



2012

PROYECTO HIDROELÉCTRICO REVENTAZÓN: ESTUDIOS AMBIENTALES ADICIONALES PARTE A: RESUMEN EJECUTIVO



CONTENIDO

1. CALIDAD DEL AGUA..... 3

2. SEDIMENTACIÓN..... 7

3. GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)..... 11

4. PECES Y SUS HABITATS..... 13

5. GESTION DE BIODIVERSIDAD 15

6. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL Y SOCIAL (PMAS) DE LA CONSTRUCCION..... 17

7. EVALUACION DE EFECTOS ACUMULATIVOS 19

8. RECOMENDACIONES..... 23

 8.1 Realizar un plan de manejo adaptativo del sistema hidrobiológico Parismina- Reventazón – Tortuguero 23

 8.2 Elaborar un plan de mitigación que facilite la consolidación del Sub-corredor biológico Barbilla-Destierro en el área de la cola del embalse del PH Reventazón 23

 8.3 Implementar un programa de compensación (Offset) acuática en un río funcional y ecológicamente similar 24

 8.4 Fortalecimiento de la Unidad de Gestión Ambiental y Social del ICE durante la fase de construcción..... 25

9. LITERATURA CITADA 27

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, Biol. Anny Chaves, 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 Rodriguez y Graham Watkins en la formulación y revisión de este reporte.

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto hidroeléctrico Reventazón (PH Reventazón) es el mayor proyecto hidroeléctrico que se construirá en Costa Rica (305 mW) y es el proyecto de inversión de infraestructura más grande realizado hasta la fecha por el Instituto Costarricense de Energía (ICE). En el 2008 se elaboró una Evaluación de Impacto Ambiental la cual fue aprobada por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA) en julio del 2009. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) consideró que eran necesarios estudios ambientales y sociales adicionales como parte del proceso de financiamiento del proyecto y para cumplir plenamente con las políticas de salvaguarda del BID y las normas internacionales de evaluación ambiental.

Fueron elaborados los siguientes cinco estudios ambientales:

- La calidad del agua y la sedimentación aguas abajo del PH Reventazón;
- Gestión de los impactos sobre la biodiversidad, tanto terrestres como acuáticos;
- Gestión de los impactos relacionados con la construcción;
- Evaluación a los efectos acumulativos
- Análisis y examen de las contribuciones de gases de efecto invernadero

Además de estos estudios ambientales, se elaboro un estudio social complementario (por otro grupo de consultores) y este se presenta en un informe separado.

Descripción Breve de la Cuenca del Reventazón

La Cuenca del Río Reventazón se ubica en la zona central de la Vertiente Atlántica de Costa Rica. La cuenca comprende en su totalidad un área de 2 950 km², equivalente al 5,20% del territorio nacional. La cuenca del Reventazón es una de las cuencas hidrográficas más importantes de Costa Rica en términos de la generación de electricidad y de la producción agrícola. La cuenca suministra más del 30% de la producción hidroeléctrica del país; con la construcción del Proyecto Reventazón su contribución será aún de mayor importancia. Además de la producción de energía, la cuenca del Reventazón tiene los siguientes valores agrícolas y ecológicos en términos de la producción nacional:

- Producción agrícola - papas y cebollas (85%), caña de azúcar (10%), banano (9%), café (8%), macademias (14%), flores (23%);
- Productos lácteos y carne (30%);
- Producción industrial - cemento (50%);
- Fabricación de muebles (30%);
- Bienes y servicios ecológicos (13%); y

- Biodiversidad (Cinco zonas de vida de altísima biodiversidad presentes en el área)

Al igual que muchas otras cuencas en Costa Rica y otros países de América Central, este desarrollo viene con un impacto ambiental. Más del 13% de la cuenca del Reventazón presenta un sobreuso hasta el punto que está en peligro su sostenibilidad futura. Un total de 26% de los residuos sólidos no se colecta y no hay tratamiento de aguas residuales a lo largo de la cuenca. Más de 771.900 toneladas de sedimentos son arrastrados aguas abajo de los proyectos hidroeléctricos existentes cada año. Para añadir a estas amenazas de la cuenca, los eventos naturales como la actividad volcánica y las inundaciones relacionadas con eventos climáticos, generan otras amenazas aparte de los disturbios causados por el hombre.

1. CALIDAD DEL AGUA

Se finalizó un modelado bidimensional de la calidad del agua y de la hidrodinámica del embalse Reventazón. Con base en los resultados del modelo, se alcanzaron tres conclusiones. Primero, las temperaturas promedio del agua se incrementaran en 0.78°C y el oxígeno disuelto promedio anual disminuirá en 2.77 mg/l . Habrá una reducción en las variaciones diarias y semanales de la temperatura del agua y del oxígeno disuelto aguas abajo de la presa. Estas temperaturas pueden ser controladas con descargas selectivas usando las dos estructuras de descarga. El incremento en la temperatura promedio del agua se disminuye naturalmente aguas abajo de la presa mientras el intercambio de calor con la atmosfera devuelva la temperatura del río a un estado de cuasi-equilibrio. El patrón general estacional de las temperaturas que existe en el Río Reventazón aguas debajo de la presa no se verá afectado radicalmente por la construcción del embalse.

