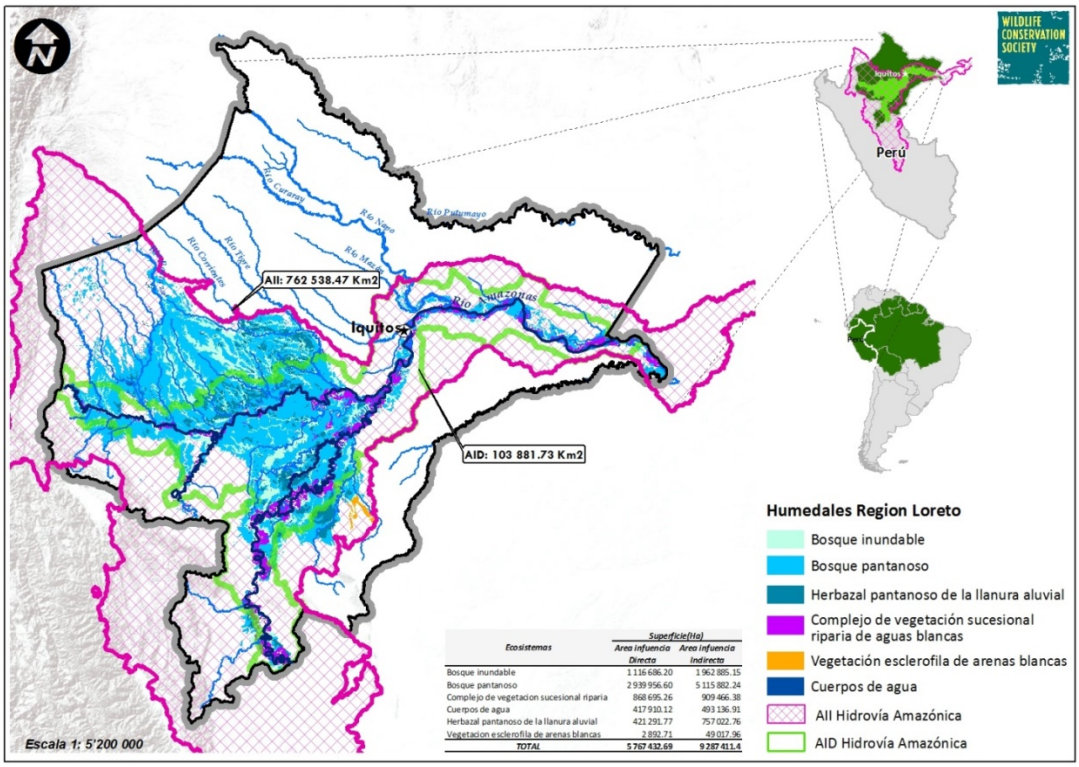
	Área según EIA-EdF (Km^2)	Área según este estudio (Km^2)
AID	23822	103882
AII	NA	762538

El análisis inicial de AIDs y AIIs permitió identificar con mayor precisión alguno de los elementos de la biodiversidad que podrían ser afectados por este proyecto. A manera de ejemplos se incluyen aquí los mapas de ecosistemas general y de humedales de las dos AIIs dentro de la región de Loreto (Figuras 21 y 22). Estos muestras la gran diversidad de ambientes que existen en la región y que de alguna forma podrían ser afectados por las actividades del proyecto. Estos mapas han sido producto del trabajo de WCS en los últimos dos años y se han realizado en el marco de otros proyectos, sin embargo están siendo usados aquí como un insumo importante y como aporte de WCS a este proceso.



Ecosistemas	Superficie (Ha) Area de Influencia Directa	Area de Influencia Indirecta
Bosque pantanoso	3 107 714.62	5 660 020.8
Bosque inundable	1 214 420.85	2 171 610.81
Cuerpos de agua	420 451.00	510 075.63
Antropogenico	881 327.27	1 348 078.95
Complejo de vegetacion sucesional	888 541.65	930 749.13
Bosque siempreverde	2 729 276.27	7 301 522.25
Bosque siempreverde subandino	206 246.75	1 878 618.42
Herbazal pantanoso de la llanura	424 410.57	760 623.21
Bosque del piedemonte	389 521.30	925 321.32
Vegetacion esclerofila de arenas	35 494.69	134 749.17
Bosque azonal semideciduo de colinas	9 368.99	65 882.16
Bosque y palmar basimontano pluvial	123.33	194 387.04
Palmar pantanoso subandino	0	5 030.91
Bosque de serranias aisladas	75 265.20	104 030.73
TOTAL	10 382 162.57	21 990 700.53

Figura 21. Mapa de ecosistemas del AII de la HA dentro de la región de Loreto. Fuente WCS.



Ecosistemas	Superficie(Ha) Area influencia Directa	Area influencia Indirecta
Bosque inundable	1 116 686.20	1 962 885.15
Bosque pantanoso	2 939 956.60	5 115 882.24
Complejo de vegetacion sucesional riparia	868 695.26	909 466.38
Cuerpos de agua	417 910.12	493 136.91
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial	421 291.77	757 022.76
Vegetacion esclerofila de arenas blancas	2 892.71	49 017.96
TOTAL	5 767 432.69	9 287 411.4

Figura 22. Mapa de humedales del AII de la HA dentro de la región de Loreto. Fuente WCS.

En un siguiente análisis se evaluará de manera detenida los impactos potenciales de las obras y actividades propuestas para el proyecto de Hidrovías del Amazonas, y se identificarán elementos prioritarios de biodiversidad para aplicar la JdM en dicho análisis.

4.2.2 Análisis de impactos ambientales

En este análisis se evalúan comparativamente los impactos ambientales definidos en los estudios de factibilidad (EdFs) de la Hidrovía del Amazonas (HA) realizados por el consorcio EIH – HyQ (2010), 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 & Castillo 2015) (Tabla 21). 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 este hidroproyecto, los cuales se analizan posteriormente.

Tabla 17. Análisis comparativo de los impactos ambientales directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos de la HA.

Criterios	Consideraciones basadas en este análisis	Del EdF
Impactos directos		
Regímenes hidrológicos de los ríos y sus planicies de inundación	El proyecto de hidrovía del Amazonas pretende dragar inicialmente entre 1.500.000 y 2.700.000 m3 de sedimentos en 13 de aproximadamente 20 malos pasos identificados (sectores de difícil navegabilidad) en los ríos Huallaga, Marañón y Ucayali. 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. Basado en estudios sobre proyectos semejantes se estima que en promedio entre 10 y 20% de la extensión de las áreas inundables podrían 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.
Dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de los ríos	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. Tomando en cuenta que los ríos andino-amazónicos son extremadamente dinámicos y 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	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 a estas dinámicas hidráulicas y geomorfológicas, las cuales incidirían directamente sobre las zonas a ser intervenidas.

	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. 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.
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	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.

	niveles de diversidad.	
Deforestación y cambios en el uso del suelo	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^2 podrían ser convertidos a otros usos del suelo en 25 años de acuerdo a escenarios optimistas y pesimistas para la región.	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.
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 cambio hidrológicos y o podrían ser degradadas o convertidas a zonas agrícolas con repercusión en la emisión de GEI. Los ecosistemas inundables del área que sería afectada por este tipo de impacto contienen en promedio 58 Mg ha^{-1} de C, los mismos que podrían ser convertidos y liberar entre 21 y 31 Tg de CO_2 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.	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.
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 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.	El EdF de la HA no analiza este tipo de impactos.

4.3.3 Aplicación de la Jerarquía de la Mitigación

Se evaluó comparativamente la aplicación de la JdM en el EdF de la HA durante el análisis de impactos identificados (Tabla 22).

Tabla 18. Análisis comparativo de la aplicación de la JdM durante este análisis y el EdF de la HA.

Criterios	Medidas de mitigación basadas en este análisis	Del EdF
Impactos directos		
Regímenes hidrológicos de los ríos y sus planicies de inundación	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 esTablas 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	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.

	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.	
Dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de los ríos	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.
Conectividad hidrobiológica	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 sobre la fauna acuática 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

		podría disminuir la intensidad del dragado.
Impactos indirectos, sinérgicos y acumulativos		
Impactos indirectos, sinérgicos y acumulativos	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.

4.3 Cálculo del impacto residual

4.3.1 Componentes de la biodiversidad identificados y priorizados para su inclusión en el cálculo de las pérdidas y ganancias de biodiversidad

4.3.1.1. Caracterización de la biodiversidad, riesgo ambiental y estado de protección legal

a. **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 23). 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 24). 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 loe 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 19. 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 abundancia relativa, nivel de protección legal, y porcentaje de su superficie bajo riesgo ambiental elevado (categorías 4 y 5). Mayor nivel de prioridad para la conservación es 5 (más obscuro), 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
Áreas Antrópicas	?	784362	7.6	6.1	64.1	1134720	5.4	4.3	56.7	3
Bosque azonal semideciduo de colinas del oeste de la Amazonía	?	9451	0.1	0.00	0.1	65422	0.3	3.6	0.02	3
Bosque de serranías aisladas del oeste de la Amazonía	Seco	75003	0.7	88.5	5.7	103311	0.5	91.6	4.1	3
Bosque del piedemonte del oeste de la Amazonía	Seco	438248	4.2	4.7	5.9	1162035	5.5	9.0	5.3	3
Bosque del piedemonte del suroeste de la Amazonía	Seco	9891	0.1	0.00	0.00	15301	0.1	0.00	12.3	3
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía	inundado	302540	2.9	11.6	30.9	391105	1.8	11.0	29.8	4
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos 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 vegetación riparia de aguas mixtas de la Amazonía	inundado	11626	0.1	0.00	17.3	74415	0.4	0.00	47.8	5
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	inundado	735230	7.1	57.4	9.9	1484947	7.0	29.7	7.5	3

Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del suroeste de la Amazonía	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 Amazonía	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 Amazonía	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 Amazonía	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 Amazonía	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 Amazonía	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 Amazonía	Seco	4593	0.04	27.3	0.00	158048.25	0.7	0.8	3.0	3
Bosque siempreverde subandino del oeste de la Amazonía	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 Amazonía	inundado	672176	6.5	17.8	31.7	703146.86	3.3	17.0	30.7	3

Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	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 Amazonía	inundado	519856	5.0	33.1	4.1	894966.2	4.2	20.1	3.1	3
Vegetación esclerófila de arenas blancas del oeste de la Amazonía	inundado	18242	0.2	80.3	19.1	19161.446	0.1	77.8	18.2	3
Total (ha)		10388021				21184064				

Tabla 20. 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 (2015a).

