



2012

PROYECTO HIDROELECTRICO REVENTAZON: ESTUDIOS AMBIENTALES ADICIONALES PARTE F: PROPUESTA DE PROYECTO DE COMPENSACION Y MITIGACION DE BIODIVERSIDAD



RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo de esta sección es presentar la factibilidad e importancia de un proyecto de compensación y mitigación mixto de biodiversidad integrado al Proyecto Hidroeléctrico Reventazón siguiendo los lineamientos del Programa de Negocios y de Compensaciones de Biodiversidad (BBOP por sus siglas en inglés)¹. Se explica cómo integrar la metodología del BBOP al PH Reventazón orientándola primariamente hacia la biodiversidad y se incorpora el mecanismo de compensación de *Ecosistemas Fluviales sin barreras* como un componente flexible que permitiría al ICE cumplir con políticas específicas de Salvaguarda Ambiental del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). La pérdida de la biodiversidad en el área del PH Reventazón se debe a pérdida de ecosistemas frágiles, interrupción de corredores biológicos, pérdida de hábitat, afectación a especies amenazadas y en peligro de extinción, colisión de aves con cables, interrupción permanente de movimiento migratorio de organismos acuáticos, reducción de la fauna acuática (particularmente el bobo y tepemechín), afectación a la fauna acuática por sedimentos, eliminación de bosque por construcción de obras, deposición de material y sedimentos en bosques riparios, fragmentación del bosque, cambio en el uso del suelo, ampliación y creación de caminos. La meta y objetivo general del proyecto de mitigación compensatoria sería producir resultados de impacto (Outcomes) positivos para la conservación de la biodiversidad a través de un programa de compensación mixto que tiene como objetivo general lograr una pérdida neta nula de biodiversidad, y posiblemente una ganancia neta importante con el fin de promover buenas prácticas ambientales en un país reconocido como el de más alta biodiversidad por unidad de área a nivel global. Se sugiere la adherencia a la jerarquía de mitigación y una metodología combinada a nivel del paisaje, que mejore la conectividad de ecosistemas y corredores biológicos incluyendo la matriz de los elementos clave de la biodiversidad junto con la metodología de “Benchmarking” hábitat – hectáreas de referencia para cuantificar pérdidas y ganancias netas. Las compensaciones y mitigaciones deben estar ubicadas estratégicamente en el paisaje para: lograr la máxima contribución, proteger y / o vincular áreas prioritarias para la biodiversidad, y apoyar la consolidación de corredores ecológicos en el paisaje reconocidos por su importancia en forma oficial con el apoyo de actores clave. La propuesta de mitigación y compensación incluiría: 1. las áreas C1, C2, C3, C4, C5 (1,492 ha) en el Sub-corredor biológico Barbilla; 2. una zona buffer (franja de 50 m.) alrededor/perímetro del embalse; 3. El Componente acuático del paquete de Compensación se desarrollará en un tramo equivalente de un río funcional y ecológicamente similar que compensaría los efectos residuales y acumulativos sobre la biodiversidad acuática y los servicios ambientales relevantes del Río Reventazón creando la opción de una pérdida neta nula o una ganancia neta positiva.. La gestión del proyecto de mitigación y compensación

¹ <http://bbop.forest-trends.org/offsets.php>

propuesto debe ser liderizada por el ICE de acuerdo a sus estructuras organizativas y de ejecución trabajando con el consejo existente del Sub-Corredor Barbilla que garantice el éxito en la implementación de las actividades indicadas y coordine los trabajos de asesoría que deben realizarse.

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO I

1. INTRODUCCIÓN..... 1

2. PIRÁMIDE DE JERARQUIZACIÓN Y LAS COMPENSACIONES DE BIODIVERSIDAD 3

3. MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PH REVENTAZÓN.... 7

4. MECANISMO DE COMPENSACIÓN (OFFSET) Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL PH REVENTAZÓN .. 13

 4.1 Meta y Objetivo General..... 13

 4.2 Justificación..... 13

 4.3 Consideraciones adicionales 15

 4.4 Identificación de Corredores Biológicos 17

5. BIODIVERSIDAD AFECTADA Y METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS Y GANANCIAS NETAS DE BIODIVERSIDAD EN EL PH REVENTAZÓN 21

6. SELECCIÓN DE SITIOS DE COMPENSACIÓN Y MITIGACIÓN DE BIODIVERSIDAD..... 27

 6.1 Componente 1: Paquete de Mitigación 27

 6.2 Componente 2: Proyecto de Mitigación en el perímetro del embalse..... 30

 6.3 Componente 3: Propuesta de Compensación 30

7. RECOMENDACIONES..... 32

8. LITERATURA CITADA 37

9. ANEXOS..... 41

LISTA DE TABLAS

TABLA 2-1 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UN PROYECTO OFFSET EN EL ÁREA DEL PH REVENTAZÓN 5

TABLA 3-1 ESPECIES EN PELIGRO Y AMENAZADAS DE EXTINCIÓN EN EL ÁREA DEL PH REVENTAZÓN..... 11

TABLA 4-1 ELEMENTOS Y PASOS CLAVE DEL PROYECTO OFFSET PROPUESTO..... 16

TABLA 5-1 EXTENSIÓN DE LOS TIPOS DE VEGETACIÓN EN LAS ÁREAS DEL PROYECTO 22

TABLA 7-1 RESÚMEN DEL PROYECTO MIXTO DE OFFSET PROPUESTO 33

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2-1 JERARQUÍA DE MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LA BIODIVERSIDAD ...	3
FIGURA 3-1 PH REVENTAZÓN, BIODIVERSIDAD, IMPACTOS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN	7
FIGURA 4-1 ESTRUCTURA DE UN CORREDOR BIOLÓGICO.....	18
FIGURA 4-2 CORREDOR BIOLÓGICO TURRIALBA, ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS Y SUB-CORREDOR BARBILLA.....	20
FIGURA 4-3 ÁREAS PROTEGIDAS Y PROPUESTA DEL SUB-CORREDOR PASEO DEL JAGUAR (BARBILLA – DESTIERRO).....	20
FIGURA 5-1 USOS DE LA TIERRA EN EL ÁREA DEL PH REVENTAZÓN.....	23
FIGURA 5-2 ABUNDANCIA DE ESPECIES DEL BOSQUE MADURO INTERVENIDO	23
FIGURA 5-3 RIQUEZA DE ESPECIES DE LA FAUNA EN EL ÁREA DEL PH REVENTAZÓN	24
FIGURA 5-4 RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE PECES EN LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL PH REVENTAZÓN ...	24
FIGURA 6-1 ÁREAS DE COMPENSACIÓN DE BIODIVERSIDAD EN EL CORREDOR BARBILLA.....	28
FIGURA 6-2 PARCHES DE BOSQUE Y ÁREAS NÚCLEO PROPUESTOS EN EL COMPONENTE 1 (C1, C2, C3, C4, C5) COMO SITIOS DE COMPENSACIÓN DE BIODIVERSIDAD A NIVEL DE PAISAJE Y CORREDORES.....	29

AGRADECIMIENTOS

Este reporte fue elaborado por un equipo multidisciplinario de consultores de Integrated Environments (2006) Ltd., Environmental Resources Management (ERM) y Applied Aquatic Research Ltd. Los profesionales que contribuyeron y participaron en este estudio son los siguientes:

- Miles Scott-Brown
- Juan Quintero
- Roberto Roca
- Tom Boag
- George Krallis
- Ed Buchak

Los autores quisieran agradecer el apoyo y la participación de los miembros del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón del ICE y de su Unidad de Gestión Ambiental y en particular del Ing. Sergio Mata, Ing. Mauricio Morales Morales, Ing. Allan Retana Calvo, Ing. Carlos Roberto Rodríguez Meza, Ing. Luis Roberto Rodríguez Arroyo, Ing. Gustavo Calvo Domingo, M.Sc. Dora Carías Vega, Ing. Erick Campos Vargas, Ing. Johnny Ríos Barboza, Geog. Sandra Alfaro Trejos, Ing. Ezequiel Barrantes Arguedas, Ing. Miguel Vargas Petersen, Ing. Jorge Valverde Barrantes, Ing. Eugenia Gutiérrez Castro, Ing. Jorge Granados Calderón y el Ing. Federico Aviles Chaves.

La elaboración del reporte fue auspiciada por el Banco Interamericano de Desarrollo. Extendemos nuestro agradecimiento al liderazgo manifestado por Emmanuel Boulet, Enrique Rodríguez y Graham Watkins en la formulación y revisión de este reporte.

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta sección es presentar la factibilidad e importancia de un proyecto de compensación y mitigación mixto de biodiversidad (CB) integrado al Proyecto Hidroeléctrico Reventazón siguiendo los lineamientos del Programa de Negocios y de Compensaciones de Biodiversidad (BBOP por sus siglas en inglés)². Se explica cómo integrar la metodología del BBOP al PH Reventazón orientándola primariamente hacia la biodiversidad y se incorpora el mecanismo de compensación en Ecosistemas Fluviales similares, ecológicamente funcionales y sin barreras físicas como una alternativa flexible que permitiría al ICE cumplir con políticas específicas de Salvaguarda Ambiental del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Igualmente se propone como el proyecto de compensación y mitigación podría ser implementado junto con un plan de trabajo, presupuesto preliminar y recomendaciones.

Las políticas de Salvaguarda y Cumplimiento del BID reúnen un conjunto de directrices que orientan la gestión del Banco de forma de que la sostenibilidad ambiental se integre transversalmente a los objetivos de desarrollo económico y social de toda la región. La política contiene directivas de salvaguardas específicas que están dirigidas hacia la revisión y clasificación de las operaciones/proyectos del Banco, requerimientos de evaluación ambiental, consulta, supervisión y cumplimiento, impactos transfronterizos, hábitats naturales y sitios culturales, materiales peligrosos, y prevención y reducción de la contaminación.

De acuerdo con la directriz B9 de las Políticas de Salvaguarda Ambiental³ "... el Banco no apoyará operaciones y actividades que degraden significativamente hábitats naturales críticos (e.g., áreas que son vitales para garantizar la viabilidad de áreas protegidas, áreas de alto valor de conservación con alta biodiversidad, áreas que contienen especies y hábitats amenazados o en peligro de extinción) o que dañen sitios de importancia cultural crítica. Siempre que sea posible, las operaciones y actividades financiadas por el Banco se ubicarán en tierras y sitios previamente intervenidos. El Banco no respaldará operaciones que involucren una conversión significativa o la degradación de hábitats naturales tal y como se definen en la presente Política, a menos que: (i) no existan alternativas viables que el Banco considere aceptables; (ii) se hayan hecho análisis muy completos que demuestren que los beneficios totales derivados de la operación superan ampliamente sus costos ambientales; y (iii) *se incorporen medidas de mitigación y compensación que el Banco considere aceptables incluyendo, según se requiera, aquellas encaminadas a minimizar la pérdida de hábitat y a establecer y mantener un área protegida ecológicamente similar y que estén adecuadamente financiadas, implementadas y supervisadas*. El Banco no apoyará operaciones a través de las cuales se introduzcan especies invasoras..."

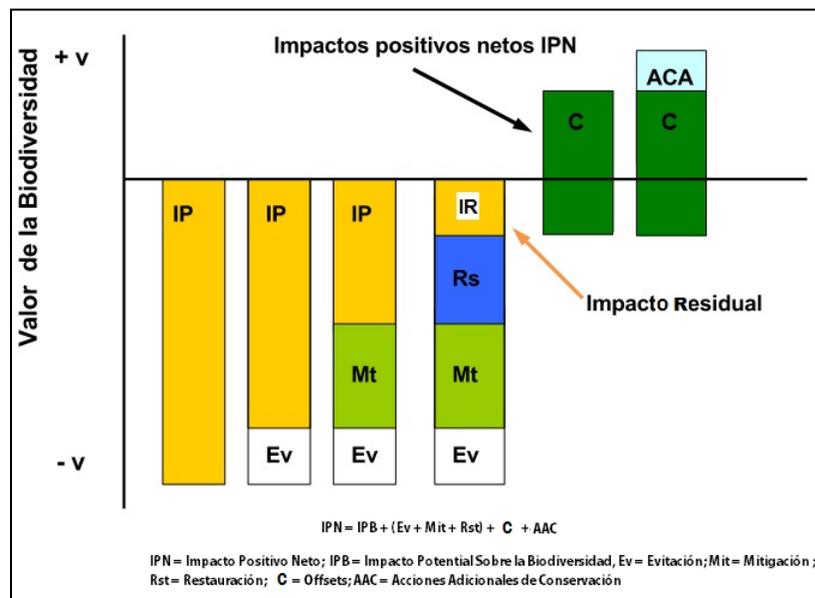
² <http://bbop.forest-trends.org/offsets.php>

³ <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=665902>

2. PIRÁMIDE DE JERARQUIZACIÓN Y LAS COMPENSACIONES DE BIODIVERSIDAD

Las compensaciones de biodiversidad (CB) son resultados medibles de conservación in situ, que provienen de acciones diseñadas para compensar por impactos residuales significativamente adversos para la biodiversidad, que surgen del desarrollo de un proyecto, tras llevarse a cabo medidas apropiadas de prevención y mitigación⁴. La meta de las compensaciones de biodiversidad es alcanzar una pérdida neta nula y, preferentemente, una ganancia neta en biodiversidad existente en relación a la composición de las especies, estructura del hábitat, función del ecosistema y los usos y valores culturales de las comunidades, asociados con la biodiversidad. Estos principios establecen un marco espacial y temporal para diseñar e implementar compensaciones de biodiversidad (ver Figura 2-1) y verificar su éxito en diferentes niveles según corresponda (nivel de proyecto, cuenca, región etc.).

Figura 2-1 Jerarquía de Mitigación y Compensación de Impactos sobre la Biodiversidad



Un buen proceso de implementación de un proyecto de compensación debe tomar en cuenta las pérdidas y ganancias de biodiversidad de acuerdo a todos los niveles de organización y atributos operativos de la biodiversidad (ver Figura 2-1). Esa perspectiva permite entender como los cambios en la composición, estructura, y función de la biodiversidad afectan los servicios ambientales de los ecosistemas y los usuarios/actores clave presentes en el área del proyecto⁵.

⁴ Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP). 2009. Biodiversity Offset Design Handbook. BBOP, Washington, D.C.

⁵ <http://bbop.forest-trends.org/offsets.php>

La pérdida de biodiversidad sucede cuando la probabilidad de persistencia/sobrevivencia a largo plazo se ve afectada mediante: 1. la reducción del área ocupada por una especie, comunidad, tipo de vegetación o hábitat; 2. La disminución de la abundancia de especies o la condición de los ecosistemas y comunidades. Esta relación usualmente no es lineal y varía dependiendo de los niveles y atributos de la biodiversidad. Por esta razón no debe asumirse que la pérdida de una hectárea-hábitat puede ser compensada por una hectárea-hábitat equivalente y deben utilizarse multiplicadores para asegurarse que no habrá pérdida neta de biodiversidad por ejemplo es más seguro compensar siguiendo una relación 1:2, lo que implica compensar dos hectáreas-hábitat equivalentes por cada hectárea-hábitat perdida. Aunque la cuantificación/medición de la biodiversidad es un proceso complejo, en el diseño e implementación de un proyecto CB es fundamental obtener una pérdida de biodiversidad nula o preferiblemente una ganancia neta de biodiversidad. Las pérdidas y ganancias también incluyen los impactos sobre los usuarios/actores clave que se ven influenciados por los elementos y condición de los ecosistemas y especies (ver anexo 1 para más detalles de los principios de los proyectos CB).

Los proyectos CB están basados en nueve (9) pasos: 1. Revisión de los alcances y objetivos del proyecto de desarrollo; 2. Revisión del marco legal/institucional del proyecto CB; 3. Iniciar el proceso de participación de los actores clave; 4. Determinar la necesidad del proyecto CB basado en los impactos residuales negativos; 5. Escoger métodos viables/prácticos de medición de la pérdida neta de biodiversidad; 6. Revisar lugares potenciales para el proyecto CB y evaluar posibles ganancias netas de biodiversidad; 7. Seleccionar sitios apropiados para el proyecto CB y calcular ganancias netas de biodiversidad siguiendo método similar de cálculo de perdidas; 8. Documentar el proceso CB incluyendo acciones en sitios específicos, resultados de impacto, monitoreo, participación de actores clave que demuestren que no hay pérdida neta de biodiversidad.

