



THE
BIODIVERSITY
CONSULTANCY

Estudios de caso para el desarrollo de
la compensación ambiental en el Perú:
Loreto

**DOCUMENTO
DE TRABAJO
Capítulo 3**



Septiembre 2017



DOCUMENTO DE TRABAJO

Septiembre 2017

Capítulo 3

Estudios de caso para el desarrollo de la compensación ambiental en el Perú: Loreto

José Carlos Rubio Ayllón
Annie Escobedo Grandez
Cristian Vallejos

Foto: Annie Escobedo Grandez

El desarrollo de la presente investigación ha sido posible gracias al apoyo de la Fundación Moore. Las opiniones expresadas en el documento son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente la opinión de los financiadores.

Este documento se puede descargar de forma gratuita desde <http://www.conservation-strategy.org>

**GORDON AND BETTY
MOORE
FOUNDATION**

CONTENIDO

1	Introducción	4
2	Descripción de los casos	4
2.1	Caso: Central Hidroeléctrica Mazán	4
2.2	Caso: Hidrovía Amazónica (HA)	7
3	Principales vacíos del EIA (CHM) y EdF (HA)	10
3.1	Análisis de la línea base.....	10
3.2	Análisis de áreas de influencia de los proyectos	12
3.3	Aplicación de la Jerarquía de Mitigación (JdM).....	20
4	Etapa A: Calculo del impacto residual	26
4.1	Síntesis del proceso para elaborar el Plan de Compensación	26
4.2	Paso 1: Identificación y priorización de los componentes de la biodiversidad	27
4.3	Paso 2: Selección de la métrica para cuantificar los componentes de la biodiversidad.....	37
4.4	Paso 3: Definición del plazo para medir las pérdidas y ganancias de biodiversidad.....	42
4.5	Paso 4: Construcción del escenario de referencia para evaluar las pérdidas y ganancias	42
4.6	Paso 5: Cuantificación de los impactos residuales	45
5	Etapa B: Diseño de un plan de compensación por pérdidas de biodiversidad..	56
5.1	Paso 6: Identificación de un portafolio de sitios potenciales de compensación.....	56
5.2	Paso 7: Cuantificación de ganancias teóricas.....	62
5.3	Paso 8: Estimación de costos de la compensación.....	67
5.4	Paso 9: Selección de un sitio para alcanzar la No Pérdida Neta.....	72
5.5	Paso 10: Implementación de garantías financieras.....	78
6	Conclusiones	79
7	Referencias	81

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. 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	9
Tabla 2. Análisis comparativo de las líneas bases necesarias para hidroproyectos y las realizadas durante el EIA de la CHM y el EdF de la HA.....	11
Tabla 3. Superficies de las áreas de influencia directa e indirecta de la CHM y la HA de acuerdo a los EIA y EdF y al presente análisis	18
Tabla 4. Análisis comparativo de la aplicación de la JdM para este análisis y el EIA de la CHM.	21
Tabla 5. Análisis comparativo de la aplicación de la JdM durante este análisis y el EdF de la HA	23
Tabla 6. Superficie de ecosistemas terrestres y cuerpos de agua lénticos de la AID y AII de la CHM. Mayor nivel de prioridad para la conservación es 5, en una escala de 5 a 1	28
Tabla 7. Superficie de las AID y AII de la CHM bajo diferentes categorías de riesgo ambiental. (Tomado de Wildlife Conservation Society 2015b).....	32
Tabla 8. Ecosistemas terrestres de la AID y AII de la HA. El nivel de prioridad para la conservación basado en la rareza, abundancia relativa, nivel de protección legal, y riesgo ambiental se expresa de 1 (menos) a 5 (más prioritario)	33
Tabla 9. Superficie de las AID y AII de la HA bajo diferentes categorías de riesgo ambiental (Tomado de Wildlife Conservation Society 2015b).....	37
Tabla 10. Ejemplos de criterios, indicadores y métricas para la cuantificación de las pérdidas de biodiversidad por los impactos de actividad humanas en ecosistemas acuáticos	38
Tabla 11. Índices y pesos para la estimación de la calidad - cuenca (q-C)	39
Tabla 12. Descripción de impactos ambientales iniciales y residuales luego de la aplicación de la Jerarquía de la Mitigación para la CHM	48
Tabla 13. Descripción de impactos ambientales iniciales y residuales luego de la aplicación de la jerarquía de la mitigación para la HA	54
Tabla 14. Impacto residual de los hidroproyectos bajo la aplicación hipotética de la JdM	55
Tabla 15. Rangos y puntajes para la selección de sitios para la compensación ambiental.....	56
Tabla 16. Portafolio de sitios potenciales para compensación - CHM	61
Tabla 17. Portafolio de sitios potenciales para compensación - HA	62
Tabla 18. Ganancia teóricas en los sitios de compensación del portafolio para la CHM	64
Tabla 19. Ganancia teóricas en los sitios de compensación del portafolio para la HA	65
Tabla 20. Costos de manejo anuales en los sitios potenciales de compensación - CHM (en US\$ para los escenarios básico y óptimo).....	68
Tabla 21. Costos de manejo anuales en los sitios potenciales de compensación - HA (en US\$ para los escenarios básico y óptimo).....	69
Tabla 22. Evaluación de los sitios de compensación potenciales del portafolio - CHM.....	73
Tabla 23. Evaluación de los sitios de compensación potenciales del portafolio - HA.....	75
Tabla 24. Estimación de fondos fiduciarios a perpetuidad para las opción CHM1 - CHM	78
Tabla 25. Estimación de fondos fiduciarios a perpetuidad para las opción H1 - HA.....	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general de las obras de la CHM	6
Figura 2. Ubicación de malos pasos y volúmenes de dragado de apertura	8
Figura 3. Áreas de influencia directa e indirecta de la CHM de acuerdo al EIA	14
Figura 4. Áreas de influencia directa e indirecta de la HA acuerdo al EdF.....	15
Figura 5. Áreas de influencia directa e indirecta (parcial) de la CHM basadas en los análisis de este estudio.....	16
Figura 6. Áreas de influencia directa e indirecta (parcial) de la HA basadas en los análisis de este estudio.....	17
Figura 7. Embalse potencial con una cota de 94 msnm y AID de la CHM	19
Figura 8. Calidad - cuenca actual en cuencas asociadas a los hidroproyectos en Loreto	41
Figura 9. Cuencas afectadas por el embalse que se formaría por la CHM.....	43
Figura 10. Cuencas afectadas como consecuencia del dragado por la HA	44
Figura 11. Potencial embalse que se formaría río arriba y abajo de la CHM en la cota máxima de 94 msnm. El embalse inferior corresponde al área de las planicies inundables que mantendrían conectividad hidrológica con el río	46
Figura 12. Efectos potenciales del dragado de 6 (a) y 8 (b) de sedimentos en 13 “malos pasos” en los ríos Huallaga, Marañón y Ucayali sobre los mismos ríos y el Amazonas.....	52
Figura 13. Cuencas prioritarias para la compensación de los hidroproyectos en Loreto	58
Figura 14. Portafolio de sitios potenciales para la compensación - CHM	59
Figura 15. Portafolio de sitios potenciales para la compensación - HA	60

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1. Proceso para elaborar el Plan de Compensación de los casos en Loreto.....	26
Gráfico 2. Costo efectividad de los sitios potenciales de compensación - CHM (US\$ x Ha)	70
Gráfico 3. Costo efectividad de los sitios potenciales de compensación - CHM (C - q x US\$)	71
Gráfico 4. Costo efectividad de los sitios potenciales de compensación - HA	71
Gráfico 5. Costo efectividad de los sitios potenciales de compensación - HA (C - q x US\$).....	72

1 Introducción

Siguiendo con el proceso de colaboración con el MINAM, se han desarrollado estos estudios de caso en compensación ambiental en la región Loreto.

Al igual que en los casos de Madre de Dios, el propósito del estudio es ilustrar la aplicación de los lineamientos emitidos por el MINAM en diciembre del 2014, y a partir de ello brindar una serie de recomendaciones técnicas para el desarrollo de guías metodológicas que orientarán el desarrollo de este esquema regulatorio para el Perú. Adicionalmente se busca abordar situaciones variadas y cubrir distintos tipos de infraestructura, contextos biológicos y tipos de impactos, de tal manera que las recomendaciones puedan ser enriquecidas en base al espectro de contextos y tipos de afectaciones encontrados en los casos.

Se realizaron dos estudios de caso: la Central Hidroeléctrica Mazán (CHM) y la Hidrovía Amazónica (HA), que se desarrollaron en colaboración con Wildlife Conservation Society (WCS). WCS también ofreció la información técnica que sirvió de base para estos estudios de caso. De igual modo, el enfoque metodológico adaptado a estos de estudios de caso fue formulado considerando insumos de WCS. Para esto se aplicó el enfoque metodológico presentado en el Documento 1 señalando algunas precisiones y consideraciones dadas las diferencias entre los casos (la preponderancia de ecosistemas asociados a agua en Loreto, por ejemplo). El informe incluye primero una breve descripción de los casos y una revisión del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y Estudio de factibilidad (EdF). A partir de esta revisión, y con información complementaria, se aplican los pasos definidos en la metodología agrupados en dos grandes etapas: la cuantificación de los impactos residuales sobre la biodiversidad y la elección de un sitio de compensación para alcanzar la Pérdida Neta Cero.

Cabe mencionar que gran parte de estos estudios de caso es hipotética, y se basan 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 orientación técnica para el desarrollo de planes de compensación ambiental.

2 Descripción de los casos

2.1 Caso: Central Hidroeléctrica Mazán

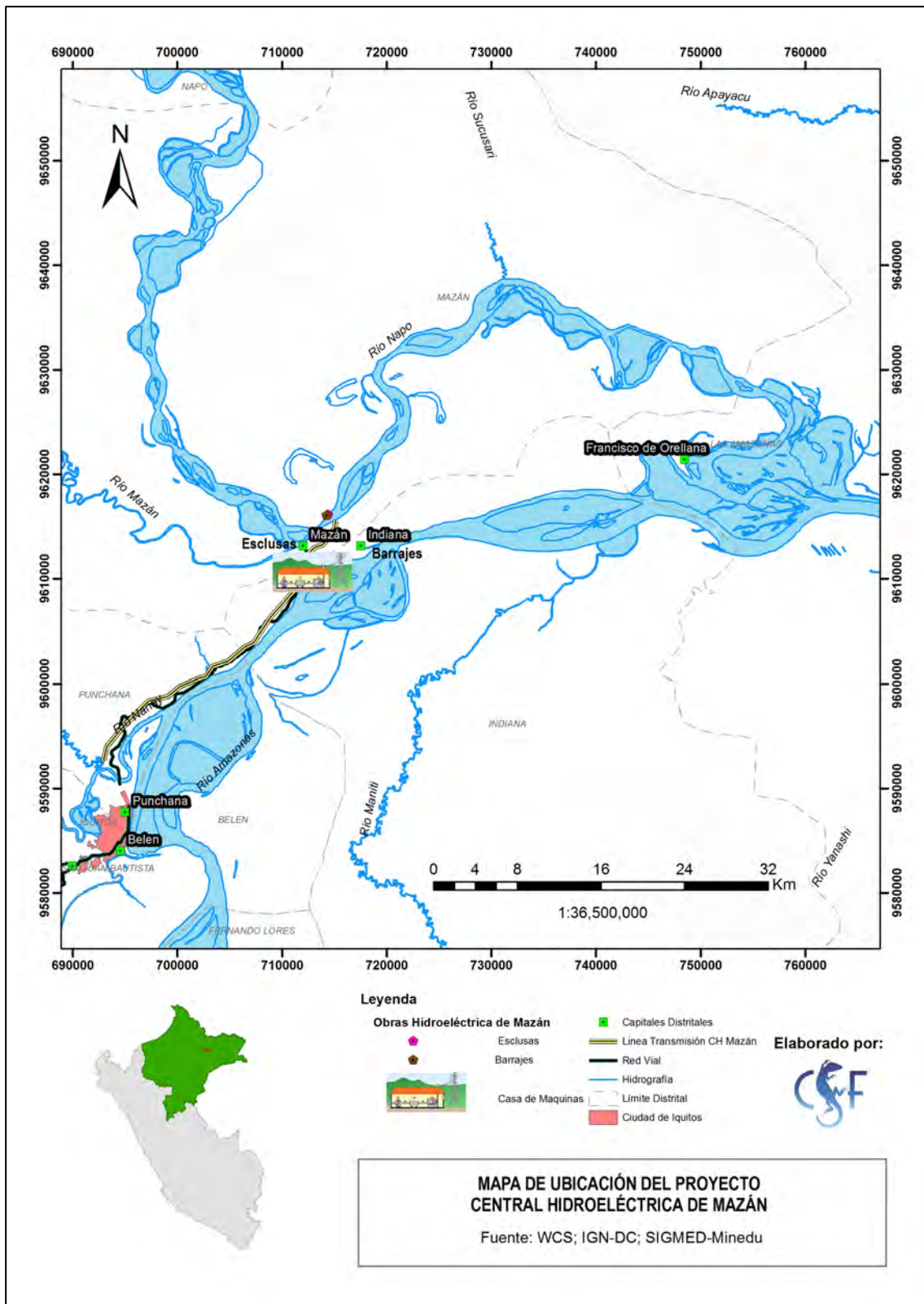
El proyecto hidroeléctrico Central Hidroeléctrica Mazán (CHM) pretende generar 544 MW a través de la regulación del caudal del Río Napo abajo de su confluencia con el Río Mazán, y a unos 80 km de su desembocadura en el Río Amazonas (Figura 1). Esta iniciativa tiene como objetivo utilizar este recurso hídrico para contrarrestar el déficit energético de la región Loreto.¹ El proyecto no solo garantizaría el suministro de electricidad, sino que también brindaría la posibilidad de exportar energía a otras regiones (INFRAECO 2015).

Según el Gobierno Regional de Loreto, el área de influencia directa (AID) del proyecto es de 28,329.76 Ha y abarca los distritos de Mazán, Indiana y Punchana, como se muestra en la Figura 1 (OPPIP 2014). El área de influencia indirecta (AII) alcanzaría una área de 124,310.26 Ha (OPPIP 2014), considerando las infraestructuras planificadas, y los consecuentes impactos ambientales. Las principales obras de este proyecto son:

¹ Según Dourojeanni (2013), el costo por kilovatio en Loreto es muy elevado, y el nivel de interrupciones del servicio de electricidad es uno de los más altos dentro del sector.

- Un canal de conducción ubicado en la localidad de Mazán que derivaría aproximadamente el 85% del caudal promedio ($6000\text{m}^3/\text{s}$) 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.
- 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 desarrollarían: un dique de aproximadamente 3 km en la margen derecha del río arriba de la confluencia con el Río Mazán; una línea de transmisión que conectaría las dos casas de máquinas propuestas con Iquitos; una esclusa en el lado izquierdo de la represa; un canal para peces en la margen derecha; y carreteras asociadas.

Figura 1. Esquema general de las obras de la CHM



El funcionamiento de la CHM dependería de la fluctuación natural de los niveles de los Ríos Napo y Amazonas, los mismos que tienen hidrogramas opuestos durante parte del ciclo anual (Wildlife Conservation Society 2015b). En este sentido durante las crecidas del Napo y cuando

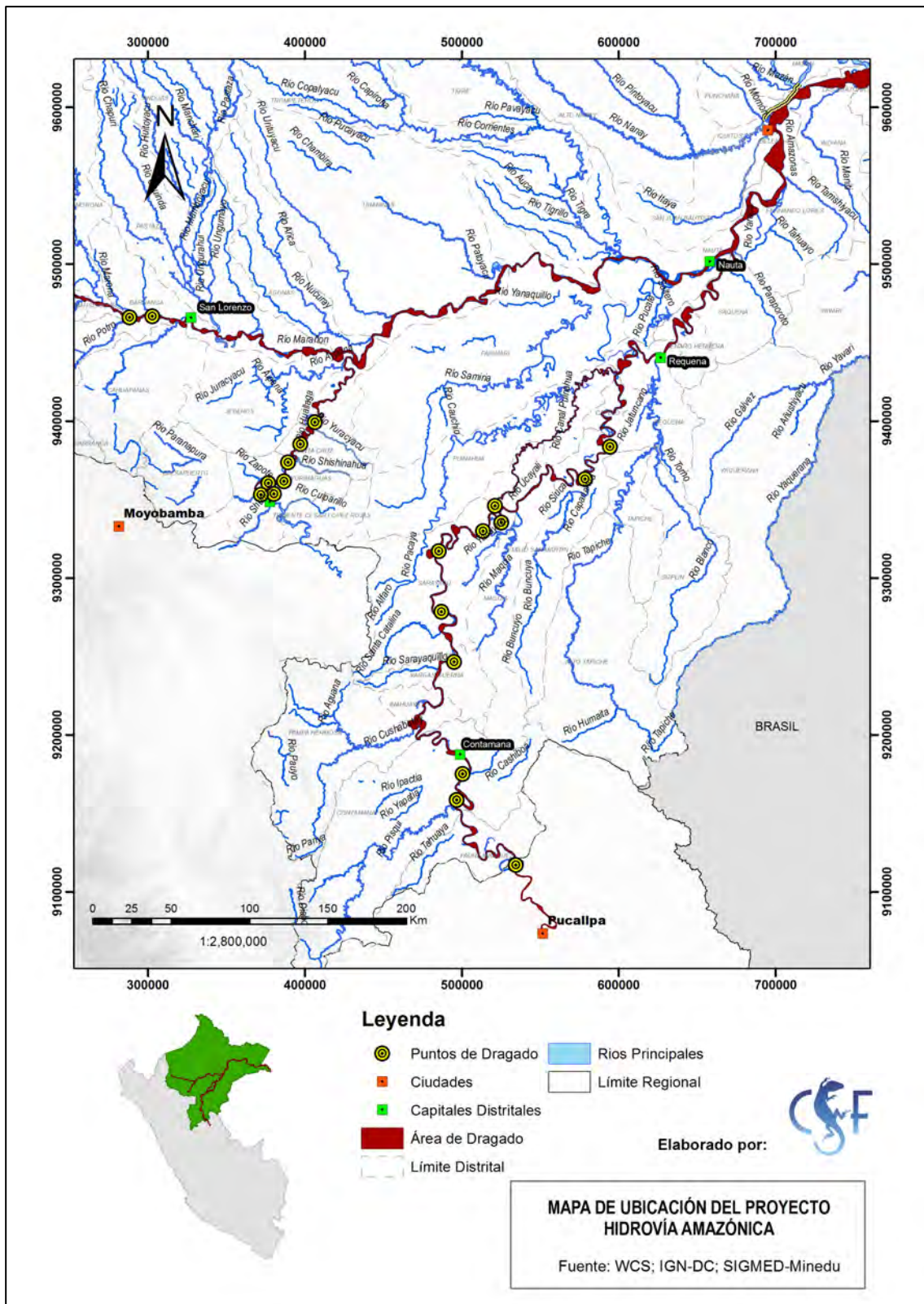
el Amazonas esté bajo, la central tendría la capacidad máxima de producción de energía, mientras que durante las crecidas del Amazonas y el estiaje del Napo, la capacidad de producción de la central sería mínima, sino nula. Esto evidencia la necesidad de la formación de un embalse sobre los Ríos Napo y Mazán que mantenga la diferencia de nivel positiva con respecto al Río Amazonas. Sin embargo, el EIA de la CHM omite mencionar este importante dato. De igual manera, el EIA no describe los potenciales impactos sobre la biodiversidad de la formación de un embalse ni de la ruptura de la conectividad longitudinal del Río Napo.

Hasta la fecha, el proyecto cuenta con Estudio de factibilidad y Estudio de Impacto Ambiental aprobados, y su construcción está planificada para el 2016. Sin embargo, hasta el primer semestre del presente, no se ha iniciado obra alguna.

2.2 Caso Hidrovía Amazónica (HA)

Este proyecto, que por ahora sólo cuenta con Estudio de Factibilidad (EdF), es parte de la iniciativa de Integración de la Infraestructura Regional Sudamericana (IIRSA), que incluye dentro de su planificación, proyectos de hidrovías en los principales ríos de las regiones Loreto y Ucayali. Tiene como finalidad garantizar la navegabilidad a través de trabajos de dragado, mediciones de nivel y monitoreo en los ríos Huallaga, Marañón, Ucayali y Amazonas (Figura 2). De esta forma se pretende facilitar el tráfico en condiciones seguras de embarcaciones fluviales durante las 24 horas del día, los 365 días del año entre los terminales portuarios de Yurimaguas, Pucallpa e Iquitos. La navegabilidad continua es considerada como un elemento fundamental para la comunicación y desarrollo de la Región Loreto (PROINVERSION 2013; INFRAECO 2015).