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

b. Ecosistemas lóticos

El AID de la HA contiene 57735 km de ríos de diferentes órdenes, caudales, tipos de agua y dinámicas fluviales. Si se considera solamente 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, Marañón, Napo, Ucayali, etc.). 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 también constituyen unidades prioritarias para la conservación.

c. 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 25). 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 21. 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 abundancia relativa, nivel de protección legal, y porcentaje de su superficie bajo riesgo ambiental elevado (categorías 4 y 5). Mayor nivel de prioridad para la conservación es 5 (más obscuro), en una escala de 5 a 1.

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	3
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	4
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del suroeste de la Amazonía	0.1	77.01	0.2	77.10	3
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del sur de la Amazonía	0.2	69.64	0.3	72.09	3
Bosque siempreverde estacional de la penillanura del suroeste de la Amazonía	0.7	71.87	0.7	71.86	3
Bosque del piedemonte del suroeste de la Amazonía	0.8	84.74	1.3	86.89	3
Vegetación esclerófila de arenas blancas del oeste de la Amazonía	1.9	102.80	2.0	102.59	3
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas mixtas de la Amazonía	0.8	72.03	5.9	91.60	5
Bosque azonal semideciduo de colinas del oeste de la Amazonía	1.2	124.48	8.0	122.44	3
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	8.1	43.63	8.6	44.25	4
Bosque de serranías aisladas del oeste de la Amazonía	7.7	103.94	10.8	104.64	3
Cuerpos de Agua	7.7	20.63	11.0	24.53	4
Bosque siempreverde estacional subandino del suroeste de la Amazonía	0.4	82.33	17.6	111.17	3
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía	19.5	69.31	26.2	72.38	4
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial de la alta Amazonía	19.1	36.97	39.9	44.80	3
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	40.6	65.33	42.4	64.91	3
Áreas Antrópicas	56.3	53.83	88.8	57.02	3
Bosque pantanoso de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	49.0	54.96	91.8	62.29	3
Bosque del piedemonte del oeste de la Amazonía	42.8	100.87	112.5	101.18	3
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	53.3	74.09	119.3	82.38	3

Bosque siempreverde subandino del oeste de la Amazonía	49.8	111.46	195.6	107.78	2
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	172.5	74.67	335.9	78.87	3
Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía	276.3	113.77	730.9	111.96	3
TOTAL	808.8	53.61	1849.6	60.92	

4.3.1.2 Impactos ambientales y aplicación de la Jerarquía de la Mitigación

Impactos directos

Para determinar la extensión de los impactos ambientales potenciales de la HA y el impacto residual sobre la biodiversidad se cuantificó 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 conoce con exactitud 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 km^2 de ecosistemas inundables podrían tener una disminución en la magnitud de la inundación. Un porcentaje de estas áreas podría 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 km^2 en la extensión de áreas inundables sensu Josse (2009).

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.

b. Dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de los ríos

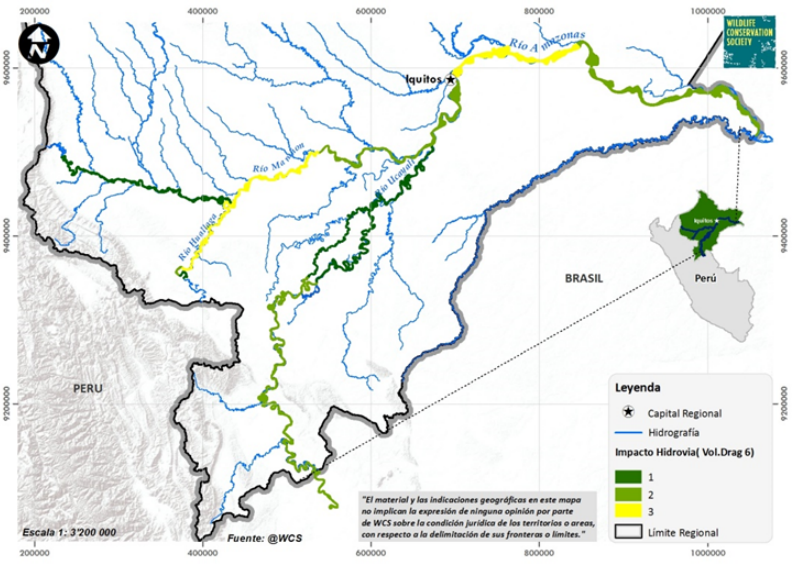
De acuerdo a proyecciones conservativas, al realizarse el dragado de los ríos hasta 10 pies de profundidad en el peor de los casos sus efectos sobre la hidrodinámica de estos podrían sentirse hasta casi 5000 km de distancia, mientras que si el dragado fuera hecho hasta los 8 pies de profundidad los

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 23 y Tabla 26). 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 22. 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 26). Correspondientemente los cambios en la hidrodinámica de los ríos y en su conectividad con las planicies inundables serían menores. Si se utiliza 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.



a)

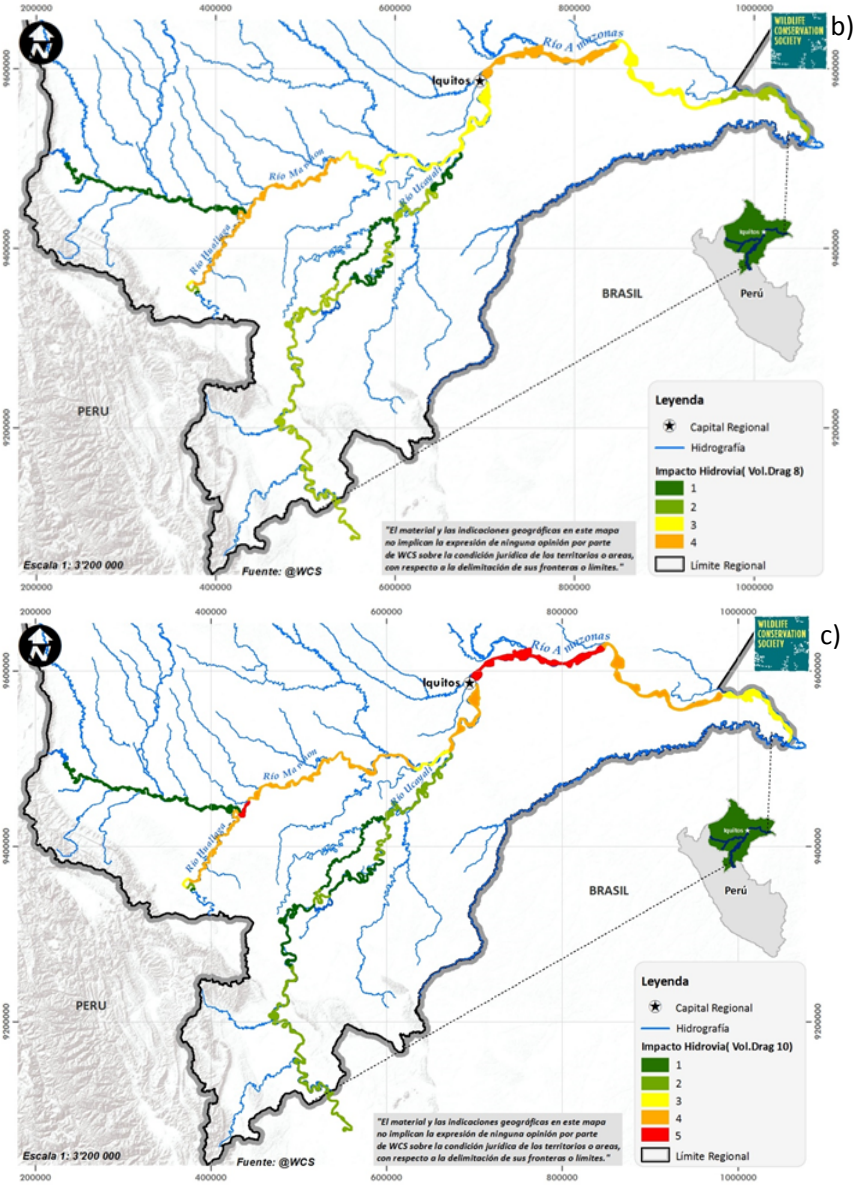


Figura 23. Efectos acumulativos potenciales del dragado de 6 (a), 8 (b) y 10 pies (c) de sedimentos en 13 malos pasos en los ríos Huallaga, Marañón y Ucayali sobre los mismos ríos y el Amazonas.

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, Boquichico, 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. Boquichico) 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 km^2), y consecuentemente las poblaciones de peces y otra fauna acuática que ocupan estos ambientes, podrían ser afectadas por las intervenciones para mejorar la navegabilidad.

d. Impactos indirectos, sinérgicos y acumulativos

Si se asumiera 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 km^2) y en aproximadamente 3000 a 30500 km^2 adicionales del AID terrestre fuera del AID acuática se puede suponer que los ecosistemas dentro de estas áreas (entre 107000 y 134500 km^2) 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 2015b).

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 bajo alguna categoría de protección, las cuales podían ser afectadas de no tomarse las medidas adecuadas para evitar o minimizar los impactos de la HA.

4.3.2 Métricas utilizadas para cuantificar los elementos prioritarios de la biodiversidad

Por razones prácticas se siguió un orden jerárquico de análisis y se asumió que los niveles macro de biodiversidad (ej. ecosistemas) son representativos de los niveles de diversidad de organismos o especies. Así, al cuantificar la alteración de un ecosistema por una actividad específica se determinó cuánto de ese ecosistema u otro semejante tenía que ser conservado para minimizar o compensar la pérdida de biodiversidad en general.

La cuantificación de los elementos macros de la biodiversidad (ej. ecosistemas, hábitats) superpuesta a indicadores de los servicios ecosistémicos facilitó el desarrollo de medidas de mitigación, el cálculo del INR, y la definición de equivalencias de biodiversidad. Debido a la naturaleza acuática de este proyecto mayor énfasis se dio a la cuantificación de la diversidad de ecosistemas acuáticos. Para esto se evaluó los humedales, cuerpos de agua lénticos y lóticos siguiendo las siguientes métricas espacialmente explícitas:

- La extensión o superficie de los ecosistemas en diferentes estados de conservación
- La longitud de ríos o ecosistemas lóticos en cuencas bajo diferentes estados de conservación

Estas métricas fueron medidas usando mapas de ecosistemas superpuestos a mapas de riesgo ambiental como indicador de su estado de conservación (categorizados de 1 o menor riesgo a 5 o mayor

riesgo). Los ecosistemas fueron medidos en hectáreas y kilómetros cuadrados bajo diferentes nivel de riesgo (ej. ha de ecosistema 1 x estado 5 o prístino o bajo riesgo), y para el caso de ecosistemas lóticos de menor orden (como los afluentes de grandes ríos como el Marañón o el Ucayali) se estimó la longitud de los mismos dentro de las áreas de influencia directa e indirecta de las obras.