Una manera de integrar la metodología de compensaciones de biodiversidad en el planeamiento de un proyecto hidroeléctrico es el de incorporarlo al proceso de los estudios de impacto ambiental, lo que termina siendo costo efectivo cuando así se procede. En el caso del PH Reventazón el EsIA se realizó sin tomar en cuenta un posible proyecto de compensación. Los proyectos CB pueden ser *prospectivos* cuando realizan el estudio de base antes de la realización del proyecto. Se considera como la mejor práctica para el diseño de compensaciones de biodiversidad, pues permite una medición real de las perdidas; y también pueden ser *retrospectivos* cuando se diseñan después de iniciados los proyectos y cuando los impactos ya fueron cometidos. Incluso es posible su diseño post cierre o conclusión de la actividad u operación del proyecto. Pero esto depende de la calidad de la información sobre las perdidas in situ de biodiversidad y/o la información de los sitios similares que puedan sustituir la pérdida. Aunque el EsIA del PH Reventazón se desarrolló en forma independiente de la creación de un proyecto CB, la información presentada en el EsIA y en la información suministrada por el ICE al equipo consultor permitiría definir un contexto/marco adecuado para el desarrollo de dicho proyecto según el siguiente análisis de factibilidad:

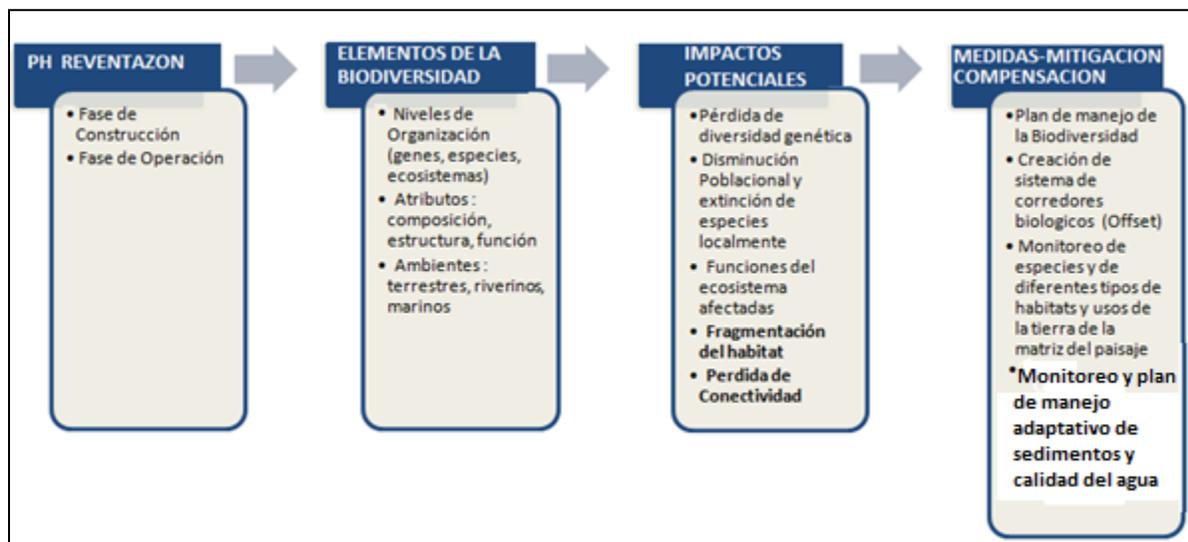
Tabla 2-1 Análisis de Factibilidad de un Proyecto Offset en el área del PH Reventazón

Aspectos Clave para un Proyecto Offset	Evaluación del EsIA del PH Reventazón	Factibilidad del Mecanismo de Compensación (Offsets)
EsIA identifica y cuantifica los impactos adversos significativos	Se identificaron los impactos potenciales sobre la biodiversidad terrestre y acuática.	Las medidas de mitigación también incluyen aspectos socio-económicos, culturales y trabajo con comunidades lo que facilitaría el establecimiento de un proyecto <i>Offset</i>
EsIA recomienda medidas de mitigación	El EsIA contiene una serie de medidas de mitigación	Aparte de las medidas de mitigación indicadas en el EsIA, el ICE ha iniciado un proyecto de restauración en el área de construcción del proyecto.
EsIA identifica y cuantifica los efectos residuales negativos que quedan después de la mitigación	Los impactos residuales más obvios están en el área de inundación del embalse, en el tramo crítico después de la presa y en el área de construcción de la presa y planta hidroeléctrica	El ICE ha desarrollado una matriz iterativa de mitigación donde concluye que existen efectos residuales no mitigables. La cuantificación de los efectos residuales puede efectuarse siguiendo los lineamientos del proceso <i>Offset</i> establecidos por el BBOP. El EsIA incluye medidas de mitigación y compensación asociadas a la restauración de ríos, propuesta de PSA para protección de Bosque y Propuesta de revegetación.
EsIA incluye el diseño de un mecanismo de compensación y demuestra cómo se diseñó	Esta información se menciona en el EsIA y se complementa en esta propuesta de <i>Offset</i> y Mitigación.	El aspecto de diseño se desarrollaría siguiendo los lineamientos <i>Offset</i> del BBOP
EsIA identifica la necesidad de compensaciones para reducir los efectos residuales a un nivel aceptable, muestra que el impacto se vería compensado y ofrece información relevante	El EsIA indica la necesidad de compensaciones e incluye medidas específicas. Sin embargo, existen restricciones en cuanto a la información necesaria para consolidar un proyecto <i>Offset</i>	El EsIA contiene información suficiente que complementada con los estudios adicionales facilitaría la formulación de un paquete de compensación compuesto por un sistema de corredores/sub-corredores biológicos en el área de influencia del proyecto. Y sus alrededores.

3. MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PH REVENTAZÓN

Los impactos y las medidas de mitigación del PH Reventazón presentadas en el EsIA sobre la biodiversidad acuática y terrestre pueden considerarse desde la perspectiva multinivel (flujo génico, especies, ecosistemas) y operacional (composición, estructura, función) de la biodiversidad. Esta perspectiva permite elaborar medidas de mitigación y compensación con mayor significado e impacto a largo plazo en el área de influencia del proyecto o en otras áreas ecológicamente similares (ver Figura 3-1). Con base en lo establecido en las investigaciones diagnósticas del EsIA, en la zona de impacto del PH Reventazón hay presencia de especies en peligro de extinción o amenazadas. Los estudios adicionales confirmaron que en el área del proyecto existen 34 especies en Peligro de Extinción y 58 especies Amenazadas de Extinción (ver tabla 2) de acuerdo a las listas oficiales del gobierno de Costa Rica (MINAET)⁶. El mayor número de especies en Peligro de Extinción está representado por los mamíferos (11 especies) donde sobresalen particularmente los félidos de las especies manigordo (*Leopardus pardalis*), tigrillo (*Leopardus tigrinus*), caucel (*Leopardus wiedii*) león breñero (*Puma yagouaroundi*), puma (*Puma concolor*), jaguar (*Panthera onca*) y los cébidos tales como el mono congo (*Allouatta palliata*) y el mono carablanca (*Cebus capucinus*).

Figura 3-1 PH Reventazón, Biodiversidad, Impactos y Medidas de Mitigación y Compensación



Los peces y los camarones de agua dulce son la fauna acuática más abundante en el cauce del río Reventazón. En toda la cuenca se han registrado 65 especies de peces con la máxima diversidad en la cuenca baja. En la lista oficial de especies amenazadas de Costa Rica no aparece ninguna especie de pez en peligro de extinción. Sin embargo, en la lista roja de la UICN

⁶ <http://www.minaet.go.cr>

el pez sierra (*Pristis pristis*) que habita en la desembocadura se encuentra Críticamente Amenazado⁷ a nivel global. Las especies de peces más vulnerables al establecimiento de embalses son las que necesitan realizar migraciones al mar o a los estuarios con fines de reproducción. Las tres especies que realizan migraciones son el bobo (*Joturus pichardi*), el tepemechín (*Agonostomus monticola*) y el chupapiedras (*Sicydium altum*). Estas especies, con una amplia distribución altitudinal, habitan en fondos pedregosos, con buena calidad de agua y están adaptados a corrientes moderadas y fuertes. El pez bobo es uno de los que alcanzan mayor talla y es muy apreciado en pesca deportiva y de subsistencia. En la cuenca alta y media es considerado como el de mejor sabor de los peces de agua dulce nacionales.

El PH Reventazón eliminara por completo un tramo de 8 km de río con la creación del embalse. Este cambio de ambiente lótico a léntico constituye junto con la presa una barrera física para los peces migratorios. En general los sistemas de mitigación por transferencia han sido más efectivos aguas arriba que aguas abajo. La experiencia con sistemas de pasaje aguas arriba demuestra que los sistemas de esclusas y elevadores son en general menos efectivos que el sistema de escalas debido a diseños inadecuados y elevados costos de mantenimiento y funcionamiento. Cuando están bien diseñadas, las escalas permiten el paso eficiente de especies migratorias con comportamientos y capacidades migratorias diferentes. Es además un sistema que favorece en alguna medida el desarrollo de comportamientos naturales de las especies. En los últimos años, se han ido reemplazando los sistemas de esclusas en algunas de las principales represas en los Estados Unidos y Europa por escalas. Algunos de los factores cruciales para el éxito de los sistemas de transferencia aguas arriba son el flujo de atracción, la ubicación de la entrada de los sistemas de paso de los peces y la configuración de la escala para adecuarse al comportamiento migratorio de las distintas especies en la cuenca. Es necesario además considerar cuidadosamente el sitio de liberación de los peces en el embalse para evitar que los peces sean succionados hacia las turbinas (Miranda, 2001).

El mayor daño asociado al paso aguas abajo de la presa proviene lógicamente del pasaje a través de las turbinas, lo cual resulta en una elevada mortalidad (hasta el 90%) o en el stress de los peces, daños físicos en aletas, branquias, cuerpo y cabeza. Los juveniles son los más afectados ya que su habilidad natatoria es limitada y no pueden escapar a la succión de las turbinas. Se han diseñado diversos sistemas de paso para mitigar este problema:

(1) Vertederos: los vertederos transportan los peces por encima de la presa en caída libre. Debido a su bajo peso y menor velocidad final la caída es menos peligrosa cuando se produce por fuera del chorro de agua para los juveniles que para peces de mayor tamaño. Los daños asociados a caer por dentro o fuera del chorro de agua son semejantes para peces grandes. En general, los vertederos de caída libre ocasionan menos daño a los peces que los vertederos por conductos ("by-pass"), ya que los peces no sufren abrasiones contra superficies rígidas. Por otro lado, los vertederos en caída libre son la principal causa de hiper-saturación de nitrógeno en el agua, aguas abajo de la represa, produciendo mortalidades de hasta un 40% en salmónidos (Miranda, 2001).

⁷ <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/search>

(2) Barreras físicas de pantalla: constituyen la única tecnología aprobada para la protección de los peces en las tomas de agua. Su construcción es onerosa y complicada, ya que requieren de adaptaciones considerables en los diseños de las represas y son difíciles de mantener. Las pantallas interceptan a los peces en las tomas de las turbinas, desviándolos hacia canales de derivación de superficie y de allí a conductos aguas debajo de la presa. El flujo de agua arriba de la pantalla debe ser uniforme y libre de turbulencias, con velocidad moderada para que los peces sean guiados sin daños y efectivamente hacia el canal de derivación (Larinier, 2001).

(3) Barreras de comportamiento: se emplean estímulos visuales, sonoros, eléctricos e hidrodinámicos para mantener a los peces alejados de las tomas de las turbinas. Se han diseñado pantallas de burbujas, cadenas fijas y móviles, luces estroboscópicas atractoras o deflectoras, entre otras. Estas barreras no han sido muy efectivas (Larinier, 2001).

(4) Conductos de *bypass*: se utilizan para transportar los peces aguas abajo a través de la represa. Pueden conducir a los peces directamente al otro lado de la represa o estar acoplados a canales de visualización y acopio desde donde son transportados aguas abajo mediante balsas o en camiones cisterna por tierra. Esta última medida ha sido cuestionada por las condiciones de confinamiento a las que son sometidos los peces y su uso ha sido discontinuado en varias represas.

(5) Cambios en el presupuesto de aguas: consiste en el acopio extra de agua en el embalse durante períodos de caudal elevado para asegurar liberaciones de mayores volúmenes de caudal en momentos específicos del año para estimular la migración al mar de los juveniles y reducir el tiempo de pasaje a través de la represa. Su aplicación y efectividad se ve en general restringida por las variables económicas y de mercado que gobiernan la operación de represas. La efectividad de estos sistemas no ha sido demostrada aun.

(6) Bajas en el nivel de la represa: consiste en bajar el nivel de la represa para acercar su comportamiento al del río natural o niveles mínimos de operación. Esto reduce la distancia total que deben viajar los peces a través del embalse y el tiempo de pasaje de los juveniles migrando aguas abajo, incrementando la supervivencia. Este mecanismo ha resultado efectivo en disminuir los tiempos de migración sólo cuando se ha llevado el embalse a niveles cercanos a los naturales del río, un procedimiento probablemente incompatible con la producción hidroeléctrica. Resulta además en pérdida del hábitat de reproducción de las especies pelágicas del embalse, hábitat de cría en las riberas previamente inundadas, y concentración de predadores en los estanques que quedan en el canal.

Una de las medidas de mitigación mencionadas en el EsIA del PH Reventazón es la siembra de peces desde criaderos. La propagación artificial de peces ha desarrollado un rol significativo en el manejo de las represas y la mitigación de sus impactos. El concepto subyacente a esta práctica es que la declinación de las poblaciones naturales debido a la pérdida o el deterioro de sus hábitat de cría y reproducción puede ser compensada mediante la siembra de juveniles en el río a fin de suplementar el reclutamiento natural, incrementando la producción de la

población natural y los volúmenes de cosecha para las pesquerías. Dependiendo de las especies, los ambientes y la disponibilidad de facilidades, los criaderos producen alevinos o juveniles para ser sembrados en los ambientes naturales a partir de planteles de reproductores mantenidos en estas facilidades o a partir de reproductores capturados en los ríos.

Efectividad de la suplementación

La meta central de los criaderos de peces ha sido mitigar los impactos inmediatos de las actividades humanas sobre los ecosistemas fluviales a partir de prácticas socialmente aceptables, tales como la siembra de peces para la suplementación de las poblaciones naturales. A pesar de ser una de las prácticas más extendidas y que más frecuentemente se cita como primera respuesta ante la construcción de represas, la escasez de resultados que demuestren su eficiencia en estos casos ha llevado a muchos autores a plantear que su valor como herramienta de mitigación es controversial e incierto (Hilborn y Hare, 1992; Blouin, 2003; Waples et al. 2007; Gerritsen y Barthelmess, 2008). Uno de los principales argumentos en contra de los criaderos es el fracaso del programa de suplementación de salmónidos llevado a cabo en el río Columbia (EEUU) para mitigar los impactos de una docena de represas. A pesar de inversiones millonarias en facilidades, tecnología e investigación, las poblaciones actuales de salmónidos de esta cuenca son apenas una fracción de las poblaciones históricas. La suplementación ha tenido éxito como medida de recuperación de poblaciones seriamente alteradas, a partir de proveer un subsidio en el camino hacia la recuperación. Por otro lado, la experiencia demuestra que su efectividad para compensar en forma sostenida la pérdida de producción natural por represas ha sido ínfima o, inclusive, negativa (e.g., la cuenca del río Columbia; Hilborn y Hare, 1992; Blouin, 2003).

El primer problema de los programas de suplementación es la inviabilidad de compensar significativamente las pérdidas en producción derivadas de la construcción de una represa. La cantidad de juveniles que produce una población saludable es tal que generalmente el aporte de un criadero (más allá que la producción se mida en millones de huevos y juveniles) constituye una medida de mitigación insignificante. Además, los criaderos típicamente producen peces hasta estadíos que son previos a aquellos donde ocurre la denso-dependencia más intensa. En tales casos, la siembra puede resultar en una sobrecarga que no necesariamente se traduce en un aumento de la producción total. El segundo problema es que los peces producidos en criadero generalmente no tienen las mismas cualidades que los peces silvestres. Debido a que las prácticas de cría de peces se basan en regímenes de selección artificial y en planteles de reproductores reducidos, los stocks de criadero tienden a reducir los niveles de variabilidad genética por aumento de la endogamia, reduciéndose su potencial adaptativo. Cuando estos peces son introducidos al medio natural, estos males se trasladan a las poblaciones silvestres como resultado de la hibridización, exponiéndolas a la pérdida de identidad genética y de atributos específicos adaptados al ambiente local. Las condiciones de confinamiento asociadas a las prácticas de cría aumentan además los riesgos de enfermedades y epidemias, pudiendo transmitirse las mismas a los peces silvestres. En especies con anadromía facultativa la manipulación del crecimiento y estado fisiológico producida por los criaderos puede resultar en una baja incidencia o supresión del comportamiento de migración

marina, con predominio de peces que permanecen en el río compitiendo por el alimento y el espacio con peces silvestres.

La consideración de suplementación del pez bobo y el tepemechín como herramienta de mitigación debería comenzar por la determinación de la importancia de estas especies para la pesquería local y para la subsistencia de los habitantes del área del proyecto ya que no está claro si estas especies constituyen una parte fundamental de la dieta proteica de la población. Además debe realizarse un mínimo análisis de costo-beneficio para establecer qué escala de cría sería necesaria para compensar la pérdida de reproducción natural. Debería además revisarse en detalle la tecnología existente para la cría de especies similares, los costos y las posibilidades de producir en el río Reventazón peces saludables, manteniendo la diversidad genética y los patrones de desarrollo y crecimiento que efectivamente mantengan estas poblaciones a largo plazo.

A pesar de las medidas de mitigación indicadas en la Tabla 3-1 existe un impacto residual severo asociado a la pérdida de hábitat acuático lótico y a los impactos acumulativos correspondientes a nivel de proyecto y a nivel de la cuenca (ver reporte de impactos acumulativos).

Tabla 3-1 Especies en Peligro y Amenazadas de Extinción en el área del PH Reventazón

Componente de la Biodiversidad	No. de Especies Amenazadas	No. de Especies en Peligro de Extinción
Total Fauna: 471 especies		
<i>Anfibios</i>	10	
<i>Reptiles</i>	10	4
<i>Aves</i>	26	4
<i>Mamíferos</i>	7	11
Sub-total	53	19
Total Flora: 193 especies		
<i>Helechos arborescentes</i>		3
<i>Orquídeas</i>		4
<i>Bromelias</i>		6
<i>Palmitos</i>	2	
<i>Especies arbóreas</i>	3	2
Sub-total	5	15
No. Total de Especies	58	34

Nota: ver EslA del PH Reventazón para una lista de especies no amenazadas y fuera de peligro de extinción

Durante la elaboración del EsIA el ICE⁸ realizó un diagnóstico del medio físico, biótico, cultural y socio-económico de las áreas del proyecto y de las áreas de influencia directa e indirecta. Posteriormente se identificaron los posibles impactos del proyecto junto con un proceso de análisis de impactos. Una vez identificados y valorados los impactos, se seleccionaron los impactos significativos con calificación de severo y alto para la aplicación de medidas de prevención, corrección, mitigación o compensación, según correspondiera. Posteriormente se valoró de nuevo la matriz compensada por las medidas. Algunos de los impactos son de valoración severa y no hay medidas que los mitiguen, por lo que el ICE propuso medidas de compensación para equilibrar el daño al ambiente, tal es el caso de la disminución del hábitat óptimo para la distribución del pez bobo o la pérdida de ecosistemas por inundación del embalse y la cadena de impactos que se establece a partir de esta acción, como son las afectaciones a la fauna terrestre y acuática.