Segundo, la estructura de la temperatura en el embalse mostrará un patrón común en lagos tropicales a una latitud y altitud similar, esto es, una estratificación mínima variable la mayor parte del año. La diferencia de temperatura entre el hipolimnio y el epilimnio será de $4\text{-}9^{\circ}\text{C}$, y un período corto durante Noviembre y Febrero cuando la estratificación es la más baja (Embalse La Angostura, Umaña-Villalobos, 2007). La existencia de una capa hipolimnetica única hace posible las condiciones anóxicas en las partes más profundas del lago. Sin embargo, esto ocurre en periodos cortos de tiempo dependiendo del viento y la mezcla hidrodinámica. Si el desfogue anual de sedimentos se implementa como una práctica en el Embalse Reventazón, y el embalse se drena cada año, las condiciones anóxicas se pueden evitar y la estructura de las temperaturas que se desarrollará será diferente a la que se pronosticó, dependiendo del tiempo y la extensión del desfogue y las actividades de drenado del embalse.

Tercero, la carga estimada de nutrientes en el embalse muy probablemente causará que el Embalse Reventazón sea eutrófico. Sin embargo, hasta que el lago llegue a una madurez y condición estables, es probable que experimente una mayor productividad debido a las descargas de nutrientes de la zona inundada ribereña, que contiene poca vegetación. Una baja concentración de oxígeno disuelto a lo largo del embalse puede ocurrir durante este tiempo. Después de varios años, la descarga de nutrientes proveniente de los desechos de vegetación restantes será desfogada del embalse. En este tiempo, las cargas de fósforo y nitrógeno se estabilizarán y la calidad de agua mejorará. Inicialmente, las concentraciones de oxígeno disuelto en el embalse experimentarán una disminución. Debido a la reaeración en las estructuras de descarga y en el tramo del Río Reventazón aguas abajo, los niveles de oxígeno disuelto se aproximarán a sus niveles naturales relativamente rápido.

El agua que se descarga del embalse en el río Reventazón se aproxima a su temperatura natural ambiente mientras fluye aguas abajo, perdiendo la mitad de su exceso de calor (comparado con su temperatura natural) aproximadamente 18.3 km aguas abajo de la presa cuando fluye a $40\text{ m}^3/\text{s}$. La tasa de flujo de $40\text{ m}^3/\text{s}$ consiste en la tasa de flujo mínima de la turbina ($25\text{ m}^3/\text{s}$) y la tasa de descarga ecológica ($15\text{ m}^3/\text{s}$). El agua que se descarga del embalse regresa a su concentración de OD natural mientras fluye aguas abajo, y con reaeración vuelve a sus niveles naturales a 4.4 km de la presa cuando fluye a $40\text{ m}^3/\text{s}$.

El ICE ha completado un análisis exhaustivo del caudal mínimo necesario ($15 \text{ m}^3 / \text{s}$) en el tramo crítico basado en las necesidades ecológicas en el río. En comparación con las normas internacionales, este valor se encuentra dentro de las expectativas razonables.

Podrían ocurrir cambios en la calidad del agua del embalse Reventazon asociados a cambios potenciales en la temperatura del aire y la precipitación debido al cambio climático.

Basados en los cambios pronosticados de temperatura de aire y precipitación en América Central para el año 2050 (IPCC4, 2009), los afluentes del Río Reventazón se incrementaron un 5% y se disminuyeron un 15% en todos los flujos observados en Pascua. También las temperaturas de aire se incrementaron 4°C . Estos escenarios se elaboraron para los años 2004, 2005, y 2006. Manteniendo todos los otros factores constantes, los cambios en los afluentes y en la temperatura del aire produjeron cambios en el oxígeno disuelto y en la temperatura del agua. Los aumentos generaron cambios en la calidad del agua,; sin embargo, estos cambios son no-lineales debido a la relación compleja entre flujos, tiempo de retención en el embalse, el crecimiento de algas, fotosíntesis, temperatura del agua, y oxígeno disuelto.

El primer escenario consistió de un incremento del 5% en los flujos y un incremento de 4°C en la temperatura del aire (durante todo el año). Estos cambios ocasionaron un incremento menor de 1°C en la temperatura del agua y un incremento menor de 0.2 mg/l en el oxígeno disuelto promedio. El segundo escenario, una disminución de 15% en la entrada/descarga y un incremento de 4°C en la temperatura del aire (durante todo el año) producen un incremento menor a 0.5°C en la temperatura promedio anual del agua que se descarga de la represa. Las mismas condiciones simuladas producen cambios menores a 0.2 mg/l en las concentraciones de oxígeno disuelto.