Un segundo nivel de análisis fue la cuantificación de los servicios ecosistémicos basado en el contenido de carbono arriba del suelo, el mismo que fue estimado en Mg de C por ha. LamenTablamente aún no se conoce lo suficiente sobre el contenido de carbono bajo el suelo de los humedales, por lo que se utilizó información sobre el carbono arriba del suelo estandarizada para el Perú.

4.3.3 Período de tiempo utilizado para medir las pérdidas y ganancias de biodiversidad

El impacto de una obra de infraestructura como la HA ocurre en varias etapas. Una etapa inicial de impactos intensos y puntuales durante los períodos de dragado inicial, seguida de una serie de impactos un poco menos intensos durante los períodos de dragado de mantenimiento los mismos que se extenderían durante todo el período de funcionamiento de la obra. Debido a la naturaleza de este proyecto, a pesar de que la concesión es hasta el mediano plazo, la duración de los impactos sería indeterminada y la magnitud y extensión de los impactos acumulativos puede ser bien alta. Por esto se sugiere que se monitoree y analice los impactos indefinidamente.

4.3.4 Escenario de referencia utilizado para evaluar las pérdidas y ganancias de biodiversidad debido al proyecto

Existen dos escenarios de referencia potenciales para la HA, un futuro estático o un futuro dinámico. En el primer caso se asume que las condiciones socioeconómicas, y ambientales serían relativamente similares, mientras que en el segundo se reconoce que habrían cambios y que las condiciones ambientales serían diferentes. Este último también indica que otros factores podrían influir en la pérdida o ganancia de biodiversidad. Debido a la naturaleza incierta del futuro y de los impactos de ciertas obras de gran magnitud (así como el efecto acumulativo y sinérgico de los impactos de varias actividades) se recomienda utilizar un escenario de referencia estático que mantenga una postura conservadora frente a los impactos y a las medidas de compensación necesarias. De esta manera también puede propiciar el desarrollo de medidas que apoyen al desarrollo sostenible y a la conservación de la biodiversidad antes de que ocurran los impactos de las potenciales obras o actividades que no se desarrollarían. Este escenario puede funcionar siempre y cuando el rol de las acciones propuestas por el proyecto sean tomadas en cuenta en la planificación regional y sectorial, para lo cual sería extremadamente importante que esta anteceda a todos los proyectos que se pretendan realizar en una región.

4.3.5 Impactos residuales sobre la biodiversidad

Los potenciales impactos ambientales de la HA pueden tener repercusiones extensas sobre varios componentes de los ecosistemas y afectar su equilibrio dinámico e integridad (Tabla 27). 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 (Tabla 27). 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 natural de los efectos de otras actividades antrópicas y naturales sobre otros ecosistemas y áreas habitadas. Posteriormente se detallan medidas de mitigación y mecanismos específicos de compensación ambiental.

Tabla 23. Descripción de impactos ambientales iniciales y residuales luego de la aplicación de la JdM para la HA (ver detalles de los ecosistemas en tabla 6).

Criterio	Impacto inicial	Medidas de mitigación	Impacto después de JdM	Compensación ambiental
Regímenes hidrológicos de los ríos y los ecosistemas asociados	Dragado a 8 pies 14500 km (~25%) de ríos con disminución de nivel del agua 11600 km^2 (20%) de ecosistemas inundables con disminución de nivel del agua	Menor profundidad de dragado o ausencia del mismo Mejora de flota naviera Mejora del sistema de navegación	Dragado a 4 pies 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
Dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de los ríos	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
Conectividad hidrobiológica	~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	Menor profundidad de dragado o ausencia del mismo Mejora de flota naviera	~21 Tg C vulnerable a cambio por desecación y conversión asociada en el AID acuática	>21 Tg C en AID acuática >100 Tg C en AID terrestre

	Hasta 557 Tg C vulnerable a cambio por deforestación en el AID terrestre	Mejora del sistema de navegación Protección de áreas sensibles y rehabilitación de áreas degradas	~100 Tg C vulnerable a cambio por deforestación en el AID terrestre

4.3 Plan de compensación para compensar las pérdidas de biodiversidad

4.4.1 Portafolio de sitios potenciales y medidas de compensación

Entre los impactos potenciales del dragado para el desarrollo de la HA, luego de aplicar la JdM, están la reducción de los niveles del agua de cerca de 5700 km de ríos y 5800 km^2 de ambientes inundables (incluidos ecosistemas prioritarios), así como el cambio en las dinámicas geomorfológicas de cerca de 1000 km de ríos de 6to orden y la disminución de la conectividad hidrológica entre los ríos y aproximadamente 5800 km^2 de áreas inundables. Esto tendría consecuencias en la conectividad hidrobiológica que ocurre entre estos ecosistemas y la pérdida de servicios ambientales que ellos proveen, entre otras cosas. A diferencia del impacto severo y permanente que la CHM tendría en la conectividad longitudinal del Río Napo, los impactos del dragado para la HA serían menos agudos y temporales. A pesar de ello, la magnitud, la extensión y la frecuencia de los impactos podrían tener repercusiones acumulativas extensas y a largo plazo.

Las medidas de conservación y restauración para la compensación serían similares a las propuestas anteriormente para la CHM, a diferencia que la superficie de las áreas a compensar a lo largo de la HA serían mucho mayores y a que existen otras áreas protegidas que podrían actuar como anclas para mantener la conectividad entre los ecosistemas. Debido a la gran extensión de las áreas a ser compensadas el tipo de acciones que se aplicarían deberían formar parte de un plan regional de conservación y planificación para el desarrollo.

En las figuras 24 a 26 se muestran los ecosistemas que existen dentro de las áreas de influencia de la HA junto con los impactos del dragado a lo largo del río y los objetos de conservación (a nivel de cuencas y hexágonos) basados en escenarios de costo ambiental actual y futuro definidos por WCS (2015b) que podrían ser utilizados para la compensación de los ecosistemas y servicios que serían afectados por las actividades del proyecto. Adicionalmente en la figura 27 se muestran el contenido de carbono arriba del suelo y los encuentros de aguas negras y blancas (importantes para los peces) dentro de las mismas áreas de influencia, superpuestos al portafolio de cuencas-objetos para la conservación. En la figura 28, se muestra su relación con las áreas protegidas de la región, las cuales apoyarían propuestas de manejo y conservación que mantengan la conectividad de los ecosistemas de la región. En la Tabla 28, se detalla el costo ambiental del INR de la HA en la AID bajo el escenario actual de riesgo ambiental del portafolio de sitios de conservación de Loreto para una superficie mínima de CA (soluciones o hexágonos). En rojo se resalta la superficie de ecosistemas prioritarios que servirían para la CA.

.