Cuando se consideran todos los proyectos distintos (16 proyectos, ver anexo 5) de generación de energía hidroeléctrica que se han desarrollado, están operando y que se implementaran en el futuro tanto en el cauce principal del Reventazón como en sus tributarios, surge la interrogación de hasta que grado todas estas intervenciones, más las actividades impactantes de la cuenca, han comprometido en forma irreversible la integridad ecológica de todo el río Reventazón y sus tributarios. Aunque no existe un estudio detallado que cuantifique las pérdidas de biodiversidad y todos los impactos a nivel de dichos proyectos, es evidente que resulta muy difícil y costoso mitigar este considerable impacto residual a nivel de la cuenca y el fragmentado cauce principal del Río Reventazón.

⁸ Estudio de Impacto Ambiental P.H. Reventazón. Expediente SETENA N° 0331-08

4. MECANISMO DE COMPENSACIÓN (OFFSET) Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL PH REVENTAZÓN

4.1 META Y OBJETIVO GENERAL

Producir resultados de impacto (Outcomes) positivos para la conservación de la biodiversidad a través de un programa mixto de compensación y mitigación que tiene como objetivo general lograr una pérdida neta nula de biodiversidad, y posiblemente una ganancia neta importante con el fin de promover buenas prácticas ambientales en un país reconocido como el de más alta biodiversidad por unidad de área a nivel global.

4.2 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de un proyecto de compensación (Offset) robusto con resultados de impacto (Outcomes) a largo plazo se fundamenta en los siguientes puntos:

- I. *los impactos directos del proyecto sobre los ecosistemas acuáticos son significativos y reducen sustancialmente la capacidad del río para mantener poblaciones viables de peces migratorios y otros organismos acuáticos, en un área que comienza aguas arriba en la presa Angostura hasta el embalse del Reventazón y continua aguas abajo muy probablemente hasta la confluencia con el río Parismina.*

La construcción del PH Reventazón produce cambios físicos profundos en el río Reventazón, los que a su vez se traducen en efectos biológicos en particular sobre los peces y la restante fauna y flora rivereña impactada en forma directa e indirecta. El río aguas abajo de la represa recibe un caudal que, debido a que responde a las demandas de producción de energía, difiere del régimen natural del río, tanto en su comportamiento medio como en los patrones de variabilidad. Esto afecta profundamente a especies cuyo ciclo está adaptado al régimen hídrico de los ríos en su comportamiento de migración, reproductivo, o alimentación (Bjornn y Reiser, 1991; Waples et al. 2007). La regulación del caudal además produce cambios químicos, térmicos y sedimentológicos del agua debajo de las represas, muchas veces con grandes efectos sobre la fisonomía del río, el comportamiento y el estado fisiológico de los peces.

Los principales impactos son:

- i) Transformación de 8 km de río en un ambiente lacustre artificial (embalse), eliminándose hábitat de río críticos para la reproducción, refugio o alimentación de muchas especies de peces.
- ii) Creación de una barrera física que interrumpe y fragmenta los corredores acuáticos y genera pérdida de hábitats y de servicios ambientales en los ecosistemas rivereños del área del proyecto incluyendo impactos adversos sobre los afluentes aguas arriba del embalse.

- iii) Bloqueo del pasaje de peces desde aguas arriba a aguas abajo y viceversa, y la consecuente fragmentación de poblaciones de peces y alteración de sus ciclos de vida.
 - iv) Alteraciones significativas adicionales a las generadas por los PH Angostura y Cachi en los regímenes hídricos, patrones y procesos de sedimentación, y calidad del agua en tramos aguas abajo del embalse.
 - v) Impactos negativos sobre la sobrevivencia de especies clave de Fauna y Flora terrestre y acuática en el área del proyecto.
 - vi) Los efectos acumulativos provenientes de otros proyectos de desarrollo a nivel de cuenca junto con los 16 proyectos de generación de electricidad presentes y futuros en el río y sus tributarios comprometen la integridad del ecosistema fluvial del río Reventazón probablemente en forma irreversible.
- II. *Estos efectos no podrían ser mitigados de una manera costo-efectiva. Los impactos residuales de gran parte del sistema fluvial del Reventazón son significativamente adversos para la biodiversidad riverense y por tanto tendrían que ser compensados.*

La mitigación del efecto barrera de la presa a través de la creación de un sistema de pasaje eficiente para peces adaptado a la configuración del proyecto no solo es técnicamente difícil y costoso sino que no está incluido en el diseño actual de la presa del Reventazón. Por otra parte, las lecciones aprendidas a nivel global sobre el uso de criaderos de peces para repoblar los ríos aguas arriba de los proyectos hidroeléctricos han generado gran controversia y su eficacia como método de repoblar/recuperar poblaciones silvestres a sus niveles naturales es muy incierta a pesar de inversiones de millones de dólares e incluso pueden acarrear consecuencias negativas para las especies nativas (Blouin, 2003; Waples et al. 2007; Gerritsen y Barthelmess, 2008).

Más allá de los impactos residuales a nivel del proyecto, en la cuenca media deben factorizarse los efectos/impactos residuales acumulativos de los PH Angostura y Cachi aguas arriba junto con otros efectos a nivel de cuenca aguas abajo sobre el sistema del Reventazón. Por cuestiones de escala y diseño de las presas sería sumamente costoso restaurar toda esta zona del ecosistema fluvial, incluyendo los tributarios, a niveles similares a los existentes antes de la construcción de las represas. Adicionalmente, efectuar cambios en el flujo aguas abajo de forma de lograr que las variaciones sean compatibles con la dinámica natural del río, probablemente sería muy costoso en términos de una posible reducción en la generación de energía. Considerando la configuración del embalse *vis a vis* la elevación de la ingesta y las compuertas, parece que los sedimentos atrapados en el fondo del embalse no podrían ser liberados/lavados durante los primeros 20 años de operación, por lo que este impacto no puede ser mitigado, al menos en un horizonte temporal de 20 años.

El compromiso de compensar la biodiversidad impactada no precluye la mitigación de ciertos efectos adversos sobre la biodiversidad a nivel de proyecto. Algunas medidas específicas de mitigación son mencionadas en el EsIA del ICE. Sin embargo, la atenuación de los efectos nocivos (mitigación) sobre la biodiversidad no es equivalente a la recuperación o restauración de todas las funciones y elementos estructurales del ecosistema fluvial de forma de tener una pérdida neta nula o una ganancia en la biodiversidad según lo dictamina la adherencia a la jerarquía de mitigación. Estos son los llamados impactos residuales no mitigables los cuales deberían ser compensados a través de proyectos/mecanismos Offset adecuados (ver Tablas 4-1 y 7-1).

4.3 CONSIDERACIONES ADICIONALES

En el caso del PH Reventazón los valores de la biodiversidad en el sitio(s) de compensación seleccionado deben ser similares a los que están siendo afectados. La biodiversidad de los sitios offset debe tener valores ambientales similares o mejores que los atributos en las cercanías del sitio afectado si se quiere lograr un buen resultado de impacto a largo plazo.

El proyecto de compensación podría estar ubicado en cualquier parte del país siempre y cuando se respete el criterio de que sea un ecosistema fluvial similar. En cuanto a la selección del sitio(s) y la planificación a nivel de paisaje aquí se plantea para el caso del proyecto de compensación del ecosistema fluvial del Reventazón, considerar un sistema riverino o tramos estratégicos de un río, sin barreras físicas, de forma de garantizar su integridad ecológica. Esto se efectuaría mediante un proceso de selección flexible respaldado por un documento estratégico de factibilidad legal, institucional, organizativa, ecológica y financiera de forma que el ICE pueda ejercer su derecho a integrar el mecanismo/proyecto de compensación con sus planes estratégicos a largo plazo. Claramente, de ser posible se daría prioridad a un paquete de compensaciones en la misma zona del proyecto y de acuerdo con las estrategias y planes regionales que tratan con el desarrollo regional y las áreas prioritarias de conservación en la cuenca y cuencas adyacentes.

Esta perspectiva toma en cuenta los vínculos entre los ecosistemas degradados y aspectos de conectividad en el paisaje, así como la localización del impacto y el sitio(s) de compensación en relación a los planes y prioridades de conservación de la biodiversidad. Su objetivo es apoyar la planificación bioregional y garantizar que el desarrollo no comprometa las opciones de conservación. Las compensaciones deben estar ubicadas estratégicamente en el paisaje, en orden de prioridad, para: lograr la máxima contribución, proteger y / o vincular áreas prioritarias para la biodiversidad, promover el programa de pago de servicios ambientales y apoyar la consolidación de corredores ecológicos en el paisaje reconocidos por su importancia

en forma oficial con el apoyo de actores clave. Estas áreas pueden ser agrupadas de forma general como "las áreas clave de recepción "de las compensaciones.

Los sitios de compensación deben proporcionar servicios ecosistémicos comparables a los proporcionados por el sitio afectado, y deben minimizar la fragmentación del hábitat y en lo posible estar cerca del sitio afectado principalmente en el caso de la compensación de la biodiversidad terrestre. En el caso acuático el ICE debe decidir que es lo más conveniente para los planes de la institución y en última instancia el país, de forma de comprometerse con la visión de un proyecto de compensación en la vertiente del Pacífico o del Caribe.

En el caso de la fauna y flora los corredores biológicos terrestres facilitarían la viabilidad de poblaciones de vida silvestre específicas en los fragmentos de hábitat, facilitando el paso de individuos de un fragmento a otro así como también manteniendo y restaurando muestras representativas de comunidades vegetales naturales permitiendo el flujo de genes y la colonización de sitios adecuados. El funcionamiento de estos corredores dependería de sus características estructurales y funcionales. En el contexto del PH Reventazón los corredores biológicos no solo serían lugares de paso, también servirían como fuentes de agua, nutrientes, refugio y elementos clave en la reducción de la erosión y sedimentación del embalse futuro.

Tabla 4-1 Elementos y Pasos Clave del Proyecto Mixto de Offset y Mitigación Propuesto

Pasos: diseño del proyecto		Comentario – estatus actual
1.	Alcances y objetivos del PH Reventazón	El proyecto hidroeléctrico está ubicado en la cuenca media del río Reventazón. El proyecto aprovechará el potencial energético del río entre las cotas 265 y 120 msnm. Tendrá una generación de energía media anual de 1573 GWh, con una potencia instalada de 305,5 MW. Las obras del proyecto, que actualmente han avanzado más del 20%, incluyen una presa de enrocado con pantalla de hormigón de 130m de altura y 527m de ancho, un túnel de trasvase de 1,68km y cuatro turbinas Francis. La planta producirá electricidad para 525.000 hogares. El complejo hídrico tiene un costo de \$1.200 millones y debe entrar a operar en diciembre del 2015.
2.	Revisión del marco legal/institucional del proyecto CB	El ICE tiene una clara política ambiental y un fuerte compromiso con los principios que rigen su gestión ambiental. Entre ellos se destacan el interés del ICE en aplicar las mejores prácticas ambientales que prevengan, mitiguen, restauren o compensen los daños ambientales y sociales, evaluando y mejorando continuamente estas prácticas.
3.	Participación de los actores clave	El ICE está trabajando con COMCURE (adscrita al MINAET) cuyo objetivo es el manejo de la Cuenca Alta del Reventazón. Igualmente el ICE ha iniciado un proceso de talleres participativos con Las comunidades del área de influencia directa de las obras en lo que respecta a la margen izquierda: La Alegría, La Florida, San Antonio, Lomas, Pascua, El Llano-Casorla, Bonilla. En la margen derecha las comunidades son: Santa Marta, San Joaquín, Bajo 52, El Coco, Moravia y Alto Guayacán. Otros actores clave son ONGs (e.g., Panthera) y participación en el Consejo de coordinación del Corredor Barbilla (MINAET, municipalidades, empresa privada, ONGS etc.).
4.	Necesidad del proyecto CB basado en los impactos residuales negativos	EL PH Reventazón generará impactos residuales que serán irreversibles como sería el cambio de ambiente lótico a ambiente léntico en la sección

Pasos: diseño del proyecto		Comentario – estatus actual
		del embalse y los efectos acumulativos de la presa sobre las especies migratorias de peces. El P.H. Reventazón elimina por completo una sección del río en los 8 kilómetros de longitud que tiene el embalse. Por tanto, se hace necesario un proyecto CB robusto.
5.	Medición de la pérdida neta de biodiversidad	De acuerdo al BBOP, se sugiere una metodología combinada a nivel del paisaje, conectividad de ecosistemas y corredores biológicos “uno por otro o mejor” incluyendo la matriz de los elementos clave de la biodiversidad junto con la metodología de “Benchmarking” hábitat – hectáreas de referencia para cuantificar pérdidas y ganancias netas. En cuanto a pérdidas netas de la fauna el proyecto en su área de influencia directa impactaría 471 especies observadas incluyendo 34 especies en peligro de extinción y 58 especies amenazadas de anfibios, reptiles, aves, mamíferos y peces. Más de 12 km (embalse, tramo crítico y área influencia directa) de tramo de río se verían afectadas sobresaliendo dos especies de peces migratorios (bobo, tepemechín) entre las 65 especies de peces reportadas. En cuanto a la flora serían impactadas por lo menos 193 especies. De estas se identificaron 15 especies en peligro de extinción y 6 amenazadas incluyendo especies arbóreas, cicadas, bromelias y orquídeas. Se perderían 985.8 has de todos los tipos de vegetación inundables por el embalse: Bosque Maduro Intervenido, bosques de reforestación, charraltacotal, cultivos, Pastizales, y la vegetación a lo largo de 8 km de cauce del río. A nivel de paisaje se impactarían dos zonas de vida de alta biodiversidad el Bosque muy Húmedo Tropical Transición a Pre Montano y el Bosque muy Húmedo Pre montano Transición a Basal. Igualmente el proyecto atraviesa en su totalidad al Sub-corredor Barbilla-Destierro (33, 200 has) y afectaría la conectividad de áreas críticas del corredor.
6.	Selección de sitios apropiados para el proyecto de mitigación, desarrollo de un proyecto CB (Offset) y cálculo de ganancias netas de biodiversidad	Se propone un paquete mixto de compensación y mitigación. Las compensaciones deben estar ubicadas estratégicamente en el paisaje para: lograr la máxima contribución, proteger y / o vincular áreas prioritarias para la biodiversidad, y apoyar la consolidación de corredores ecológicos en el paisaje reconocidos por su importancia en forma oficial con el apoyo de actores clave. El paquete de mitigación incluiría: 1. las áreas C1, C2, C3, C4, C5 (1,492 ha) en el Sub-corredor biológico Barbilla; 2. La zona buffer (franja de 50 m.) alrededor/perímetro del embalse; 3. Desarrollo de un proyecto de compensación en un ecosistema fuvial similar libre de barreras físicas en cualquier parte del país. De acuerdo al BBOP, se sugiere la metodología a nivel del paisaje, ecosistemas y corredores biológicos y elementos clave de la biodiversidad junto con la metodología de “Benchmarking” hábitat – hectáreas de referencia para cuantificar ganancias netas de biodiversidad (ver anexo 4).
7.	Documentación del proceso CB incluyendo acciones en sitios específicos	El proyecto offset del Reventazón tiene que ser finalizado con actividades extra de campo; por tanto el proceso de implementación no ha comenzado formalmente utilizando la metodología BBOP. Un aspecto importante consiste en integrar esta propuesta de Offset con todos los aspectos del componente socio-económico de forma de lograr una propuesta coherente y balanceada.

4.4 IDENTIFICACIÓN DE CORREDORES BIOLÓGICOS

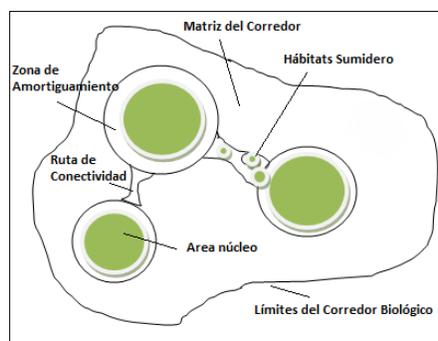
El Corredor Biológico Mesoamericano (CBM) define un corredor biológico como un espacio geográfico delimitado, generalmente de propiedad privada y cuya función es proporcionar conectividad entre las Áreas Silvestres Protegidas, los paisajes, ecosistemas y hábitats naturales o modificados, para hacer posible la migración y dispersión de la flora y fauna silvestre (ver

Figura 4-1), asegurando la conservación y el mantenimiento de la biota y sus hábitats, además de los procesos ecológicos y evolutivos (Miller et ál. 2001).

A pesar de los retos asociados al establecimiento de corredores biológicos funcionales (costos, aspectos de coordinación con actores clave, marco legal, seguimiento a los resultados de impacto etc.) una cantidad creciente de literatura respalda los corredores como herramientas valiosas de conservación (Beier y Noss, 1998) que pueden preservar la viabilidad/sobrevivencia de las especies (Gilpin y Soulé, 1986; Mech y Hallet, 2001; Coulon et al., 2004; Wikramanaye et al., 2004; Hilty et al., 2006).