CONCLUSION

En general, los impactos del cambio climático en la calidad del agua del embalse y del río Reventazón son bajos. De acuerdo con los escenarios modelados, la temperatura del agua y la concentración de oxígeno disuelto descargado de la presa no podrían ser afectadas significativamente por los efectos del cambio climático previsto para la zona.

En relación a la calidad del agua, la magnitud máxima de impacto en la temperatura del agua es de $+1.27^\circ\text{C}$ y el impacto promedio anual es de $+0.78^\circ\text{C}$. El alcance de estos impactos es local, incluyendo el embalse y los tramos de río aguas abajo, variando en distancia desde directamente debajo de la presa hasta el océano, dependiendo del tiempo del año y el flujo en el río. La duración de estos impactos será a largo plazo (por el tiempo de vida de la presa), y cambiarán en intervalos de tiempo durante el año. La posibilidad de que estos impactos ocurran es alta. No existen estándares internacionales para impactos de la temperatura de las descargas de agua. Basados en estos factores, el impacto térmico se determinó como menor dependiendo de la adaptación de los receptores sensibles al posible incremento de 1.27°C .

El impacto natural de convertir un tipo de medio ambiente acuático (lotico) a otro (lentico, embalse) no se evalúa en este reporte. La magnitud de los cambios en los índices de estado trófico son pequeños y su extensión es local (el embalse). La duración de este impacto es a largo plazo (por el tiempo de vida de la presa) con una probabilidad alta de que ocurra. No existen estándares internacionales para los impactos de índices de estado trófico. Basados en estos factores, el impacto se considera Menor.

Los impactos después de la construcción del embalse son menores para índices térmicos y para índices de estado trófico. Estos impactos pueden mitigarse con esfuerzos operacionales. La existencia de dos estructuras de descarga permite mitigar los efectos de la descarga de agua más caliente mezclando el agua de la superficie que es más caliente con el agua del fondo que es más fría para igualar la distribución de temperatura aguas abajo de la presa. Este mezclado también ayudará a mover la termoclina verticalmente, lo cual puede ayudar a incrementar el mezclado en el embalse. El mezclado vertical en el embalse y un desfogue anual de sedimentos también mitigará las posibles condiciones anóxicas en las regiones más profundas del embalse.

2. SEDIMENTACIÓN

Basados en información y observaciones, el río Reventazón no se encuentra en un estado de balance geomorfológico. El río experimenta depósitos de sedimentos en las secciones de transición, inferior/aluvial y en el estuario. La forma del canal del río ha sufrido múltiples cambios en el ancho, profundidad, elevación y velocidad en toda su longitud. La cuenca del río se está experimentando un crecimiento de la población y cambios de uso de suelo que incrementan la contribución de sedimentos hacia el río, así como efectos hidrológicos que derivan en el transporte de sedimentos hacia y dentro del río. Dentro de este entorno cambiante del río, la construcción del P.H. Reventazón introduce medios potenciales para mitigar los impactos negativos en el río y el estuario. Estudios posteriores y el desarrollo de un plan de gestión adaptativo e integral del manejo de sedimentos serán necesarios para definir y optimizar medidas efectivas para mitigar los impactos.

Hasta este momento, el plan de manejo de los sedimentos para el embalse Reventazón esta siendo elaborado por otros consultores y los planes anuales para el desfogue y drenado del embalse no han sido definidos. El diseño del embalse incluye un componente para almacenar sedimentos el cual podría tomar varios años para su llenado. Si el sedimento del embalse no es liberado anualmente, el material grueso de fondo será retenido en él hasta que el nivel de almacenamiento de sedimentos sea colmatado; estimaciones prelimiars indican que este proceso podrá tomar hasta 20 años.

Directamente aguas abajo de la presa, el proyecto está diseñado para permitir el paso de un caudal mínimo ecológico (caudal de compensación) de $15 \text{ m}^3/\text{s}$ desde la estructura inferior en la presa. Este caudal es un 10% del caudal promedio normalmente llevado por esta sección del río. La disminución del caudal está acompañada por una baja en la carga de sedimentos y un cambio en el tamaño de partículas de los sedimentos que están entrando y siendo depositados en la sección crítica. El material más grueso será retenido dentro del embalse permitiendo primeramente que el material más fino sea transportado dentro y en todo el tramo bypass (tramo crítico).

Durante la época lluviosa cuando el vertedero este descargando el excedente de agua en el tramo crítico, el material depositado más fino de los sedimentos podría resuspenderse y ser llevado aguas abajo. El tramo bypass (tramo crítico) desarrollara eventualmente una nueva condición de equilibrio después de varios años de operación. Si el embalse Reventazón es anualmente drenado y desfogado, como sucede en los otros embalses (Cachi y Angostura) ubicados aguas arriba, el tramo bypass estará en un estado constante de cambio de flujo.

Las secciones de transición e inferior/aluvial del río Reventazón son actualmente incapaces de llevar el excedente de carga de sedimentos que llegan estas zonas. Los resultados del modelo muestran que aproximadamente dos terceras partes del sedimento que lleva el sitio de la presa serán retenidos en las secciones de transición e inferior/aluvial del río. Por lo tanto, el depósito de sedimentos ocurre en estas secciones con sus respectivos impactos: inundaciones, migración del canal, erosión de la ribera del río, formación de barras de arena y grava (deltas), y otros cambios en la morfología del río.