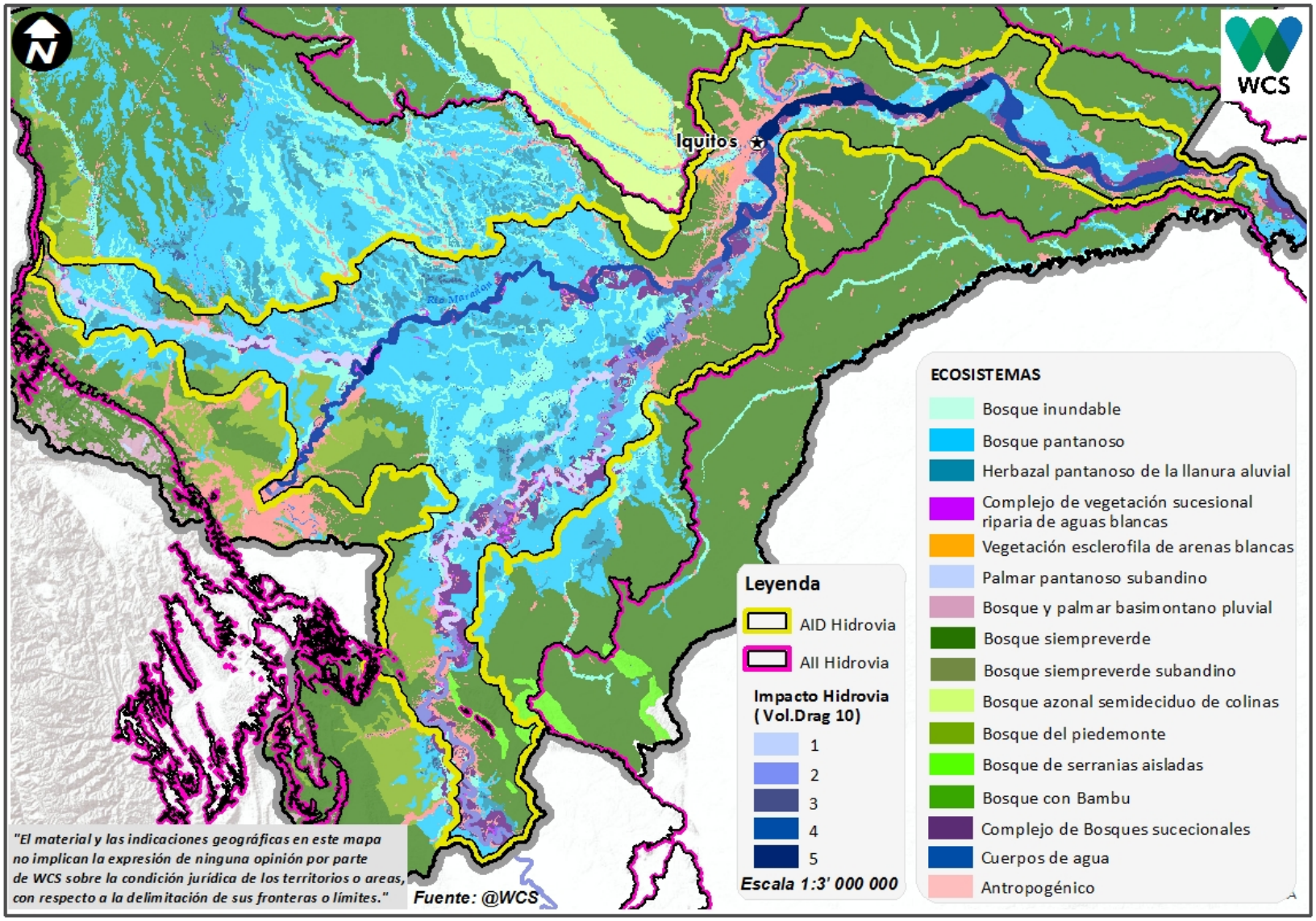
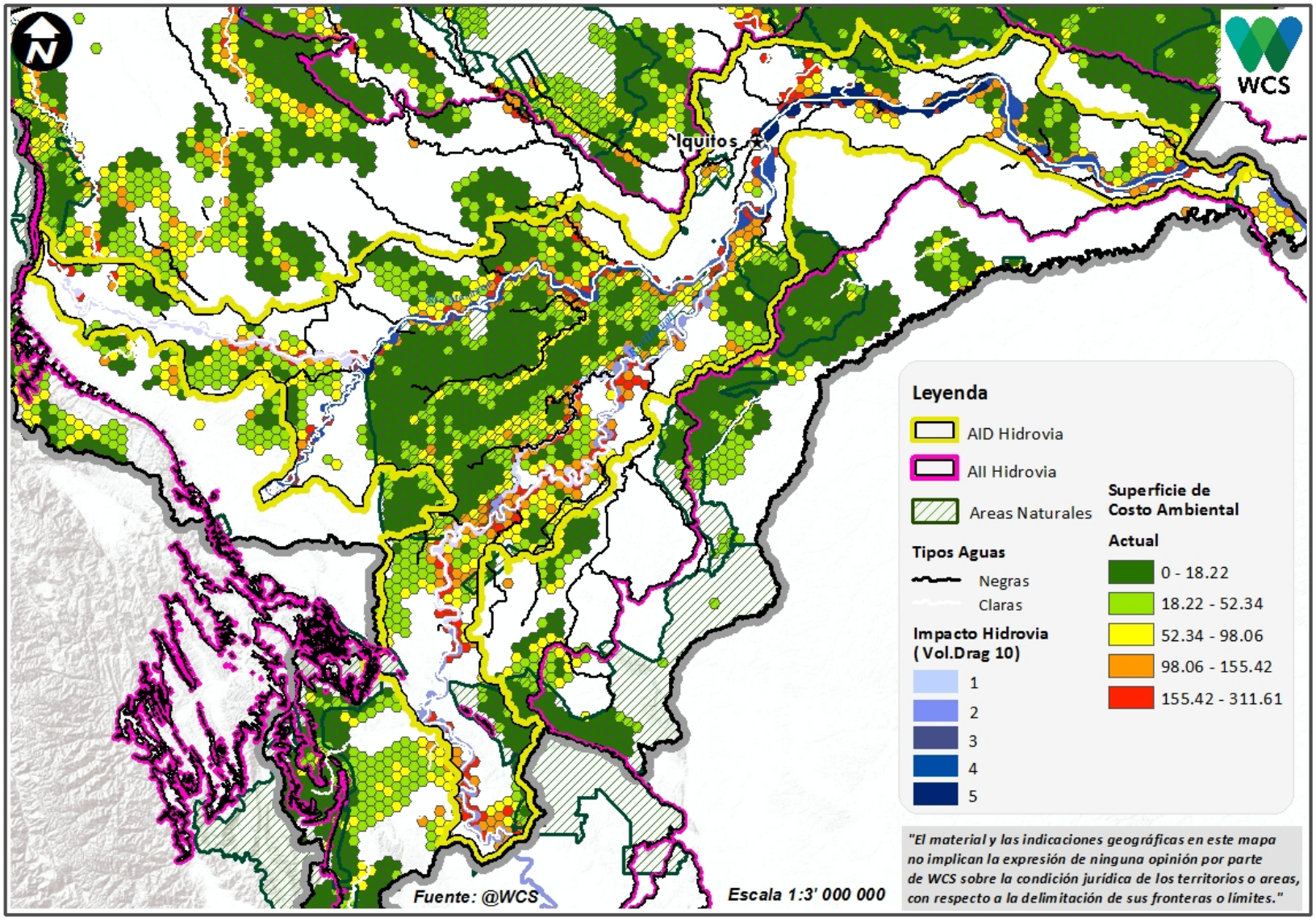


Figura 24. Ecosistemas terrestres y acuáticos y áreas de dragado dentro de las áreas de influencia de la HA.

a)


Iquitos
WCS
Leyenda
AID Hidrovia
All Hidrovia
Areas Naturales
Tipos Aguas
Negras
Claras
Impacto Hidrovia
(Vol.Drag 10)
1
2
3
4
5
Superficie de
Costo Ambiental
Actual
0 - 18.22
18.22 - 52.34
52.34 - 98.06
98.06 - 155.42
155.42 - 311.61
Fuente: @WCS
Escala 1:3' 000 000
"El material y las indicaciones geográficas en este mapa no implican la expresión de ninguna opinión por parte de WCS sobre la condición jurídica de los territorios o areas, con respecto a la delimitación de sus fronteras o límites."

b)

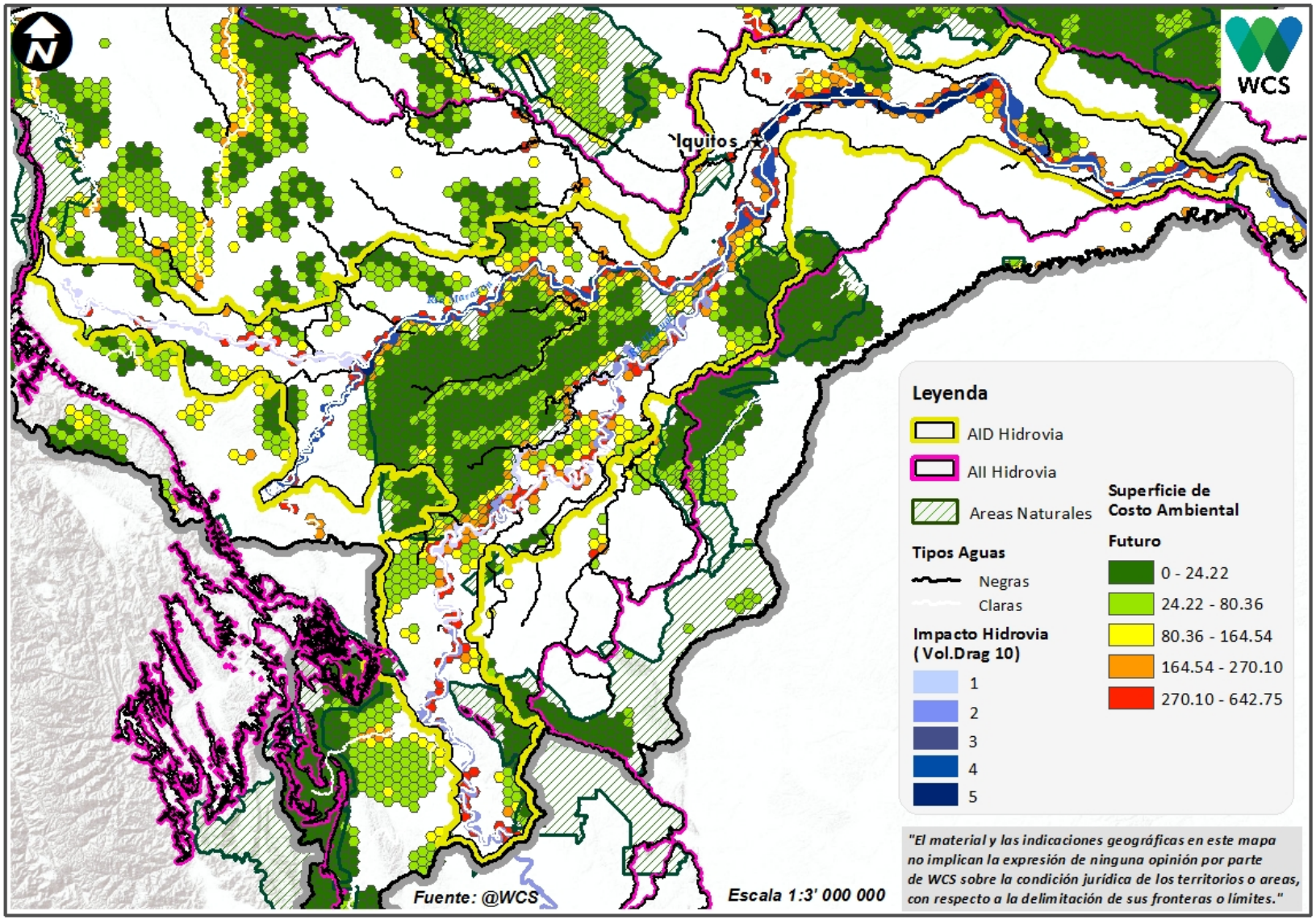
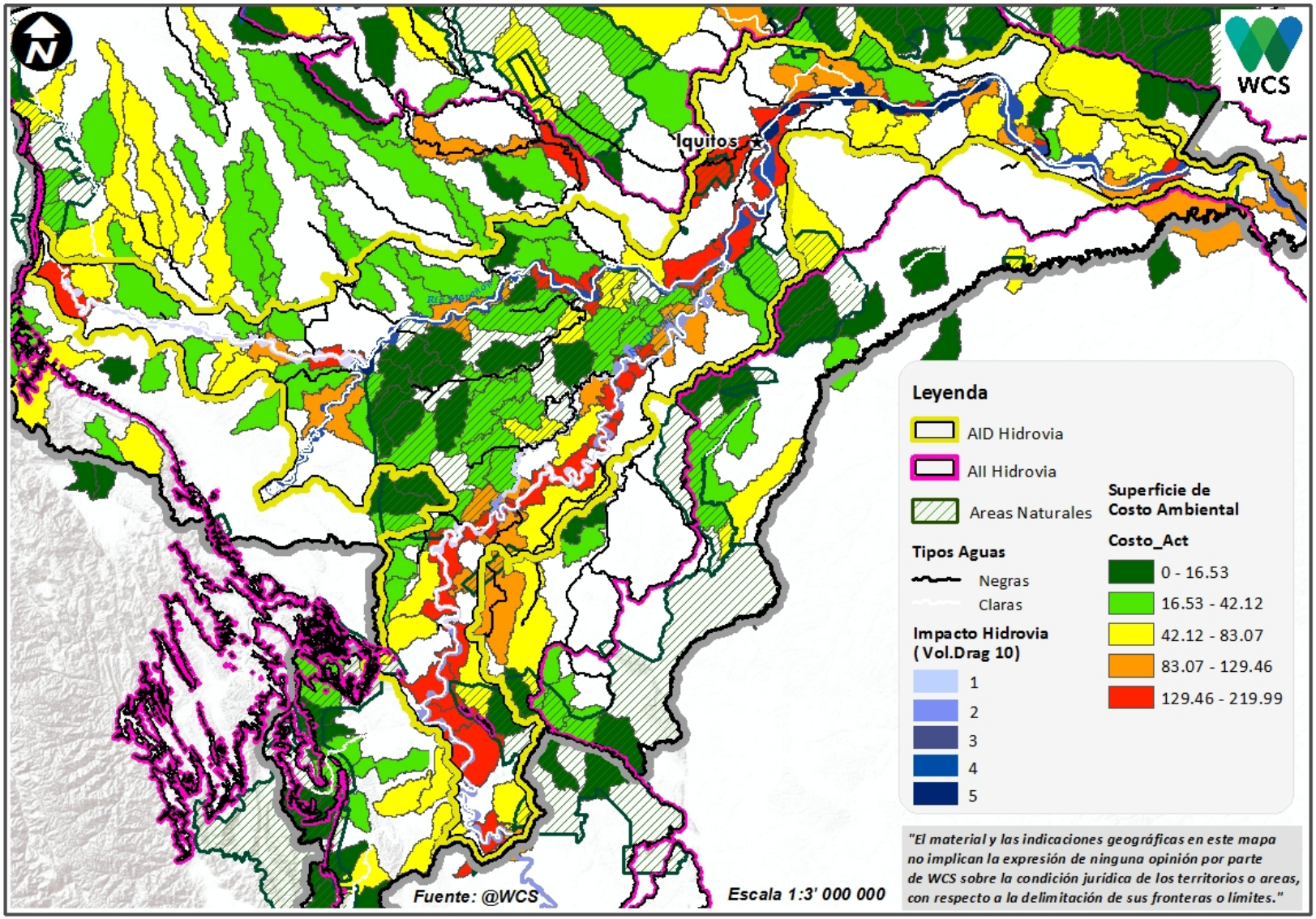