Figura 2. Ubicación de malos pasos y volúmenes de dragado de apertura



Para este propósito, además de las actividades de señalización y ayuda satelital a la navegación, se pretende dragar entre ~3 y 4.5 millones m³ de sedimentos en localidades someras (malos pasos) de dichos ríos (Figura 2 y Tabla 1) con el fin de incrementar la profundidad de los mismos entre 8 y 10 pies y permitir la navegación continua de embarcaciones de hasta 4 y 6 pies de calado, respectivamente.

Tabla 1. 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

(Tomado de Wildlife Conservation Society 2016)

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	1000
Puerto Pucallpa	Ucayali	615000	5	1000	1000
Santa María	Huallaga	335500	3	2745	4575
Oro Mina	Huallaga	304557	3	1050	1400
Providencia	Huallaga	301024	3	1260	1680
Santa Fe	Ucayali	224054	2	400	800
Metrópolis	Huallaga	218673	2	1000	1500
Gasolina	Marañón	57634	1	270	270
Paranapura	Huallaga	37603	1	275	275
Puerto Elisa	Marañón	12600	1	310	310
Cornejo Portugal	Ucayali	19043	1	400	400
Kerosene	Marañón	14752	1	280	280
Salida del Puinahua	Ucayali	14030	1	200	200
Progreso	Huallaga	0		9160	350
Bolívar	Ucayali	0		6695	100

El proyecto pretende dragar un volumen de apertura considerable en el Río Huallaga (2.1 millones de m³ según OPPIP (2014)), 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 1). 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 m³ (o el 1250% del volumen de dragado inicial) (Wildlife Conservation Society 2016)

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 (Wildlife Conservation Society 2016). Este y otros potenciales impactos se describen en secciones posteriores.

3 Principales vacíos del EIA (CHM) y EdF (HA)

Al igual que en los casos de Madre de Dios, y siguiendo el mismo enfoque metodológico², en los estudios de caso para compensación ambiental de Loreto se partió de la revisión del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y del Estudio de Factibilidad (EdF) disponibles para cada proyecto.

Para estos casos, la revisión de los EIA se basó en información generada por WCS y se concentró en: 1) un análisis general de los TdRs de EIAs y EdFs de hidroproyectos (Wildlife Conservation Society 2015c), 2) un análisis y revisión de sus líneas de base ambiental y áreas de influencia (Wildlife Conservation Society 2015a), y 3) la identificación inicial de impactos ambientales y revisión de la aplicación de la jerarquía de mitigación (JdM) (Wildlife Conservation Society, 2015b). A continuación se presentan los principales resultados de los puntos 2 y 3. Las reflexiones relacionadas con los TdRs de EIAs y EdFs de hidroproyectos se presentan, en detalle, en el Anexo 10.

3.1 Análisis de la línea base

Existen dos aspectos que las líneas bases ambientales deben incluir en un análisis de hidroproyectos. El primero se refiere a la revisión del diseño de la obra propuesta, describiendo las características ambientales necesarias para justificar su desarrollo (ej. requerimientos mínimos de caudal o nivel del agua, tasas de erosión y sedimentación del lecho del río, dinámica hidráulica y geomorfológica de los ríos, etc.); y el segundo aspecto consiste en describir las características del ambiente que se verían afectadas por las actividades relacionadas a la obra propuesta (ej. diversidad y distribución de hábitats y especies acuáticas, nivel de conectividad hidrológica entre el río y ecosistemas acuáticos, biogeoquímica de ecosistemas acuáticos a ser afectados, etc.). Ambos componentes están estrechamente ligados. Por ejemplo el régimen hidrológico de un río determina la capacidad de energía que ese ambiente podría generar en diferentes épocas del año, y a su vez la extensión, duración y frecuencia de períodos de inundación o estiaje, y los cambios estacionales y cíclicos de las especies de peces y plantas de áreas inundables indispensables para las poblaciones locales. Por ello es crucial entender las relaciones entre los diferentes componentes del ecosistema, sin dejar de lado los servicios ecosistémicos que estos proveen al considerar el desarrollo de proyectos de infraestructura de gran escala.

Entre los criterios que se deben considerar al evaluar la línea base ambiental, así como los impactos de este tipo de proyectos, están: el régimen hidrológico de los ríos y sus planicies de inundación, la dinámica hidráulica y geomorfológica (y geológica) de los mismos, y la distribución y diversidad de hábitats y especies acuáticas (y de ambientes terrestres circundantes) - incluyendo especies endémicas, de paisaje y/o amenazadas, entre otros (ver Anexo 10 y Anexo 11 para más detalles sobre las líneas base en hidroproyectos).

² Para los casos de Loreto se adaptó el enfoque metodológico aplicado en Madre de Dios, considerando el efecto de los proyectos analizados en los ecosistemas acuáticos. El desarrollo de esta adecuación metodológica tuvo en cuenta los aportes de WCS (ver Wildlife Conservation Society 2015a; Wildlife Conservation Society 2015b).

En la Tabla 2, se presenta una síntesis del resultado de este análisis para las líneas bases ambientales de la CHM y la HA (Wildlife Conservation Society 2015a). Se identifican aspectos que necesitan ser mejorados, y se proponen criterios e indicadores ambientales que permitan obtener una acertada evaluación de impactos de obras de infraestructura de este tipo.

Tabla 2. Análisis comparativo de las líneas bases necesarias para hidroproyectos y las realizadas durante el EIA de la CHM y el EdF de la HA
(Tomado de Wildlife Conservation Society 2016)

Criterio	Análisis necesarios	Hallazgos en el 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 localidades representativas de todos los ecosistemas. Análisis espaciales sobre la extensión y temporalidad de la inundación y conectividad hidrológica.	Datos sobre hidrología de ríos insuficientes, y sobre ambientes inundables inexistentes. Análisis espaciales inexistentes.
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.

Criterio	Análisis necesarios	Hallazgos en el EIA y/o EdF
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.

Como es evidente, para los casos de la CHM y la HA la información en el EIA y el EdF es insuficiente, y no permite evaluar los potenciales impactos de ningún tipo de proyecto orientado a alcanzar la Pérdida Neta Cero en biodiversidad. Es imprescindible definir líneas bases claras y objetivas que identifiquen (con un rango razonable de certidumbre) los niveles de biodiversidad presentes en las áreas de influencia de los proyectos y sus potenciales impactos (Wildlife Conservation Society 2016).

3.2 Análisis de áreas de influencia de los proyectos

Uno de los problemas fundamentales de los EIAs y EdFs de estos proyectos es la incorrecta definición de sus áreas de influencia directas (AIDs) e indirectas (AIIs). Esto tiene grandes repercusiones en la caracterización y cuantificación de las áreas a ser afectadas por una obra, y en el análisis de sus impactos sobre los ecosistemas y especies.

El AID de la CHM, de acuerdo al EIA, incluye sólo el cauce de los Ríos Napo y Amazonas, desde el punto inmediatamente abajo de las obras de infraestructura propuestas hasta la confluencia de ambos ríos. Con esto se 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 3). 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 3).

Con relación a la HA, el EdF establece una zona de 500 m 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 4).

Para estos estudios de caso se han redefinido las AIDs y AIs de la CHM y la HA, en base al análisis realizado por el equipo de WCS (Wildlife Conservation Society, 2015a), y la utilización de criterios hidrológicos e hidrobiológicos (Figura 5 y Anexo 11). Las AIDs fueron definidas utilizando criterios hidrológicos y de conectividad basados en mapas hidrográficos (ríos y cuencas), topográficos y geomorfológicos (Anexo 11). Para las AIs, además de estos criterios, se utilizó el área de distribución de las especies de peces migratorios de la cuenca. Como resultado del análisis, las AIDs y AIs de los dos proyectos cambiaron en varios órdenes de magnitud (Tabla 3), a pesar de que sólo se incluyeron criterios relacionados a la conectividad acuática directa de los ecosistemas.

Figura 3. Áreas de influencia directa e indirecta de la CHM de acuerdo al EIA

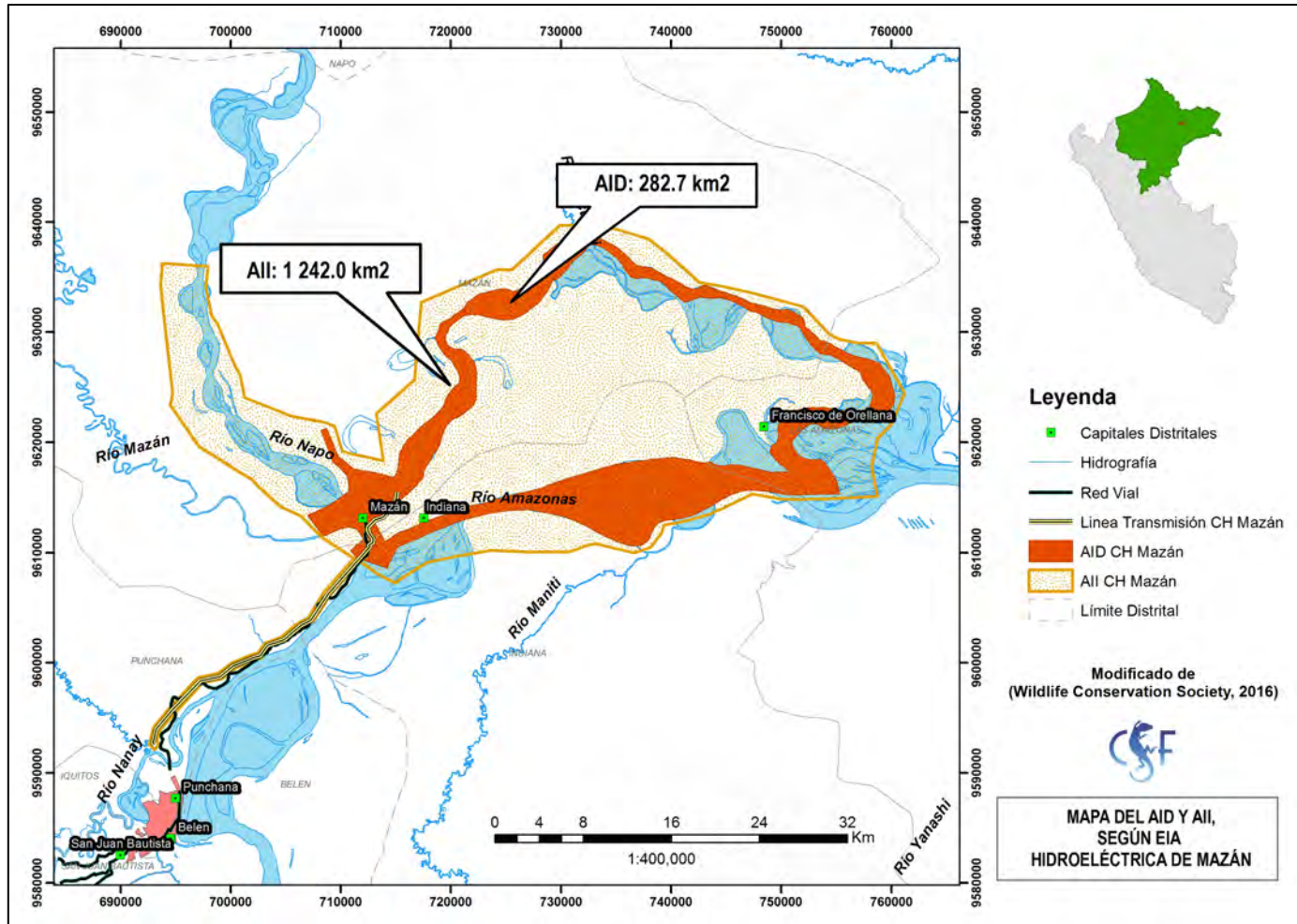


Figura 4. Áreas de influencia directa e indirecta de la HA acuerdo al EdF

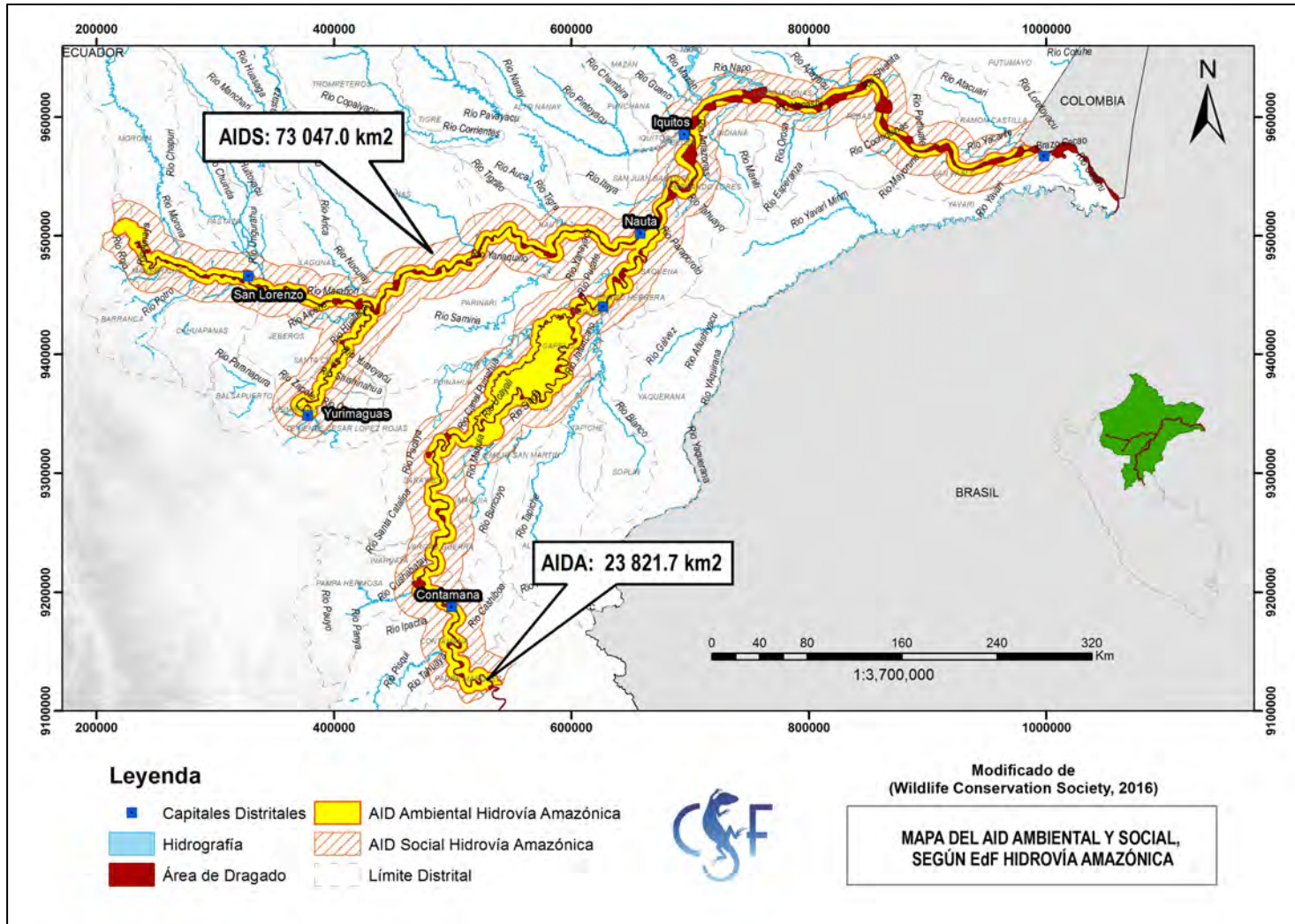
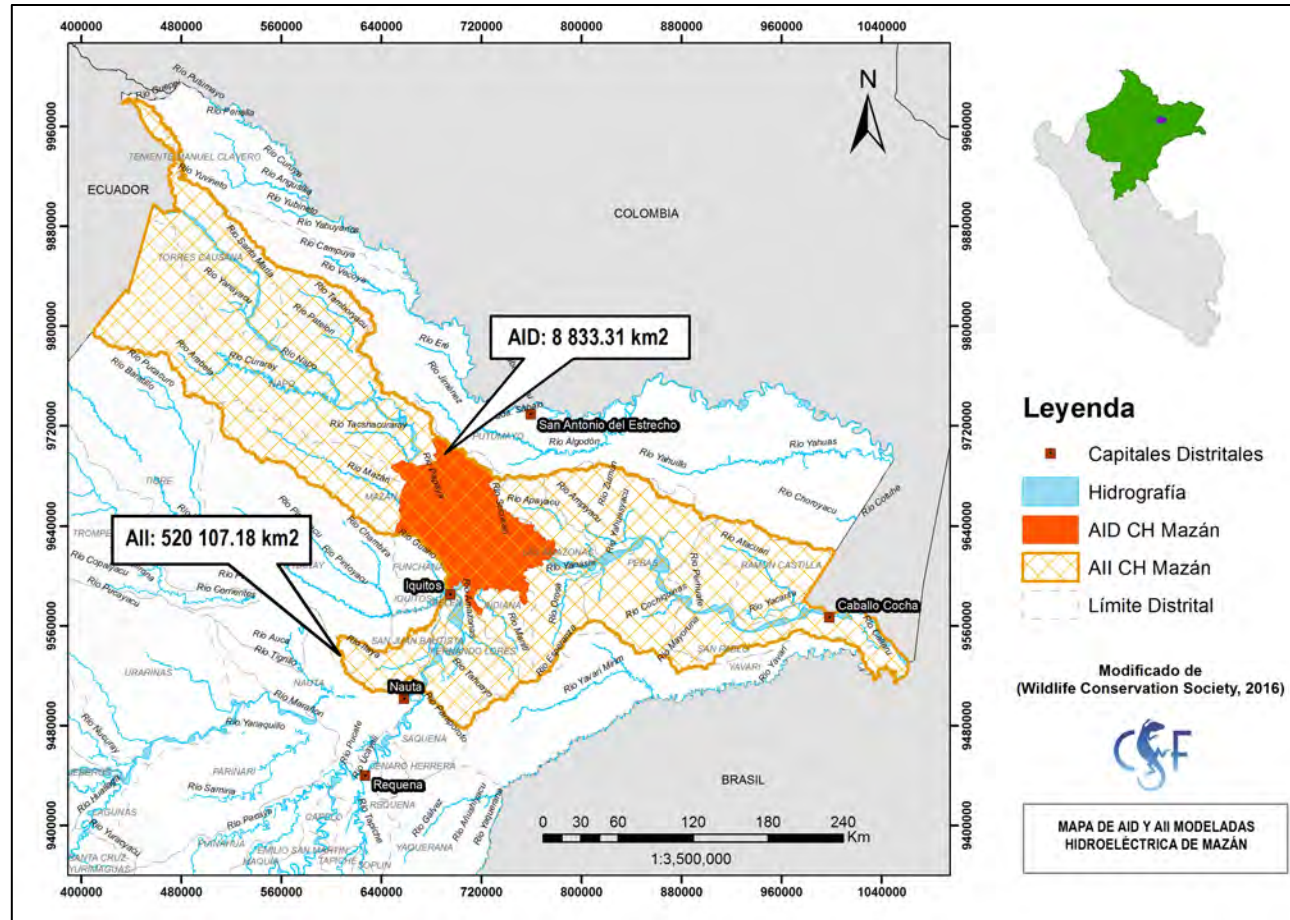
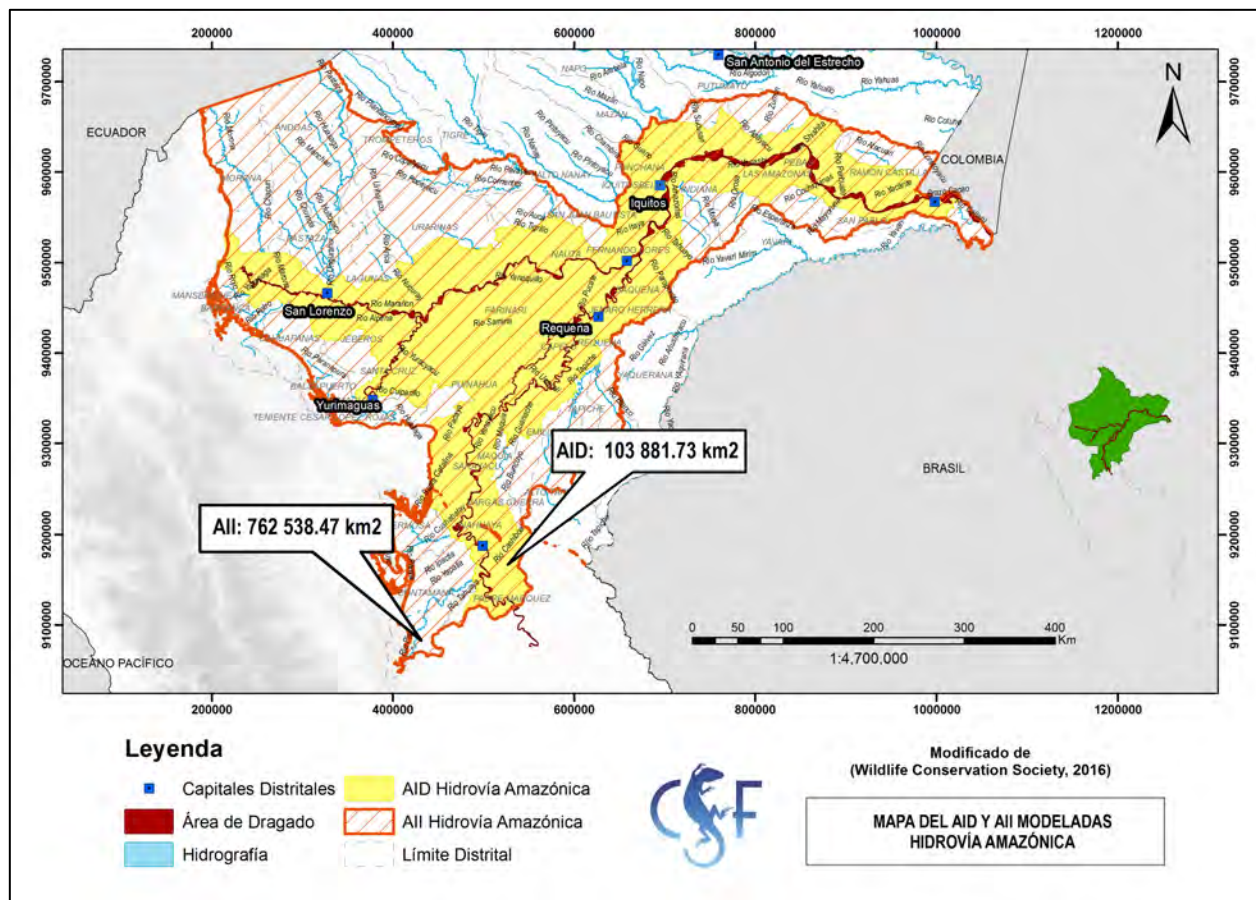


Figura 5. Áreas de influencia directa e indirecta (parcial³) de la CHM basadas en los análisis de este estudio



³ El área delimitada en esta figura es parcial y acotada para el territorio peruano. Sin embargo, el AII total (520,107.18 Km²) abarca territorio en Ecuador y Brasil.