La carga excedente de sedimentos podría incluir aumento en el suministro desde la cuenca, modificaciones del régimen de sedimento por el programa de desfogue del embalse (tiempo y carga del sedimento), alteración del régimen de flujo (moderación de caudales altos y bajos), desestabilización de las orillas del río, mineralogía de fondo del río, deslaves, y otras actividades antropogénicas en el río (tanto aguas arriba como aguas abajo de la presa) y en la cuenca.

La forma en la que el embalse será operado con respecto a la carga de sedimentos en el río Reventazón tendrá la capacidad para estabilizar los tramos ubicados aguas abajo del río y mitigar los impactos del desarrollo del P.H. Reventazón y otras actividades aguas arriba y cambios futuros.

Si la carga de sedimentos para el estuario es de 2 millones de toneladas, la profundidad promedio de los sedimentos depositados podría variar entre 0.67 metros hasta 1.25 metros a través de todo el estuario. Los sedimentos preferentemente se depositaran en lugares con velocidades del agua más lentos y en zonas pantanosas dentro del estuario. Los sedimentos serán depositados en menor cantidad en los canales en donde la velocidad del agua es más rápida.

Dado el cambio potencial en los caudales del río provocados por el cambio climático, los caudales influenciados por los efectos de este fueron también simulados. Los caudales de entrada del río Reventazón fueron incrementados un 5% y disminuidos un 15% para evaluar los cambios potenciales en el caudal. Todos los demás factores se mantuvieron constantes. El incremento de 5% del flujo provoca un aumento de 11% de la carga del sedimento en la presa y un aumento de 11% que entra al estuario. La disminución de 15% en el flujo provoca un incremento de 27% en la carga del sedimento en la presa y una disminución de 31% en la parte final del tramo inferior y dentro del estuario.

CONCLUSION

Los impactos aguas abajo del proyecto reventazon son todavia muy inciertos. Con la finalización de la presa, el río y el estuario continuarán experimentando inundaciones en condiciones de eventos climatológicos extremos, erosión de las riberas, aumento del nivel del lecho del río, y la sedimentación del estuario. Lo unico cierto es que el alcance de estos impactos incluirá el tramo del río directamente debajo de la presa y el estuario y la duración de estos efectos serán a largo plazo (durante la vida útil de la presa y más allá). No hay normas internacionales conocidas sobre los impactos del transporte de sedimentos. Basándose en estos factores, se determinó que la magnitud del impacto dependera significativamente de cómo el ICE planifique operar el embalse del Reventazón y en la manera como los receptores sensibles en el río y el estuario respondan y se adapten a esos cambios. Dado este grado de incertidumbre se propone que la mitigación de estos impactos se planifique a través del desarrollo de un plan de gestión adaptativa, basada en monitoreo y toma de decisiones en el futuro, además de un manejo integral de los sedimentos.

La recomendación más importante generada de esta evaluación es que el ICE desarrolle un plan adaptativo e integral del manejo de sedimentos. El plan debería ser lo suficientemente flexible para adaptarse a los cambios en el río y los cambios en la carga de sedimentos. El plan además debería ser lo suficientemente integral para coleccionar y evaluar información, y calibrar modelos, controlar desfuegos

del embalse para minimizar impactos observados y pronosticados incluyendo cambios en el canal del río y en el estuario.

El plan debe incluir:

- Planes y procedimientos para el control de los desfogues del embalse;
- Respuestas de mitigación para el sedimento liberado, acorde a la hidrodinámica fluvial de los diversos tramos del río;
- Recolección intensa de información, además de la existente del programa ribereño del ICE, para incluir la distribución del tamaño de las partículas del sedimento en todo el tramo y el estuario, distribución del tamaño de partículas del sedimento suspendido en todo el tramo y estuario, caudales simultáneos, documentar el ancho del río y los cambios en la elevación de fondo en coordinación con otras instituciones involucradas;
- Distribución del tamaño de partículas del sedimento suspendido en todo el tramo y estuario, caudales simultáneos, documentar el ancho del río y los cambios en la elevación de fondo;
- Modelos 2D o 3 D hidrodinámicos y de transporte de sedimentos del estuario-requieren información de levantamientos batimétricos;
- Evaluación de las medidas propuestas de mitigación con modelos 2D o 3D;
- Evaluación de los cambios en el uso del suelo y volúmenes de sedimentos que llegan en los ríos desde las zonas altas de las cuencas, de los programas de desfogue del embalse y otras fuentes puntuales, y de los cambios estructurales de fondo del río; y
- Calendarización de las actividades de desfogue del embalse que tendrán lugar durante las temporadas de lluvias cuando los caudales más altos pueden naturalmente mover los sedimentos en todo el sistema del río y salir hacia el mar.

3. GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

Las emisiones netas de GEI fueron estimadas como equivalentes de dióxido de carbono para las condiciones de *pre-llenado* y *post-llenado* del Embalse basadas en los Lineamientos de Mediciones GEI para Embalses de Agua Dulce (La Directriz/Guía) del Programa Hidrológico Internacional y La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura; junto con otras fuentes reconocidas internacionalmente. El embalse del Reventazón se encuentra en construcción y antes del inicio de la construcción no se colectaron datos específicos del sitio. Según lo recomendado por la Directriz y las mejores prácticas, se adquirió información de referencia para otros embalses en climas similares y así poder desarrollar una línea de base para el Reventazón.

Los procesos de emisión de GEI en la fase de *post-llenado* del Embalse incluyen cuatro vías: flujo difusivo, burbujeo, desgasificación, y directamente desde el río aguas abajo de la presa. Se estimó el tiempo de disminución de las reservas de carbono y se determinó la duración del agotamiento en 162 meses (13,5 años) lo cual se ajusta bien al periodo de vida útil del embalse.

Las comparaciones regionales indicaron que las emisiones GEI del PH Reventazón no representan ningún cambio en el portafolio de las emisiones regionales de GEI. Dado que la cartera de generación de energía eléctrica de Costa Rica tiene un alto porcentaje de generación hidroeléctrica, las emisiones de CO₂ de Costa Rica parecen inferiores a los de los países y regiones que dependen de una mayor fracción de su energía a partir de proyectos de energía de combustión.

4. PECES Y SUS HABITATS

El río Reventazón tiene una comunidad de peces de alta biodiversidad, la mayoría de las cuales residen en los tramos medio y bajos del río. La presa del Reventazón producirá un aislamiento adicional de las poblaciones de peces entre el tercio superior y los dos tercios inferiores de la cuenca ya que no hay planes para mover los peces migratorios alrededor del embalse. El aislamiento genético, pérdida de biodiversidad y la pérdida de la pesca en el tercio superior del río son probables. Esto incluye a los peces migratorios bobo, tepemechín y la machaca entre otros. Se desconoce el uso del hábitat en relación a los diferentes estados del ciclo de vida en el río Reventazón para estas tres especies migratorias.

- Los hábitats de la porción baja del río (muy importante para el ecoturismo y la pesca recreativa) permanecerán funcionales si se permite y garantiza la integridad del hábitat ripario. Los picos hídricos asociados con la operación de lavado de sedimentos no afectarán la importante pesca deportiva hacia la desembocadura aunque puede afectar la navegación. Los guías de los tours de pesca anticipan un mayor interés en la pesca deportiva ya que especies como el sábalo y robalo entran en el río cuando suben los niveles de agua. Se anticipa que con un embalse más grande se incrementara el nivel de agua río abajo. A su vez, los pescadores deportivos podrían invertir más en los albergues ecológicos e infraestructura asociada. Esto sería un beneficio socioeconómico inesperado como resultado de la construcción de la nueva presa.
- La química del agua del embalse del Reventazón se deteriorará con el tiempo si no se mitiga la intensa colonización de los lirios de agua (como ha sucedido en los embalses Cachi y Angostura aguas arriba) por tanto hay que tener cuidado con la promoción de cualquier tipo de pesquería/acuicultura en el embalse. El lirio de agua forma una manta densa que flota en la superficie actuando como un aislante térmico. Estas plantas impedirían la fotosíntesis de las algas bajo la superficie del agua. Se anticipa que la demanda por el oxígeno biológico del embalse incrementará (que ya es alta en ambientes tropicales) en el tiempo como resultado de la descomposición de las macrófitas en los sedimentos. Esto afectaría la sobrevivencia de las poblaciones de peces en el embalse del Reventazón.

5. GESTION DE BIODIVERSIDAD

Se considera 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 (directriz B9) 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 tepeméchín), 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 del perímetro del embalse; 3. el componente acuático del paquete de Compensación (Offset) 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 propuesto debe ser liderizada por el ICE de acuerdo con 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.

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

6. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL Y SOCIAL (PMAS) DE LA CONSTRUCCION

El propósito del Plan de Manejo Ambiental y Social (PMAS) para la construcción del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón es establecer normas y orientaciones específicas para abordar las cuestiones ambientales y sociales durante la construcción del Proyecto.

Los objetivos específicos de la PMAS son los siguientes:

- Proporcionar a los contratistas y supervisores con las especificaciones de prácticas para la gestión de los impactos ambientales y sociales que surjan durante la construcción del proyecto;
- Proporcionar los indicadores y productos verificables para supervisar el cumplimiento de las especificaciones ambientales y sociales durante la construcción del proyecto;
- Identificar las necesidades formativas de los diferentes actores involucrados (encargados de obra, supervisores,) el uso y aplicación de la PMAS; y
- Proponer especificaciones para el manejo de impactos sobre las comunidades relacionados con la construcción.