Figura 25. Portafolio de sitios a) actuales y b) futuros potenciales para la compensación superpuesto a las áreas de dragado de la HA.

a)


WCS
Iquitos
Leyenda
AID Hidrovia
All Hidrovia
Areas Naturales
Tipos Aguas
Negras
Claras
Impacto Hidrovia
(Vol.Drag 10)
1
2
3
4
5
Superficie de
Costo Ambiental
Costo_Act
0 - 16.53
16.53 - 42.12
42.12 - 83.07
83.07 - 129.46
129.46 - 219.99
"El material y las indicaciones geográficas en este mapa no implican la expresión de ninguna opinión por parte de WCS sobre la condición jurídica de los territorios o areas, con respecto a la delimitación de sus fronteras o límites."
Fuente: @WCS
Escala 1:3' 000 000

b)

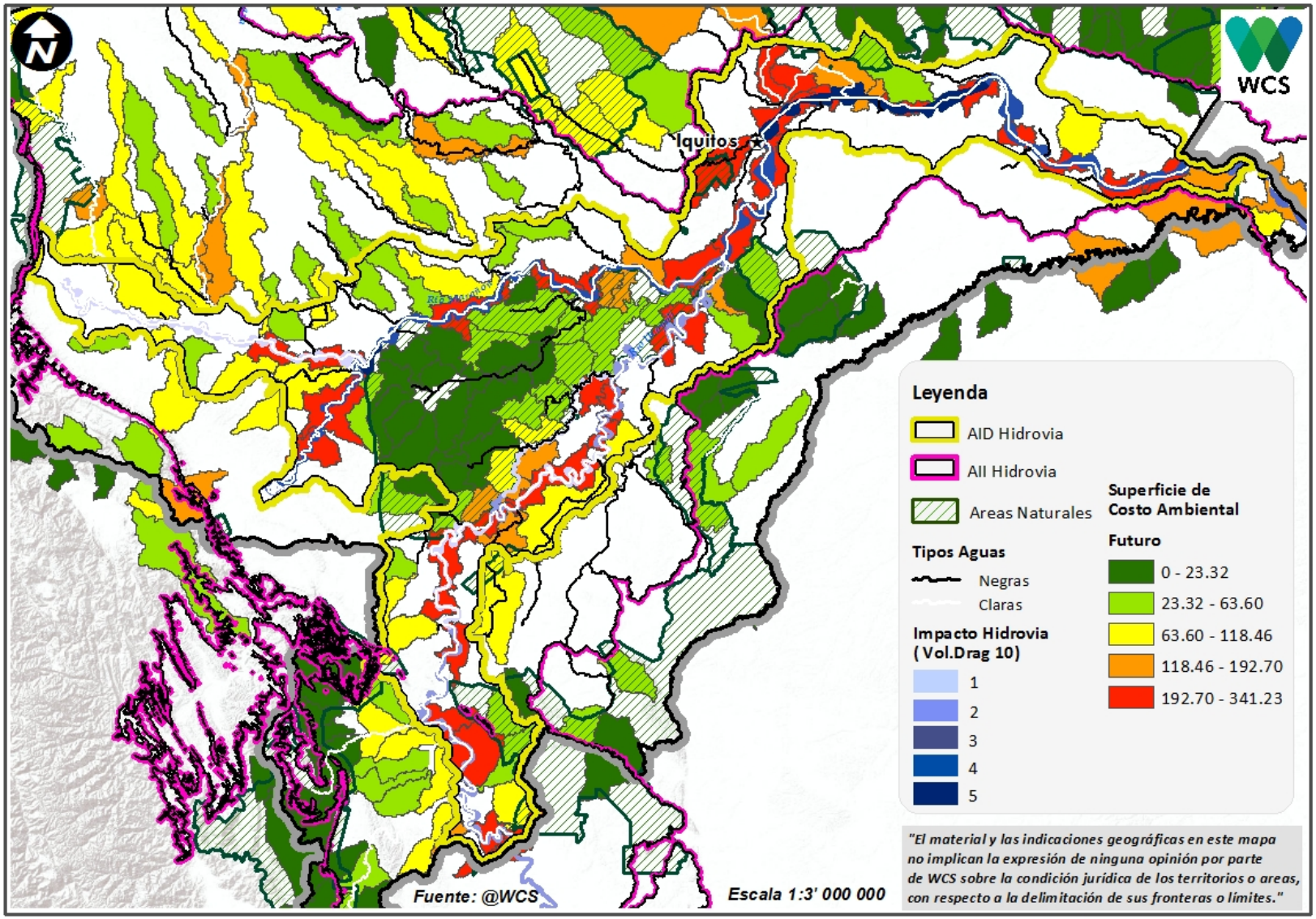


Figura 26. Portafolio de sitios a) actuales y b) futuros potenciales para la compensación (a nivel de cuencas) superpuesto a las áreas de dragado de la HA.

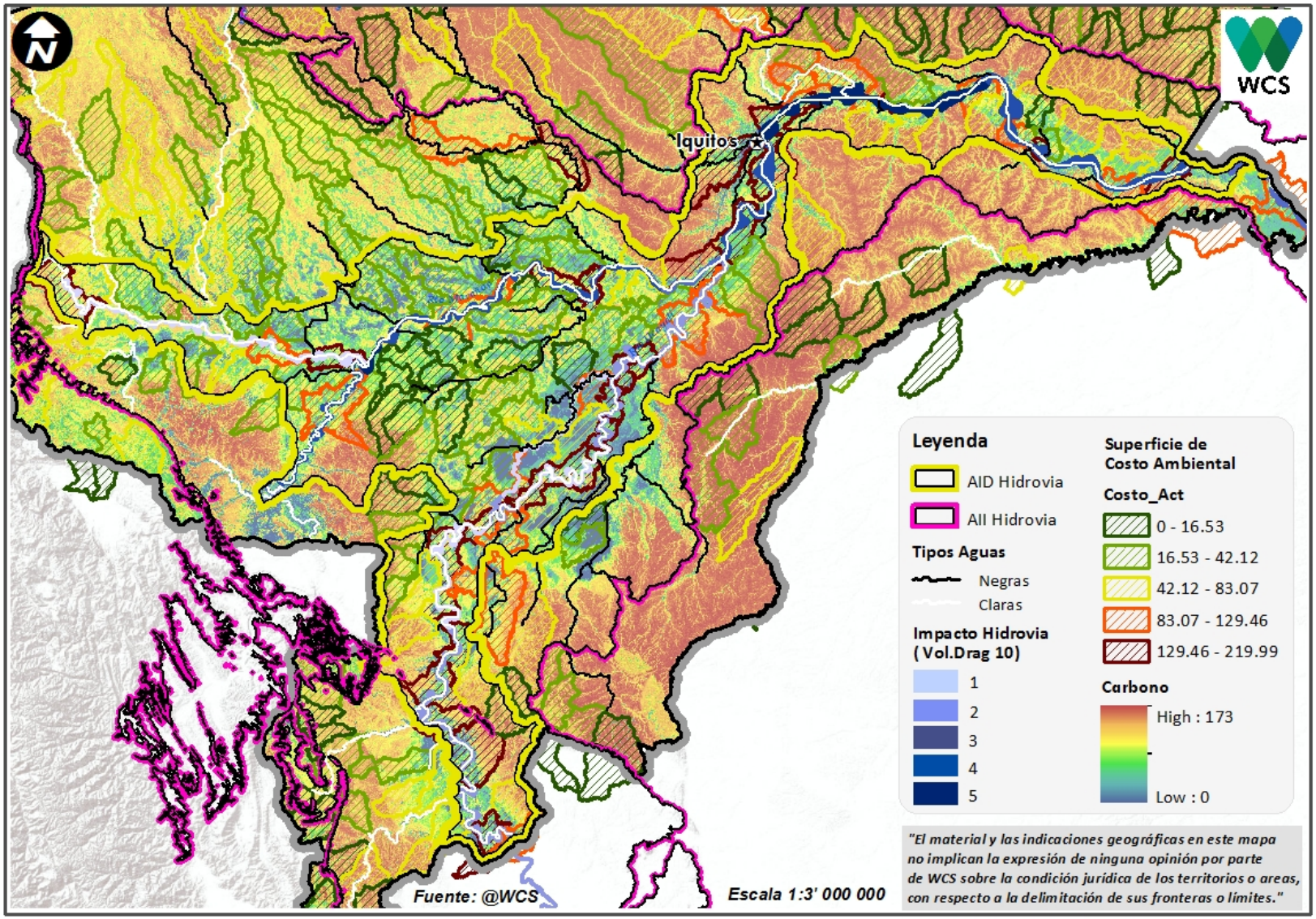


Figura 27. Portafolio actual de sitios potenciales para la compensación (a nivel de cuencas) superpuesto al contenido de carbono arriba del suelo, y encuentros de aguas de importancia ecológica dentro de las áreas de influencia de la HA.