El área del Sub-Corredor Biológico Barbilla Destierro-Paso del Jaguar, fue identificada como uno de las zonas de importancia para la conectividad de las especies y las áreas protegidas de Mesoamérica en el marco del proyecto del CBM (Grúas I y II). Es parte del Corredor biológico Cordillera Volcánica Central de Talamanca. Uno de sus principales objetivos es garantizar la conexión de las áreas protegidas de la Cordillera de Talamanca con las de la Cordillera Volcánica Central. En el 2007 en el marco de la Iniciativa del Corredor del Jaguar, Wildlife Conservation Society (WCS), junto con la ONG Panthera, validan el corredor en el campo en función de la conectividad de poblaciones del jaguar (*Panthera onca*). Este corredor biológico ha sido oficializado por el Programa Nacional de Corredores Biológicos del MINAET. El propuesto sub-corredor Barbilla es contiguo al Corredor Biológico Turrialba de 71,386 ha (ver Figuras 4.2 y 4.3).

Figura 4-1 Estructura de un Corredor Biológico



Fuente: Modificado de Bennet y Mulongoy, 2006

El Sub-corredor Barbilla – Destierro (33,200 has) tiene un consejo local conformado por representantes del ICE, ONGs, empresa privada, MINAET, asociaciones indígenas, Municipalidades de Siquirres y Matina, Escuelas y Colegios. Las áreas protegidas o territorios indígenas que forman parte del corredor son: una fracción de la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central, la Zona Protectora Cuenca del Río Siquirres, la Reserva Forestal Río Pacuare y el Territorio Indígena Nairi Awari (grupo étnico Cabécar). El resto del área se divide en las principales actividades de la zona, que son la ganadería y la agricultura (café, caña azúcar, banano, culantro, cítricos y macademia, entre otros).

El PH Reventazón está ubicado cerca del límite norte del SBBD, junto al pueblo de Florida. El nivel del agua llegará hasta los 265 msnm e inundará la parte central del SBBD. El embalse que se formará inundará varios parches de bosque y consecuentemente disminuirá la cantidad de hábitat disponible para la vida silvestre. Este embalse constituirá una barrera física para la mayoría de especies de flora y fauna. De hecho, su ubicación coincide con la zona que contaba con la distancia más corta y con mejor cobertura entre la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central y la Zona Protectora Cuenca del Río Siquirres/Reserva Forestal Río Pacuare (o sea entre las dos Cordilleras). Asimismo, la construcción de la represa requerirá la mejora de caminos y la Construcción de nuevos. Esto podría influenciar negativamente la conectividad de las especies.

¿Qué es la conectividad?

El grado en el que un paisaje en particular facilita o impide los desplazamientos de la fauna silvestre entre hábitats naturales favorables se conoce como conectividad (Noss 1991, Bennett 1998). Hay dos tipos de conectividad, la estructural y la funcional. La primera, está determinada por la distribución espacial de los diferentes tipos de hábitat en el paisaje e implica la distancia que deben atravesar las especies para trasladarse de un fragmento a otro y la presencia de redes por las cual puedan desplazarse los individuos (Beier y Noss 1998, Bennett y Mulongoy, 2006). El segundo tipo de conectividad hace referencia a la escala en que una especie percibe y es capaz de desplazarse dentro de la matriz, sus requerimientos de hábitat y su grado de especialización, su nivel de tolerancia ante los cambios del medio, los tipos de desplazamiento y la respuesta de esta ante los depredadores y competidores (Bennett 1998).

Figura 4-2 Corredor Biológico Turrialba, Áreas Silvestres Protegidas y Sub-corredor Barbilla

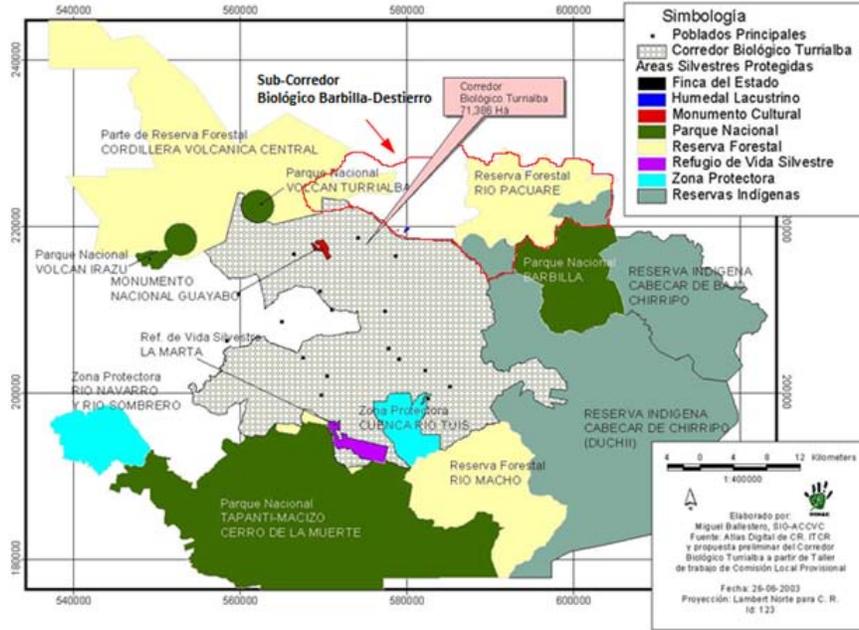
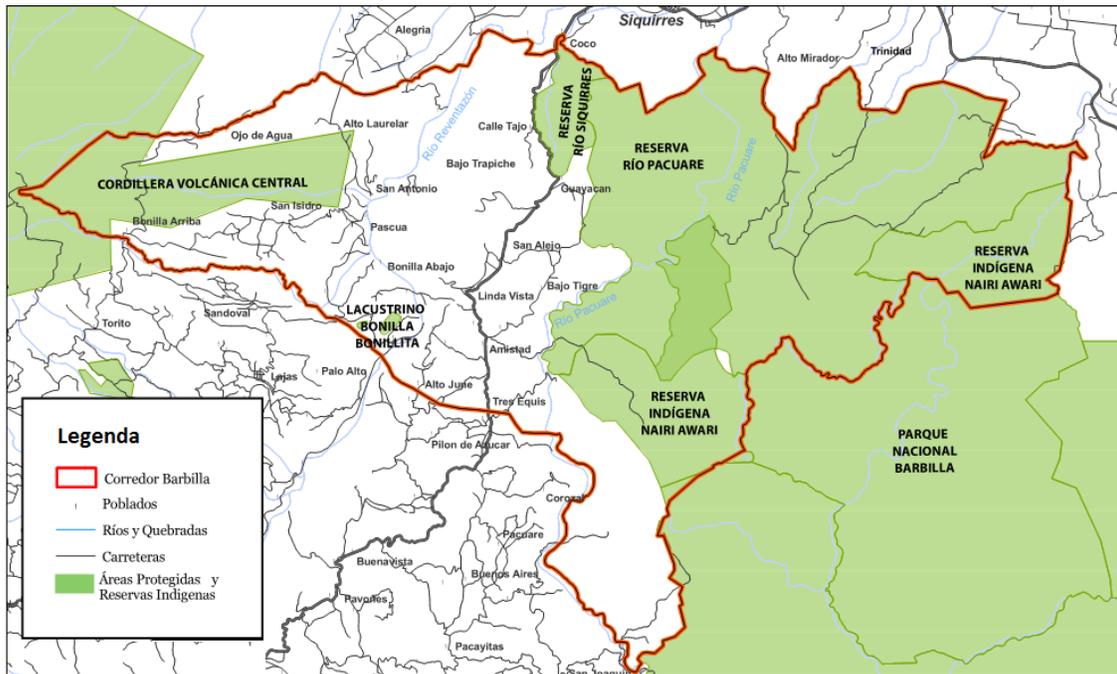


Figura 4-3 Áreas Protegidas y Propuesta del Sub-Corredor Paseo del Jaguar (Barbilla – Destierro)



5. BIODIVERSIDAD AFECTADA Y METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS Y GANANCIAS NETAS DE BIODIVERSIDAD EN EL PH REVENTAZÓN

La medición de la biodiversidad es un proceso complejo que requiere de información concreta y muestreos sistemáticos a todos los niveles (genético, especie-específico, ecosistémicos) y operacionales (estructura, composición y función) para su posterior análisis y aplicabilidad a proyectos específicos de conservación y manejo en un área determinada⁹. Sin embargo, dada las limitaciones asociadas a los esfuerzos de muestreo en los inventarios del EsIA del PH Reventazón en un área de alta biodiversidad, se obtuvo información de la riqueza específica (S) asociada a la biodiversidad alfa de los tipos de vegetación/comunidad y/o de los tipos de ecosistemas y comunidades del área de influencia del proyecto. Adicionalmente, los inventarios también revelaron restricciones no solo a nivel de los taxa muestreados sino también en cuanto a la abundancia relativa de los individuos de una población/especie (ver anexo 3).

En el caso de las especies acuáticas, específicamente peces, se obtuvo información más completa sobre la abundancia relativa de individuos de cada especie en sitios específicos de la cuenca media y baja del Reventazón (Figura 9). La consecuencia de todos estos inconvenientes es que para obtener resultados óptimos durante la implementación de la estrategia CB del PH Reventazón se requerirán estudios de campo adicionales más detallados involucrando los elementos clave de la biodiversidad del área del proyecto y de los sitios pre-seleccionados del proyecto Offset. Los estudios de campo adicionales deben utilizar conjuntamente distintos atributos de la diversidad biológica (número y abundancia relativa de especies, rareza, endemismo, diversidad filogenética, especies en peligro de extinción y amenazadas) y aspectos relacionados con la estructura, composición y función de los tipos de vegetación/hábitats del proyecto.

Afortunadamente el BBOP ha desarrollado una serie de metodologías prácticas cuya aplicación toma en cuenta varias opciones viables para el caso del PH Reventazón¹⁰ que permiten utilizar la información proveniente del EsIA y obtener una estimación preliminar de la biodiversidad afectada incluyendo potenciales pérdidas.

En cuanto a pérdidas netas de la fauna el proyecto en su área de influencia directa impactaría por lo menos 471 especies observadas cuyo número podría aumentar a 538 especies de acuerdo a las reportadas para la zona (Stiles y Skutch, 1989; Reid, 1997; Bussing, 1998;

⁹ Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.

¹⁰ Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP). 2009. Biodiversity Offset Design Handbook. BBOP, Washington, D.C.

Barrantes et al., 2002, Carrillo et al., 1999; Savage, et. al, 2002; Kubicki, 2007; Obando et al., 2007; Rojas et al., 2006; Segura, 2006). De estas se identificaron 34 especies en peligro de extinción y 58 especies amenazadas de extinción de acuerdo a la Matriz de los Elementos Clave de la Biodiversidad (Tabla 1 en Anexo 3). En cuanto a la flora serian impactadas por lo menos 193 especies entre las observadas en el EsIA. De estas se identificaron 15 especies en peligro de extinción y 6 amenazadas aunque este número podría ser mayor pues en la lista del EsIA se reportaron algunos géneros (e.g., *Oncidium*, *Brassia*, *Tillandsia*, *Vriesea*) que comprenden diversas especies que están listadas como en peligro o amenazadas para esta zona.

El proyecto en la cuenca media impactaría dos zonas de vida de alta biodiversidad el Bosque muy Húmedo Tropical Transición a Pre Montano y el Bosque muy Húmedo Pre montano Transición a Basal (3,743.4 has). La zona prevista para el embalse se encuentra casi en su totalidad en la zona de Vida del Bosque muy Húmedo Tropical Transición a Pre Montano, así mismo una sección de la línea de túnel. En su estado natural, este bosque es siempre verde, con tres estratos. Los árboles son altos (40 a 50 m.) y las epífitas y lianas son abundantes. Es una zona de alta producción de biomasa, por lo que es recomendada para actividades forestales (Bolaños y Watson, 1993). Los tipos de vegetación inundables (985.8 has) por el embalse según el EsIA incluyen el Bosque Maduro Intervenido, bosques de reforestación, charral-tacotal, cultivos, Pastizales, vegetación a lo largo del cauce del río (ver Tabla 5-1 y Figura 5-1).

Tabla 5-1 Extensión de los Tipos de Vegetación en las Áreas del Proyecto

Unidad de Vegetación	Área del Proyecto		Área de Influencia Directa del Proyecto		Área de Influencia Indirecta del Proyecto	
	Area (ha)	%	Area (ha)	%	Area (ha)	%
Pastizales	408.9	41.5	1701.9	45.5	3751.3	50.7
Bosque	265.9	27	1274	34	2421.1	32.8
Charral-tacotal	65.5	6.6	169.2	4.5	351.6	4.8
Reforestación	63.4	6.4	293	7.8	306.8	4.2
Cauce principal del río	181.6	18.4	271.5	7.3	346.6	4.7
Cultivos	0.5	0.05	30.6	0.8	200.8	2.7
Suelo descubierto	0.05	0.01	3.2	0.1	14.4	0.2
Total	985.85	100	3743.4	100	7392.6	100