Figura 6. Áreas de influencia directa e indirecta (parcial⁴) de la HA basadas en los análisis de este estudio



⁴ El área delimitada en esta figura es parcial y acotada para el territorio peruano. Sin embargo, el AII total (520,107.18 Km²) abarca territorio en Ecuador y Brasil.

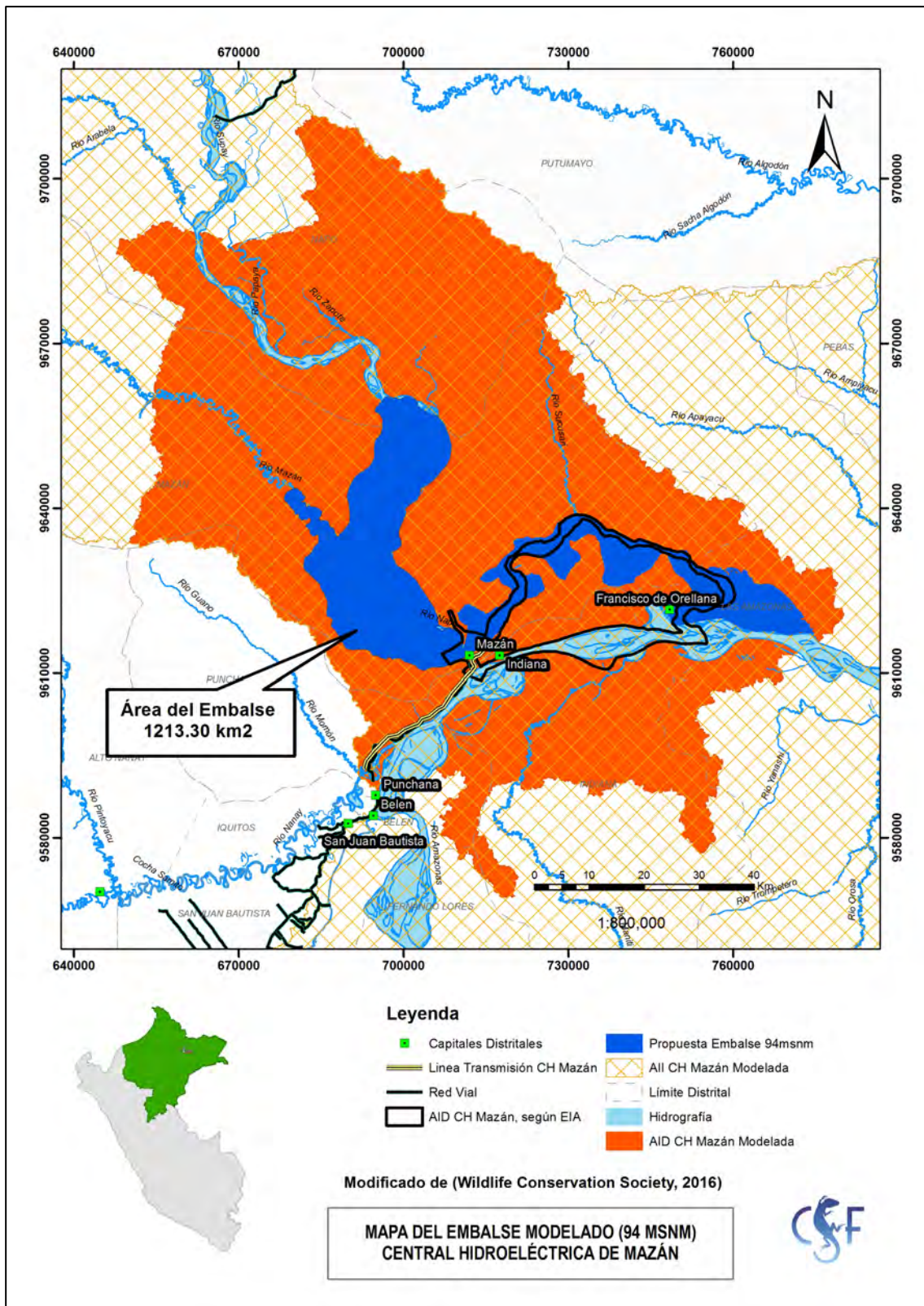
Tabla 3. Superficies de las áreas de influencia directa e indirecta de la CHM y la HA de acuerdo a los EIA y EdF y al presente análisis

(Tomado de Wildlife Conservation Society 2015a)

	Área según EIA-EdF (Km ²)	Área según este estudio (Km ²)
Central Hidroeléctrica Mazan		
AID	283	8,833
AII	1,242	520,107
Hidrovia de Amazonas		
AID	23,822	103,882
AII	NA	762,538

Este análisis permite, por ejemplo, la identificación con mayor precisión de alguno de los elementos de la biodiversidad que podrían ser afectados por estos proyectos. En el caso de la CHM, junto con un modelamiento realizado por el equipo de WCS del nivel máximo de la inundación que ocasionaría la represa durante períodos de avenidas (Wildlife Conservation Society 2015b), se facilita la determinación del embalse potencial con una cota de 94 msnm que se formaría aguas arriba y aguas abajo de la represa durante estos episodios de inundación (Figura 7). En el Anexo 11 se presenta en detalle esta evaluación, y otras consideraciones técnicas sobre los impactos que ocasionarían estos proyectos.

Figura 7. Embalse potencial con una cota de 94 msnm y AID de la CHM



En el análisis que sigue (3.3) se evalúan más detenidamente los impactos potenciales de estas obras de infraestructura, y se presentará una propuesta ilustrativa de aplicación de la jerarquía de la mitigación.

3.3 Aplicación de la Jerarquía de Mitigación (JdM)

En esta sección se evalúa comparativamente la aplicación de la JdM para los casos de la CHA y la HA. En la Tabla 4 y Tabla 5 se presenta un extracto de dicha evaluación por tipo de impacto analizado (ver Anexo 11 para más detalles sobre esta evaluación).

Tabla 4. Análisis comparativo de la aplicación de la JdM para este análisis y el EIA de la CHM
(Tomado de Wildlife Conservation Society 2016)

Criterios	Medidas de mitigación basadas en este análisis ⁵	Del EIA
Impactos directos		
Regímenes hidrológicos de los ríos y sus planicies de inundación	<p>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.</p> <p>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.</p>	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.
Impactos indirectos		
Condiciones biogeoquímicas y ecosistémicas de los ecosistemas acuáticos	La aplicación de las medidas anteriores reducirían los efectos de las obras sobre la biogeoquímica de los ríos y sus planicies inundables. Por ejemplo, la formación de un embalse menor disminuiría la cantidad de materia orgánica (MO) que se descompondría, y si en paralelo hay una mayor liberación de caudal, entonces la cantidad de nutrientes que se acumularían en el embalse sería menor. Así, las condiciones tróficas de los ecosistemas después de las obras tendrían mayor similitud a las anteriores a las mismas. Las condiciones serían aún más semejantes si las obras no crearan un embalse y permitieran el flujo natural del río.	El EIA de la CHM no hace este análisis de impactos y por tanto no propone medidas para mitigarlos.

⁵ Las medidas de mitigación sugeridas son ilustrativas para su aplicación en los estudios de caso. Su puesta en práctica requeriría un análisis más detallado sobre su factibilidad.

Impactos sinérgicos y acumulativos

Impactos sinérgicos y acumulativos

El conjunto de diferentes impactos ambientales de la CHM (ej. aumento de la acumulación de materia orgánica 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, evitar y minimizarlos. Por ejemplo, ante el desarrollo de vías de comunicación e hidroeléctricas se podría seleccionar las actividades prioritarias y de menor impacto para el medio ambiente, y minimizar el impacto de las obras aplicando un plan de manejo y de contingencia efectivo.

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

Tabla 5. Análisis comparativo de la aplicación de la JdM durante este análisis y el EdF de la HA

(Tomado de Wildlife Conservation Society 2016)

Criterios	Medidas de mitigación basadas en este análisis ⁶	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 estables y producen menos olas que los barcos convencionales (una de las causas de problemas socioambientales más frecuentes de la navegación) (Dzan et al. 2013). De igual manera, modificaciones del sistema ro-ro (roll-on/roll-off ⁷) 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	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 ⁸ 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.

⁶ Las medidas de mitigación sugeridas son ilustrativas para su aplicación en los estudios de caso. Su puesta en práctica requeriría un análisis más detallado sobre su factibilidad.

⁷ Término en inglés con el cual se denomina a todo tipo de buque o barco, que transporta cargamento rodado (automóviles, camiones, etc.).

⁸ Se refiere al canal más profundo del río, que se ajusta mejor a la regulación de la navegación (Aguilar & Iza 2006).

condiciones de transporte y mercado de las comunidades locales, una de las principales motivaciones para el desarrollo de la HA.

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

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

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. Se necesita dar especial énfasis 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.

También sería necesario el análisis de los impactos acumulativos y sinérgicos de las otras actividades que ocurren en la región para revisar los efectos sobre las áreas de intervención de la HA. En

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.

particular, se necesita analizar cómo los cambios en las dinámicas hidrológicas y de los sedimentos debidos a la construcción de infraestructura, a los procesos erosivos, y al incremento de la escorrentía debidos 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.

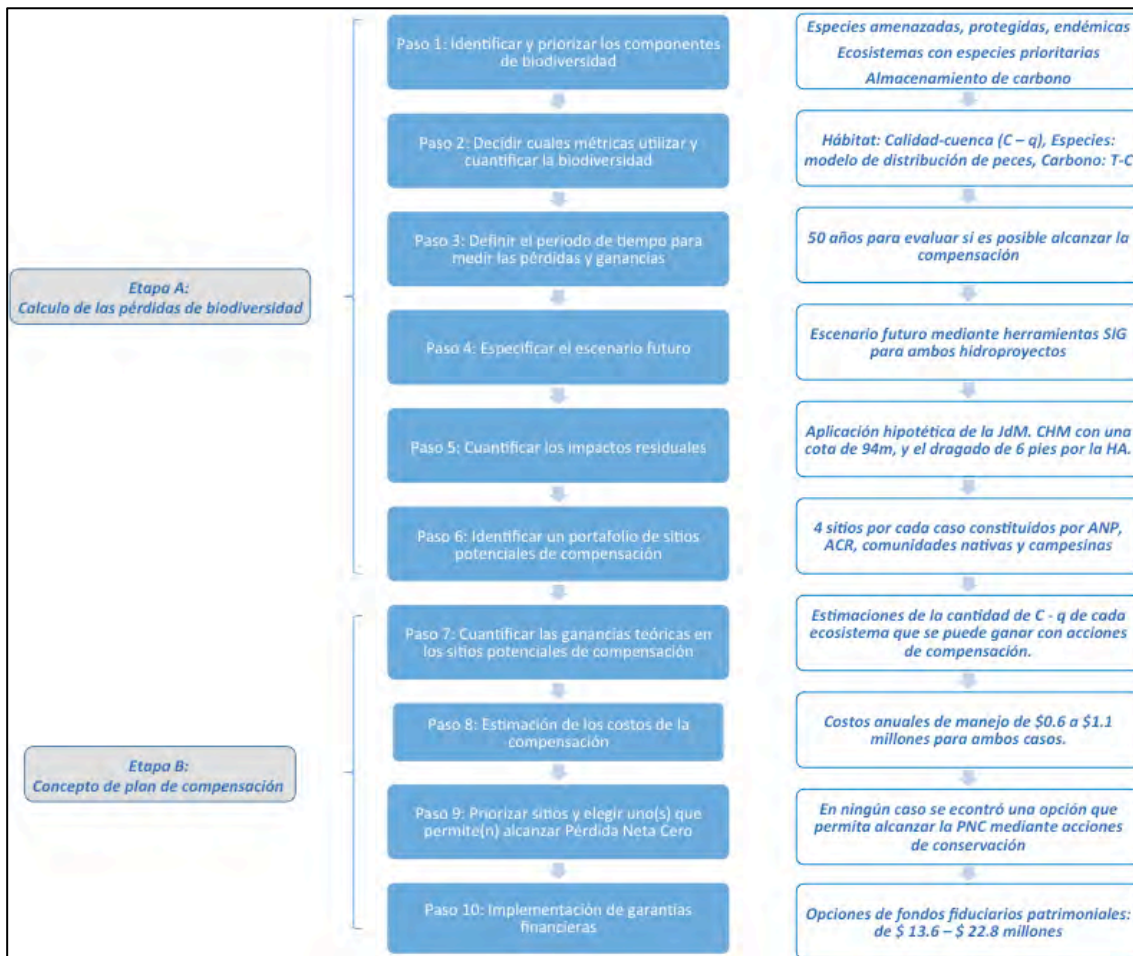
4 Etapa A: Calculo del impacto residual

4.1 Síntesis del proceso para elaborar el Plan de Compensación

El análisis de los impactos residuales de los dos hidroyectos analizados, Central Hidroeléctrica Mazán (CHM) e Hidrovía Amazónica (HA), se basó en los análisis espaciales realizados por el equipo de WCS (Wildlife Conservation Society 2015b) de las líneas de base ambiental de las áreas de influencia directa (AID) e indirecta (AII) presentados en la sección anterior, y en el marco del proceso descrito en el Documento 1. Estos resultados se superpusieron a mapas de la extensión de los impactos ocasionados por las actividades de los proyectos, y posteriormente a una propuesta espacialmente explícita de la Jerarquía de Mitigación (JdM).

El Gráfico 1 presenta una síntesis de los resultados para cada paso de la aplicación del proceso metodológico construido para estos estudios de caso en compensación ambiental (ver Sección 2.2 del Documento 1). Los detalles de cada paso se encuentran en las siguientes secciones.

Gráfico 1. Proceso para elaborar el Plan de Compensación de los casos en Loreto



A continuación los resultados y algunas precisiones metodológicas sobre los pasos que conforman estos estudios de caso.

4.2 Paso 1: Identificación y priorización de los componentes de la biodiversidad

Para ambos estudios de caso en Loreto se realizó el ejercicio de priorización de la biodiversidad en base a los aportes del equipo de WCS (Wildlife Conservation Society 2015b) y a partir de lo siguiente: i) la caracterización de la biodiversidad a nivel de ecosistemas terrestres y acuáticos, ii) la determinación del estado de conservación de los ecosistemas basada en mapas de riesgo actual elaborados por WCS, y iii) el estado de protección legal de dichos ecosistemas. Con estos criterios se definieron los ecosistemas prioritarios a nivel regional (Tabla 6, Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9).

Este proceso es útil para evaluar los atributos de la biodiversidad más sensibles a perturbaciones, determinar la relación entre los mismos, así como para establecer objetos de conservación prioritarios a considerar al momento de evaluar su compensación.

Estos resultados se superpusieron a las áreas de influencia definidas en la sección 3.2 para cuantificar los impactos ocasionados por las actividades de los proyectos, y posteriormente a una propuesta espacialmente explícita de medidas de mitigación, restauración y rehabilitación (ver Anexo 12 para más detalles sobre esta etapa).

Tabla 6. Superficie de ecosistemas terrestres y cuerpos de agua lénticos⁹ de la AID y AII de la CHM. Mayor nivel de prioridad para la conservación es 5, en una escala de 5 a 1

(Tomado de Wildlife Conservation Society 2015b)

Ecosistema	Tipo	Superficie AID (ha)	Superficie AID (%)	Protección (%)	Riesgo ambiental sin proyecto (%)	Superficie AII (ha)	Superficie AII (%)	Protección (%)	Riesgo ambiental sin proyecto (%)	Nivel de prioridad
Áreas Antrópicas	No inundable	106,058	12.01	0	64.6	424,729	5.09		51.3	3
Bosque azonal semideciduo de colinas del oeste de la Amazonía	No inundable			0		124,960	1.5	12.2	0.0	3
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía	inundable	24,110	2.73	0	46.3	199,837	2.39	0.4	35.2	4

⁹ Aguas estancadas como pantanos, estanques, lagos y los humedales, que son cuerpos de agua someros (Cervantes 2007).