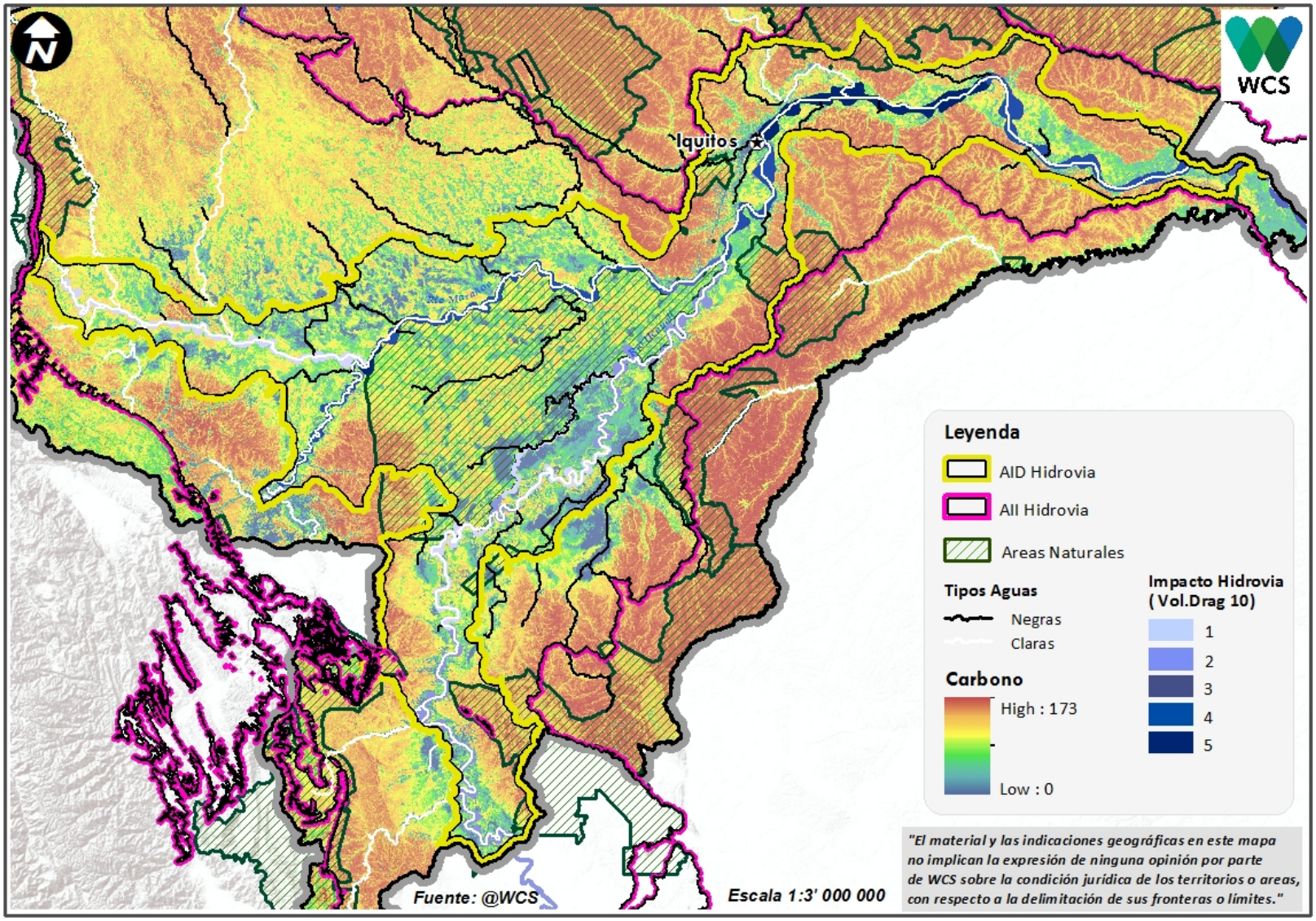


Figura 28. Contenido de carbono arriba del suelo y encuentros de aguas de importancia ecológica y áreas protegidas de la región.

Tabla 24. Costo ambiental del INR de la HA bajo el escenario actual de riesgo ambiental del portafolio de sitios de conservación de Loreto y estimación de la superficie mínima de compensación ambiental (soluciones). En rojo se indican los ecosistemas prioritarios para la conservación.

Ecosistema	Total de costo ambiental	Costo ambiental promedio	Número de hexágonos bajo protección	Número de mejores soluciones	Suma de mejores soluciones en ha
Áreas antrópicas	143368.2	136.9	1047	583	789700.5
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía	56293.0	128.8	437	296	269952.2
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	27069.3	76.7	353	201	372974.9
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	84550.1	84.1	1005	679	1523913.1
Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía	20854.4	108.6	192	55	296667.6
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	84854.0	140.7	603	420	607436.2
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	77374.7	161.9	478	331	176102.4
Cuerpos de Agua	92533.8	120.3	769	537	89821.4
Ríos Principales	104532.5	157.2	665	430	312492.4
Bosque siempreverde subandino del oeste de la Amazonía	3381.0	177.9	19	2	21644.9
Bosque del piedemonte del oeste de la Amazonía	7677.8	150.5	51	14	68695.7
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial de la alta Amazonía	24202.4	64.5	375	279	360270.7
Bosque pantanoso de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	47409.1	79.3	598	410	746171.1

Bosque de serranías aisladas del oeste de la Amazonía	601.0	200.3	3	0	2778.3
Bosque siempreverde estacional subandino del suroeste de la Amazonía	329.9	110.0	3	0	1431.2
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del sur de la Amazonía	358.5	89.6	4	2	1626.3
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del suroeste de la Amazonía	63.0	63.0	1	0	183.4
Bosque siempreverde estacional de la penillanura del suroeste de la Amazonía	762.1	127.0	6	6	4150.1
Total	776214.8	117.4	6609	4245	5646012.2

4.4.2 Ganancias teóricas identificadas en los sitios potenciales de compensación

Con el fin de evaluar y monitorear la eficacia de los mecanismos de CA es necesario utilizar varios grupos de variables ambientales/biológicas indicadores de los cambios en los diferentes niveles y componentes de la biodiversidad que serían impactados y/o compensados. Entre los grupos de variables recomendadas para evaluar esto están la cobertura de la vegetación, el carbono arriba del suelo, la composición de la fauna terrestre y la vegetación, y la estructura de las poblaciones de la fauna acuática. En el contexto de este ejercicio se analiza la cobertura vegetal de los ecosistemas asumiendo que el nivel del riesgo es un indicador de su estado de conservación o alteración. Igualmente se han hecho análisis del contenido de carbono arriba del suelo de los ecosistemas y se han relacionado a su estado definido de la forma mencionada arriba. Estas y otras variables a utilizar tienen que ser superpuestas a las unidades de análisis definidas (hexágonos en este caso).

Esto último requiere de un sistema de información espacial establecido que intercepte cualquier combinación de variables por unidad de análisis y que permita cuantificar dichas unidades en términos de dichas variables. Debe a su vez permitir la búsqueda de condiciones semejantes entre un universo de unidades a las de un set determinado de estas. Debido a que al momento del análisis no se tenía este sistema completamente establecido para fines de la ejemplificación de la cuantificación de las pérdidas y ganancias de biodiversidad se utilizó la extensión de los ecosistemas dentro de las unidades de análisis para estimar las áreas de impacto y las áreas equivalentes potenciales para la compensación. En la Tabla 29 se da un ejemplo de esta cuantificación de pérdidas y ganancias independiente del estado de conservación (equivalente a una pérdida neta del 46% del conjunto de áreas afectadas). Sin embargo, cabe mencionar que las unidades potenciales para la compensación fueron seleccionadas visualmente con base a los criterios de equivalencia tanto a nivel de tipo y estado del hábitat como cercanía, y enfatizando la conectividad de las mismas y con otros elementos de los ecosistemas y de áreas de conservación. Es necesario mencionar que la compensación a nivel de los ecosistemas fluviales descrita en la Tabla 29 es solamente indicativa y no refleja la realidad de los impactos a nivel de conectividad de este tipo de ecosistemas y su fauna.

Tabla 25. INR después de la aplicación de la JdM, área mínima de compensación y ganancia mínima de biodiversidad por ecosistema. En rojo se resaltan los ecosistemas prioritarios.

Ecosistema	INR después de JdM	Suma de mejores soluciones en ha	ganancia mínima en ha
Áreas antrópicas	1045657	789700	-255956
Bosque azonal semideciduo de colinas del oeste de la Amazonía	9456		-9456
Bosque de serranías aisladas del oeste de la Amazonía	74419	2778	-71640
Bosque del piedemonte del oeste de la Amazonía	424419	68696	-355723
Bosque del piedemonte del suroeste de la Amazonía	9899		-9899
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía	281045	269952	-11093
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del suroeste de la Amazonía	0	183	183
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas mixtas de la Amazonía	11167		-11167
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	719667	372975	-346692
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del suroeste de la Amazonía	943		-943
Bosque pantanoso de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	890879	746171	-144707
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	2309844	1523913	-785931
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del sur de la Amazonía	3273	1626	-1647

Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía	2428974	296668	-2132306
Bosque siempreverde estacional de la penillanura del suroeste de la Amazonía	9198	4150	-5047
Bosque siempreverde estacional subandino del suroeste de la Amazonía	0	1431	1431
Bosque siempreverde subandino del oeste de la Amazonía	447219	21645	-425574
Bosque y palmar basimontano pluvial de Yungas			0
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	621903	607436	-14466
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	186268	176102	-10165
Cuerpos de Agua	374132	89821	-284310
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial de la alta Amazonía	517153	360271	-156883
Rios Principales	7459	312492	305033
vegetación esclerófila de arenas blancas del oeste de la Amazonía	18171		-18171
Total	**10383683**	5646012	-4737671

4.4.3 Sitios potenciales de compensación para alcanzar Pérdida Neta Cero

Al igual que para la CHM, los planes de compensación ambiental de la HA fueron basados en el análisis de los portafolios (actual y futuro) de sitios potenciales para la conservación desarrollados por WCS (2015b) y en el análisis del impacto residual de las obras (Celi 2015a) (Tabla 28). Para los cálculos correspondientes se consideró las planicies inundables de los ríos a ser afectados directamente por las obras de dragado como el área de mayor impacto que tendría que ser compensada (Tabla 6). Estos escenarios consideran el costo ambiental presente y futuro de hacer acciones de conservación o manejo de los objetos dentro de la misma área de afectación, que debido a su extensión y unicidad no sería compensable directamente en áreas cercanas. El portafolio de sitios para la compensación presente dio mejores resultados que el portafolio de sitios futuro en términos de número de objetos de conservación seleccionados y la superficie de los mismos. Además, con el fin de garantizar la adicionalidad de la compensación incluye una propuesta de manejo integral de cuencas dentro del AID de la HA (Tabla 30). Esta a su vez reduciría la pérdida neta residual a un 3% de la superficie de las áreas de impacto (Tabla 31).