El PMAS se baso en los siguientes documentos:

- Revisión de los manuales del medio ambiente existentes para el desarrollo hidroeléctrico en el plano internacional;
- Elaboración de los Planes de Gestión Ambiental y Social elaborado por el ICE y las prácticas estándar de hecho para proyectos hidroeléctricos en Costa Rica;
- Planes de Manejo Ambiental que se han preparado para otros proyectos hidroeléctricos en Costa Rica y otros países de América Latina;
- Una revisión de las buenas prácticas que se han aplicado para proyectos hidroeléctricos en Costa Rica y América Latina;
- Revisión de los requisitos legales a nivel nacional correspondiente a la construcción de proyectos hidroeléctricos y proyectos hidroeléctricos en general; y
- Revisión de las normas internacionales de un Código de Ingeniería de prácticas para la gestión de proyectos de desarrollo (BID directrices y políticas de salvaguarda del Banco Mundial las políticas de salvaguardia, directrices de la CFI, y las directrices IHA).

El PMAS contiene especificaciones y guías de buenas prácticas sobre los siguientes temas:

- Responsabilidades ambientales durante la construcción
- Marco de cumplimiento ambiental

- Especificaciones ambientales y sociales para los encargados de obras y procesos
- Fuerza laboral e instalación de campamentos y sitios de trabajo
- Desmonte, revegetación y restauración de la aéreas afectadas por el proyecto
- Manejo de los impactos durante la construcción
- Plan de manejo de los desechos
- Almacenamiento y manejo de materiales de construcción
- Plan de mantenimiento
- Protección y Conservación de la flora y fauna
- Plan de seguridad
- Encuentros fortuitos de bienes culturales
- Salud y relaciones con la comunidad

7. EVALUACION DE EFECTOS ACUMULATIVOS

Los efectos acumulativos han sido probablemente uno de los temas más discutidos en el foro de las evaluaciones sociales y ambientales de los últimos años; aunque como práctica esta disciplina todavía tiene que cumplir la promesa de facilitar la gestión de múltiples usos en un paisaje que cada vez está más reducido (Duinker and Greig 2006).

La Política de Salvaguarda Ambiental del Banco Interamericano de Desarrollo (2006) establece que la evaluación de efectos acumulativos (EEA) de las operaciones financiadas por el Banco debe realizarse a nivel de selección y evaluación. Sin embargo, dentro del BID se ofrece poca orientación de cómo deben ser efectuadas en los estudios de impacto ambiental. En particular, los prestatarios del sector privado se enfrentan a retos en la forma de completar una EEA, y de cómo lidiar con los problemas de delimitación espacial y temporal, que metodologías y técnicas deben seguir, quien es responsable por una determinada contribución en la EEA y como una EIA debe ser implementada incluyendo la definición de la gestión de los efectos acumulativos.

El proyecto hidroeléctrico Reventazón (PH Reventazón) es el mayor proyecto hidroeléctrico que se está construyendo en Costa Rica (305 mW) y es el proyecto de inversión de infraestructura más grande realizado hasta la fecha por el Instituto Costarricense de Energía (ICE). En el 2008 se elaboró un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y aprobada por la Autoridad Ambiental de Costa Rica (SETENA) en julio del 2009. Aunque los efectos acumulativos se mencionaron en el EIA, el nivel de análisis presentado no se consideró compatible con las políticas de salvaguarda del BID que son necesarias para la evaluación del proyecto. Por lo tanto, una evaluación adicional de los efectos acumulativos fue solicitada por el BID como parte de los estudios adicionales del medio ambiente

METODOLOGÍA

En el caso del PH Reventazón, se tomaron en cuenta ciertos factores limitantes y consideraciones metodológicas específicas que enmarcaron la EEA de la manera siguiente:

1. La metodología de Efectos Acumulativos es relativamente nueva en Costa Rica y existen pocos ejemplos donde ha sido incorporada a los procesos de gestión y planificación del uso de la tierra.
2. El equipo ambiental del ICE tiene poca experiencia en la evaluación de efectos acumulativos
3. La información aprovechable sobre proyectos y actividades a nivel de la Cuenca del Reventazón no es detallada, se presenta en un documento general de planificación para la cuenca del Reventazón y el Parismina (Unidad de Gestión Nacional 2008).
4. El EIA debería incluir no solo los componentes del PH Reventazón y de los otros proyectos hidroeléctricos de la cuenca, sino todos los otros proyectos y acciones que ocurren en un marco espacial y temporal definido.

En Costa Rica todavía no se ha establecido un marco de planificación y gestión de efectos acumulativos; es necesario iniciar un proceso de sensibilización con instituciones gubernamentales para presentarles el concepto de forma eficiente y respetando las responsabilidades y prioridades de estas instituciones.