Ecosistema	Tipo	Superficie AID (ha)	Superficie AID (%)	Protección (%)	Riesgo ambiental sin proyecto (%)	Superficie AII (ha)	Superficie AII (%)	Protección (%)	Riesgo ambiental sin proyecto (%)	Nivel de prioridad
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	inundable	30,846	3.49	0	35.4	292,057	3.5	6.1	11.0	3
Bosque pantanoso de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	inundable	219	0.02	0	100.0	116,445	1.39	8.3	3.7	4
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	inundable	103,723	11.74	0	22.6	706,888	8.46	3.9	9.6	3
Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía	No inundable	516,712	58.5	0.3	4.5	5,948,108	71.22	12	2.1	3

Ecosistema	Tipo	Superficie AID (ha)	Superficie AID (%)	Protección (%)	Riesgo ambiental sin proyecto (%)	Superficie AII (ha)	Superficie AII (%)	Protección (%)	Riesgo ambiental sin proyecto (%)	Nivel de prioridad
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	inundable	35,468	4.02	0	50.1	227,468	2.72		31.9	4
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	inundable	17,140	1.94	0	86.9	65,994	0.79		68.6	5
Cuerpos de Agua	inundable	49,056	5.55	0	90.4	230,653	2.76	4.3	69.8	4
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial de la alta Amazonía	inundable			0		13,627	0.16	21.9	6.7	3
Vegetación esclerófila de arenas blancas del oeste de la Amazonía	inundable			0		1,518	0.02	0.3	18.7	3

Ecosistema	Tipo	Superficie AID (ha)	Superficie AID (%)	Protección (%)	Riesgo ambiental sin proyecto (%)	Superficie AII (ha)	Superficie AII (%)	Protección (%)	Riesgo ambiental sin proyecto (%)	Nivel de prioridad
Total (ha)		883,332		1,707		8,352,285		79,8021		
Total (%)			100	0.2			100	9.6		

Tabla 7. Superficie de las AID y AII de la CHM bajo diferentes categorías de riesgo ambiental.
(Tomado de Wildlife Conservation Society 2015b)

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

Tabla 8. Ecosistemas terrestres de la AID y AII de la HA. El nivel de prioridad para la conservación basado en la rareza, abundancia relativa, nivel de protección legal, y riesgo ambiental se expresa de 1 (menos) a 5 (más prioritario)

(Tomado de Wildlife Conservation Society 2015b)

Ecosistema	Tipo	Superficie AID (ha)	Superficie AID (%)	Protección (%)	Riesgo ambiental sin proyecto (%)	Superficie AII (ha)	Superficie AII (%)	Protección (%)	Riesgo ambiental sin proyecto (%)	Nivel de prioridad
Áreas Antrópicas	?	784,362	7.6	6.1	64.1	1,134,720	5.4	4.3	56.7	3
Bosque azonal semideciduo de colinas del oeste de la Amazonia	?	9,451	0.1	0.00	0.1	65,422	0.3	3.6	0.02	3
Bosque de serranías aisladas del oeste de la Amazonia	No inundable	75,003	0.7	88.5	5.7	103,311	0.5	91.6	4.1	3
Bosque del piedemonte del oeste de la Amazonia	No inundable	438,248	4.2	4.7	5.9	1,162,035	5.5	9.0	5.3	3
Bosque del piedemonte del suroeste de la Amazonia	No inundable	9,891	0.1	0.00	0.00	15,301	0.1	0.00	12.3	3
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonia	inundable	302,540	2.9	11.6	30.9	391,105	1.8	11.0	29.8	4

Ecosistema	Tipo	Superficie AID (ha)	Superficie AID (%)	Protección (%)	Riesgo ambiental sin proyecto (%)	Superficie AII (ha)	Superficie AII (%)	Protección (%)	Riesgo ambiental sin proyecto (%)	Nivel de prioridad
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del suroeste de	inundable	184	0.00	0.00	0.00	1,206	0.01	0.00	35.2	4
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas mixtas de la Amazonia	inundable	11,626	0.1	0.00	17.3	74,415	0.4	0.00	47.8	5
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonia	inundable	735,230	7.1	57.4	9.9	1,484,947	7.0	29.7	7.5	3
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del suroeste de la Amazonia	inundable	946	0.01	0.00	0.00	2,856	0.01	0.00	0.00	4
Bosque pantanoso de la llanura aluvial del oeste de la Amazonia	inundable	906,301	8.7	30.4	6.2	1,494,773	7.1	20.0	5.3	3

Ecosistema	Tipo	Superficie AID (ha)	Superficie AID (%)	Protección (%)	Riesgo ambiental sin proyecto (%)	Superficie AII (ha)	Superficie AII (%)	Protección (%)	Riesgo ambiental sin proyecto (%)	Nivel de prioridad
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonia	inundable	2,330,393	22.4	34.7	7.6	4,287,246	20.2	19.5	5.4	3
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del sur de la Amazonia	inundable	3,270	0.03	19.9	0.00	3,788	0.02	17.2	0.00	3
Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonia	No inundable	2,465,675	23.7	17.2	4.6	6,601,234	31.2	14.2	4.2	3
Bosque siempreverde estacional de la penillanura del suroeste de la Amazonia	No inundable	9,433	0.1	34.0	19.9	9,433	0.04	34.0	19.9	3
Bosque siempreverde estacional subandino del suroeste de la Amazonia	No inundable	4,593	0.04	27.3	0.00	158,048	0.7	0.8	3.0	
Bosque siempreverde subandino del oeste de la Amazonia	No inundable	458,725	4.4	27.0	6.3	1,856,565	8.8	35.1	3.0	2

Ecosistema	Tipo	Superficie AID (ha)	Superficie AID (%)	Protección (%)	Riesgo ambiental sin proyecto (%)	Superficie AII (ha)	Superficie AII (%)	Protección (%)	Riesgo ambiental sin proyecto (%)	Nivel de prioridad
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonia	inundable	672,176	6.5	17.8	31.7	703,146	3.3	17.0	30.7	3
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonia	inundable	223,508	2.2	8.1	68.0	231,783	1.1	7.8	66.6	4
Cuerpos de Agua	inundable	408,365	3.9	17.1	68.6	488,598	2.3	17.0	63.4	4
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial de la alta Amazonia	inundable	519,856	5.0	33.1	4.1	894,966	4.2	20.1	3.1	3
Vegetación esclerofila de arenas blancas del oeste de la Amazonia	inundable	18,242	0.2	80.3	19.1	19,161	0.1	77.8	18.2	3
Total (ha)		10,388,021				21,184,064				

Tabla 9. Superficie de las AID y AII de la HA bajo diferentes categorías de riesgo ambiental (Tomado de Wildlife Conservation Society 2015b)

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

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 compensadas. Lo mismo sucede con los ecosistemas escasos o de distribución limitada. Esto destaca la importancia de este primer paso de priorización de la biodiversidad y de una adecuada aplicación de la JdM. La implementación de la JdM a través de medidas de prevención y mitigación, puede conducir a que no sea necesaria la compensación de estos atributos de la biodiversidad, que de otra manera harían inviable el proyecto.

4.3 Paso 2: Selección de la métrica para cuantificar los componentes de la biodiversidad

Como se menciona en el marco metodológico, la métrica utilizada en los estudios de caso es la de “área x condición”. Esta métrica facilita el intercambio entre los impactos residuales del proyecto y las ganancias potenciales como consecuencia de la compensación. Adicionalmente, la métrica debe ser útil para el monitoreo de los ecosistemas afectados, y de la recuperación de aquellos donde se focalizan las acciones de compensación (Parkes *et al.* 2003).

Existen varios niveles de biodiversidad que pueden ser afectados por las actividades de un hidroproyecto, y de igual manera, existen algunos indicadores que pueden ser útiles para caracterizar el estado o condición de dicha biodiversidad asociada a cuerpos de agua (Tabla 10).

Tabla 10. Ejemplos de criterios, indicadores y métricas para la cuantificación de las pérdidas de biodiversidad por los impactos de actividad humanas en ecosistemas acuáticos

(Tomado de Wildlife Conservation Society 2016)

Criterio	Indicador	Impacto (Métrica)
<i>Ecosistemas (comunidades)</i>		
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
<i>Especies</i>		
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
<i>Poblaciones (genes)</i>		
Composición	Diversidad genética	Cambio en el número de poblaciones, número de individuos
Estructura	Demografía	Cambio en la estructura de las poblaciones (ej. ratio 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

Dada la naturaleza acuática de los impactos de los hidroproyectos, la métrica a utilizar debe dar mayor énfasis a la cuantificación de los elementos de la biodiversidad, ecosistemas y especies asociados a cuerpos de agua. Bajo esta premisa (para los estudios de caso y con fines ilustrativos), se construyó una métrica a nivel de las cuencas hidrográficas de acuerdo a la delimitación realizada por (Eduardo *et al.* (2016)).¹⁰ La razón de optar por esta unidad de análisis es que, a diferencia de jurisdicciones político-administrativas, por ejemplo, las cuencas representan unidades naturales discretas que permiten una evaluación integral de los atributos de la biodiversidad (Josse *et al.* (2013)).

Esta métrica está conformada por dos criterios representados en dos índices: el índice de calidad del bosque de ribera (QBR), el cual pretende dar una aproximación sobre la calidad de los ecosistemas y hábitats ribereños (Munné *et al.* (1998)); y otro índice a nivel de contexto de paisaje para capturar información sobre el nivel de fragmentación de los ecosistemas presentes en la cuenca (Tabla 11). Ambos índices fueron sumados a través de la asignación de puntuaciones y ponderaciones (realizada por el equipo de CSF según metodología de (Munné *et al.* (1998)) para finalmente tener un sólo valor que denote el nivel de calidad o condición de las cuencas presentes en el área de estudio (ver Anexo 13 para más detalles sobre el cálculo de la métrica). A este índice se le denominó calidad - cuenca (q-C) y fue calculado para las cuencas incluidas en el AID de los hidroproyectos, y para otras cuencas cercanas que serán de utilidad para identificar los sitios de compensación (Figura 8).

Tabla 11. Índices y pesos para la estimación de la calidad - cuenca (q-C)

Tipo	Componente	Max valor (%)
Condición de sitio	Cobertura de Dosel (QBR) <ul style="list-style-type: none"> - Recubrimiento de árboles superior al 75% (25) - Recubrimiento de árboles de 50 a 75% (10) - Recubrimiento de árboles de 25-50% (5) - Recubrimiento de árboles menor a 25% (0) 	25
	Grado de naturalidad del canal fluvial <ul style="list-style-type: none"> - El canal del río no ha sido modificado (25) - Existe modificaciones en parte o la totalidad del tramo del río (0) 	
Contexto de paisaje	Tamaño de parche ¹¹ (QBR) <ul style="list-style-type: none"> - >80% de cubierta respecto al total de ecosistema (25) - 50-80% de cubierta respecto al total del ecosistema (10) - 10-50% de cubierta respecto al total del ecosistema (5) - <10% del total de ecosistema (0) 	25

¹⁰ La delimitación de cuencas hidrográficas presentada en (Eduardo *et al.* 2016), forma parte de una propuesta conceptual desarrollada por WCS, en el marco de su iniciativa de Aguas Amazónicas: <https://peru.wcs.org/es-es/iniciativas/aguas-amazonicas.aspx>.

¹¹ Proporciona la medida de la superficie total del parche expresada en hectáreas (McGarigal & Marks 1994).

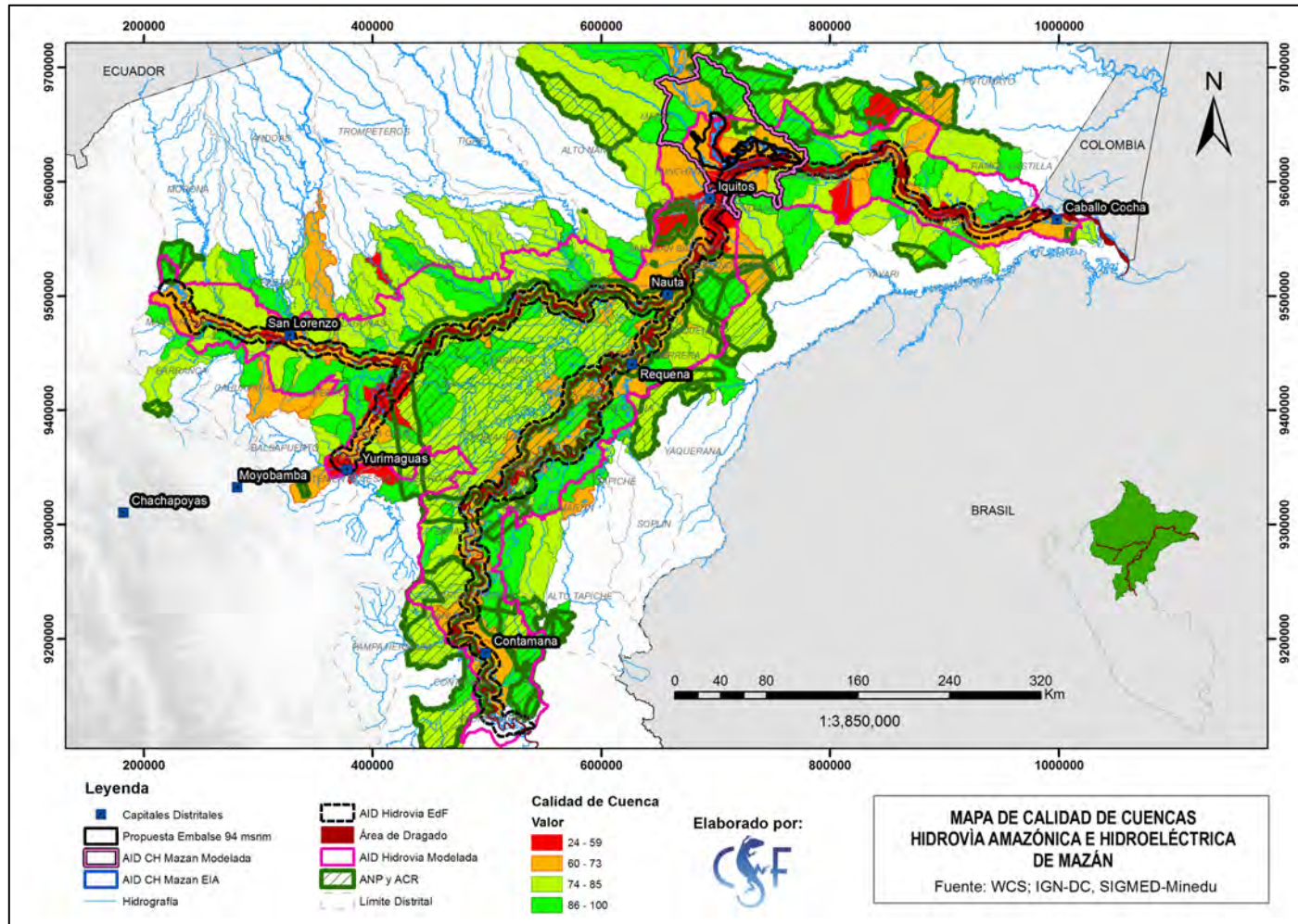
Tipo	Componente	Max valor (%)
	Forma de parche ¹² - < 2 (25) - 2-5 (10) - 5-10 (5) - >10 (0)	25
	Vecino cercano ¹³ - <100 (25) - 100-500 (10) - 500-1000(5) - >10000(0)	25

Con esto se obtuvo un índice cuyos valores fueron normalizados entre 0 y 100, donde 100 representa cuencas en el mejor estado de conservación o nivel de naturalidad. En la Figura 8 se presentan los resultados a nivel espacial. Las cuencas con valores de C - q más bajos son aquellas con mayor presencia de actividades humanas (asentamientos humanos o cuerpos de agua utilizados como vía de circulación), a diferencia de las áreas protegidas que contienen gran parte de las cuencas en mejor condición o con valores de C - q más altos.

¹² Indica la complejidad del parche, a través de la relación entre el perímetro y superficie; crece sin límites y valores mayores indican parches irregulares (McGarigal & Marks 1994).

¹³ Es una métrica que aporta información del aislamiento/conectividad de los parches respecto a otro parche de un determinado ecosistema; en ocasiones, la fragmentación puede incrementar su valor, por lo que debe ser observado en conjunto con las otras métricas antes mencionadas (McGarigal & Marks 1994).

Figura 8. Calidad - cuenca actual en cuencas asociadas a los hidroproyectos en Loreto



4.4 Paso 3: Definición del plazo para medir las pérdidas y ganancias de biodiversidad

Para estos estudios de caso en Loreto se considera un plazo de 50 años¹⁴ para evaluar los impactos del proyecto, y las ganancias teóricas como consecuencia de la compensación. El EIA de la CHM menciona un período de construcción y operación del proyecto de cinco años, sin embargo esto es una imprecisión e inconsistencia, dado que la operación de la hidroeléctrica será permanente y probablemente a perpetuidad mientras exista la demanda de energía. En el caso de la HA, el período de concesión estimado en el EdF es de 20 años.

Dada la incertidumbre sobre la proyección de los impactos de cualquier proyecto, en la práctica, se deberá hacer una reevaluación periódica¹⁵ de los impactos residuales, y por lo tanto, de la compensación ambiental requerida para alcanzar la Pérdida Neta Cero (PNC).

4.5 Paso 4: Construcción del escenario de referencia para evaluar las pérdidas y ganancias

Para ambos hidroproyectos se construyó un escenario futuro en base a información espacial y partiendo de las áreas de influencia definidas en la sección 3.2. Dada las limitaciones de información y tiempo, la evaluación se concentró en los impactos directos que ocurrirían en cada caso: en el caso de la CHA como consecuencia del embalse que se formaría por la operación de la infraestructura, y para la HA por el dragado que se llevaría a cabo en los “malos pasos” para mejorar la navegabilidad de los ríos involucrados (Figura 9 y Figura 10). De esta manera se pretende ilustrar el uso de datos espaciales para la evaluación de pérdidas en biodiversidad.

¹⁴ Dada la magnitud de los impactos, se aplicó este período para evaluar la factibilidad de la compensación.

¹⁵ La regulación peruana (DS N° 019-2009-MINAM) establece que los EIA se deben actualizar cada cinco años. Como parte del EIA, el plan de compensación está sujeto al mismo requisito.

Figura 9. Cuencas afectadas por el embalse que se formaría por la CHM

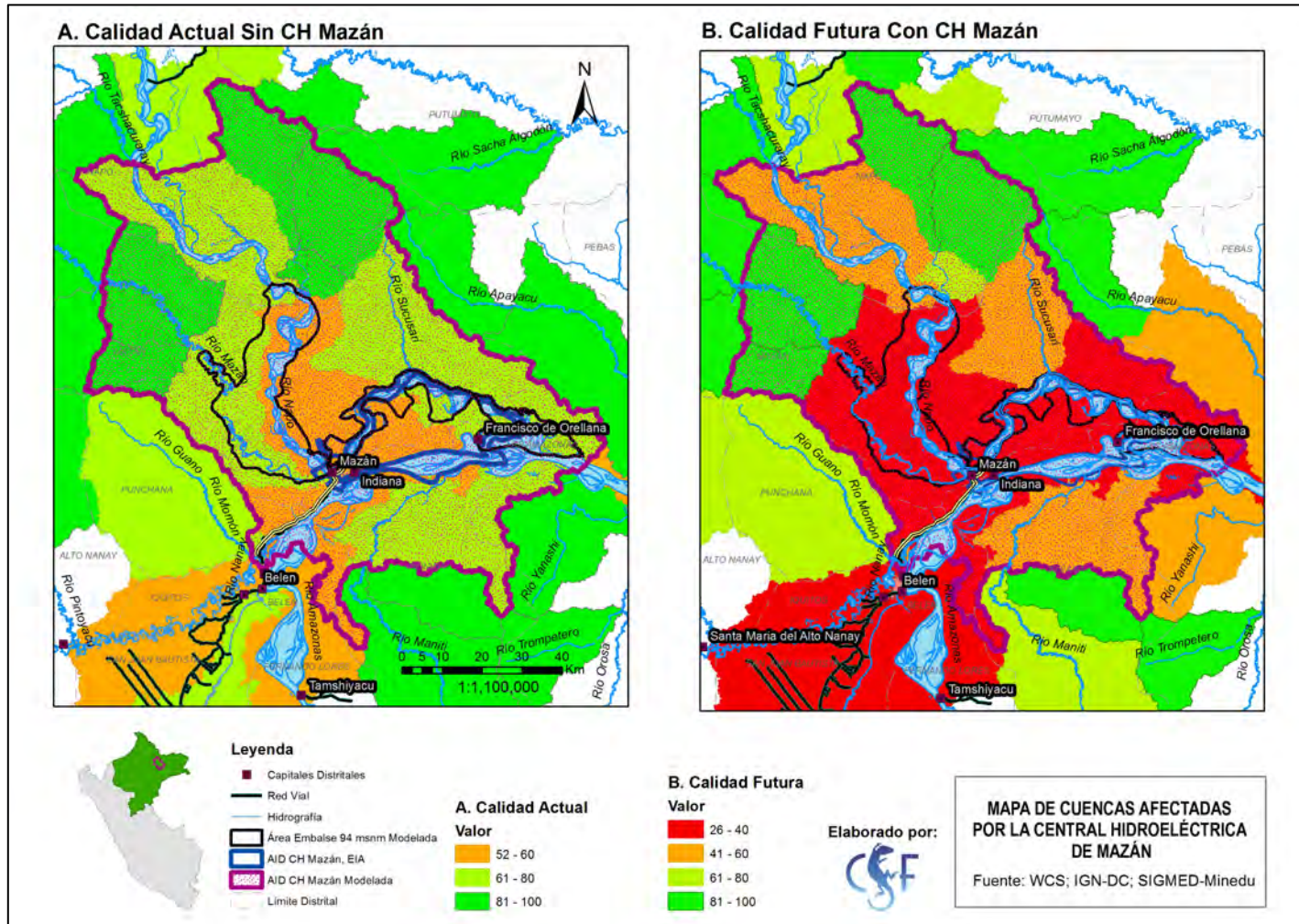
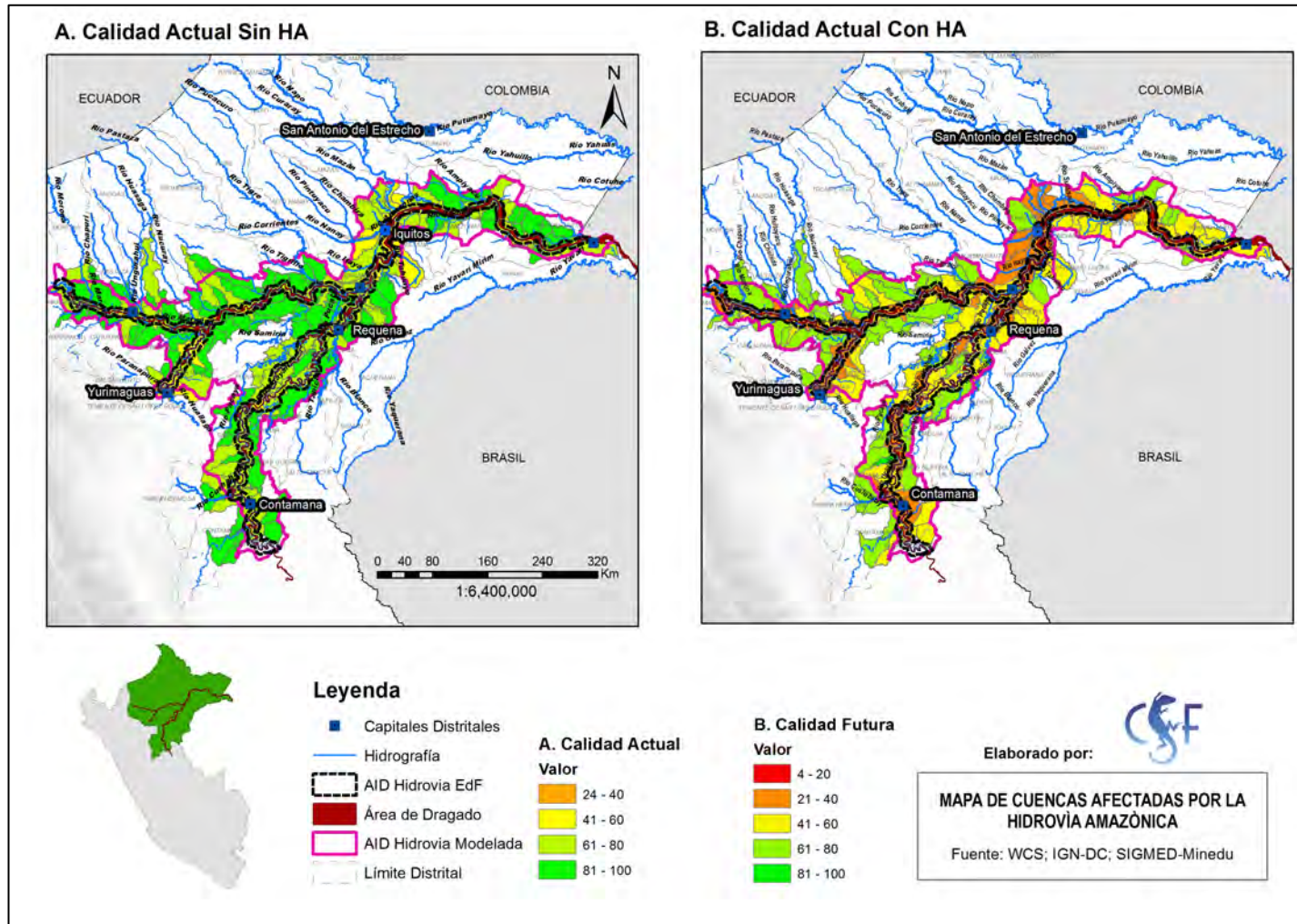