Tabla 26. Áreas adicionales de manejo integrado de cuencas para mitigación de impacto de la HA y apoyo a la compensación ambiental en el AID del proyecto. La superficie de las mejores soluciones fue estimada sin contar la planicie de inundación.

Ecosistema	Total de costo ambiental	Costo ambiental promedio	Número de hexágonos bajo protección	Número de mejores soluciones	Suma de mejores soluciones en ha
Áreas antrópicas	29108.4	102.5	284	111	872190.1
Bosque azonal semideciduo de colinas del oeste de la Amazonía	375.9	94.0	4	1	79779.8
Bosque de serranías aisladas del oeste de la Amazonía	850.6	77.3	11	10	117837.8
Bosque del piedemonte del oeste de la Amazonía	4398.8	86.3	51	21	575106.4
Bosque del piedemonte del suroeste de la Amazonía	246.2	82.1	3	2	10312.2
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía	14097.3	104.4	135	69	45753.5
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del suroeste de la Amazonía	286.2	95.4	3	2	286.9
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas mixtas de la Amazonía	251.1	62.8	4	1	11046.9
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	11402.8	74.0	154	74	612249.9
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del suroeste de la Amazonía	296.1	98.7	3	2	2833.0
Bosque pantanoso de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	12774.4	78.9	162	88	273722.8
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	21097.2	85.8	246	112	1466506.6
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del sur de la Amazonía	431.9	86.4	5	4	2131.5

Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía	11052.4	76.8	144	69	4675850.4
Bosque siempreverde estacional de la penillanura del suroeste de la Amazonía	156.7	78.3	2	2	4878.7
Bosque siempreverde estacional subandino del suroeste de la Amazonía	384.5	96.1	4	3	36635.9
Bosque siempreverde subandino del oeste de la Amazonía	3841.3	80.0	48	18	897709.6
Bosque y palmar basimontano pluvial de Yungas	186.1	62.0	3	1	1412.5
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	16580.3	112.8	147	75	9110.7
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	17967.9	122.2	147	69	4904.8
Cuerpos de Agua	19199.0	97.0	198	97	15468.9
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial de la alta Amazonía	8741.0	76.0	115	57	256751.3
Ríos principales	24252.3	118.3	205	86	46160.7
vegetación esclerófila de arenas blancas del oeste de la Amazonía	716.4	102.3	7	3	18541.3
Total	198695.0	95.3	2085	977	10037182.4

Tabla 27. Ganancia neta residual por ecosistema luego de la aplicación de la JdM y el cálculo del INR y después de adición de áreas de manejo integrado de cuencas como áreas de mitigación de la HA. En rojo se resaltan los ecosistemas prioritarios.

Ecosistema	INR después de JdM	Suma de mejores soluciones en ha	ganancia mínima en ha
Áreas antrópicas	1045657	872190	-173466
Bosque azonal semideciduo de colinas del oeste de la Amazonía	9456	79780	70324
Bosque de serranías aisladas del oeste de la Amazonía	74419	117838	43419

Bosque del piedemonte del oeste de la Amazonía	424419	575106	150687
Bosque del piedemonte del suroeste de la Amazonía	9899	10312	413
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía	281045	45754	-235291
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del suroeste de la Amazonía	0	287	287
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas mixtas de la Amazonía	11167	11047	-121
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	719667	612250	-107417
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del suroeste de la Amazonía	943	2833	1890
Bosque pantanoso de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	890879	273723	-617156
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	2309844	1466507	-843337
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del sur de la Amazonía	3273	2132	-1142
Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía	2428974	4675850	2246877
Bosque siempreverde estacional de la penillanura del suroeste de la Amazonía	9198	4879	-4319
Bosque siempreverde estacional subandino del suroeste de la Amazonía	0	36636	36636
Bosque siempreverde subandino del oeste de la Amazonía	447219	897710	450491
Bosque y palmar basimontano pluvial de Yungas		1412	1412
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	621903	9111	-612792

Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	186268	4905	-181363
Cuerpos de Agua	374132	15469	-358663
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial de la alta Amazonía	517153	256751	-260402
Rios Principales	7459	46161	38702
vegetación esclerófila de arenas blancas del oeste de la Amazonía	18171	18541	371
Total	**10383683**	10037182	-346501

La figura 29 se muestra que las áreas potenciales para la compensación (hexágonos) de los impactos netos residuales de la HA. Los hexágonos se superponen a los objetos que servirían para compensar las pérdidas netas de hábitats y servicios ecosistémicos por cambios en su régimen hidrológico y geomorfológico ocasionado por el dragado, mientras que las cuencas aledañas resaltadas en morado y ubicadas dentro del AID representan áreas que requerirían manejo especial para minimizar los impactos de las obras Los colores de las cuencas representan su costo ambiental, siendo verde el menor costo y rojo el mayor. Se debería dar especial atención a aquellas cuencas que facilitan la conectividad entre las áreas protegidas existentes (en turquesa) o las que protejan ambientes únicos (ej. ecosistemas prioritarios, uniones de aguas negras con blancas, etc.) o servicios ecosistémicos importantes (ej. pesca, carbono) a lo largo de las planicies de inundación de los ríos que serían impactados directamente por la HA (en negro).

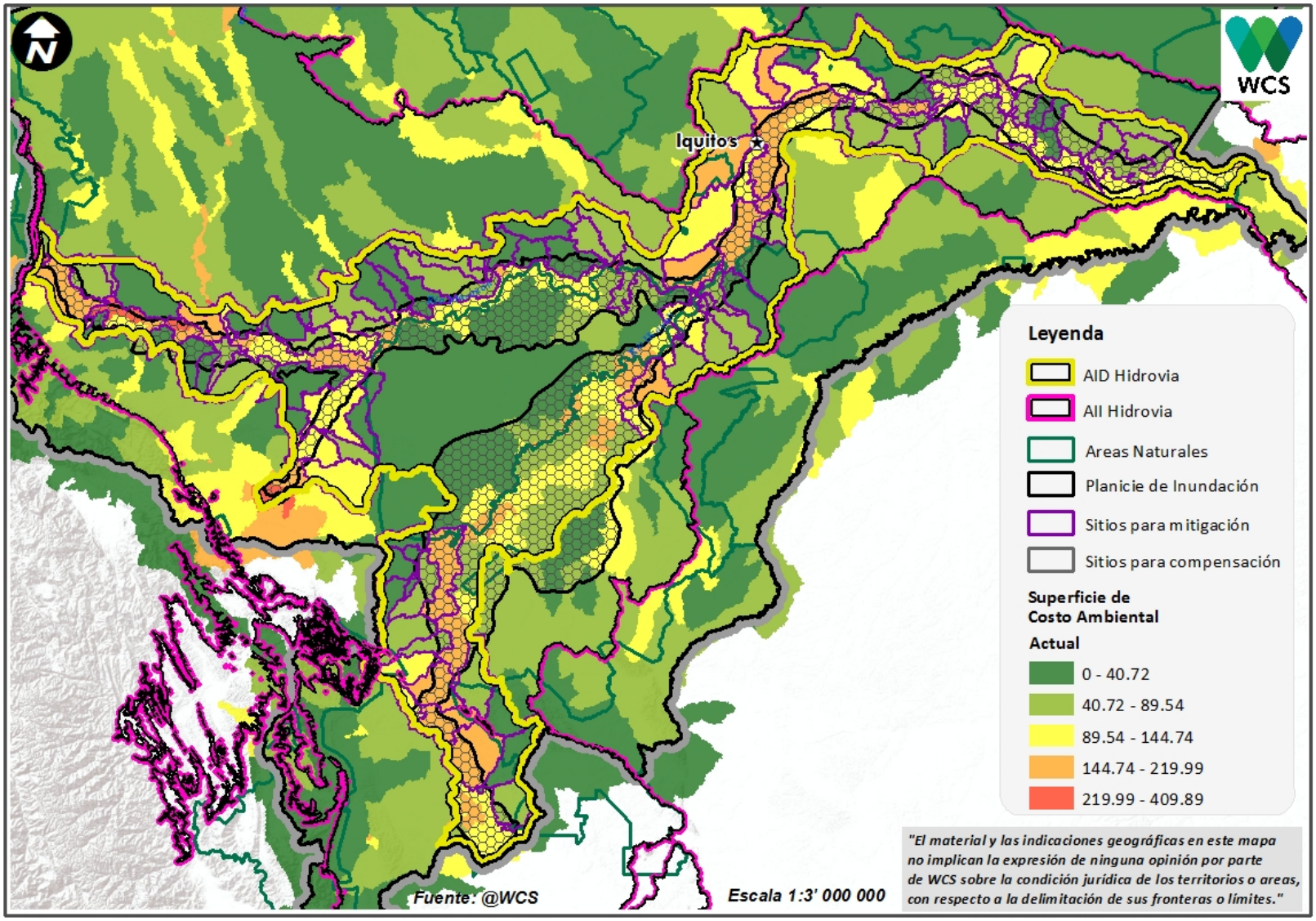


Figura 29. Áreas potenciales para la compensación de los impactos netos residuales de la HA.

4.5 Conclusión del estudio de caso de la HA

En general se puede concluir que el EdF de la HA no evalúa correctamente los potenciales impactos de las obras del proyecto. Se necesitan mejorar los métodos de evaluación de impactos ambientales de hidroproyectos con criterios y modelos como los sugeridos anteriormente. De igual manera los responsables de la ejecución y evaluación de estos estudios deben tener un excelente nivel técnico, de tal manera que el destino de este tipo de obras esté respaldado por opiniones técnicas y apolíticas.

A manera de ejemplo se utilizaron algunos de los métodos de evaluación de impactos sugeridos y se demostró que la magnitud de los impactos DIAS de la HA es muy elevada, y que con la aplicación de la JdM el INR puede ser reducido considerablemente. A pesar de esto, la extensión de las áreas impactadas es muy alta lo cual dificulta la determinación de equivalencias ecológicas y la aplicación de planes de compensación precisos. Ante esto se sugiere una revisión de las características del proyecto.