Se empleó la siguiente metodología como una forma de evaluar los efectos acumulativos del desarrollo del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón, en relación con otras actividades y proyectos que ocurren en toda la cuenca:

1. Identificar los componentes de valor² que podrían ser impactados por el desarrollo hidroeléctrico en el río Reventazón.
2. Definir el marco espacial y temporal del análisis de la EEA.
3. Definir que otros proyectos hidroeléctricos deben ser considerados en el Reventazón.
4. Definir qué otras actividades y proyectos pueden dar lugar a efectos acumulativos dentro de la cuenca del Reventazón, en combinación con el desarrollo hidroeléctrico.
5. Determinar como estas actividades de los proyectos interactúan con los componentes de valor y como pueden dar lugar a efectos acumulativos.
6. ¿Qué análisis y acciones adicionales son necesarios para cuantificar estos efectos?
7. ¿Qué marcos simples de gestión pueden ser desarrollados para los efectos acumulativos?

Con base en la identificación de componentes de valor se elaboró una lista que refleja las prioridades de los estudios complementarios (e.g., calidad del agua, biodiversidad terrestre y acuática) y también aquellos considerados prioritarios por el equipo ambiental del ICE.

- El límite espacial de la EEA se determina por la delimitación de la Cuenca del río Reventazón desde su cabecera hasta el punto de su desembocadura en el Mar Caribe. Los límites temporales se definieron desde el tiempo actual hasta el 2020 incluyendo e; desarrollo completo de otros proyectos hidroelectricos. El escenario de Desarrollo Completo solo considera el desarrollo de los proyectos Izarco, Reventazón y Torito en el 2020, pero ningún otro proyecto de desarrollo después de esa fecha. Se consideró que cualquier análisis posterior al 2020 no sería confiable o sujeto a cualquier grado de certidumbre.

² Un componente de valor es un aspecto del medio ambiente que se considera importante en función de una preocupación económica, social, cultural, ecológica, jurídica o política (Antoniuk et al. 2009) que pueden ser afectados por el desarrollo dentro de la cuenca del Reventazón. También se han definido como los componentes valiosos del ecosistema, o VECs por sus siglas en ingles.

Otros proyectos y actividades que contribuyen a los efectos acumulativos son los siguientes:

- Plantaciones de bananos y piña;
- Otros cultivos;
- Ganadería y la industria láctea;
- Desarrollo urbano; y
- Adicionalmente, se consideraron eventos naturales tales como la actividad volcánica y las inundaciones.

Se elaboró una matriz de análisis de los efectos acumulativos la cual es presentada en detalle en el reporte de Efectos Acumulativos. Los componentes de valor que parecen tener el mayor grado de susceptibilidad a los efectos acumulativos son los siguientes:

- Calidad de agua
- Sedimentos
- Biodiversidad acuática
- Biodiversidad terrestre
- Recursos culturales
- Servicios básicos

CONCLUSION

Considerando que el análisis de los efectos acumulativos de la Reventazón PH es preliminar, todavía a un nivel de definición de alcance (scoping), las principales recomendaciones son las siguientes:

Implementar un programa de monitoreo y seguimiento para evaluar la calidad del agua en toda la cuenca del Reventazón (alta, media y baja), con particular énfasis en el estuario del PN Tortuguero. Identificar las fuentes de contaminación puntuales e implementar programas de control y reducción de contaminación.

1. Implementar un programa de monitoreo y seguimiento para evaluar la calidad del agua en toda la cuenca del Reventazón (alta, media y baja), con particular énfasis en Caño Negro, entrada al PN Tortuguero. Identificar las fuentes de contaminación puntuales e implementar programas de control y reducción de contaminación.
2. Desarrollar un plan integral de manejo de sedimentos por todos los proyectos hidroeléctricos en la cuenca del Río Reventazón. Evaluar en más detalle los efectos del PH Reventazón sobre los procesos de sedimentación y erosión en las aguas abajo e implementar un programa de

monitoreo de las condiciones hidrobiológicas en el estuario y evaluar los efectos potenciales sobre el PN Tortuguero.

3. Considerar un paquete de Compensación acuática que 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.
4. Consolidar un corredor biológico funcional que se conecte al sistema de corredores existentes propuestos, particularmente en la zona de la cola del embalse del PH Reventazón.

8. RECOMENDACIONES

Los resultados de los estudios ambientales adicionales resumidos en este informe han complementado el EIA del PH Reventazón y proporcionan información suplementaria que debe ser evaluada por el BID como parte de las siguientes fases de evaluación ambiental, financiera y técnica del proyecto. Los siguientes cuatro temas agrupan las recomendaciones clave de los estudios ambientales adicionales. Estos temas deben ser considerados en más detalle en la siguiente fase del estudio.

8.1 Realizar un plan de manejo adaptativo del sistema hidrobiológico Parismina-Reventazón –Tortuguero

Existe todavía un alto grado de incertidumbre con respecto a los efectos de la construcción y operación del PH Reventazón sobre la hidrobiología de la cuenca baja del Río Reventazón y la evaluación de los impactos potenciales en el PN Tortuguero. Es posible que el embalse del PH Reventazón retendrá sedimento durante algún tiempo indefinido y que los efectos erosivos aguas abajo se incrementen, lo cual se describe como el síndrome del río hambriento. Estos impactos deben ser evaluados teniendo en cuenta otros impactos antropogénicos derivados de las plantaciones de piña y banano junto con la construcción de canales de desvío.