Figura 10. Cuencas afectadas como consecuencia del dragado por la HA



En ambos casos se evidencia una disminución en la C - q como consecuencia de la pérdida de ecosistemas asociados a cuerpos de agua, lo cual altera a su vez, a otros ecosistemas terrestres adyacentes, y la composición estructural y funcional del bosque en general.

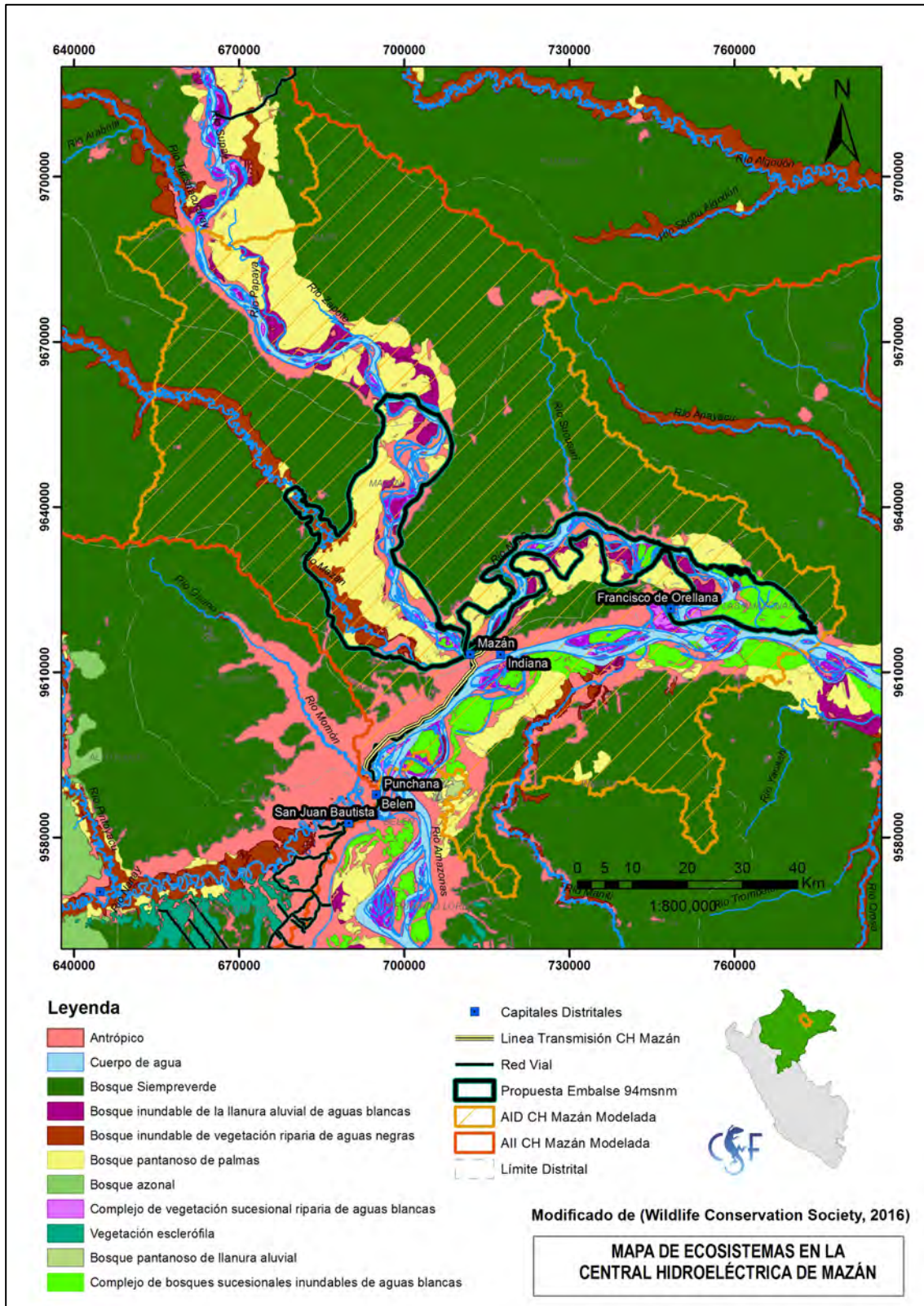
4.6 Paso 5: Cuantificación de los impactos residuales

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 (Wildlife Conservation Society, 2015b). En las Tabla 12 y Tabla 13 se ilustra una aproximación sobre la aplicación de la jerarquía de mitigación elaborada para ambos estudios de caso (ver Anexo 12 para más detalles sobre el análisis de los impactos ambientales). Si se toman en cuenta algunas de las medidas sugeridas u otras adicionales, los impactos podrían ser minimizados grandemente, justificando la factibilidad ambiental de los proyectos (Wildlife Conservation Society 2015b).

Por ejemplo, en el caso de la CHA se identificaron dos tipos de impactos en el régimen hidrológico: el aumento y la disminución del hidroperíodo¹⁶. 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 (Figura 11).

¹⁶ Patrón de inundación de determinada área (Foti *et al.* 2012).

Figura 11. Potencial embalse que se formaría río arriba y abajo de la CHM en la cota máxima de 94 msnm. El embalse inferior corresponde al área de las planicies inundables que mantendrían conectividad hidrológica con el río



Si se aplicaran algunas de las medidas de mitigación listadas abajo (Tabla 12) 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 km² (Figura 11) y sería tres veces menor que la superficie máxima estimada a una cota de 97 msnm (~2214 km²). A nivel de cuencas, estos procesos de inundación como consecuencia del embalse que se formaría, significan la perturbación de 14 cuencas ubicadas en el AID de la CHM (Figura 9). Estos cambios a no bosque¹⁷ implican una reducción promedio de 23% en términos de calidad-cuenca para estas áreas (Wildlife Conservation Society 2015b).

¹⁷ Según el Programa Nacional de Conservación de Bosques (PNCB), se considera “pérdida de bosque” al cambio de la cobertura vegetal del bosque, originada por acción antrópica o natural (Vivanco *et al.* 2016).

Tabla 12. Descripción de impactos ambientales iniciales y residuales luego de la aplicación de la Jerarquía de la Mitigación para la CHM
(Tomado de Wildlife Conservation Society 2015b)

Criterio	Impacto inicial	Medidas de mitigación	Impacto después de JdM
<i>Regímenes hidrológicos de los ríos y los ecosistemas asociados</i>	<p><i>Formación de un embalse máximo hasta la cota de 97msnsm</i></p> <p><i>3512 km² total de ecosistemas terrestres (ET) y cuerpos de agua en las cuencas del Napo y del Amazonas con cambios hidrológicos:</i></p> <p><i>-2947 km² de 9 ET inundados (2214 km² en el Napo, 733 km² en el Amazonas)</i></p> <p><i>-807 km² de 8 ET con disminución de nivel de agua</i></p> <p><i>2946 km de ríos con cambio hidrológico:</i></p> <p><i>2563 km de ríos con incremento del nivel del agua</i></p>	<p>Mantener caudal ecológico del 30-50%</p> <p>Simulación de pulsos naturales de inundación</p> <p>Limitar cota máxima a 94 msnsm.</p>	<p><i>Formación de un embalse máximo hasta la cota de 94msnsm</i></p> <p><i>1853 km² de ecosistemas terrestres (ET) y cuerpos de agua las cuencas del Napo y del Amazonas con cambios hidrológicos:</i></p> <p><i>-1213 km² de 9 ET inundados (750 km² en el Napo, 463km² en el Amazonas)</i></p> <p><i>-631 km² de 8 ET con disminución de nivel de agua</i></p> <p><i>1670 km de ríos con cambio hidrológico:</i></p> <p><i>1297 km de ríos con incremento del nivel del agua</i></p> <p><i>373 km de ríos con</i></p>

Criterio	Impacto inicial	Medidas de mitigación	Impacto después de JdM
	<p>384 km de ríos con disminución de nivel del agua</p> <p>71 km de ríos de 6to orden¹⁸ en el Napo con incremento de caudal</p> <p>110 km de ríos de 6to orden en el Amazonas con incremento de caudal</p> <p>103 km de ríos de 6to orden con disminución de caudal</p> <p><i>302 km² de ecosistemas prioritarios con potencial cambio hidrológico:</i></p> <p>-186 km² de bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas de oeste de la Amazonia</p> <p>-40 km² de complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas</p>		<p>disminución de nivel del agua</p> <p>~30 km de ríos de 6to orden en el Napo con incremento de caudal</p> <p>110 km de ríos de 6to orden en el Amazonas con incremento de caudal</p> <p>103 km de ríos de 6to orden con disminución de caudal</p> <p><i>112 km² de ecosistemas prioritarios con potencial cambio hidrológico:</i></p> <p>-60 km² de bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas de oeste de la Amazonia</p> <p>-16 km² de complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía</p> <p>-25 km² de complejo de</p>

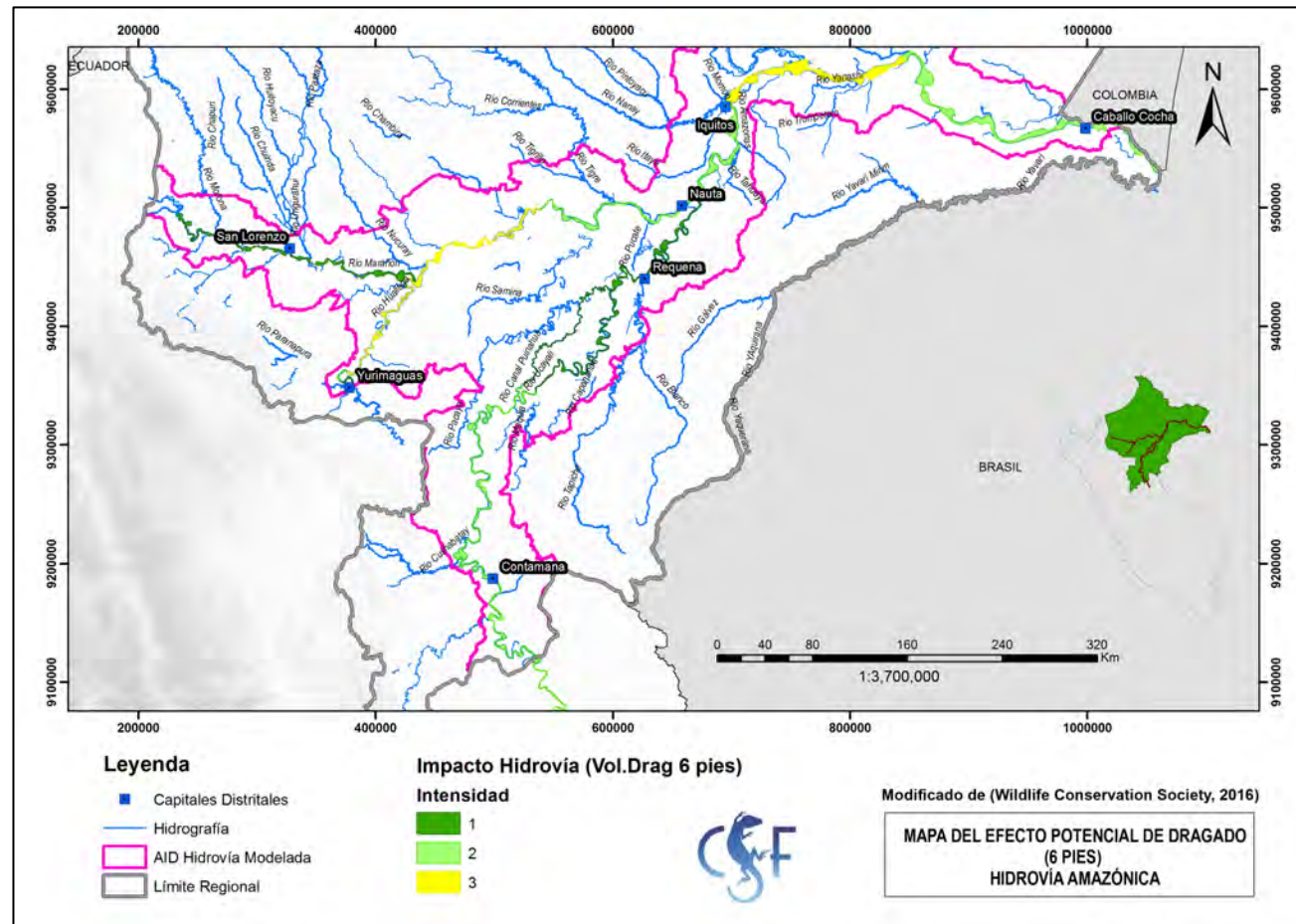
¹⁸ El ordenamiento de los ríos es un método utilizado para caracterizar el tamaño y la complejidad de una cuenca basado en la cantidad y relación con las fuentes tributarias, siendo el orden 12 el más alto y correspondiente al río Amazonas (Pierson *et al.* 2008).

Criterio	Impacto inicial	Medidas de mitigación	Impacto después de JdM
	de la Amazonía -61 km ² de complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía		vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía
<i>Dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de los ríos</i>	284 km ² de ríos de 6to orden con cambio geomorfológico	Represa parcial Solo canal de conducción Purga de sedimentos	~200 km ² de ríos de 6to orden con menos cambio geomorfológico
<i>Conectividad hidrobiológica</i>	83188 km ² (~80%) de la cuenca del Río Napo desconectados (pérdida de conectividad no compensable)	Represa parcial Solo canal de conducción Diques laterales que no bloquean entrada de río por quebradas y cochas en la planicie de inundación	~4000 km ² (4%) de la cuenca del Río Napo parcialmente desconectados
<i>Servicios ecosistémicos</i>	~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

En el caso de la HA, tal y como se plantea el proyecto, 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. En la Tabla 13 se presentan algunas medidas que podrían reducir la magnitud de estos impactos. Por ejemplo, si se realizara el dragado hasta 6 pies de profundidad únicamente, la extensión de los ríos afectados se reduciría en cerca del 50%, comparado al impacto del dragado a 8 pies. Algo similar sucedería con los potenciales impactos en la conectividad y la extensión de la inundación; si la disminución de la extensión de ríos afectados fuera de cerca del 10%, la extensión de las áreas impactadas, a pesar de ser altas aún, sería de cerca de un millón de hectáreas (Figura 12) (Wildlife Conservation Society 2015b).