Figura 5-1 Usos de la Tierra en el Área del PH Reventazón

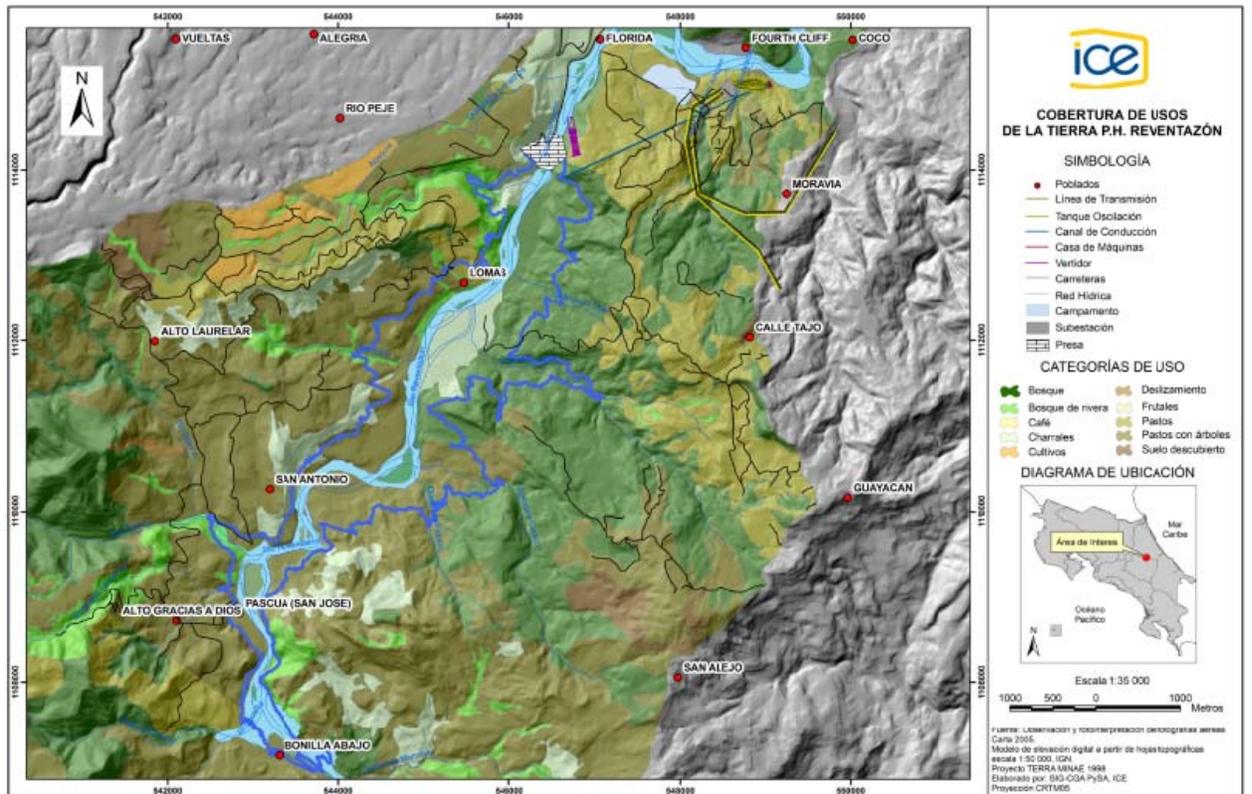


Figura 5-2 Abundancia de Especies del Bosque Maduro Intervenido

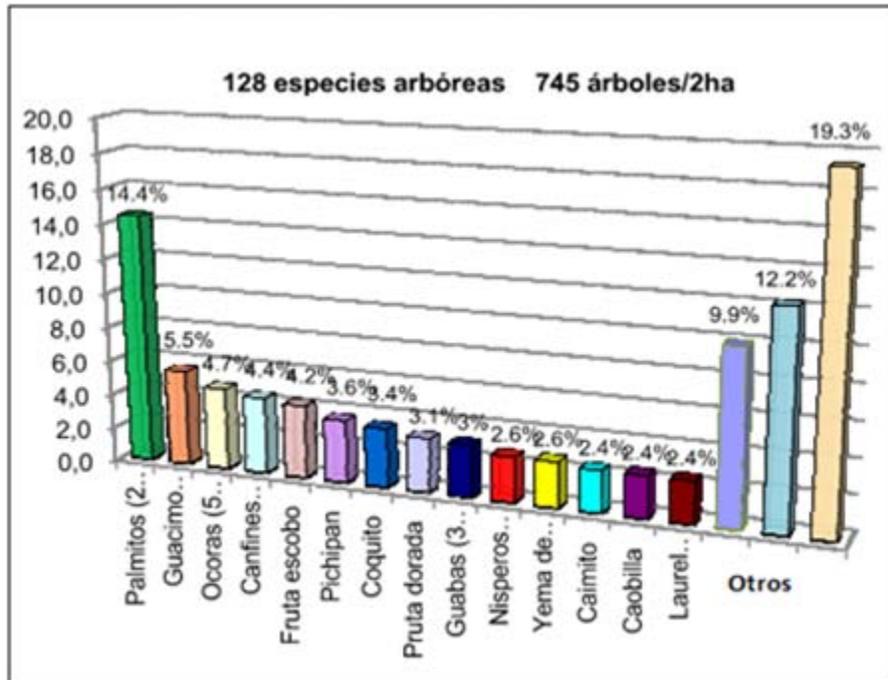


Figura 5-3 Riqueza de Especies de la Fauna en el Área del PH Reventazón

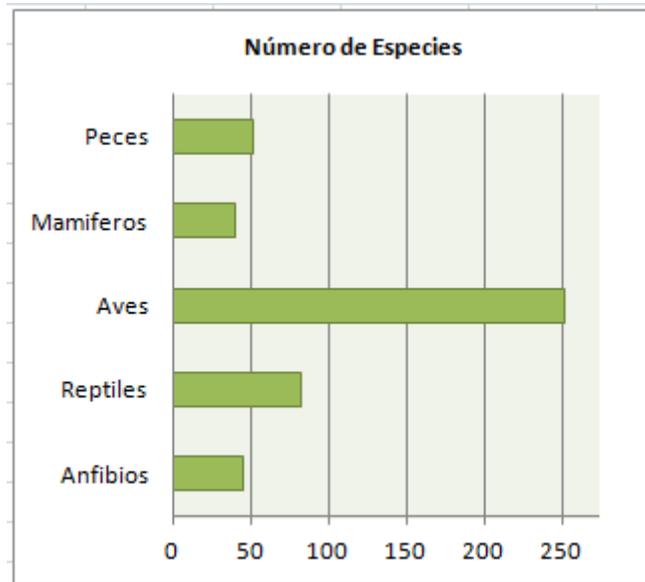
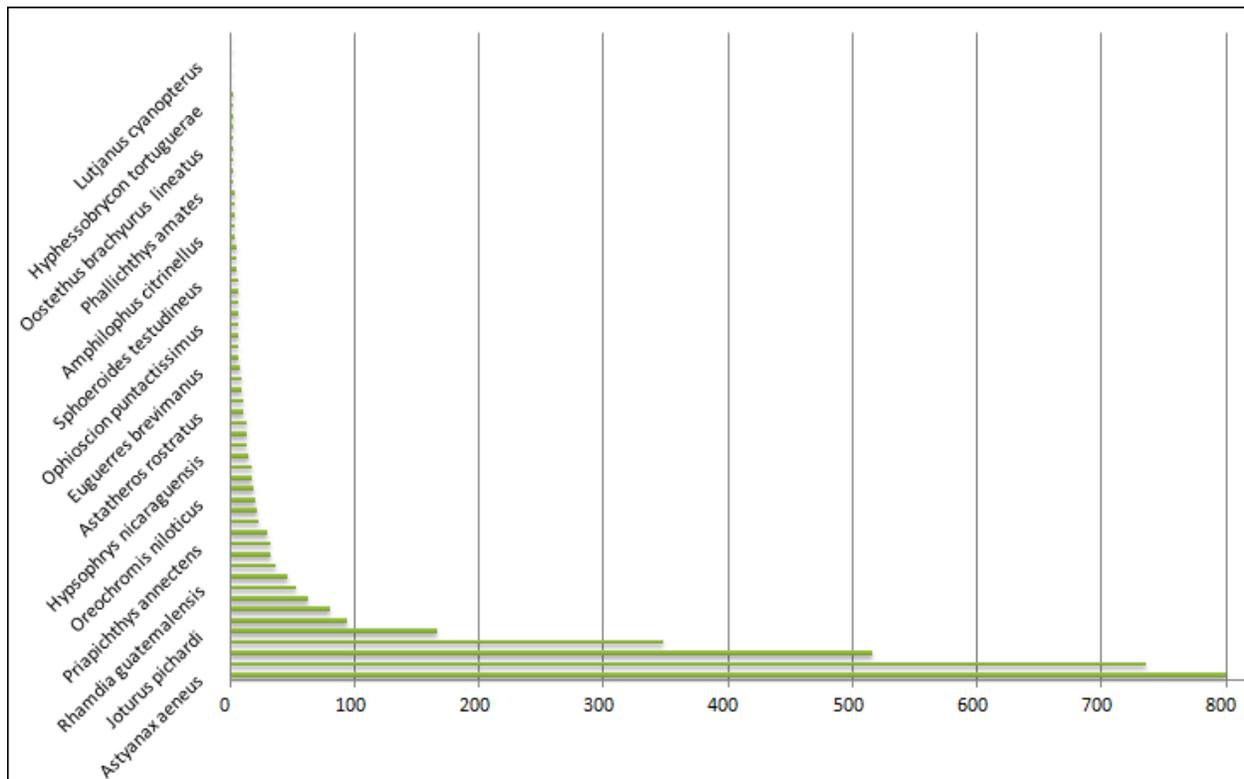


Figura 5-4 Riqueza y Abundancia de Peces en la Cuenca Media y Baja del PH Reventazón



Se sugiere utilizar la metodología conocida como "Benchmarking" (Referencia) para avanzar con la determinación de las pérdidas y ganancias de los "hábitat- hectáreas". Este es un proceso iterativo por naturaleza que se va refinando de acuerdo a la información de campo y las diferentes intervenciones de mitigación y compensación del proyecto hasta lograr los resultados de impacto esperados.

BBOP define "Benchmarking" como un punto/sitio de comparación/referencia contra el cual las pérdidas de biodiversidad debido a los proyectos y las ganancias a través de la propuesta de compensación, se pueden cuantificar y comparar en forma coherente y transparente. Un punto de referencia por lo general consta de una serie de características representativas y "atributos" que representan el tipo, cantidad y calidad de la biodiversidad que será perdida / ganada.

La comparación del nivel observado (o "puntuación") de cada atributo de referencia en el lugar del impacto (antes y como se predijo después del impacto) con respecto al nivel del punto de referencia puede ayudar a cuantificar la pérdida de biodiversidad causada por el proyecto.

Igualmente, al comparar el nivel observado (puntuación) de cada atributo de referencia en el lugar de compensación (antes de la compensación y como se predijo después de la intervención offset) con respecto al nivel del punto de referencia puede ayudar a cuantificar el aumento de la biodiversidad causada por el offset. Un punto de referencia puede basarse en un área/sitio que proporciona un ejemplo representativo, en buen estado, del tipo de biodiversidad que se verá afectada por el proyecto de desarrollo propuesto.

Hábitat-hectáreas son unidades de medida que toman en cuenta el área afectada y la calidad o condición de la biodiversidad impactada (se determina con base en un número de atributos relacionados con la estructura, composición, y función del hábitat con la vegetación del sitio (ver Anexo para los detalles metodológicos sobre los cálculos de pérdidas y ganancias).

La pérdida de la biodiversidad en el área del PH Reventazón se debe a lo siguiente: pérdida de ecosistemas frágiles, interrupción de corredores biológicos, pérdida de hábitat, afectación a especies amenazadas y en peligro de extinción, colisión de aves con cables, interrupción permanente de movimiento migratorio de organismos acuáticos, reducción de la fauna acuática (particularmente el bobo y tepemechín), afectación a la fauna acuática por sedimentos, eliminación de bosque por construcción de obras, deposición de material y sedimentos en bosques riparios, fragmentación del bosque, cambio en el uso del suelo, ampliación y creación de caminos.

6. SELECCIÓN DE SITIOS DE COMPENSACIÓN Y MITIGACIÓN DE BIODIVERSIDAD

A pesar que los proyectos CB tienen un gran potencial como herramienta de conservación, su establecimiento y consolidación requieren la superación de una serie de problemas conceptuales y metodológicos (Burgin, 2008). Una de las preguntas clave es cómo ubicar las compensaciones en relación al sitio del proyecto. Cuando se justifica el uso de un proyecto CB en el área impactada, a menudo hay conflictos entre los sitios lo más cercanos posible al lugar del impacto (para asegurar que los beneficios aumenten en la misma zona) y la selección de sitios probables para proporcionar el mayor beneficio de conservación (con menos beneficios respecto a la posición espacial). En el caso del PH Reventazón los tipos de vegetación impactados residualmente por el llenado del embalse y las obras de construcción del proyecto están presentes en zonas aledañas en la misma zona del proyecto lo cual podría facilitar que las actividades de compensación produzcan ganancias netas positivas o por lo menos pérdidas netas nulas de biodiversidad.

La idea básica es que la conservación de una muestra de cada tipo de vegetación, con suficiente abundancia y distribución, es una forma eficaz para conservar la mayoría de los procesos ecológicos y la biodiversidad en el área seleccionada. Un dato citado frecuentemente es que la conservación de *filtro grueso* ayudará a conservar el 80 por ciento de todas las especies en un área específica (Haufler et al.1996). El término *filtro fino* generalmente se refiere al uso de especies individuales con requerimientos específicos de hábitat o de relaciones ambientales que no están adecuadamente reflejadas en los *filtros gruesos* por ejemplo, las especies endémicas y hábitat especialistas, o aquellas especies que han perdido hábitat importante o son particularmente sensibles a las perturbaciones humanas. Las especies en peligro de extinción y amenazadas entran en esta categoría. Lo ideal en el proceso de selección de sitios Offset es utilizar una combinación de *filtro grueso* y *fino* de forma de garantizar una pérdida de biodiversidad neta nula o una ganancia neta positiva. A continuación se describen los componentes del paquete mixto de Offset (terrestre y acuático) que se recomienda:

6.1 COMPONENTE 1: PAQUETE DE MITIGACIÓN

En el área alrededor del PH Reventazón se encuentran hábitats y tipos de vegetación muy similares dentro de la misma zona de vida (Bosque muy Húmedo Tropical Transición a Pre Montano) ubicadas en la margen derecha del embalse y hacia la cola de este. Estos bosques (C1, C2, C3, C4, C5) son parte del componente 1 del paquete mixto de mitigación y compensación propuesto y conforman un área de 1,700 hectáreas que incluyen áreas en las que se desarrollaran PSAs en propiedades privadas y tierras adquiridas y/o por adquirir por el ICE (Figura 6-1). Según una evaluación previa a nivel regional y de estas áreas aquí se

encuentran parches de bosques (Salom-Perez et al. 2009; Rabinowitz y Zeller, 2010) que ofrecen la posibilidad de desarrollar un modelo de conectividad utilizando como especie clave/paraguas al Jaguar (*Panthera onca*). Rabinowitz y Zeller utilizaron un modelo de conectividad de menor costo a nivel de paisaje (Adriaensen et al., 2003; Epps et al., 2007) analizando la respuesta del jaguar a los diferentes elementos de la matriz del paisaje utilizando como rutas de conectividad hábitats similares. Estos corredores representan áreas que cuentan tanto con la distancia más corta, como con el menor costo de dispersión entre las poblaciones de jaguar (Rabinowitz y Zeller, 2010). Estos corredores se caracterizan por ser de interés inmediato debido a que son muy estrechos y, por ende, están sujetos a perder su conectividad (ver Figura 6-2).

Figura 6-1 Áreas de Mitigación de Biodiversidad en el Corredor Barbilla

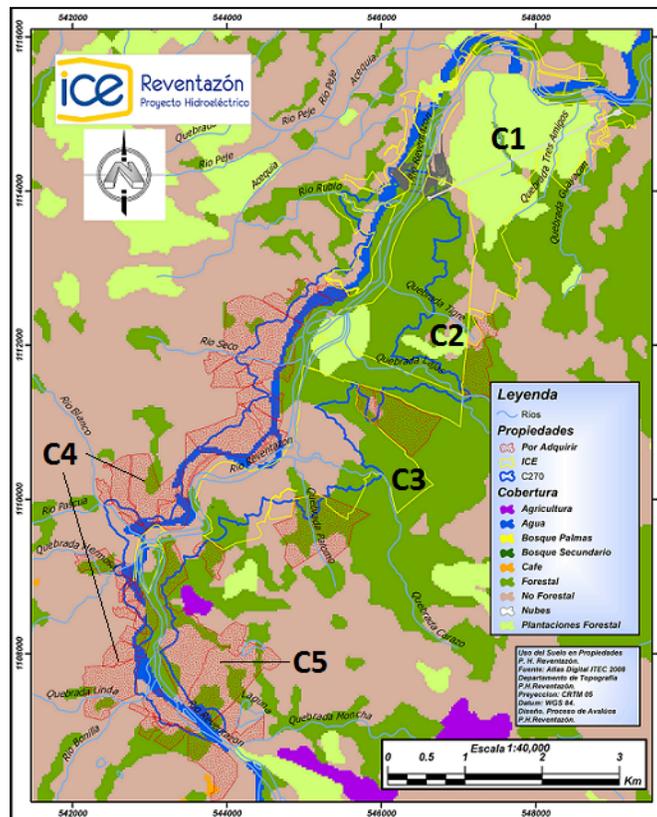
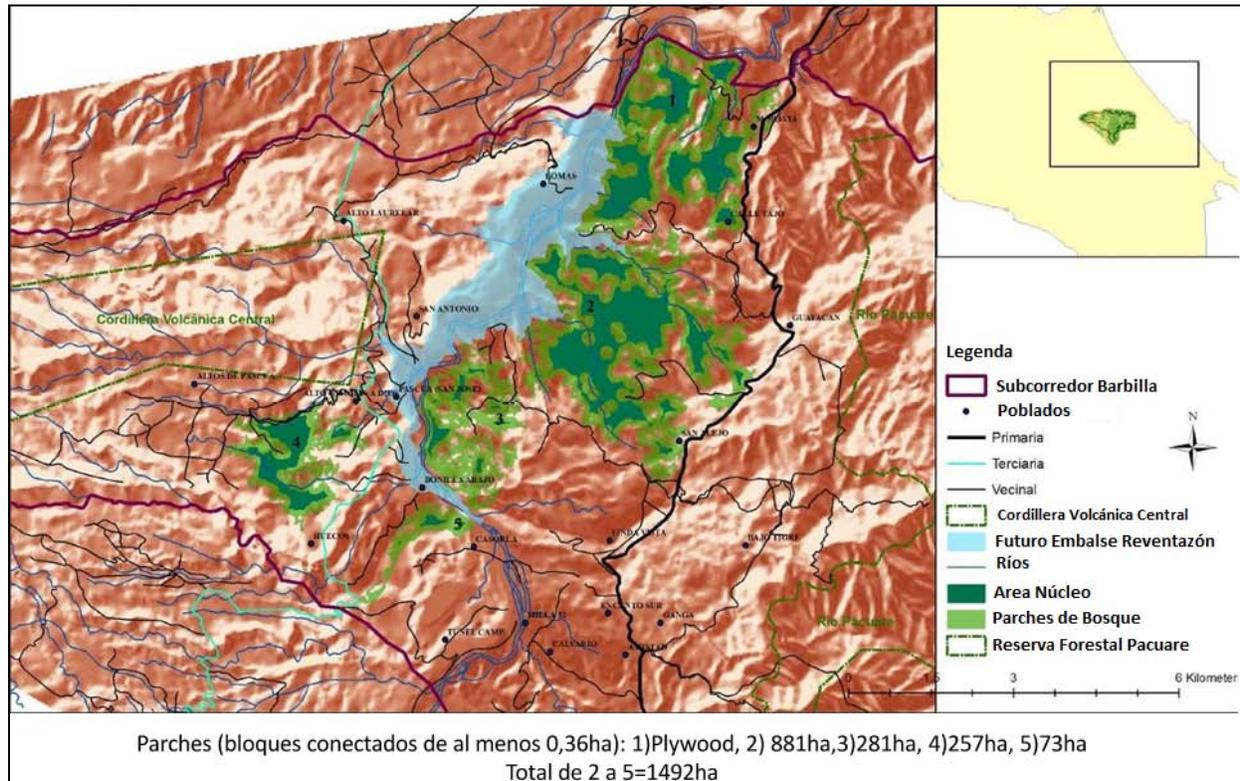


Figura 6-2 Parches de Bosque y áreas núcleo propuestos en el componente 1 (C1, C2, C3, C4, C5) como sitios de Mitigación de Biodiversidad a nivel de paisaje y corredores.



Fuente: Panthera. Roberto Salom-Perez, 2011 (Com. Personal).

Costa Rica es uno de los líderes mundiales en el desarrollo y aplicación de instrumentos de mercado para la gestión ambiental. En 1997 Costa Rica fue pionera en el uso de los servicios ambientales (SA) mediante el establecimiento de un programa oficial PSA en todo el país (Pagiola, 2008). El PSA de Costa Rica es la consecuencia de más de veinte años de evolución en las políticas forestales del país. La Ley Forestal N ° 7575 reconoce explícitamente cuatro SA clave de los ecosistemas forestales: (i) la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, (ii) los servicios hidrológicos, incluyendo el suministro de agua para consumo humano, riego y producción de energía; (iii) la conservación de la biodiversidad, y (iv) la provisión de belleza escénica para la recreación y el ecoturismo (Zbinden and Lee, 2005; Miranda et al. 2006)

Se sugiere que en áreas estratégicas se establezca un sólido programa de servicios ambientales (PSA) que complemente las actividades de reforestación, regeneración natural asistida, rehabilitación de bosques degradados y mejores prácticas de agroforestería según la ubicación específica y el estado de cada parche de bosque. Estas actividades se integrarían al programa de compras de tierras (alrededor de 1,700 ha) que está implementando el ICE actualmente. Se espera obtener una ganancia neta positiva de biodiversidad a través de este componente del

programa Offset (ver Tabla 7-1). La mejora en la conectividad de estas áreas incrementaría el vínculo ecológico que existe entre los elementos de la biodiversidad de la cordillera volcánica central y las reservas del río Siquirres y el río Pacuare.