A pesar de esto, durante este ejercicio se mostró hipotéticamente que es posible aplicar criterios técnicos para determinar áreas de impacto y áreas equivalentes que pueden ser utilizadas para mitigar y compensar los potenciales impactos de .la HA. La efectividad de este tipo de análisis radica en la precisión de las fuentes información, así como en la exactitud de los modelos utilizados y en la objetividad y capacidad de interpretación y discernimiento de las personas involucradas en el proceso de evaluación de impactos.

De igual manera se mostró que sí es posible aplicar mecanismos de compensación, aunque sea parciales, como son la conservación y restauración de ecosistemas prioritarios, entre otros. La utilización de ciertos criterios, como la equivalencia, cercanía, conectividad y adicionalidad facilitó la selección de objetos de potenciales para la compensación, los mismos que fueron computados para determinar hipotéticamente si existirían pérdidas o ganancias netas de biodiversidad. La efectividad de los planes de compensación depende de la aplicación de medidas basadas en la retroalimentación obtenida de planes de monitoreo y manejo adaptativo, así como en la determinación de mecanismos de participación y capacitación de las personas encargadas de implementarlos. Su factibilidad también depende de que exista una planificación regional y sectorial efectiva, así como de la voluntad política y la capacitad técnica y organizativa de las partes involucradas.

5 Recomendaciones

Algunas recomendaciones que facilitarían la implementación de medidas de CA como parte del EIA de los hidroproyectos son:

La revisión de los TdRs de EIAs de tal forma que incluyan criterios de evaluación de impacto de hidroproyectos, así como métodos para la aplicación de la JdM, el cálculo del INR, la definición de equivalencias de biodiversidad, y la definición de sitios y medidas de CA. En este informe se recomiendan criterios y métodos y se incluye una propuesta de TdR de EIAs de hidroproyectos.

Es indispensable contar con una sólida base de información espacial de los patrones de distribución, endemismo, estado de conservación, y nivel de protección legal de la biodiversidad. Así como de escenarios de riesgo ambiental actuales y futuros que muestren las probabilidades de conservación de los diferentes componentes de la biodiversidad.

Es necesario mantener un sistema de información actualizado que contenga estos datos espaciales sobre las especies, ecosistemas y servicios ecosistémicos (ej. carbono), tanto a nivel regional y de cuencas como a nivel nacional de tal forma que se definan de antemano prioridades y metas de conservación.

Esta información preliminar serviría para mejorar la planificación territorial y junto con guías metodológicas guiaría a los encargados del desarrollo e implementación de los planes de CA. Dichas guías metodológicas deben ser lo suficientemente flexibles para ajustarse a las condiciones específicas de cada proyecto pero a la vez deben velar por la aplicación de la JdM y los principios de sostenibilidad (ver análisis de TdRs).

Es recomendable que los análisis de impacto y los planes de manejo y compensación sean hechos por grupos académicos con experiencia en las diferentes áreas relacionadas a los hidroproyectos, y que se siga estrictamente el método científico en la evaluación de impactos.

Referencias

ABAD, J. D., H. MONTORO, C. FRIAS, J. PAREDES, and B. PERALTA. “The meandering Ucayali River, a cyclic adaptation of cutoff and planform migration”. 2012

ANDERSON, E. P., M. MONTOYA, A. SOTO, H. FLORES, and M. MCCLAIN. “Challenges and Opportunities for Co-Management of a Migratory Fish (Prochilodus nigricans) in the Peruvian Amazon”. EN: *Challenges for Diadromous Fishes in a Dynamic Global Environment.* 2009. 741-756 p.

BODMER, R. E., T. G. FANG, L. MOYA, AND R. GILL. “Managing Wildlife to Conserve Amazonian Forests - Population Biology and Economic-Considerations of Game Hunting”. *Biological Conservation*. 1994:29-35.

CANAS, C. M., and W. E. PINE. “Documentation of the Temporal and Spatial Patterns of Pimelodidae Catfish Spawning and Larvae Dispersion in the Madre De Dios River (Peru): Insights For Conservation In The Andean-Amazon Headwaters”. *River Research and Applications* .2011.27:602-611.

CANAS, C. M., and P. R. WAYLEN. “Modelling production of migratory catfish larvae (Pimelodidae) on the basis of regional hydro- climatology features of the Madre de Dios Basin in southeastern Peru. Hydrological Processes”. 2012.26:996-1007.

CELI, J. 2015a. Análisis del cálculo del impacto residual de la Central Hidroeléctrica de Mazán y de la Hidrovía del Amazonas. Wildlife Conservation Society, Lima, Perú.

CELI, J., and O. CASTILLO. “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”. 2015.

CELI, J. E. “Hydrological Regimes of Riverine Ecosystems of the Napo River (Amazon Basin): Implications for the Management and Conservation of Biodiversity”. Zoology. Michigan State University, East Lansing. 2014. 138 p.

CELI, J. E. 2015b. “Análisis de la evaluación de impactos ambientales de la Central Hidroeléctrica de Mazán y de la Hidrovía del Amazonas”. *Wildlife Conservation Society*, Lima, Perú.

CUI, B. S., Z. M. ZHANG, and X. X. LEI. “Implementation of Diversified Ecological Networks to Strengthen Wetland Conservation”. *Clean-Soil Air Water.* 2012. 40:1015-1026.

DGAAE. “Términos de Referencia. Sub-sector Electricidad. Estudio de Impacto Ambiental Detalaldo (EIA-d). Proyectos de de Centrales Hidroeléctricas”. *in V. d. Energía, editor. Ministerio de Energía y Minas, Lima, Perú*. 2014.

DGASA. “Términos de Referencia. Estudio de Impacto Ambiental Detallado a Nivel Definitivo Proyecto "Mejoramiento y Mantenimiento de la Condiciones de Navegabilidad en los Ríos Ucayali, Huallaga, Marañón y Amazonas"*. in V. d. Transportes, editor. Ministerio de Trasporte y Comunicaciones, Lima, Peru*. 2014. 33 p.

DZAN, W. Y., S. Y. CHANG, K. C. HSU, and IEEE. “Designing and Building of a Catamaran and its Stability Analysis”. *Second International Conference on Robot, Vision and Signal Processing (Rvsp)*. 2013. 148-152 p.

EIH, and H&Q. “Estudio de Factibilidad “Mejoramiento y Mantenimiento de la Condiciones de Navegabilidad en los Ríos Hualllaga, Ucayali, Marañón y Amazonas”. *Estudio de Ingeniería Hidráulica y H&Q Ingenieros, Proinversión, Ministerio de Economía y Finanzas, Lima, Perú*. 2010.

ERLEWEIN, A. “Disappearing rivers - The limits of environmental assessment for hydropower in India”. *Environmental Impact Assessment Review.* 2013. 43:135-143.

GUTIERREZ, R. R., M. CHOI, J. D. ABAD, and H. MONTORO . “Characterization of confluences of free meander trains at the upper Amazon basin”. 2014.

HAMILTON, S. K. “Potential effects of a major navigation project (Paraguay-Parana Hidrovia) on inundation in the Pantanal floodplains”. *Regulated Rivers-Research & Management*. 1999. 15:289-299.

HARVEY, J., and M. GOOSEFF. “River corridor science: Hydrologic exchange and ecological consequences from bedforms to basins”. *Water Resources Research*. 2015. 51:6893-6922.

Howard, T. “From international principles to local practices: a socio-legal framing of public participation research”. *Environment Development and Sustainability*. 2015. 17:747-763.

IFC. Performance Standard 6. “Biodiversity Conservation and Sustainable Management of Living Natural Resources in WBG”, editor. 2012.

JOSSE, C. “Mapa de Ecosistemas Terrestres de los Andes Orientales y Amazonía Occidental”. 2009.

KIESECKER, J. M., H. COPELAND, A. POCEWICZ, and B. MCKENNEY. “Development by design: blending landscape-level planning with the mitigation hierarchy. Frontiers in Ecology and the Environment”. 2010. 8:261-266.

LAE. “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*. 2014.

MCDANIEL, J. “Communal fisheries management in the Peruvian Amazon”. *Human Organization* 1997. 56:147-152.

MONTOYA, M., and K. R. YOUNG.” Sustainability of natural resource use for an Amazonian indigenous group. Regional Environmental Change”. 2013. 13:1273-1286 p.

PELICICE, F. M., and A. A. AGOSTINHO. “Fish-passage facilities as ecological traps in large neotropical rivers”. *Conservation Biology*. 2008. 22:180-188.

PINTER, L., P. HARDI, A. MARTINUZZI, and J. HALL. “Bellagio STAMP: Principles for sustainability assessment and measurement”. *Ecological Indicators.* 2012. 17:20-28.

ROUGET, M., R. M. COWLING, A. T. LOMBARD, A. T. KNIGHT, and I. H. K. GRAHAM. “Designing large-scale conservation corridors for pattern and process”. *Conservation Biology*. 2006. 20:549-561.

SAVAN, B., and C. GORE. “Translating strong principles into effective practice: environmental assessment in Ontario, Canada”. *Journal of Environmental Planning and Management*. 2015. 58:404-422 p.

SCHULTZ, G. A. “Integrated water resources management: the requirements of the European Union, the problem of environmental impact assessment, and implementation of the sustainable development principle”. *in M. A. Marino, and S. P. Simonovic, editors. Integrated Water Resources Management.* 2001. 3-11 p.

MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental in S. d. E. d. I. Ambiental SEIA*. Lima, Perú. 2009.

MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Lineamientos para la Compensación Ambiental en el Marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, SEIA.*Lima, Perú. 2014.

SIMA, E., I. E. CALCIU, and A. NICOLAE BALCESCU LAND FORCES. RO-RO TRANSPORTS – “A Profitabla Way Of Transportation”. 15th International Conference the Knowledge-Based Organization: Applied Technical Sciences and Advanced Military Technologies, Conference Proceedings 6. 6:165-169. 2009.

TERRY, M. “Evaluación de la propuesta proyecto: "Central Hidroeléctrica Mazán y su Línea de Trasmisión" y el Estudio de Impacto Ambiental Detallado”. *Fundación Río Napo, Ecuador*. 2014.

WCS. 2015a. “Mapa de riesgos ambientales de la Región Loreto, Perú”.

WCS. 2015b. “Portafolio de sitios prioritarios para la conservación de Loreto, Perú”. *in W. C. Society, editor, Lima, Perú.*