Figura 12. Efectos potenciales del dragado de 6 (a) y 8 (b) de sedimentos en 13 “malos pasos” en los ríos Huallaga, Marañón y Ucayali sobre los mismos ríos y el Amazonas

a)



b)

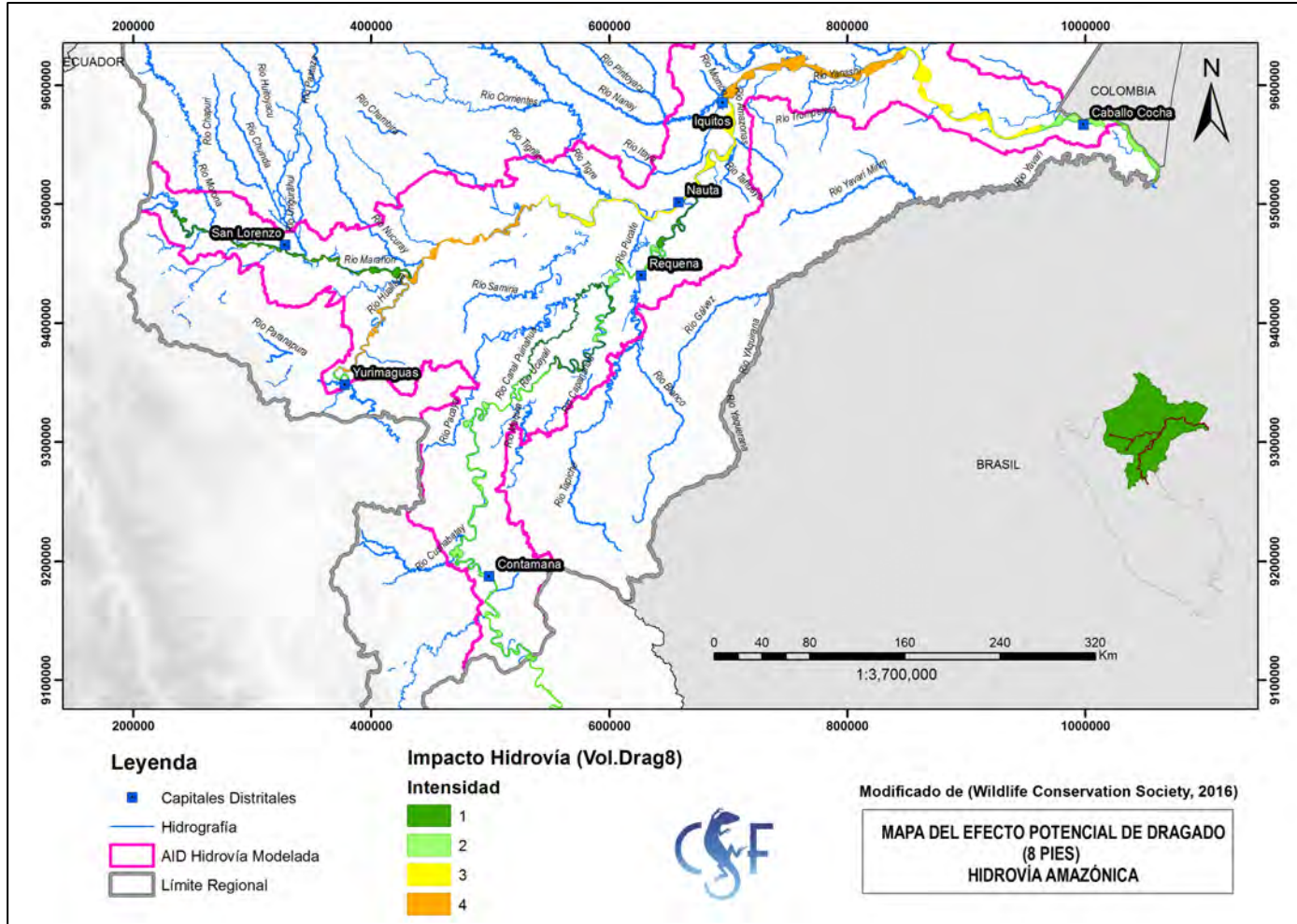


Tabla 13. Descripción de impactos ambientales iniciales y residuales luego de la aplicación de la jerarquía de la mitigación para la HA

(Tomado de Wildlife Conservation Society 2015b)

Criterio	Impacto inicial	Medidas de mitigación	Impacto después de JdM	Compensación ambiental
<i>Regímenes hidrológicos de los ríos y los ecosistemas asociados</i>	<p>Dragado a 8 pies</p> <p>14500 km (~25%) de ríos con disminución de nivel del agua</p> <p>11600 km² (20%) de ecosistemas inundables con disminución de nivel del agua</p>	<p>Menor profundidad de dragado o ausencia del mismo</p> <p>Mejora de flota naviera</p> <p>Mejora del sistema de navegación</p>	<p>Dragado a 6 pies</p> <p>5700 km (~10%) de ríos con disminución de nivel del agua</p> <p>5800 km² (10%) de ecosistemas inundables con disminución de nivel del agua</p>	<p>>5700 km de ríos</p> <p>>5800 km² de ecosistemas inundables</p>
<i>Dinámicas hidráulicas y geomorfológicas de los ríos</i>	<p>3000 km de ríos de 6to orden con cambios geomorfológicos</p> <p>1225 km² de ríos de 6to orden con impacto de alta intensidad</p>	<p>Menor profundidad de dragado o ausencia del mismo</p> <p>Mejora de flota naviera</p> <p>Mejora del sistema de navegación</p>	<p>1000 km de ríos de 6to orden con cambios geomorfológicos</p> <p><1225 km² de ríos de 6to orden con impacto de alta intensidad</p>	<p>>1000 km de ríos de 6to orden</p> <p><1225 km² de ríos de 6to orden</p>
<i>Conectividad hidrobiológica</i>	<p>~11600 km² de ecosistemas inundables con menor conectividad hidrobiológica</p>	<p>Menor profundidad de dragado o ausencia del mismo</p> <p>Mejora de flota naviera</p> <p>Mejora del sistema de navegación</p>	<p>~5800 km² de ecosistemas inundables con menor conectividad hidrobiológica</p>	<p>>5800 km² de ecosistemas inundables</p>

Criterio	Impacto inicial	Medidas de mitigación	Impacto después de JdM	Compensación ambiental
<i>Servicios ecosistémicos</i>	~ 31 Tg C vulnerable a cambio por desecación y conversión asociada en el AID acuática Hasta 557 Tg C vulnerable a cambio por deforestación en el AID terrestre	Menor profundidad de dragado o ausencia del mismo Mejora de flota naviera Mejora del sistema de navegación Protección de áreas sensibles y rehabilitación de áreas degradadas	~21 Tg C vulnerable a cambio por desecación y conversión asociada en el AID acuática ~100 Tg C vulnerable a cambio por deforestación en el AID terrestre	>21 Tg C en AID acuática >100 Tg C en AID terrestre

Estos impactos longitudinales y transversales fueron llevados a la métrica seleccionada, C - q, para contar con una unidad común sobre las que se puedan cuantificar las pérdidas y ganancias (Tabla 14).

Tabla 14. Impacto residual de los hidroproyectos bajo la aplicación hipotética de la JdM

Ecosistemas afectados por proyecto	Impacto residual (Ha x C - q)	
	CHM	HA
Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía	3,066,763.37	2,235,754.72
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía	241,028.31	374,772.83
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	317,068.13	10,762.92
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	851,748.02	303,939.28
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	109,750.85	2,634,419.82
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial de la alta Amazonía		535,010.98

Ecosistemas afectados por proyecto	Impacto residual (Ha x C - q)	
	CHM	HA
Bosque siempreverde subandino del oeste de la Amazonía		13,031.94
Bosque pantanoso de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía		19,397.37
Bosque del piedemonte del oeste de la Amazonía		1,533,209.65
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	401,625.88	4,160,573.90

Ante la ausencia de la aplicación de la JdM en el EIA y EdF de los casos de la CHM y HA, en adelante el análisis partirá de nuestro cálculo de los impactos residuales generados sobre los regímenes hidrológicos de los ríos y los ecosistemas asociados, y sobre las funciones ecológicas como el almacenamiento de carbono y la retención de sedimentos.

5 Etapa B: Diseño de un plan de compensación por pérdidas de biodiversidad

5.1 Paso 6: Identificación de un portafolio de sitios potenciales de compensación

Para estos estudios de caso en Loreto (a diferencia de los de Madre de Dios), la construcción del portafolio de opciones para la compensación se realizó a través de un ejercicio, elaborado por CSF, de asignación de puntajes para una serie de variables a nivel de cuencas, considerando los aportes realizados por el equipo de WCS, y en base a información espacial disponible (WCS, GOREL y PNCB) (Tabla 15).

Tabla 15. Rangos y puntajes para la selección de sitios para la compensación ambiental

Criterio	Ponderación	Rango	Puntaje
Presencia de ecosistemas impactados (nivel de equivalencia)	20%	0% - 20%	1
		20% - 40%	2
		40% - 60%	3
		60% - 80%	4
		80% 100%	5
Calidad - cuenca (actual)	20%	58 - 66.4	1
		66.4 - 74.8	2
		74.8 - 83.2	3
		83.2 - 91.6	4
		91.6-100	5

Criterio	Ponderación	Rango	Puntaje
Riesgo ambiental actual ^{19*}	10%	0.05 - 41.86	1
		41.86 - 83.67	2
		83.67 - 125.48	3
		125.48 - 167.39	4
		167.39 - 209.10	5
Riesgo ambiental futuro*	10%	0.00 - 75.26	1
		75.26 - 150.53	2
		150.53 - 225.79	3
		225.79 - 301.06	4
		301.06 - 376.32	5
Área protegida?	20%	No	0
		Sí	5
Sitio prioritario de conservación?*	10%	No	0
		Sí	5
Presencia de comunidades nativas	10%	No	0
		Sí	5

* Las capas SIG utilizadas en estas casillas fueron elaborados por WCS.

Bajo este esquema, lo que se busca es ofrecer una orientación sobre qué cuencas pueden ser útiles para compensar los impactos de los hidroyectos y alcanzar la PNC. El modelo permite incluir otros criterios, cambiar las ponderaciones o la escala de los puntajes, dependiendo de la toma de decisiones sobre la reglamentación y el esquema regulatorio para el Perú. Para este estudio, el perfil de cuencas que se busca para realizar la compensación son aquellas que contengan los ecosistemas impactados por el proyecto, que se encuentren en mejor estado de conservación, y estén expuestas a determinado nivel de amenazas dado el riesgo ambiental actual y el futuro (Figura 13).

Como resultado se obtuvo un portafolio en base a cuencas para cada caso. Estas fueron agrupadas por su nivel de conectividad y por su potencial para tener una extensión lo suficientemente grande como para alcanzar la PNC. En las siguientes secciones se evalúa su factibilidad. (Figura 14 y Figura 15).

¹⁹ Los valores consignados fueron obtenidos del análisis de riesgo ambiental actual (valores entre 0 y 692.5) y futuro (valores entre 0 y 964.5), desarrollado por WCS para todo Loreto.

Figura 13. Cuencas prioritarias para la compensación de los hidroyectos en Loreto

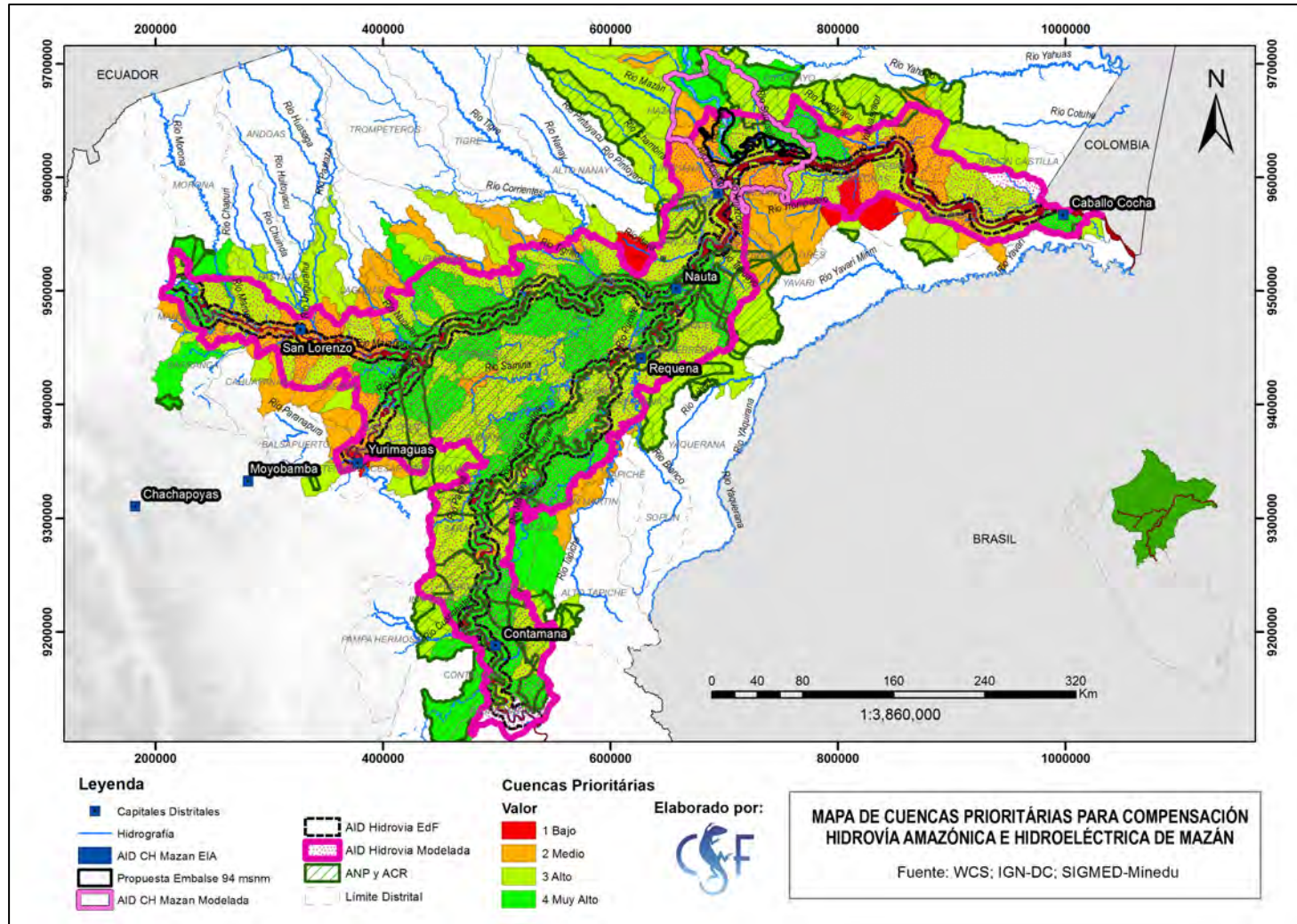


Figura 14. Portafolio de sitios potenciales para la compensación - CHM

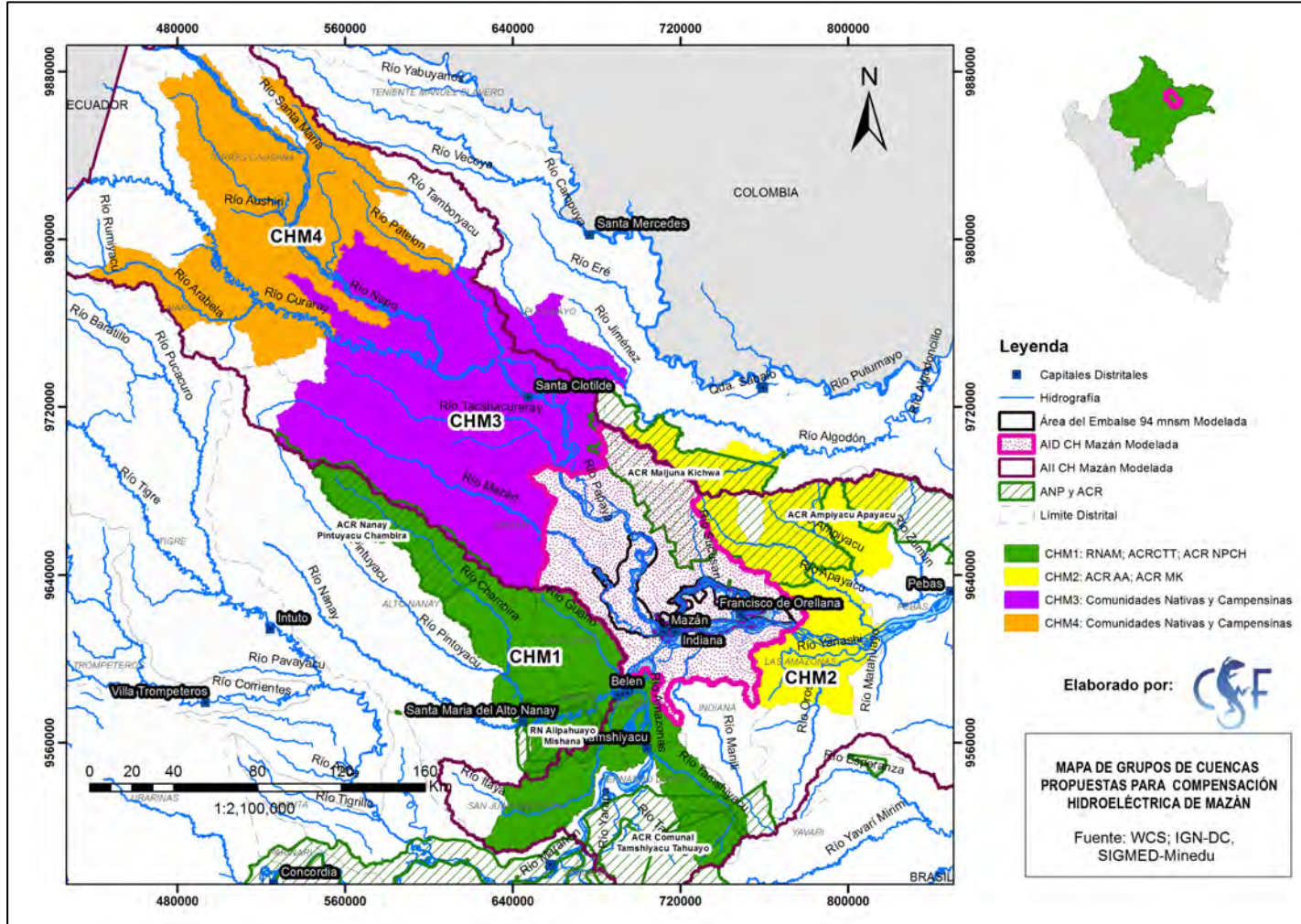
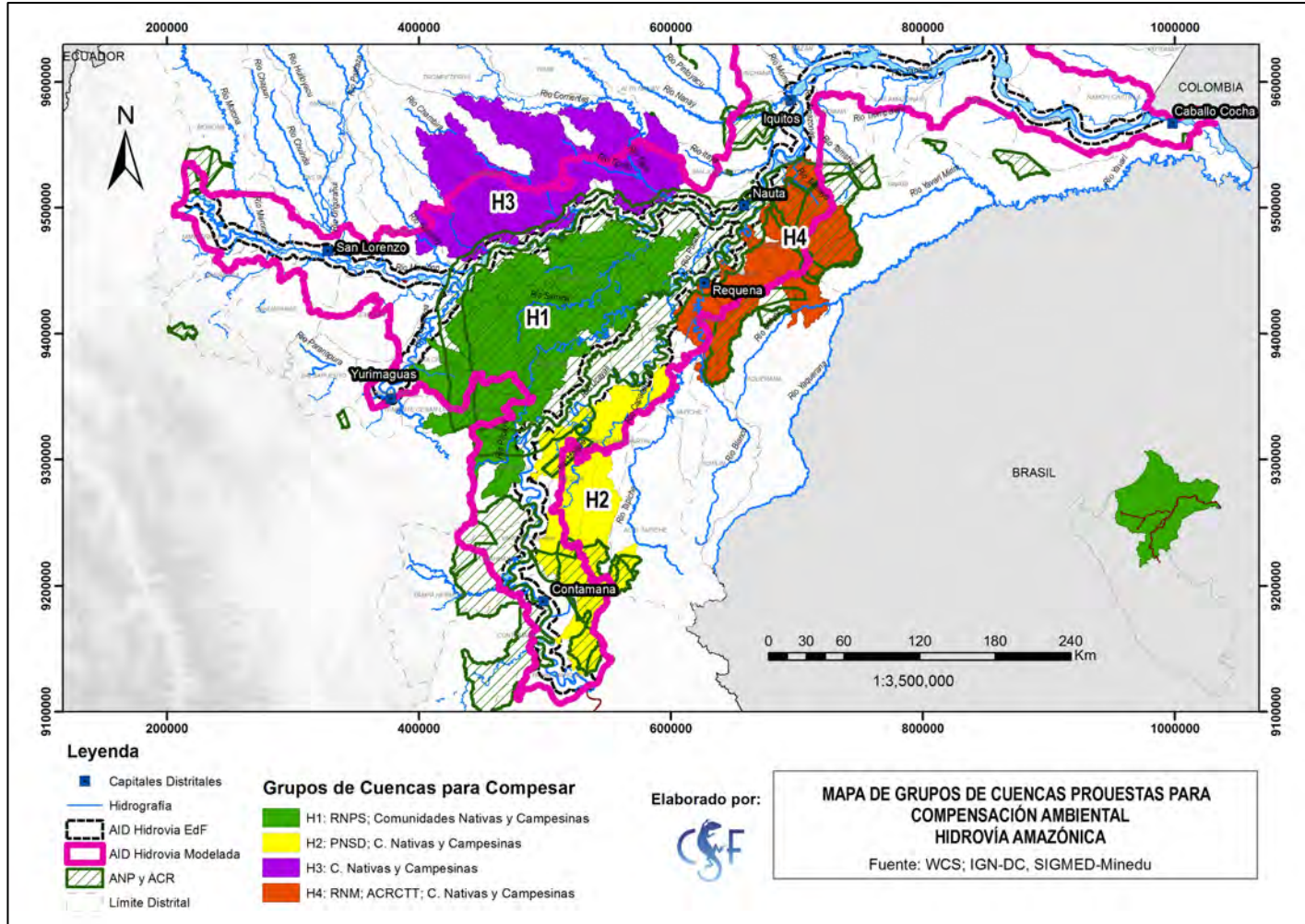


Figura 15. Portafolio de sitios potenciales para la compensación - HA



En la Tabla 16 y Tabla 17 se muestra una descripción de estos grupos. En todas las alternativas se evidencia la presencia de áreas protegidas (tanto nacionales como regionales). En regiones como Loreto, éstas albergan gran parte de la biodiversidad que se requiere compensar, por lo que su consideración en la compensación ambiental es ineludible si se buscan son sitios no fragmentados y que posibiliten las ganancias que se necesitan.²⁰

Tabla 16. Portafolio de sitios potenciales para compensación - CHM

Sitio potencial	ID Cuencas que conforman cada grupo	Uso del territorio
CHM1	36, 37, 72, 623, 628, 634, 635	Reserva Nacional Allpahuayo Mishana (RNAM) Área de Conservación Regional Comunal Tamshiyacu Tahuayo (ACR CTT) Área de Conservación Regional Nanay Pintuyacu Chambira (ACR NPCH) Comunidades Nativas y Campesinas
CHM2	16, 21, 25, 80, 81, 82, 84, 87, 88, 205, 211	Área de Conservación Regional Ampiyacu Apayacu (ACR AA) Área de Conservación Regional Maijuna Kichwa (ACR MK) Comunidades Nativas y Campesinas
CHM3	191, 679, 682, 684, 685, 689, 692, 693, 694, 701, 702, 703, 705, 706, 707, 709, 711, 712, 713, 714, 715, 721	Comunidades Nativas y Campesinas
CHM4	654, 661, 662, 663, 669, 670, 671, 672, 673, 676, 678, 680, 681, 683, 690, 695, 699	Comunidades Nativas y Campesinas

²⁰ En Loreto, según el Programa Nacional de Conservación de Bosques (PNCB), al 2013 se estimó un área total de bosque disponible de 34 millones de hectáreas aproximadamente, de la cual alrededor del 30% se encuentra dentro de una ANP o ACR.