Una de las medidas de mitigación presentadas en el EslA es sustituir el bosque afectado por las diferentes obras por restauración de bosque y plantación de árboles que se incorporan a zonas de protección. En este sentido, la compra de la finca de la *Plywood* que incluye parte de las quebradas Guayacán y Tres Amigos, es de vital importancia para mantener ecosistemas que se han destacado por albergar una alta diversidad. Otro aspecto importante es asegurar la calidad del ecosistema de estas quebradas es que son los últimos afluentes que quedarán en comunicación con el cauce principal y proveen de agua al tramo crítico afectado por la disminución de caudal.

6.2 COMPONENTE 2: PROYECTO DE MITIGACIÓN EN EL PERÍMETRO DEL EMBALSE

Este componente facilitaría la creación de una zona de amortiguamiento en una franja reforestada de 50 metros como mínimo en el perímetro del embalse, principalmente hacia el margen derecho donde predominan los pastizales, cultivos y charrales-tacotales. Las funciones primordiales serían: 1. la reducción de la erosión y sedimentación incrementando así la vida útil del embalse; 2. Evitar/reducir deslizamientos en zonas de alta pendiente alrededor del embalse; 3. Crear rutas de conectividad para la fauna y plantas para anfibios, reptiles, aves, insectos pequeños y medianos mamíferos entre otros. Durante la reforestación deben utilizarse árboles y arbustos de la flora local que ya están en el vivero cercano a la zona del campamento del proyecto.

6.3 COMPONENTE 3: PROPUESTA DE COMPENSACIÓN

Este componente incluye el desarrollo de una estrategia de compensación flexible que se ajuste a las prioridades institucionales y potestades del ICE. La estrategia ofrecería alternativas viables de compensación que permitan cumplir con las políticas de salvaguarda ambientales y sociales del Banco Interamericano de Desarrollo y al mismo tiempo compensar los impactos residuales significativos no reversibles del sistema fluvial del Reventazón.

La conservación de ecosistemas acuáticos de agua dulce (lénticos y lóticos) ha recibido muy poca atención a través de los años si se compara con la creación de múltiples áreas terrestres protegidas a nivel global (Abell et al., 2006). Los sistemas acuáticos funcionales sin barreras físicas que promuevan la fragmentación ecológica cada vez son más escasos por todo el mundo y se requiere conservarlos lo antes posible antes de que sean afectados por múltiples amenazas que comprometan su integridad ecológica (Meybeck, 2004; Nilsson et al., 2005).

El Componente acuático del paquete de Compensación se desarrollará en un tramo equivalente de un río funcional y ecológicamente similar que compensaría los efectos residuales y acumulativos sobre la biodiversidad acuática y los servicios ambientales relevantes del Río Reventazón creando la opción de una pérdida neta nula o una ganancia neta positiva.

7. RECOMENDACIONES

1. Implementar capacitación al personal del ICE y a la propuesta unidad de manejo de la vida silvestre (ver plan de manejo de la biodiversidad) en metodología de compensación (Offset) según el esquema de trabajo de la Unidad de Gestión Ambiental del PH Reventazón.
2. Desarrollar un documento de factibilidad que incluya opciones flexibles y viables para ser examinadas por el ICE con el objetivo de evaluar un proyecto de compensación del ecosistema fluvial en alguna zona del país.
3. Integrar el proyecto mixto de mitigación compensatoria con el Plan de Gestión Ambiental.
4. Establecer un mecanismo de apoyo financiero de largo plazo que permita la implementación y ejecución del proyecto de compensación.
5. Completar los estudios de campo necesarios para implementar el proyecto Offset en todas las áreas propuestas.

Tabla 7-1 Resumen del Proyecto Mixto de Mitigación Propuesto (el proyecto Offset será definido en más detalle en las próximas semanas).

<p>Meta y Objetivo General</p> <p>Producir resultados de impacto (Outcomes) positivos para la conservación de la biodiversidad a través de un programa mixto de compensación y mitigación (acuático y terrestre) que tiene como objetivo general lograr una pérdida neta nula de biodiversidad, y posiblemente una ganancia neta importante con el fin de promover buenas prácticas ambientales en un país reconocido como el de más alta biodiversidad por unidad de área a nivel global.</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Involucrar a COMCURE en la coordinación del proyecto Offset y fomentar la coordinación de actividades entre el ICE, MINAET, las municipalidades, organizaciones no gubernamentales, otras entidades gubernamentales e instituciones académicas (UCR, UNA). 2. El ICE desarrollará una estrategia de sostenibilidad financiera con actores clave y de eficiencia operativa para el proyecto Offset a largo plazo 3. Desarrollar y establecer un plan de educación, divulgación y comunicación del corredor biológico y las áreas Offset 4. Finiquitar el plan de adquisición existente del ICE que incluye una fracción de aproximadamente 1,700 hectáreas de terreno (principalmente sobre el margen izquierdo del Reventazón) formado por tierras privadas y tierras a ser adquiridas y/o por adquirir por el ICE y en la medida de lo posible integrar estas tierras al programa Offset y de mitigación. 5. Desarrollar un programa de servicios ambientales (PSA) en conjunción con FONAFIFO en las áreas propuestas 6. Apoyar la ejecución de estudios de conectividad estructural y funcional del corredor biológico 7. Promover la conectividad y actividades de reforestación del paisaje en el Sub-corredor Barbilla 8. Implementar el programa indicado en el EsIA de recuperación y manejo de especies en Peligro de Extinción y Amenazadas. 9. Promover buenas prácticas agropecuarias en la matriz del corredor con el apoyo de COMCURE 10. Implementar un programa de monitoreo de la biodiversidad de todas las áreas de mitigación incluyendo parches de bosque, rutas de conectividad, hábitats sumidero y especies clave en el Sub-corredor Barbilla-Destierro
---	--

Resultados de Impacto esperados	ACTIVIDADES Y UBICACIÓN			MITIGACIÓN		ASPECTOS DE IMPLEMENTACIÓN			
	ACTIVIDADES SUGERIDAS	UBICACIÓN	ROLES/RESPONSABILIDADES	GANANCIAS ESPERADAS	INDICADORES	PRESUPUESTO ANUAL	RECURSOS HUMANOS INSTITUCIONALES	EQUIPOS	ASESORIA Y CAPACITACION
<p>Componente 1 Rutas de conectividad y áreas núcleo creadas en áreas C1, C2, C3, C4, C5 hacia la cola del embalse incluyendo tierras adquiridas y por adquirir del ICE</p>	<p>1. Iniciar talleres de capacitación en metodología Offset y monitoreo incluyendo selección de sitios de referencia (sitios Benchmark), calculo de pérdidas y ganancias neta de biodiversidad, estimación de hábitat-hectáreas entre otros. 2. Ajustar estrategia Offset e identificar sitio(s) Benchmark en el campo 3. Identificar y mapear parches de bosques núcleo, áreas de amortiguación y rutas de conectividad 4. Iniciar inventarios de biodiversidad clave en áreas del componente 1 5. Implementar Talleres en PSA a propietarios e Identificar áreas del programa PSA 6. Iniciar actividades de reforestación y rehabilitación de bosques 7. implementar plan de manejo de especies en peligro y amenazadas de la flora y fauna</p>	<p>Hacia la cola del embalse y en ciertas áreas de margen derecha</p>	<p>Comité de gestión de COMCURE en coordinación con, FONAFIFO, Panthera, UCR, SINAC, municipalidades, escuelas)</p>	<p>Mas del 50% Incremento en hábitats - hectáreas manejadas en C1, C2, C3, C4, y C5 bajo metodología Offset durante primeros 5 años.</p>	<p>1. Índice de fragmentación y cobertura del bosque maduro 2. Índice de biodiversidad y número de especies clave de flora y fauna principalmente especies sombrilla tales como el jaguar y otros félidos. 3. Número de propietarios participando en programa PSA</p>	<p>El presupuesto será desarrollado posteriormente cuando se defina en mas detalle las actividades correspondientes.</p>	<p>Representantes de Unidad de Gestión Ambiental y COMCURE</p>	<p>Vehículos, equipo de inventarios de flora y fauna sistema de información geográfico, unidades portátiles de GPS. El ICE tiene la posibilidad de asignar este equipo al proyecto Offset. Equipo de inventario de Fauna (redes de neblina, trampas para mamíferos medianos y grandes, binoculares, bastones para manipular serpientes, linternas, equipo de grabación y reproducción de cantos de aves, cámaras-trampa etc.</p>	<p>Asesoría en diseño e implementación de proyecto Offsets y establecimiento y monitoreo de corredores biológicos</p>
<p>Componente 2 Zona de conectividad en el perímetro del embalse creada</p>	<p>1. Iniciar actividades de reforestación en una franja de 50 mts en el perímetro del embalse. 2. Establecer viveros y</p>	<p>Perímetro del embalse principalmente margen izquierdo</p>	<p>ICE: Director del proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto; área de construcción; regente forestal)</p>	<p>Conectividad mejorada y Franja de 50 mts reforestada/ enriquecida en el perímetro del</p>	<p>Área reforestada</p>				

PARTE F: PROPUESTA DE PROYECTO DE COMPENSACIÓN DE BIODIVERSIDAD

Resultados de Impacto esperados	ACTIVIDADES Y UBICACIÓN			MITIGACIÓN		ASPECTOS DE IMPLEMENTACIÓN			
	ACTIVIDADES SUGERIDAS	UBICACIÓN	ROLES/RESPONSABILIDADES	GANANCIAS ESPERADAS	INDICADORES	PRESUPUESTO ANUAL	RECURSOS HUMANOS INSTITUCIONALES	EQUIPOS	ASESORIA Y CAPACITACION
	reforestar de manera natural alrededor del embalse y de las márgenes de las quebradas que desaguan en el embalse y el tramo crítico. Esto también se debe hacer en las áreas de escombreras y obras provisionales.			embalse principalmente margen izquierdo					
<u>Componente 3</u>	<p>1. Desarrollar documento estratégico del Offset</p> <p>2.. Iniciar estudios sobre los requisitos de hábitats, tiempos de desove y migración, alimentación y hábitats de crianza del bobo y tepemechín en otros sistemas fluviales sin barreras. Los resultados de esta investigación podrían ser extrapolados y aplicados al Reventazón para evaluar los requisitos de compensación de hábitat, mitigación y potencialmente restauración del bobo.</p>	El sitio del proyecto se decidirá en función del documento estratégico	ICE, instituciones académicas (UCR, UNA)						Asesoría en gestión/diseño de corredores acuáticos y manejo de ríos.
ACTIVIDADES DE EVALUACION Y MONITOREO									
La puntuación de pérdidas y ganancias de los sitios del proyecto y de offset tiene que ser calculada utilizando la metodología <i>Benchmark</i> . Información del sitio Benchmark debe ser obtenida en el campo al igual que otros atributos cuantitativos de la estructura del hábitat.									

Resultados de Impacto esperados	ACTIVIDADES Y UBICACIÓN			MITIGACIÓN		ASPECTOS DE IMPLEMENTACIÓN				
	ACTIVIDADES SUGERIDAS	UBICACIÓN	ROLES/RESPONSABILIDADES	GANANCIAS ESPERADAS	INDICADORES	PRESUPUESTO ANUAL	RECURSOS HUMANOS INSTITUCIONALES	EQUIPOS	ASESORIA Y CAPACITACION	
<p>Se propone un sistema de monitoreo a nivel de paisaje y corredor biológico que permita realizar un análisis espacial y temporal de los sitios propuestos. Los verificadores que se proponen utilizar para este nivel se presentan a continuación y se propone obtenerlos mediante el seguimiento con imágenes de satélite ETM; la escala (e.g., 1:20.000) se determinara: tipo de vegetación, índice de vegetación, índices de fragmentación, índice de deforestación, índice de conectividad y erosión de suelo. Igualmente se establecerá un protocolo de muestreo para monitorear los cambios en la diversidad del hábitat y en la riqueza/diversidad de grupos seleccionados. Este monitoreo debe coordinarse con el componente social y económico.</p>										
ACTIVIDADES OPERATIVAS										
Gestión del Offset Presupuesto Total Nota: Las proyecciones anuales deben ajustarse mediante un estudio financiero más detallado para lograr un presupuesto consolidado.	La gestión del proyecto sera liderizada por la Unidad de Gestion Ambiental del ICE con su equipo multidisciplinario y administrativo que garantice el éxito en la implementación de las actividades indicadas y coordine los trabajos de asesoría que deben realizarse. Se sugiere que la Unidad de gestión Ambiental y COMCURE coordinen actividades con epresentantes del MINAET, ONG, Municipalidades, Comunidades y Universidades (e.g., UCR, UNA)									

8. LITERATURA CITADA

- Adriaensen, F., Chardon, J.P., De Blust, G., Swinnen, E., Villalba, S., Gulinck, H., Matthysen, E., 2003. The application of 'least-cost' modeling as a functional landscape model. *Landscape and Urban Planning* 64, 233-247.
- Babbit B. 2002. What goes up, may come down. *Bioscience* 52: 656 – 658.
- Barrantes, G; Chaves J; Sánchez, J. 2002. Lista oficial de las aves de Costa Rica. *Zeledonia, Boletín Especial*, Agosto.
- Baxter R.M. 1977. Environmental effects of Dams and Impoundments. *Annual Review of Ecology and Systematics* 8: 255 – 283.
- Beier, P., Noss, R., 1998. Do habitat corridors provide connectivity? *Conservation Biology* 12, 12 41-1252.
- Bennett A. 1998. Enlazando el Paisaje: el papel de los corredores biológicos y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. Gland, Suiza. IUCN. 276 p.
- Bennett G; Mulongoy K.J. 2006. . Review of Experience with Ecological Networks, Corridors and Buffer Zones. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series No. 23, 100 p.
- Blouin M., 2003. Relative reproductive success of hatchery and wild Steelhead in the Hood River. Report from BPA Intergovernmental Contract 9245, Project # 1988-053-12 And ODFW Interagency agreement No. 001-2007s.
- Bolaños, R.A. & C.V. Watson. 1993. Mapa ecológico de Costa Rica, según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge. Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica
- Burgin S. 2008. BioBanking: An environmental scientist's view of the role of biodiversity banking offsets in conservation. *Biodiversity and Conservation* 17: 807–816.
- Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP). 2009. Biodiversity Offset Design Handbook. BBOP, Washington, D.C. Available from : www.foresttrends.org/biodiversityoffsetprogram/guidelines/odh.pdf
- Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP). 2009. The Ambatovy Project Business and Biodiversity Offsets Programme Pilot Project Case Study. Available from www.forest-trends.org/biodiversityoffsetprogram/guidelines/ambatovy-case-study.pdf.

Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP). 2009. City of Bainbridge Island. BBOP Pilot Project Case Study. Bainbridge Island. Washington State, USA. Available from: www.foresttrends.org/biodiversityoffsetprogram/guidelines/bainbridge-case-study.pdf

Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP). 2009. Compensatory Conservation Case Studies. BBOP, Washington, D.C. Available from: www.forest-trends.org/biodiversityoffsetprogram/guidelines/non-bbop-case-studies.pdf.

Bussing, W. 1998. Peces de las aguas continentales de Costa Rica. 2 ed. San José, Editorial Universidad de Costa Rica. 468 p.

Carrillo, E; Wong, G; Sáenz, J. 1999. Mamíferos de Costa Rica. Ed. Instituto de Biodiversidad, INBio. Sto. Domingo, Heredia, Costa Rica. 250 p.

Coulon, A., Cosson, J.F., Angibault, J.M., Cargnelutti, B., Galan, M., Morellet, N., Petit, E., Aulagnier, S., Hewison, J.M., 2004. Landscape connectivity influences gene flow in a roe deer population inhabiting a fragmented landscape: an individual-based approach. *Molecular Ecology* 13, 2841- 2850.

Epps, C.W., Wehausen, J.D., Bleich, V.C., Torres, S.G., Brashares, J.S., 2007. Optimizing dispersal and corridor models using landscape genetics. *Journal of Applied Ecology* 44, 714-724.

Estudio de Impacto Ambiental P.H. Reventazón. Expediente SETENA N° 0331-08

Gerritsen A., Barthelmess E., 2008. The effects of dams on migratory fish: A North Country Case Study. *Conservation Biology*; Spring 2008.

Gilpin, M.E., Soulé, M.E., 1986. Minimum viable populations: process of species extinctions, In: Soulé, M.E. (Ed.), *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, pp. 19-34.

Hilborn, R. y S.R. Hare. 1992. Hatchery and wild fish production of anadromous salmon in the Columbia River Basin. Fisheries Research Institute, University of Washington. Technical Report FRI-UW-9207. 34 pp.

Hilty, J.A., Lidicker Jr., W.Z., Merenlender, A.M., 2006. *Corridor ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation*. Island Press, Washington D.C.

Haufler J B, Mehl CA, Roloff GJ. 1996. Using a coarse-filter approach with species assessment for ecosystem management. *Wildlife Society Bulletin* 24: 200–208

Joseph M. Kiesecker, Holly Copeland, Amy Pocewicz, Nate Nibbelink, Bruce Mc Kenney, John Dahlke, Matt Holloran, and Dan Stroud. 2009. A Framework for Implementing Biodiversity Offsets: Selecting Sites and Determining Scale. *BioScience* 59 (1): 77–84

Kubicki, B. 2007. Ranas de vidrio de Costa Rica / Glass frogs of Costa Rica. Editorial INBio. Santo Domingo de Heredia. C.R. 304 p.