Es importante desarrollar un programa de monitoreo para la cuenca baja del Río Reventazón enfocado en la evaluación de las condiciones de calidad del agua y las variables ecológicas. El programa de monitoreo debe prestar especial atención a lo siguiente:

- Navegabilidad
- Producción biológica, en particular en el área del estuario
- Proceso y esfuerzos de erosión y los cambios morfológicos en el estuario
- Calidad del agua
- Impactos potenciales sobre la integridad del PN Tortuguero

Los resultados de este programa de monitoreo deben ser utilizados para desarrollar un plan de manejo adaptativo para la operación del PH Reventazón incluyendo la prescripción de las medidas de mitigación específicas y el desarrollo de un marco de toma de decisiones teniendo en cuenta los umbrales y las acciones de gestión.

8.2 Elaborar un plan de mitigación que facilite la consolidación del Sub-corredor biológico Barbilla-Destierro en el área de la cola del embalse del PH Reventazón

El embalse del PH Reventazón creará una barrera física que dividirá el Sub-corredor biológico Barbilla-Destierro (SBBDD). El área del SBBDD, también conocida como 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 Corredor Biológico Mesoamericano (Grúas I y II). Es parte del Corredor biológico Cordillera Volcánica Central-Talamanca. El corredor ha sido validado 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.

La consolidación del Sub-corrredor Barbilla-Destierro debe enfatizar lo siguiente:

- Restaurar la conectividad en áreas propuestas prioritarias;
- Implementar un plan de protección en bosques remanentes para evitar la fragmentación adicional;
- Apoyar significativamente la consolidación de la comisión del SBBD, incluyendo apoyo para que el SBBD cumpla con los requisitos solicitados en el Decreto N°33106-MINAE del año 2006 para ser reconocido por el MINAET;
- Desarrollar un mecanismo de financiamiento y estimación de costos de las actividades del SBBD.

8.3 Implementar un programa de compensación (Offset) acuática en un río funcional y ecológicamente similar

El desarrollo de un proyecto de compensación (Offset) acuático robusto en un río diferente al Reventazón, con resultados de impacto (*Outcomes*) a largo plazo se fundamenta en los siguientes puntos:

1. *Los impactos directos del PH Reventazón 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 producirá cambios físicos profundos en el río Reventazón, los que a su vez se traducirán en efectos biológicos en particular sobre los peces y la restante fauna y flora riverense impactada en forma directa e indirecta. El río aguas abajo de la represa recibirá un caudal que, debido a que responderá a las demandas de producción de energía, diferirá del régimen natural del río, tanto en su comportamiento medio como en los patrones de variabilidad. Esto afectará profundamente a especies cuyo ciclo está adaptado al régimen hídrico del río en su comportamiento de migración, reproductivo, o alimentación. La regulación del caudal además producirá cambios químicos, térmicos y sedimentológicos del agua debajo de la represa, posiblemente con grandes efectos sobre la fisonomía del río, el comportamiento y el estado fisiológico de los peces.

2. *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.*

El plan para un proyecto de compensación debe incluir los siguientes aspectos relevantes:

- Criterios de Selección de Sitio
- Análisis/matriz de opciones de Ecosistemas Fluviales equivalentes y sin barreras
- Plan preliminar de gestión del Offset
- Evaluación Ecológica y Social Rápida del Sitio Offset
- Posibles actividades de Mitigación y monitoreo
- Mecanismo de financiamiento y estimación de costos

8.4 Fortalecimiento de la Unidad de Gestión Ambiental y Social del ICE durante la fase de construcción

La aplicación del Manual Ambiental de Construcción del proyecto requerirá fortalecer la gestión ambiental del ICE. Este fortalecimiento debe incluir:

- Desarrollar y capacitar una Unidad de Supervisión Ambiental, Monitoreo y Seguimiento durante la fase de construcción del PH Reventazón;
- Implementación del Manual Ambiental y Social para la Construcción;
- Implementar un programa de capacitación en supervisión de la construcción y seguimiento;
- Desarrollar indicadores estandarizados de desempeño;
- Implementar procedimientos ambientales y sociales para todos los contratistas y sub-contratistas del ICE;
- Implementar un mecanismo efectivo de manejo de reclamos y respuestas durante la construcción; y
- Proponer un marco de cumplimiento de los encargados de obra , una definición de los incumplimientos severos, moderados o leves y y las sanciones por incumplimiento.

9. LITERATURA CITADA

Duinker, P. and L. Greig (2006). "The Impotence of Cumulative Effects Assessment in Canada: Ailments and Ideas for Redeployment." Environmental Management **37**(2): 153-161.

Unidad de Gestion Nacional (2008). Plan de Cuenca del Rio Reventazon-Parasima 2008-2010. Programa de Reducción de la Vulnerabilidad y Degradación Ambiental (PREVDA) San Jose, Costa Rica, Unión Europea – SICA ALA/2005/017-550.