Tabla 17. Portafolio de sitios potenciales para compensación - HA

Sitio potencial	ID Cuencas que conforman cada grupo	Uso del territorio
H1	98 110 118 133 432 433 459 462 463 464 469 477 489 491 493 494 495 496 497 498 500 502 503 504 800 807 812 815 825 831 834 840 841 844 845 846 849 859 860 864	Reserva Nacional Pacaya Samiria (RNPS) Comunidades Nativas y Campesinas
H2	736 752 761 830 851 857 858 861 863 871 880 881 882 883	Parque Nacional Sierra Divisor (PNSD) Comunidades Nativas y Campesinas
H3	350 351 356 359 360 361 365 366 371 375 378 379 380 381 383 384 386 394 397 411 416 418 431 443 448	Comunidades Nativas y Campesinas
H4	75 78 79 298 299 311 314 317 795 798 799 802 805 814 816 820	Reserva Nacional Matses (RNM) Área de Conservación Regional Comunal Tamshiyacu Tahuayo (ACR CTT) Comunidades Nativas y Campesinas

5.2 Paso 7: Cuantificación de ganancias teóricas

A partir del portafolio identificado en el paso anterior, se procedió a estimar las ganancias teóricas que cada sitio podría ofrecer para alcanzar la PNC. Al igual que en los casos de Madre de Dios, el cálculo se presenta como un ejercicio teórico sobre las opciones de compensación, lo cual permite exponer los supuestos de manera transparente, e ilustrar el enfoque metodológico.

Los supuestos detrás de este paso son los siguientes:

- Se asumen ganancias por pérdidas evitadas y por la mejora de la calidad de los bosques a través de la restauración pasiva (recuperación natural)
- Duración del proyecto de compensación: 50 años
- Tasa de deforestación SIN acciones de compensación dentro de los sitios de compensación (r_0): Mapa de Bosque/No Bosque año 2000 (MINAM-MINAGRI 2014)
- Tasa de deforestación CON acciones de compensación dentro los sitios de compensación: 1/3 de la tasa SIN acciones de compensación

- Calidad inicial de los ecosistemas en los sitios de compensación estimada en base al índice calidad - cuenca (C - q) presentado en la sección 4.3 (C_0).
- Calidad final de los ecosistemas CON acciones de compensación: calidad inicial más una reducción del 10% de la degradación (por ejemplo, si la calidad inicial es de 0.4, la degradación es de 0.6 (expresados en una escala de 0 a 1). Con esto el 10% de la degradación es $0.6 \times 0.1 = 0.06$ y la calidad final será de $0.4 + 0.06 = 0.46$).

Los resultados, tanto para la CHM como para la HA, se presentan en la Tabla 18 y Tabla 19 respectivamente, donde se muestran los ecosistemas que necesitan ser compensados y las ganancias teóricas que ofrece cada alternativa en el plazo de 50 años. Estos resultados se usaron en el Paso 8 para estimar los costos de cada alternativa, para luego verificar la factibilidad de los sitios potenciales para alcanzar la Pérdida Neta Cero e identificar los sitios preferidos para el proyecto de compensación.

Tabla 18. Ganancia teóricas en los sitios de compensación del portafolio para la CHM

Código	Ecosistemas	Impactos residuales (Ha x q - C)	Ganancias teóricas (Ha x q - C)							
			CHM1		CHM2		CHM3		CHM4	
			r ₀	0.17%	r ₀	0.02%	r ₀	0.026%	r ₀	0.016%
C ₀	0.73	C ₀	0.91	C ₀	0.83	C ₀	0.86			
CES408.523	Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía	7,149,432.04	29,575.31	8,442.45	24,041.31	12,869.79				
CES408.532	Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía	529,929.60	274.99	154.25	809.55	638.48				
CES408.536	Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	1,197,923.04	2,252.49	692.20	1,945.00	831.53				
CES408.538	Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	2,640,505.30	1,819.73	461.57	3,141.10	1,675.03				
CES408.550	Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	246,743.88	101.08	21.75	98.03	44.64				
Co02Amazonia	Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	822,561.95	367.11	159.02	9.62	-				

* Duración del plan de compensación: 50 años, Prevención de 2/3 de la deforestación anticipada a futuro con las acciones de conservación. Disminución de 10% de la degradación.

Tabla 19. Ganancia teóricas en los sitios de compensación del portafolio para la HA

Código	Ecosistemas	Impactos residuales (Ha x q - C)	Ganancias teóricas (Ha x q - C)							
			H1		H2		H3		H4	
			r ₀	0.03%	r ₀	0.03%	r ₀	0.018%	r ₀	0.040%
C ₀	0.82	C ₀	0.88	C ₀	0.84	C ₀	0.83			
CES408.523	Bosque siempreverde de la penillanura del oeste de la Amazonía	2,235,754.72	2,006.77	9,126.30	1,451.32	20,106.05				
CES408.532	Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la	374,772.83	217.04	324.76	74.65	171.75				
CES408.536	Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	10,762.92	7,197.48	265.59	5,508.95	1,163.84				
CES408.538	Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	303,939.28	13,774.62	2,331.34	12,534.03	1,458.99				
CES408.550	Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	2,634,419.82	49.37	179.91	29.84	23.69				

Código	Ecosistemas	Impactos residuales (Ha x q - C)	Ganancias teóricas (Ha x q - C)							
			H1		H2		H3		H4	
			r ₀ C ₀	0.03% 0.82	r ₀ C ₀	0.03% 0.88	r ₀ C ₀	0.018% 0.84	r ₀ C ₀	0.040% 0.83
CES408.552	Herbazal pantanoso de la llanura aluvial de la alta Amazonía	535,010.98	2,101.83	511.26	5,305.67	183.22				
CES408.565	Bosque siempreverde subandino del oeste de la Amazonía	13,031.94	8,631.20	-	-	-				
CES408.569	Bosque pantanoso de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	19,397.37	5,829.05	3,204.80	3,097.01	830.00				
CES408.572	Bosque del piedemonte del oeste de la Amazonía	1,533,209.65	1,949.73	-	-	-				
Co02Amazonia	Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	4,160,573.90	177.32	940.26	30.82	129.85				

* Duración del plan de compensación: 50 años, Prevención de 2/3 de la deforestación anticipada a futuro con las acciones de conservación. Disminución de 10% de la degradación.

Como se puede apreciar, en ningún caso se lograría la PNC en término de los ecosistemas que se deben compensar. Esto considerando por un lado sólo las pérdidas en biodiversidad a causa del embalse que se formaría por la CHM, y por el dragado de ríos propuesto por el proyecto HA; y por el otro, que las ganancias se alcanzarían a través de protección de cuencas evitando una parte de las amenazas existentes expresadas en tasas de deforestación actual durante un período de 50 años. Por lo tanto, considerando este tipo de medidas, y dada la incertidumbre sobre los resultados de la restauración, estos proyectos son inviables ambientalmente. En estos casos esto va más allá de la metodología utilizada para el diseño de la compensación, ya que la magnitud de los impactos se evidencia en etapas anteriores como la delimitación de las áreas de influencia y el cálculo del impacto residual (secciones 3.2 y 4.6),

Estos resultados muestran una vez más la importancia de una adecuada aplicación de la jerarquía de mitigación que reduzca el impacto residual, de tal manera que sea compensable en el menor plazo posible. Por otro lado otros impactos son permanentes y no pueden resolverse en el corto plazo, sino que exigen acciones a perpetuidad. Como se mostró en las primeras secciones (3.2 y 4.6), la magnitud de los impactos de la CHM y la HA, tal y como están planteadas, serán tan extensos que difícilmente podrán ser compensados ambientalmente.

5.3 Paso 8: Estimación de costos de la compensación

Se estimaron los costos de manejo o de conservación, para cada una de las alternativas a partir del modelo de costos de manejo de áreas protegidas explicado en el capítulo metodológico (Tabla 20 y Tabla 21).

Tabla 20. Costos de manejo anuales en los sitios potenciales de compensación - CHM (en US\$ para los escenarios básico y óptimo)

Sitio potencial	ID Cuencas que conforman cada grupo	Área (ha)	Costos de manejo anual (US\$)		Costos de manejo anual por Ha (US\$)		C - q x Dólar invertido en la compensación	
			Básico	Óptimo	Básico	Óptimo	Básico	Óptimo
CHM1	36, 37, 72, 623, 628, 634, 635	1,043,541.35	660,790	931,526	0.63	0.89	0.05	0.04
CHM2	16, 21, 25, 80, 81, 82, 84, 87, 88, 205, 211	686,462.37	580,789	832,161	0.85	1.21	0.02	0.02
CHM3	191, 679, 682, 684, 685, 689, 692, 693, 694, 701, 702, 703, 705, 706, 707, 709, 711, 712, 713, 714, 715, 721	1,440,860.95	729,852	1,016,085	1.06	1.48	0.05	0.03
CHM4	654, 661, 662, 663, 669, 670, 671, 672, 673, 676, 678, 680, 681, 683, 690, 695, 699	969,026.01	645,877	913,124	0.94	1.33	0.03	0.02

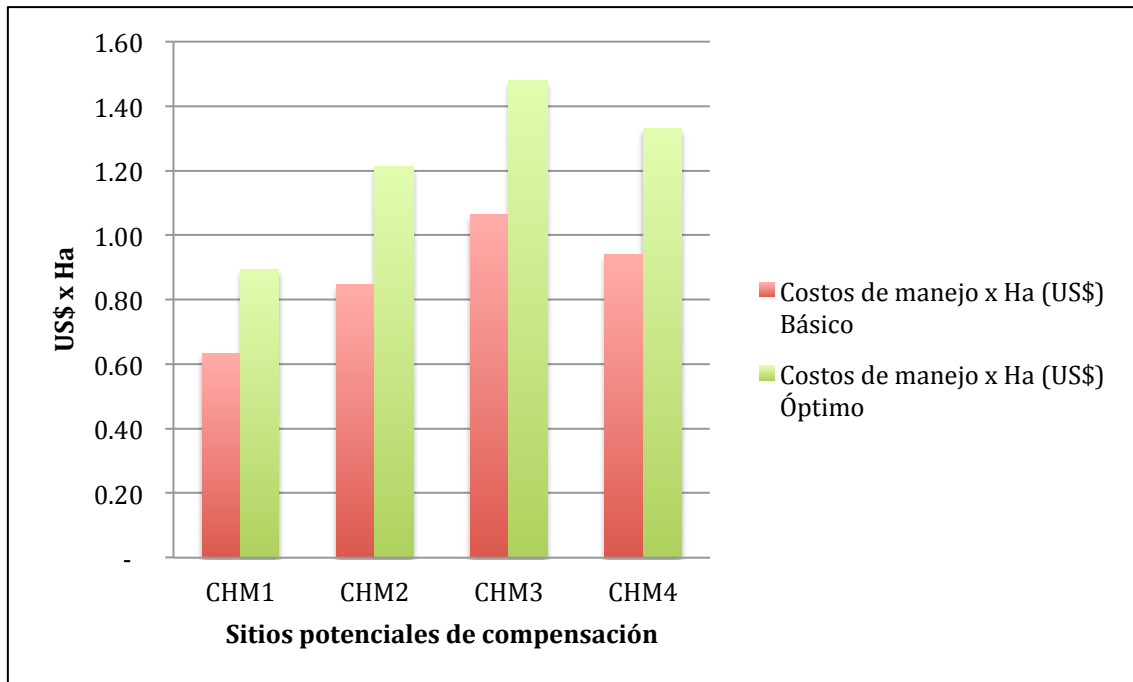
Tabla 21. Costos de manejo anuales en los sitios potenciales de compensación - HA (en US\$ para los escenarios básico y óptimo)

Sitio potencial	ID Cuencas que conforman cada grupo	Área (ha)	Costos de manejo anual (US\$)		Costos de manejo anual por Ha (US\$)		C - q x Dólar invertido en la compensación	
			Básico	Óptimo	Básico	Óptimo	Básico	Óptimo
H1	98 110 118 133 432 433 459 462 463 464 469 477 489 491 493 494 495 496 497 498 500 502 503 504 800 807 812 815 825 831 834 840 841 844 845 846 849 859 860 864	1,999,736.28	807,413	1,109,859	0.40	0.56	0.05	0.04
H2	736 752 761 830 851 857 858 861 863 871 880 881 882 883	1,039,005.51	659,903	930,434	0.64	0.90	0.03	0.02
H3	350 351 356 359 360 361 365 366 371 375 378 379 380 381 383 384 386 394 397 411 416 418 431 443 448	1,587,109.71	751,919	1,042,888	0.72	1.00	0.04	0.03
H4	75 78 79 298 299 311 314 317 795 798 799 802 805 814 816 820	1,007,847.18	653,741	922,835	0.63	0.89	0.04	0.03

Se obtuvieron estimaciones acerca de los recursos necesarios para llevar a cabo acciones de protección y conservación en las cuencas involucradas en cada grupo de compensación. Estas actividades, cuya responsabilidad recae en el titular o desarrollador del proyecto, traerían como resultado la reducción de las amenazas existentes o futuras, y la recuperación de la biodiversidad, elementos que son necesarios para demostrar la adicionalidad de la compensación. Cabe mencionar que estos cálculos no representan un “pago por compensación ambiental”, sino los recursos necesarios para implementar las acciones para proteger y recuperar la biodiversidad en determinado sitio que podrían iniciarse incluso antes de la instalación del proyecto de tal manera que se eviten pérdidas netas “temporales” en biodiversidad.

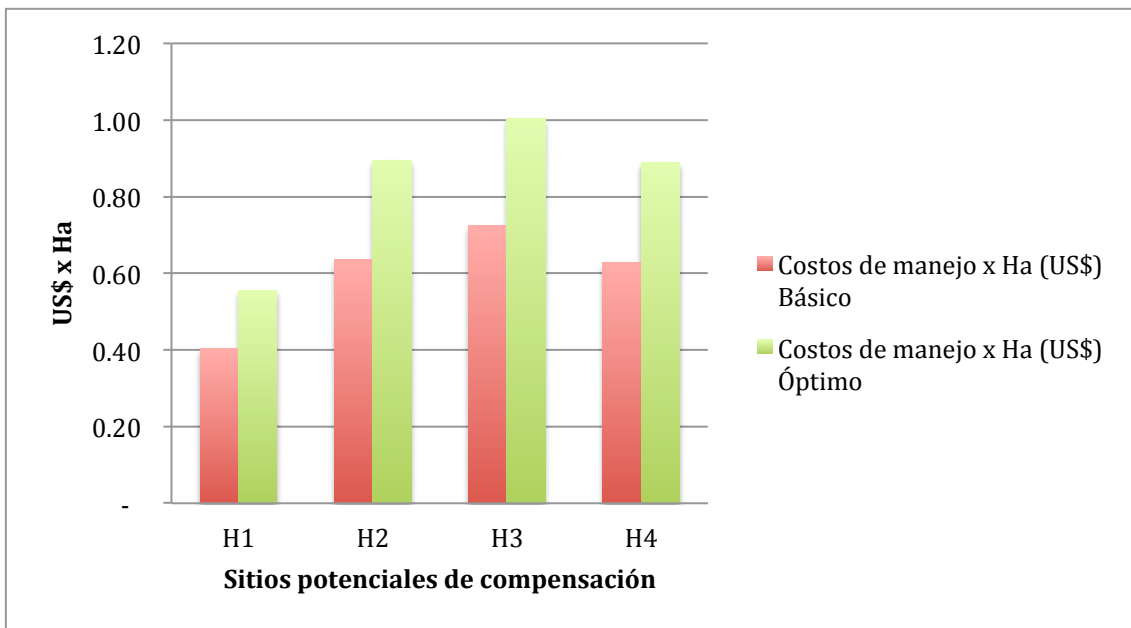
De acuerdo a los resultados, para el caso de la CHM, la opción CHM1²¹ se presenta como la menos costosa en términos absolutos y por hectárea (Tabla 20 y Gráfico 2). Adicionalmente es la que ofrece mayor rendimiento en términos de calidad - cuenca (C - q) generada por cada dólar invertido en la conservación de esa alternativa (Gráfico 3).

Gráfico 2. Costo efectividad de los sitios potenciales de compensación - CHM (US\$ x Ha)



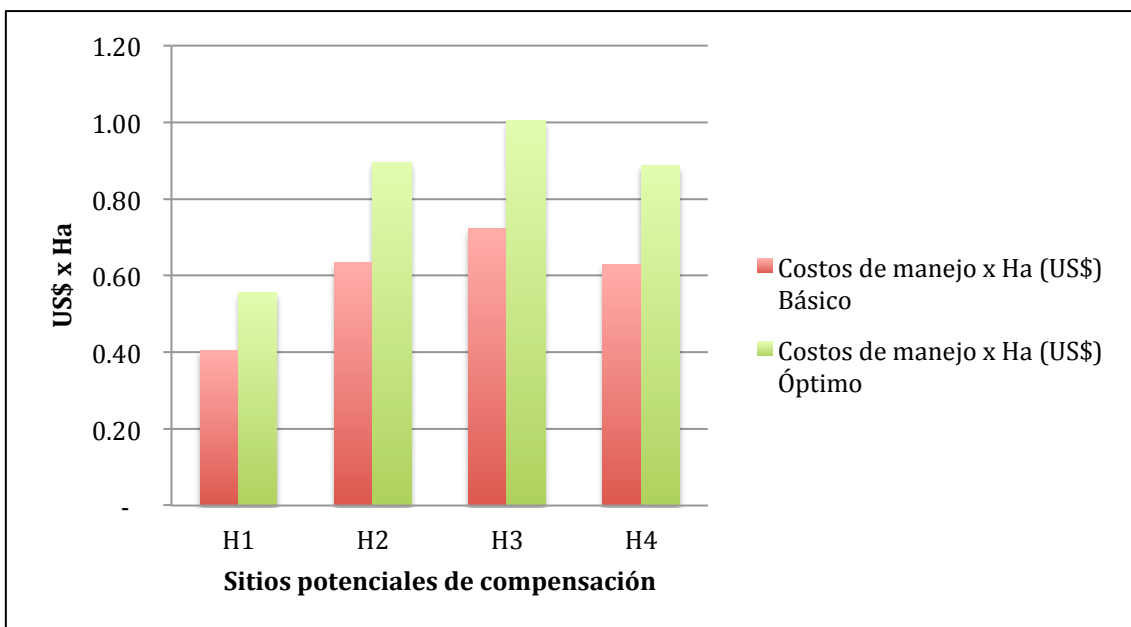
²¹ La opción CHM1 incluye a la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana (RNAM), el Área de Conservación Regional Comunal Tamshiyacu Tahuayo (ACR CTT), el Área de Conservación Regional Nanay Pintuyacu Chambira (ACR NPCH), y a Comunidades Nativas y Campesinas.