Larinier, M. 2001. Environmental issues, dams and fish migration. En: Marmulla, G. (ed.). Dams, fish and fisheries. Opportunities, challenges and conflict resolution. FAO Fisheries Technical Paper. No. 419. Rome, FAO.: 45-90.

Miranda, L.E. 2001. A review of guidance and criteria for managing reservoirs and associated riverine environments to benefit fish and fisheries. En: Marmulla, G. (ed.). Dams, fish and fisheries. Opportunities, challenges and conflict resolution. FAO Fisheries Technical Paper. No. 419. Rome, FAO.: 91-138.

Mech, S.G., Hallett, J.G., 2001. Evaluating the effectiveness of corridors: a genetic approach. *Conservation Biology* 15, 467-474.

Miller, Kenton; Chang, Elsa y Johnson, Nels. 2001. Defining common ground for the Mesoamerican Biological Corridor. Washington, DC: World Resources Institute.

Miranda, M., C. Dieperink, and P. Glasbergen. 2006. Costa Rican environmental service payments: The use of a financial instrument in participatory forest management. *Environmental Management*, 38, pp.562-571.

Mora, José Manuel, Rodríguez Miguel y López Lucía, 2003. Sondeo Ecológico Rápido y Monitoreo de Especies Indicadoras en el Parque Nacional Tortuguero. Pococí, Guápiles. 150 pag.

Neraas L.P., Spruell P. 2001. Fragmentation of riverine systems: the genetic effects of dams on bull trout (*Salvelinus confluentus*) in the Clark Fork River system. *Molecular Ecology* 10: 1153 – 1164.

Noss R. 1991. Landscape Connectivity: different functions at different scale. In Hundson, W. (ed). *Landscape Linkages and Biodiversity*. USA. Defender of Wildlife. 196 p.

Obando-Calderón, G; Sandoval, L; Chaves-Campos, J; Villarreal-Orias, J. 2007. LISTA OFICIAL DE LAS AVES DE COSTA RICA – 2007. Comité Científico Asociación Ornitológica de Costa Rica. 2007. Zedonia 11-2. Noviembre 2007. Boletín de la Asociación Ornitológica de Costa Rica. San José, Costa Rica. <http://avesdecostarica.org/listas.htm>

Pagiola, S., Platais, G., 2007. Payments for Environmental Services: From Theory to Practice. World Bank, Washington.

Pagiola, S. 2008. Payments for Environmental Services in Costa Rica. World Bank, Washington. Ecological Economics 65:712 – 724

Reid, F. 1997. A field guide to the mammals of Central America & Southeast Mexico. UK; Oxford University Press. 350 p.

Rojas, R; Segura, W; Bermúdez, S. 2006. Caracterización biótica del área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón 265. Proceso de Planeamiento Ambiental, Centro Nacional de Planificación Eléctrica, ICE. pp. 18-94.

Salom, R., Carazo, J., and López J. 2009. Jaguar and prey monitoring in the Barbilla SubCorridor, Costa Rica. Report to PANTHERA.

Savage, JM; Fodgen, M; Fodgen, P. 2002. The amphibians and reptiles of Costa Rica. Editorial Chicago, The University of Chicago Press, U.S.934 p.

Segura, S. 2006. Caracterización biológica del proyecto. In: A. Vargas (ed.): Informe de avance a la factibilidad del P. H. Reventazón. Informe Interno ICE. San José, Costa Rica. 15p.

Stiles, FG; Skutch, AF. 1989. A guide to the birds of Costa Rica. Cornell University Press, Ithaca, New York. 580 p.

Zbinden, S., and D.R. Lee. 2005. Paying for environmental services: An analysis of participation in Costa Rica 's PSA Program. || World Development, 33(2), pp.255-272.

Rabinowitz, A. and K. A. Zeller. 2010. A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, *Panthera onca*. Biological Conservation 143, 949-945.

Waples R.S., Zabel R.W., Schuerell M.D., Sanderson B.L. 2007. Evolutionary responses by native species to major anthropogenic changes to their ecosystems: Pacific salmon in the Columbia River hydropower system. Molecular Ecology 17: 84- 96.

Wikramanayake, E., McKnight, M., Dinerstein, E., Joshi, A., Gurung, B., Smith, D., 2004. Designing a conservation landscape for tigers in human-dominated environments. Conservation Biology 18, 839-844.

Wunder, S. 2005. —Payments for Environmental Services: Some Nuts and Bolts. || Occasional PaperNo.42. Bogor: CIFOR.

9. ANEXOS

ANEXO 1

Anexo Tabla 1: Principios de los Proyectos de Compensación

<p>1. Pérdida neta nula: una compensación de biodiversidad debe de ser diseñada e implementada para alcanzar resultados medibles de conservación in situ, que puedan razonablemente, resultar en una pérdida neta cero y preferiblemente obtener una ganancia neta de biodiversidad.</p>
<p>2. Resultados adicionales de conservación: una compensación de biodiversidad debería de alcanzar resultados de conservación por encima y más allá de los resultados que hubieran ocurrido si la compensación no se hubiera llevado a cabo. El diseño e implementación debería de evitar y desplazar actividades dañinas para la biodiversidad a otros lugares.</p>
<p>3. Adherencia a la jerarquía de mitigación: una compensación de biodiversidad es un compromiso para compensar por impactos residuales significativamente adversos para la biodiversidad, identificados después de tomar medidas para evitar, minimizar y rehabilitar el sitio, de acuerdo a la jerarquía de mitigación.</p>
<p>4. Límites a lo que puede ser compensado: hay situaciones donde los impactos residuales no pueden ser compensados completamente por una compensación de biodiversidad debido a la incapacidad de ser reemplazados o a la vulnerabilidad de la biodiversidad afectada.</p>
<p>5. Contexto del paisaje: una compensación de biodiversidad debería de ser diseñada e implementada bajo un contexto de paisaje a fin de alcanzar resultados medibles de conservación , tomando en cuenta la disponibilidad de información en el rango completo de valores biológicos, sociales y culturales de la biodiversidad y apoyando un acercamiento ecosistémico.</p>
<p>6. Participación de actores clave: en áreas afectadas por el proyecto y por la compensación de biodiversidad, la participación efectiva de los actores clave debería de ser asegurada por la toma de decisiones sobre las compensaciones de biodiversidad, incluyendo su evaluación, selección, diseño, y monitoreo.</p>
<p>7. Equidad: una compensación de biodiversidad debería de ser equitativa, lo cual significa compartir entre los actores clave los derechos y responsabilidades, riesgos y recompensas asociados al proyecto y compensar en una manera justa y balanceada, respetando los acuerdos legales y consuetudinarios. Se deberían de considerar especialmente el respeto de los derechos reconocidos de los pueblos indígenas y comunidades locales tanto internacional como nacionalmente.</p>
<p>8. Resultados a largo plazo: el diseño e implementación de una compensación de biodiversidad debería de estar basado en un acercamiento de gestión adaptativa, incorporando el monitoreo y la evaluación, con el objetivo de asegurar los resultados que duren al menos durante los impactos de proyecto y preferiblemente a perpetuidad.</p>
<p>9. Transparencia: el diseño e implementación de compensaciones de biodiversidad, y la comunicación de sus resultados al público, deberían de realizarse de una manera transparente y oportuna.</p>
<p>10. Ciencia y conocimiento tradicional: el diseño e implementación de una compensación de biodiversidad debería de ser un proceso documentado con información</p>

científica sólida, incluyendo una consideración apropiada de conocimiento tradicional.

ANEXO 2.

Anexo Tabla 2: Medidas de Mitigación para Ecosistemas y Corredores Biológicos

Elemento del medio	Impactos	Mitigación o Compensación	Acciones	Cronog.
ECOSISTEMAS	Pérdida de ecosistemas frágiles	Reducción del área afectada, delimitación y protección.	Recuperar cobertura boscosa en propiedades que adquiera el proyecto	Durante toda la etapa constructiva
		Sustitución de áreas afectadas	Promover pago de servicios ambientales mediante convenio con FONAFIFO en áreas prioritarias para el Corredor del Jaguar.	Convenio se establece durante toda la etapa constructiva Durante la etapa operativa
Elemento del medio	Impactos	Mitigación o Compensación	Acciones	Cronog.
CORREDORES BIOLÓGICOS	Interrupción de Corredores Biológicos	Establecer corredores biológicos.	Proteger de bosques existentes en propiedades adquiridas por el proyecto. Reforestar sitios conectores en propiedades adquiridas por el proyecto.	Durante toda la etapa constructiva Durante toda la etapa constructiva
		Estudio de viabilidad para conexión de riberas del embalse.	Promover pago de servicios ambientales en sitios privados previa aceptación de propietarios mediante convenio con FONAFIFO.. Estudiar la factibilidad de construir un puente para fauna.	Durante la etapa constructiva se establece el convenio Durante la etapa de operación de la planta se pagan los servicios ambientales Previo al inicio del Proyecto.

Anexo Tabla 3: Medidas de Mitigación para la Fauna Terrestre

Elemento del medio	Impactos	Mitigación o Compensación	Acciones	Cronog.
FAUNA TERRESTRE	Interrupción de paso de animales por obras como tubería de presión.	Recuperar vías de paso para la fauna	Valorar la construcción de vías de paso bajo nivel o puentes para animales en obras Optimizar el diseño de la tubería de presión	Durante toda la etapa constructiva
	Pérdida de hábitat por inundación de área de embalse y por construcción de obras.	Restauración de hábitat natural aledaño al embalse y sitios que cumplan condiciones en terrenos adquiridos por el proyecto Rescate de fauna (embalse, escombreras, sitios de obras)	Reforestar y evaluar las áreas que cumplan con condiciones de hábitat para la fauna. Capturar, cuidar y liberar la fauna. Monitorear la adaptación al hábitat.	Durante toda la etapa constructiva y durante llenado del embalse. Durante la etapa de operación de la planta Durante toda la etapa constructiva, limpieza de terrenos y durante llenado del embalse. Durante la etapa de operación de la planta
Elemento del medio	Impactos	Mitigación o Compensación	Acciones	Cronog.
FAUNA TERRESTRE	Afectación a especies amenazadas y en peligro.	Reproducir ranas para comercialización e introducción al hábitat Brindar educación y cultura ambiental para trabajadores ICE y pobladores.	Apoyar proyectos comunales de reproducción y comercialización de ranas por medio de la investigación y desarrollo experimental de su cultivo previa autorización del MINAE. Aplicar programa de Educación Ambiental (ver anexo 12.2).	Durante toda la etapa constructiva Durante la etapa de operación de la planta Durante toda la etapa constructiva Durante la etapa de operación de la planta
	Colisión de aves con Cables.	Evitar el choque de las aves	Colocar Dispensores de aves.	Durante la etapa de operación de la planta

Anexo Tabla 4: Medidas de Mitigación para la Fauna Acuática

Elemento del medio	Impactos	Mitigación o Compensación	Acciones	Cronog.
FAUNA ACUÁTICA	Interrupción permanente de movimiento migratorio de organismos acuáticos	Reestablecer el movimiento migratorio de peces migratorios Recuperar fauna ictiológica de quebradas.	Transportar peces migratorios	Durante toda la etapa constructiva
			Reproducir y criar peces migratorios en la estación piscícola para reproducción y crianza de peces previa autorización del MINAE e INCOPESCA (ver anexo 12.3). Reforestar, recuperar y mantener el bosque ripario en terrenos adquiridos por el proyecto.	Durante la etapa de operación de la planta
			Repoblar o "sembrar" especies de peces.	Durante toda la etapa constructiva
			Mantener la calidad del agua y la conexión con el río principal. Alejar las construcciones de las quebradas de acuerdo a la viabilidad según diseño de obras.	Durante la etapa de operación de la planta
Elemento del medio	Impactos	Mitigación o Compensación	Acciones	Cronog.
FAUNA ACUÁTICA	Proliferación de especies introducidas no deseadas (tilapias)	Control de especies no deseadas mediante introducción de predadores nativos	Criar guapotes en la estación piscícola	Durante la etapa de operación de la planta
	Reducción de la Fauna Acuática en el Tramo Crítico.	Establecer un régimen de caudal de compensación anual (recomendado no menor de 15 m³/segundo para meses secos) en el tramo crítica comprendido entre la toma principal y la restitución de la casa de máquinas.	Ajustar el cauce. Monitorear permanente los peces en quebradas y tramo crítico principal.	Durante toda la etapa constructiva Durante la etapa de operación de la planta
	Afectación por evacuación de sedimentos.	Evacuación controlada de sedimentos	Evacuar sedimentos de acuerdo a Plan Propuesto por consultoría (ver medida en Aguas Superficiales-Sistema Fluvial) Monitorear permanentemente y controlar la mortalidad de peces	Durante la etapa de operación de la planta
	Afectación a Áreas Protegidas: Sedimentación de canales	Aplicar Plan de Manejo de la cuenca media-baja del río Reventazón (ver medidas acumulativas/Integrales). Estudio de hidrodinámica fluvial, manejo de sedimentos (ver medida en Aguas Superficiales-Sistema Fluvial)	Realizar las acciones que recomendará el Plan de Manejo de la cuenca Media-Baja del río Reventazón	Durante la etapa de operación de la planta

ANEXO 3

Anexo Tabla 5: MATRIZ DE LOS COMPONENTES CLAVE DE LA BIODIVERSIDAD

Componente de la Biodiversidad		Significado Global UICN- CITES	Estatus Nacional/Local	Valor Socioeconómico, Cultural/ Funciones y Servicios del Ecosistema/Amenazas
Familia	Especie¹¹			
Anfibios				
Bufonidae	<i>Incilius melanochlorus</i>	LC	Amenazado de Extinción -	Es una especie endémica de Costa Rica que está disminuyendo por la contaminación de las aguas y la deforestación.
Centrolenidae	<i>Cochranella spinosa</i>	LC	Amenazado de Extinción	Lo realmente curioso de las ranas de vidrio es su piel ventral transparente, por lo que sus órganos internos son visibles. Corazón, intestinos, hígado, estómago e incluso sus huevos son visibles a través de su fina y delicada piel transparente. Estas ranas son útiles para investigar algunas enfermedades como el cáncer <i>in vivo</i> sin necesidad de diseccionar/matar al animal ¹² .
	<i>Centrolenella ilex</i>	LC	Amenazado de Extinción	
Dendrobatidae	<i>Dendrobates auratus</i>	LC – CITES I	Amenazado de Extinción	Los individuos de esta especie son muy apreciados para ser utilizados en los terrarios, por lo que son extraídos de su hábitat natural para ser vendidos en forma ilegal, principalmente en Europa y E.U.A
	<i>Colostethus flotator</i>		Amenazado de Extinción	
	<i>Dendrobates pumilio</i>	LC – CITES I	Amenazado de Extinción	Los individuos de esta especie son muy apreciados para ser utilizados en los terrarios, por lo que son extraídos de su hábitat natural para ser vendidos en forma ilegal, principalmente en Europa y E.U.A.
	<i>Phyllobates lugubris</i>	LC – CITES I	Amenazado de Extinción	Los individuos de esta especie son muy apreciados para ser utilizados en los terrarios, por lo que son extraídos de su hábitat natural para ser vendidos en forma ilegal, principalmente en Europa y E.U.A.
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus noblei</i>		Amenazado de Extinción	
Plethodontidae	<i>Bolitoglossa colonnea</i>	LC	Amenazado de Extinción	
	<i>Oedipina alfaroi</i>		Amenazado de Extinción	
Reptiles				
Gekkonidae	<i>Thecadactylus rapicauda</i>		Amenazado de	Es el gecko más grande de Costa Rica, alcanza un tamaño de hasta

¹¹ Ver el EsIA para una lista las especies no amenazadas y fuera de peligro de la Fauna y Flora observadas en el sitio del PH Reventazón

¹² Kubicki, B. 2007. Ranas de vidrio de Costa Rica / Glass frogs of Costa Rica. Editorial INBio. Santo Domingo de Heredia. C.R. 304 p.