Gráfico 3. Costo efectividad de los sitios potenciales de compensación - CHM (C - q x US\$)



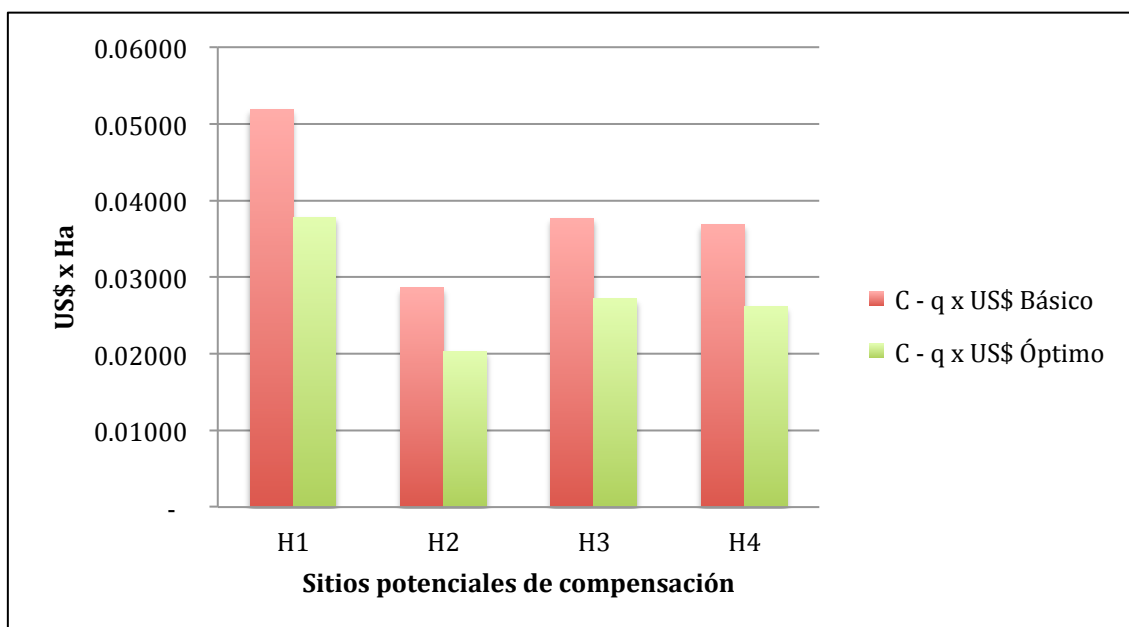
En el caso de la HA, siguiendo el criterio de costo-efectividad, la opción H1²² sería la preferida (Tabla 21). Esto se refleja también en términos relativos, en donde los costos de manejo por hectárea son menores para esta alternativa, y el rendimiento de la inversión que se obtendría sería mayor que las otras opciones del portafolio de compensación (Gráfico 4 y Gráfico 5).

Gráfico 4. Costo efectividad de los sitios potenciales de compensación - HA



²² La opción H1 incluye a la Reserva Nacional Pacaya Samiria (RNPS) y a Comunidades Nativas y Campesinas (Figura 15).

Gráfico 5. Costo efectividad de los sitios potenciales de compensación - HA (C - q x US\$)



Al final de este paso, se tiene una aproximación sobre los niveles de costo-efectividad de cada sitio alternativo de compensación. La factibilidad técnica y política de estas opciones es discutible, y será evaluada en el paso siguiente.

5.4 Paso 9: Selección de un sitio para alcanzar la No Pérdida Neta

Los criterios utilizados para la selección final de los sitios para compensación son los mismos que los aplicados en los casos de Madre de Dios: equivalencia ecológica, factibilidad teórica, factibilidad técnica, factibilidad política, adicionalidad y costo-efectividad.

La Tabla 22 y la Tabla 23 presentan los resultados de la evaluación para ambos casos, donde para cada sitio y criterio se señala una apreciación en una escala de tres clases: alta, media y baja. Esta evaluación permite identificar los sitios que ofrecen oportunidades reales de compensación, denominados “sitios preferidos”.

Tabla 22. Evaluación de los sitios de compensación potenciales del portafolio – CHM

Sitio potencial	Equivalencia ecológica del sitio	Factibilidad teórica de alcanzar la PNC	Factibilidad técnica de generar ganancias	Factibilidad política del proyecto de compensación	Adicionalidad de las acciones de conservación	Riesgo Ambiental (normalizado promedio) ²³ RAA: Riesgo actual RAF: Riesgo futuro	Costos de manejo (US\$/año) B: Básico O: Óptimo	Resultado de la evaluación
CHM1	Alta Sitio con presencia de ecosistemas correspondientes a los impactados. Ecosistemas: 6/6	Baja No permite alcanzar la PNC para todos los ecosistemas en un plazo de 50 años	Media Sitio poco amenazado (0.17%/año de perturbación). Esto demanda un plazo mayor de compensación	Media Este grupo incluye algunas áreas protegidas que podrían facilitar el proceso de compensación	Baja 0.17%/año de perturbación	Medio RAA: 42.83 RAF: 38.54	B: \$660,790 O: \$931,526	Preferido pero no suficiente
CHM2	Media Sitio con biodiversidad similar a la impactada. Ecosistemas: 6/6	Baja No permite alcanzar la PNC. El plazo es indeterminado	Baja Sitio poco amenazado (0.02%/año de perturbación).	Media La compensación puede beneficiar a dos áreas protegidas	Baja 0.02%/año de perturbación	Bajo RAA: 2.33 RAF: 4.38	B: \$580,789 O: \$832,162	No suficiente

²³ Los valores de riesgo ambiental (actual y futuro) obtenidos por WCS fueron promediados a nivel de grupo de compensación y llevados a una escala de 0 a 100, donde 100 es el riesgo ambiental máximo.

Sitio potencial	Equivalencia ecológica del sitio	Factibilidad teórica de alcanzar la PNC	Factibilidad técnica de generar ganancias	Factibilidad política del proyecto de compensación	Adicionalidad de las acciones de conservación	Riesgo Ambiental (normalizado promedio) ²³ RAA: Riesgo actual RAF: Riesgo futuro	Costos de manejo (US\$/año) B: Básico O: Óptimo	Resultado de la evaluación
CHM3	Media Sitio con biodiversidad similar a la impactada. Ecosistemas: 6/6	Baja No permite alcanzar la PNC. El plazo es indeterminado	Baja Sitio muy poco amenazado (0.026%/año de perturbación).	Baja Contiene un área protegida	Baja 0.026% /año de perturbación	Media RAA: 38.43 RAF: 27.55	B: \$729,852 O: \$1,016,085	No suficiente
CHM4	Media Presenta más de la mitad de ecosistemas impactados Ecosistemas: 5/6	Baja No permite alcanzar la PNC. El plazo es indeterminado	Media Sitio poco amenazado (0.016%/año de perturbación).	Baja Solo contiene un área protegida.	Alta Existe un nivel bajo de protección o manejo para la conservación así que casi cualquier acción sería adicional.	Alto RAA: 78.37 RAF: 86.66	B: \$645,877 O: \$913,124	No suficiente

Tabla 23. Evaluación de los sitios de compensación potenciales del portafolio - HA

Sitio potencial	Equivalencia ecológica del sitio	Factibilidad teórica de alcanzar la PNC	Factibilidad técnica de generar ganancias	Factibilidad política del proyecto de compensación	Adicionalidad de las acciones de conservación	Riesgo Ambiental (normalizado promedio) RAA: Riesgo actual RAF: Riesgo futuro	Costos de manejo (US\$/año) B: Básico O: Óptimo	Resultado de la evaluación
H1	Alta Sitio con presencia de ecosistemas correspondientes a los impactados. Ecosistemas: 10/10	Baja No permite alcanzar la PNC para todos los ecosistemas en un plazo de 50 años	Media Sitio poco amenazado (0.025%/año de perturbación). Esto demanda un plazo mayor de compensación y acciones de restauración en otras áreas	Media Este grupo incluye algunas áreas protegidas que podrían facilitar el proceso de compensación	Baja 0.02%/año de perturbación	Baja RAA: 14.13 RAF: 17.40	B: \$807,413 O: \$1,109,859	Preferido pero no suficiente

Sitio potencial	Equivalencia ecológica del sitio	Factibilidad teórica de alcanzar la PNC	Factibilidad técnica de generar ganancias	Factibilidad política del proyecto de compensación	Adicionalidad de las acciones de conservación	Riesgo Ambiental (normalizado promedio) RAA: Riesgo actual RAF: Riesgo futuro	Costos de manejo (US\$/año) B: Básico O: Óptimo	Resultado de la evaluación
H2	Media Sitio con biodiversidad similar a la impactada. Ecosistemas: 8/10	Baja No permite alcanzar la PNC. El plazo es indeterminado	Baja Sitio poco amenazado (0.029%/año de perturbación).	Media La compensación puede beneficiar a dos áreas protegidas	Baja 0.029%/año de perturbación	Media RAA: 25.74 RAF: 40.08	B: \$659,903 O: \$930,434	No suficiente
H3	Media Sitio con biodiversidad similar a la impactada. Ecosistemas: 9/10	Baja No permite alcanzar la PNC. El plazo es indeterminado	Baja Sitio muy poco amenazado (0.018%/año de perturbación).	Baja Contiene un área protegida	Baja 0.018% /año de perturbación	Media RAA: 25.71 RAF: 50.31	B: \$751,919 O: \$1,042,888	No suficiente

Sitio potencial	Equivalencia ecológica del sitio	Factibilidad teórica de alcanzar la PNC	Factibilidad técnica de generar ganancias	Factibilidad política del proyecto de compensación	Adicionalidad de las acciones de conservación	Riesgo Ambiental (normalizado promedio) RAA: Riesgo actual RAF: Riesgo futuro	Costos de manejo (US\$/año) B: Básico O: Óptimo	Resultado de la evaluación
H4	Media Presenta más de la mitad de ecosistemas impactados Ecosistemas: 8/10	Baja No permite alcanzar la PNC. El plazo es indeterminado	Media Sitio amenazado (0.04%/año de perturbación).	Baja Solo contiene un área protegida.	Alta Existe un nivel bajo de protección o manejo para la conservación así que casi cualquier acción sería adicional.	Baja RAA: 23.62 RAF: 30.77	B: \$653,741 O: \$922,835	No suficiente

A pesar que algunos de los grupos presentan equivalencia a nivel de ecosistemas, como ya se había adelantado, ninguna de las alternativas permite alcanzar la PNC (al menos en 50 años). En el caso de la CHM, tres de los cuatro grupos seleccionados cumplirían con la equivalencia; siendo la CHM1 la más costo-efectiva. Para el caso de la HA sólo una opción alcanzaría la equivalencia en términos de ecosistemas (la H1 con 10/10). Sin embargo, de acuerdo a los cálculos, un plazo de 50 años no sería suficiente para alcanzar la PNC, dada la extensión de los sitios y las acciones propuestas en estos estudios de caso. Una mayor extensión del área a compensar, e implementar acciones de restauración en otras áreas equivalentes, podrían acelerar el proceso y ampliar las ganancias potenciales. Alternativamente, se podrían considerar plazos mayores para alcanzar la PNC, aunque asegurar el cumplimiento de planes de duración prolongada (mayores a 50 años) es poco probable.

5.5 Paso 10: Implementación de garantías financieras

Considerando la extensión de los impactos de ambos proyectos, y de la magnitud y plazo de la compensación que se requeriría, se pensó en un plan de compensación que demande recursos a perpetuidad para manejar las áreas destinadas a la compensación, por lo que se calcularon fondos fiduciarios patrimoniales para ambos casos.

Para la opción elegida para la CHM por ejemplo²⁴, los fondos patrimoniales que se deberían constituir a perpetuidad van desde los \$13.6 hasta los \$19.2 millones aproximadamente, para ambos escenarios de manejo (básico y óptimo). Con esto, y dados los rendimientos del fondo, se alcanzarían los recursos anuales necesarios para llevar a cabo las acciones de conservación, en este caso evitando amenazas y acompañado de la restauración pasiva (Tabla 24). Estos recursos, considerando un programa tan grande de compensación como en este caso, pueden ser canalizados a través de iniciativas como pagos por servicios ambientales (PSA) o iniciativas REDD+, además de inversiones en áreas protegidas por el estado y tierras de comunidades indígenas. Este tipo de mecanismos serían útiles para involucrar a las comunidades cercanas a los sitios de compensación, y de esta manera alcanzar beneficios no solo en biodiversidad, sino también en términos de bienestar de las personas.

Tabla 24. Estimación de fondos fiduciarios a perpetuidad para las opción CHM1 - CHM

Sitio potencial	Costo de manejo anual (US\$ real)		Monto de fondo patrimonial (US\$ real)*	
	Básico	Óptimo	Básico	Óptimo
CHM1	\$660,790	\$931,526	\$13,624,528	\$19,206,723

El cálculo de los fondos ha sido a una tasa de 4.85% de rendimiento anual obtenida del Estudio sobre la inversión de fondos fiduciarios para la conservación revisado por Mathias & Victurine (2014).

Lo mismo se hizo para el caso de la HA. Para la alternativa H1 se estimaron fondos patrimoniales de entre \$16.6 y \$22.8 millones para para los escenarios básico y óptimo respectivamente (Tabla 25).

²⁴ Aunque no es suficiente para alcanzar la PNC, se continúa el ejercicio con las opciones que presentan equivalencia para ilustrar el proceso de diseño de la compensación completo.

Tabla 25. Estimación de fondos fiduciarios a perpetuidad para las opción H1 - HA

Sitio potencial	Costo de manejo anual (US\$ real)		Monto de fondo patrimonial (US\$ real)*	
	Básico	Óptimo	Básico	Óptimo
H1	\$807,413	\$1,109,859	\$16,647,690	\$22,883,699

El cálculo de los fondos ha sido a una tasa de 4.85% obtenida del Estudio sobre la inversión de fondos fiduciarios para la conservación revisado por Mathias & Victurine (2014).

Con la implementación de este tipo de fondos se busca asegurar los recursos para la compensación desde un inicio, de tal manera que se mitiguen los riesgos de fracaso ante contingencias como cambios en el titular del proyecto, por ejemplo.

6 Conclusiones

A pesar de la magnitud, duración e incertidumbre de los impactos las obras de la CHM y la HA, esta aproximación a los impactos específicos de las obras analizadas, y al cálculo del impacto residual de las mismas luego de la aplicación hipotética de medidas de mitigación, ejemplifica el proceso de elaboración de un plan de compensación ambiental para hidroproyectos. 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 establecer con mayor exactitud los impactos correspondientes a cada proyecto, y la factibilidad real de alcanzar la PNC.

La utilización de información geográfica ha permitido superponer diferentes capas de información (ej. biofísica, social, económica, política, etc.), que han facilitado 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 permiten 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 asignó mayor énfasis a la evaluación y la conservación de ecosistemas acuáticos, riparios y de humedales asociados a dichos ambientes como mecanismos de compensación, y se ha recalcado la importancia de la conectividad hidrológica e hidrobiológica en la aplicación de estas medidas. Para tal efecto se ha complementado este nivel de información con un análisis y desarrollo de una métrica a nivel de cuencas, que a la vez de facilitar el intercambio entre pérdidas y ganancias, puede ser útil para el monitoreo luego de la implementación del plan de compensación.

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. La factibilidad de las medidas debe ser analizada cuidadosamente y debe considerar aspectos ambientales, socio-culturales, políticos y financieros. Las propuestas de compensación y mitigación hechas en este documento reflejan la naturaleza y magnitud de los proyectos, pero también algunas de las oportunidades para la conservación que generan las áreas protegidas existentes, que en estos casos sirvieron de eje sobre el cual desarrollar

planes de compensación en búsqueda de conectividad de los sitios, considerando el nivel de amenaza al que están expuestas y las necesidades financieras que presentan.

Un análisis más exhaustivo de los potenciales impactos de estos proyectos y de las medidas de compensación ambiental que serían más efectivas debe ser realizado, validado y calibrado con datos de campo, así como consensado con los diferentes actores que intervendrían en el desarrollo y aplicación de las medidas. Finalmente, cabe notar nuevamente que llegamos a esta conclusión evaluando solamente un impacto para cada proyecto, y bajo cierto nivel de mitigación, por ejemplo, disminuyendo la cota máxima para el caso de la CHM, y reduciendo los volúmenes de dragado para la HA.

7 Referencias

- Aguilar, G., & Iza, A. (2006). Gobernanza de aguas compartidas: aspectos jurídicos e institucionales. 197.
- Cervantes, M. (2007). Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México. En: (O. Sánchez, M. Herzig, E. Peters Recagno, R. Márquez-Huitzil , & L. Zambrano, Edits.) 294.
- Dourojeanni, M. (2013). Loreto Sostenible al 2021. 356.
- Eduardo, V., Bruce, F., Ronaldo B, B., Paulo, P., Laura, H., Armando, M., y otros. (2016). *SNAPP Western Amazon Group - Amazon Aquatic Ecosystem Spatial Framework*. KNB Data Repository. doi:10.5063/F1BG2KX8.
- Foti, R., del Jesús, M., Rinaldo, A., & Rodriguez-Iturbe, I. (Nov de 2012). Hydroperiod regime controls the organization of plant species in wetlands. *Proc Natl Acad Sci U S A*.
- INFRAECO. (2015). Evaluación de los efectos ambientales acumulativos del PDRL del Departamento de Loreto. Consultoría para la elaboración de la evaluación ambiental estratégica (EAE) al plan de desarrollo regional concertado (PDRC del departamento de Loreto al 2021). 98.
- Josse, C., Young, B., Lyons-Smyth, R., Brooks, T., Frances, A., Comer, P., y otros. (2013). Desarrollo de insumos para la toma de decisiones de conservación en la cuenca amazónica occidental. *Ecología Aplicada*.
- Mathias, K., & Victurine, R. (2014). *Fondo fiduciario para la conservación. Estudios sobre la inversión*.
- McGarigal, K., & Marks, B. J. (1994). FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Forest Science Department, Oregon University. 63.
- MINAM-MINAGRI. (2014). Mapa de bosque/no bosque año 2000-2013. Información generada en conjunto por el PNCBMCC y el Proyecto REDD+, SERFOR y OTCA.
- Munné, A., Solá, C., & Prat, N. (1998). QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los bosques de ribera. *Tecnología del agua*, 175(20), 37.
- OPPIP. (2014). Elaboración de los estudios de pre inversión a nivel de factibilidad con estudios definitivos de ingeniería e impacto ambiental del proyecto "Construcción de la C.H. Mazan y el Sistema de Transmisión". Resumen ejecutivo del estudio de impacto ambiental. 62.
- Parkes, D., Newell, G., & Cheal, D. (Febrero de 2003). Assessing the quality of native vegetation: The 'habitat hectares' approach. *Ecological management & restoration*, 4.
- Pierson, S. M., Rosenbaum, B. J., McKay, L. D., & Dewald, T. G. (30 de Sep de 2008). Strahler Stream Order and Strahler Calculator Values in NHDPlus. 10.
- PROINVERSION. (2013). Hidrovía Amazónica. Ríos Marañón y Amazonas, tramo Saramiriza-Iquitos-Santa Rosa; río Huallaga, tramo Yurimaguas-Confluencia con el Marañón; río Ucayali, tramo Pucallpa-Confluencia con el río Marañón. 14.
- Vivanco, R., Perez, R., & Castillo, D. (2016). Mapas Kernel como indicador de la concentración de la pérdida de bosques húmedos amazónicos del Perú.

- Wildlife Conservation Society. (2015a). *Evaluación de las Líneas de Base Ambientales en los Estudios de Impacto Ambiental y de Factibilidad de Hidroproyectos en Loreto, Perú: Estudio de los casos de la Central Hidroeléctrica Mazán y de la Hidrovía del Amazonas*. Disponible en: <https://peru.wcs.org/es-es/WCS-Perú/Publicaciones>. Obtenido de <https://peru.wcs.org/es-es/WCS-Perú/Publicaciones>
- Wildlife Conservation Society. (2015b). *Análisis del Cálculo del Impacto Residual de Hidroproyectos en Loreto, Perú: Estudio de los casos de la Central Hidroeléctrica Mazán y de la Hidrovía del Amazonas*. Disponible en: <https://peru.wcs.org/es-es/WCS-Perú/Publicaciones>. Obtenido de <https://peru.wcs.org/es-es/WCS-Perú/Publicaciones>
- Wildlife Conservation Society. (2015c). *Análisis de Términos de Referencia de Estudios de Impacto Ambiental y de Factibilidad de Hidroproyectos en Loreto, Perú: Estudio de los casos de la Central Hidroeléctrica Mazán y de la Hidrovía del Amazonas*. Disponible en: <https://peru.wcs.org/es-es/WCS-Perú/Publicaciones>. Obtenido de <https://peru.wcs.org/es-es/WCS-Perú/Publicaciones>
- 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>. Obtenido de <https://peru.wcs.org/es-es/WCS-Perú/Publicaciones>