Polychrotidae			Extinción	100 mm
	<i>Norops carpenteri</i>		Amenazado de Extinción	
	<i>Norops lemurinus</i>		Amenazado de Extinción	
	<i>Norops pentaprion</i>		Amenazado de Extinción	
Crocodylidae	<i>Polychrus gutturosus</i>		Amenazado de Extinción	
	<i>Caiman crocodilus</i>	CITES II	Amenazado de Extinción	Codiciado por su piel y amenazado por pérdida de hábitat. La disminución se debe a la cacería durante la época de anidación debido a que las hembras cuidan sus nidos.
Boidae	<i>Crocodylus acutus</i>	Vulnerable – CITES I	Peligro de Extinción	Entre los años 30 y 60 estos cocodrilos fueron cazados por su piel. Su mayor amenaza actual es la pérdida de hábitat.
	<i>Boa constrictor</i>	CITES I	Peligro de Extinción	Por lo regular estas serpientes no venenosas tienen un comportamiento poco agresivo. Su demanda para los terrarios, pérdida de hábitat, junto con la tradicional fobia a las serpientes han disminuido sus poblaciones considerablemente.
	<i>Corallus annulatus</i>		Amenazado de Extinción	
Ungaliophiidae	<i>Ungaliophis panamensis</i>		Amenazado de Extinción	
Cheloniidae	<i>Chelonia mydas</i>	CITES I	Peligro de Extinción	
	<i>Chelydra serpentina</i>	CITES I	Amenazado de Extinción	
	<i>Dermochelys coriacea</i>	CITES I	Peligro de Extinción	
			Amenazado de Extinción	

Componente de la Biodiversidad		Significado Global - CITES	Estatus Nacional/Local	Valor Socioeconómico, Cultural/ Funciones y Servicios del Ecosistema
Familia	Especie			
Aves				
Accipitridae	<i>Leucopternis semiplumbea</i>		Amenazado de Extinción	
	<i>Spizaetus tyrannus</i>		Amenazado de Extinción	
	<i>Chondrohierax uncinatus</i>		Amenazado de Extinción	

Ardeidae	<i>Geranospiza caerulescens</i>		Amenazado de Extinción	
	<i>Buteogallus urubitinga</i>		Amenazado de Extinción	
	<i>Agamia agami</i>		Amenazado de Extinción	
	<i>Botaurus pinnatus</i>		Amenazado de Extinción	
Bucconidae	<i>Notharchus tectus</i>		Amenazado de Extinción	
Threskiornithidae	<i>Mesembrinibis cayennensis</i>		Amenazado de Extinción	
	<i>Platalea ajaja</i>		Peligro de Extinción	La principal causa de su extinción es la pérdida de hábitat por drenaje de humedales. Revuelca el fondo o lo barre con sus patas en busca de camarones, cangrejos, otros crustáceos, insectos y pequeños peces que atrapa filtrando con su pico aplanado.
Cathartidae	<i>Sarcoramphus papa</i>		Amenazado de Extinción	
Cracidae	<i>Crax rubra</i>		Amenazado de Extinción	
	<i>Penelope purpurascens</i>		Amenazado de Extinción	
Anatidae	<i>Cairina moschata</i>		Amenazado de Extinción	
Eurypygidae	<i>Eurypiga helias</i>		Peligro de Extinción	Es un habitante solitario de las orillas de los ríos, quebradas y riachuelos rocosos con fuertes corrientes, con orillas arenosas y hasta remansos, siempre en áreas boscosas con altitudes entre los 100 y 1500 metros. Se alimenta de ranas, cangrejos, camarones de río y larvas de insectos que arranca de las piedras. La pérdida de su hábitat y contaminación de las aguas han influido en su disminución.
Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	CITES I	Amenazado de Extinción	
	<i>Micrastur semitorquatus</i>		Amenazado de Extinción	
Psittacidae	<i>Pionopsitta haematotis</i>	CITES II	Amenazado de Extinción	
	<i>Amazona albifrons</i>	CITES II	Amenazado de Extinción	
	<i>Amazona autumnalis</i>	CITES II	Amenazado de Extinción	
	<i>Amazona farinosa</i>	CITES II	Amenazado de Extinción	

	<i>Ara ambigua</i>	CITES I	Peligro de Extinción	El comercio ilegal que existe con la lapa verde, para utilizarla como mascota junto con la tala de árboles que constituyen su alimento y proveen sitios de anidación son factores que pone en peligro su existencia.
	<i>Aratinga nana</i>	CITES II	Amenazado de Extinción	
	<i>Aratinga finschi</i>	CITES II	Amenazado de Extinción	
	<i>Brotojeris jugularis</i>	CITES II	Amenazado de Extinción	
	<i>Pionus senilis</i>	CITES II	Amenazado de Extinción	
Componente de la Biodiversidad		Significado Global - CITES	Estatus Nacional/Local	Valor Socioeconómico, Cultural/ Funciones y Servicios del Ecosistema
Familia	Especie			
Aves				
Strigidae	<i>Lophotrix cristata</i>		Amenazado de Extinción	
Tinamidae	<i>Tinamus major</i>		Amenazado de Extinción	
Galbulidae	<i>Jacamerops aereus</i>		Amenazado de Extinción	
Cotingidae	<i>Procnias tricarunculata</i>		Amenazado de Extinción	
Icteridae	<i>Icterus mesomelas</i>		Peligro de Extinción	Es el más grande de los bolseros, de color amarillo, cola larga y negra con bordes amarillos conspicuos y pico grueso, garganta y centro del pecho, espalda y alas negras. Sus poblaciones han sido reducidas por cacería y comercio ilegal como ave de jaula para canto
Mamíferos				
Bradipodidae	<i>Choloepus hoffmani</i>		Amenazado de Extinción	
Dasypodidae	<i>Cabassous centralis</i>		Amenazado de Extinción	
Cebidae	<i>Cebus capucinus</i>		Amenazado de Extinción	La deforestación es su principal amenaza. Además, por su inteligencia, se le caza para utilizarlo como mascota.
	<i>Alouatta palliata</i>	CITES I	Peligro de Extinción	La tala de bosques, provoca la pérdida de su hábitat natural y amenaza con su extinción. Sus principales fuentes de alimentación son hojas, ramas tiernas, flores y frutos, una gran variedad de árboles

				como el ojoche, níspero, almendro de montaña, jobo, etc
Procyonidae	<i>Atelles geoffroyi</i>	CITES I	Peligro de Extinción	Sus depredadores son el águila harpía y el hombre, que lo caza por el buen sabor de su carne
	<i>Bassaricyon gabbii</i>		Amenazado de Extinción	
Mustelidae	<i>Galictis vittata</i>		Amenazado de Extinción	
	<i>Lontra longicaudis</i>	CITES I	Amenazado de Extinción	
Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	CITES I	Peligro de Extinción	Todos estos félidos carnívoros se alimentan de una gran variedad de presas, tienen hábitos diurnos y nocturnos y dependen de bosques no fragmentados para su sobrevivencia. Están disminuyendo por la pérdida acelerada de su hábitat.
	<i>Leopardus tigrinus</i>	CITES I	Peligro de Extinción	
	<i>Leopardus wiedii</i>	CITES I	Peligro de Extinción	
	<i>Puma yagouaroundi</i>	CITES I	Peligro de Extinción	
	<i>Puma concolor</i>	CITES I	Peligro de Extinción	
	<i>Panthera onca</i>	CITES I	Peligro de Extinción	La principal presa es el venado, aunque también puede incluir mamíferos pequeños como tepescuincles, guatusas, mapaches, pizotes o aves como los pavones. La cacería con perros y pérdida de hábitat lo está diezmando.
				El jaguar caza a menudo cerca de los ríos y es un hábil nadador. Aunque parece preferir a los saínos y chanchos de monte, también se alimenta de tepescuincles, guatusas, venados, monos, aves, peces, tortugas, iguanas y otros animales. La cacería y fragmentación de su hábitat han mermado sus poblaciones.
Phyllostomidae	<i>Vampirum spectrum</i>		Amenazado de Extinción	
Trichechidae	<i>Trichechus manatus</i>	CITES I	Peligro de Extinción	Importancia ecoturística. Pérdida de hábitats y efecto de hélices de lanchas han disminuido su población
Tapiridae	<i>Tapirus bairdii</i>	CITES I	Peligro de Extinción	Cacería ilegal y pérdida de hábitat
Tayassuidae	<i>Tayassu pecari</i>		Peligro de Extinción	Cacería ilegal y pérdida de hábitat

Componente de la Biodiversidad		Significado Global - CITES	Estatus Nacional/Local	Valor Socioeconómico, Cultural/ Funciones y Servicios del Ecosistema
Familia	Especie			
Helechos arborescentes	Alsophylla sp		Peligro de Extinción	Las especies arborescentes a veces son cultivadas como ornamentales, y los rizomas fibrosos son usados como base para las epífitas en los invernaderos. La pérdida de su hábitat natural ha llevado a la desaparición de muchos refugios naturales de cyatheáceas (situación que se agrava en las especies endémicas).
	Cyathea sp	CITES II	Peligro de Extinción	
Cícadas	Zamia skinnerii.	EN- CITES II	Peligro de Extinción	Muy amenazada por pérdida de su hábitat. La Zamia es sumamente tóxica para el ganado y humanos. Contiene glucóxido de cianuro; sin embargo, bien aplicada, frena los efectos de la mordedura de serpientes.
Orquídeas	Oncidium sp.	CITES II	Peligro de Extinción	Se les conoce con el nombre popular de "lluvias de oro" por el color de sus flores generalmente amarillas. En Costa Rica hay 31 especies de las 400 conocidas.
	Brassia sp.	CITES II	Peligro de Extinción	La mayoría de las especies crecen en bosques muy húmedos desde bajas elevaciones hasta 1,500 msnm en lugares sombreados. En Costa Rica hay 4 especies y a nivel global hay 38.
	Phragmipedium	CITES I	Peligro de Extinción	Son especies que crecen como epífitas; terrestres o litófitas en bosques tropicales y premontanos húmedos y muy húmedos, a alturas entre 400 y 1,500msnm, generalmente cerca de caídas de agua. Su nombre común es "zapatilla" por la apariencia del labelo. En Costa Rica hay 2 especies de 16 registradas.
	Cattleya doviaana	CITES II	Peligro de Extinción	A las cattleyas se les conoce como la "Reina de las orquídeas" por el tamaño, forma, fragancia y belleza del color de las flores de sus especies y los miles de híbridos desarrollados por el hombre. En Costa Rica hay unas 6 de las 48 especies que hay reportadas.
Bromelias	Tillandsia sp	CITES II	Peligro de Extinción	Las especies epífitas del género <i>Tillandsia</i> predominan en zonas de vida con abundante precipitación
	Vriesea sp		Peligro de Extinción	Las bromelias, y en particular <i>Vriesea</i> , parecen seguir la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1967) muy marcadamente y pueden ser indicadores de las zonas de vida. Existe un alto porcentaje de endemismo en las especies epífitas
	Werauhia sp		Peligro de Extinción	
	Aechmea sp		Peligro de Extinción	

Palmitos	Bromelia sp		Peligro de Extinción	de bromelias, particularmente en los géneros <i>Vriesea</i> (17%), y <i>Aechmea</i> (6%) ¹³
	Catopsis sp		Peligro de Extinción	
	Socratea exorrhiza		Amenazado de Extinción	La madera de esta especie como la de <i>Iriartea deltoidea</i> , es muy dura, y ha sido usada en construcción. Sin embargo, diferente a <i>Iriartea deltoidea</i> , el palmito de <i>Socratea exorrhiza</i> es desagradable (aunque comestible).
	Iriartea deltoidea		Amenazado de Extinción	<i>Iriartea deltoidea</i> es altamente estimada en Costa Rica por su palmito dulce, el cual es degustado aún crudo. Las hojas se usan para techar casas o ranchos. La madera es extremadamente dura, y posiblemente por eso las plantas se dejan a menudo en pie, hasta en los potreros.
Especies arbóreas	Minuartia guianensis		Amenazado de Extinción	Árbol hasta 40 m de altura y 90 cm de diámetro. Muy explotada en la actualidad. Es escasa fuera de áreas no protegidas
	Dussia macrophyllata		Amenazado de Extinción	Es un árbol escaso, característico de bosque primario que alcanza el dosel del bosque. En la actualidad esta especie no posee gran demanda, aunque se utiliza localmente en construcciones rústicas, contrachapado, postes para cerca y carpintería.
	Sacoglottis trichogyna		Amenazado de Extinción	las semillas de titor (<i>Sacoglottis trichogyna</i>) suelen ser el alimento preferido de la lapa verde (<i>Ara ambigua</i>) cuando las semillas del almendro de montaña son escasas o no están disponibles
	Lacunaria panamensis.	EN	Amenazado de Extinción	
	Hymenolobium mesoamericanum		Peligro de Extinción	Su madera es considerada de buena calidad y ha sido utilizada para diversos propósitos. El aprovechamiento de su madera ha sido vedado mediante el decreto ejecutivo # 25700 de enero de 1997
	Platymiscium pinnatum		Peligro de Extinción	Posee una madera dura, pesada a muy pesada, color pardo-rojizo, con líneas rojas y negras atractiva. Su madera se considera una de las más finas de Costa Rica, se utiliza en la fabricación de muebles, pisos, artesanía e instrumentos musicales, por su facilidad para trabajarla. El aprovechamiento de su madera ha sido vedado mediante el decreto ejecutivo # 25700 de enero de 1997
	Hábitats/Comunidades			

¹³ <http://www.uned.ac.cr/recursos/cursobiologia/articulos/bromelias.htm>

Bosque Maduro Intervenido	Importancia local y a nivel de cuenca	Impacto residual por PH proyecto	Alta riqueza de especies de Flora y Fauna incluyendo numerosas especies en Peligro de extinción y amenazadas a nivel nacional (ver Tabla 3-1)
Bosque de Reforestación	Importancia local y a nivel de cuenca	Impacto residual por PH proyecto	Bosque de crecimiento secundario de importancia para la biodiversidad local y fuente de madera.
Charral-tacotal	Importancia local	Impacto residual por PH proyecto	Parte de muchas fincas locales de importancia socio-económica
Pastizales	Importancia local		Parte de las fincas locales de importancia socio-económica
Area de Cultivos	Importancia local		Parte de las fincas locales de importancia socio-económica
Cauce Principal del Río Reventazón	Importancia local, a nivel de cuenca y nacional	Impactos acumulativos diversos incluyendo efecto cascada de los embalses Cachi, Angostura y Reventazón	De gran importancia nacional como rio proveedor de energía hidroeléctrica, recursos acuáticos y ecoturismo
Paisaje/Ecosistemas/Corredores			
Bosque muy Húmedo Tropical Transición a Pre Montano	Importancia local, nacional y regional	Amenazada por actividades de desarrollo	Zona de vida altamente biodiversa de importancia por sus múltiples servicios ambientales, recursos hídricos, regulación de carbono y significado medicinal y cultural.
Bosque muy Húmedo Pre montano Transición a Basal	Importancia local, nacional y regional	Amenazada por actividades de desarrollo	Zona de vida altamente biodiversa de importancia nacional y regional por sus múltiples servicios ambientales, recursos hídricos, regulación de carbono y significado medicinal y cultural.
Corredor Biológico Barbilla-Destierro	Importancia local. Nacional y regional	Alta fragmentación y perdida de conectividad por desarrollo acelerado en la zona	Corredor de importancia para la conectividad de las especies y las áreas protegidas de Mesoamérica y Costa Rica en el marco del proyecto del CBM (Grúas I y II). Uno de sus principales objetivos es garantizar la conexión de las áreas protegidas de la Cordillera de Talamanca con las de la Cordillera Volcánica Central.

Anexo 4

Anexo Tabla 6: Ejemplo Simplificado (Hipotético) de cómo Calcular Pérdidas en Hábitat – Hectáreas en el Sitio de Impacto del Proyecto

Hectáreas Totales Afectadas (A) = 100									
Atributo	(B)		(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	
	Benchmark - Condición/Nivel		Peso del atributo	Condición Pre-proyecto	Condición Post-proyecto	Hábitat-hectáreas Pre-proyecto/ha	Hábitat-hectáreas Post-proyecto/ha	Pérdida Neta de hábitat-hectáreas/ha	Pérdida de Hábitat-hectáreas
	#	Unidades				(D/B)*C	(E/B)*C		
Atributo 1: densidad vegetación	400	plantas/ha	0.4	372	150	0.372	0.15	0.222	22.2
Atributo 2: riqueza arborea	100	especies/ha	0.5	93	60	0.465	0.3	0.165	16.5
Atributo 3: área basal promedio	20	m2/ha	0.1	16.2	14	0.081	0.07	0.011	1.1
Total de hábitat hectáreas perdidas									39.8

Nota: en el caso del PH Reventazón se recomienda incluir otros atributos de la matriz de elementos clave de la biodiversidad con énfasis en especies en peligro y amenazadas (anfibios, reptiles, aves, mamíferos, plantas) y a nivel de paisaje y corredores incluir fragmentación y conectividad entre parches de bosques donde toman lugar las diferentes intervenciones CB.

Anexo Tabla 7: Ejemplo Simplificado (Hipotético) de cómo Calcular Ganancias en Hábitat – Hectáreas en el Sitio de Compensación

A. Propuesta Offset Sitio 1	Benchmarking						Evaluación del Sitio Offset						
	B. Tipo de Habitat	C. Atributo	D. Benchmark Nivel - Condición	E. Peso	F. Hectáreas del tipo de hábitat	G. Condición Pre-Offset	H. Amenazas al sitio - Intervención de Conservación propuesta	I. Cambio esperado sin proyecto (% cambio * % probabilidad)	J. Condición pre-intervención y cambio esperado sin proyecto (G*I + G)	K. Ganancia esperada con proyecto (% cambio * probabilidad)	L. Condición Post-Offset	M. Ganancia Esperada Total (L-J)	N. Pre Offset hábitat hectáreas (J/D*I)
1	Atributo 1 : e.g., plantas/ha	15	0.5	100	5	**	8%	5.4	50%	7.5	2.7	18.0	
	Atributo 2	10	0.3	100	6		5%	6.3	38%	8.69	2.39	18.9	
	Atributo 3	12	0.2	100	8		5%	8.4	38%	11.59	3.19	14.0	
	etc.												
	Total			1									Total

En este escenario hay tres atributos. El valor del nivel/condición del sitio/hábitat prístino se asigna aquí	El peso de cada atributo se introduce aquí. La suma de los pesos relativos de los atributos para este tipo de hábitat debe ser uno (1)	Este es el puntaje de campo que se le asigna a cada atributo del sitio Offset. Debe ser igual o menor al nivel de referencia del sitio "Benchmark".	El encargado de la gestión del Offset determina que el atributo 1 mejorará un 10% con una probabilidad de éxito del 80%. Estos factores se multiplican (0.1 x 80%) y el resultado se coloca aquí
--	--	---	--

** H. Amenazas al sitio Offset- Intervención de conservación propuesta: actividades de reforestación, manejo de especies amenazadas y en