

<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v70iS1.53562>

Compensación en un sistema fluvial: el caso del Río Parismina, Costa Rica

Anny Chaves Quirós¹;  <https://orcid.org/0000-0003-4340-9415>

1. Consultora independiente. San Pablo, Heredia, Costa Rica. anny.chaves13@gmail.com

Recibido 17-VI-2022. Corregido 09-XI-2022. Aceptado 14-XII-2022.

ABSTRACT

Compensation in a fluvial system: the study case of the Parismina River, Costa Rica

Introduction: The construction of the Reventazón Hydroelectric Project (PH) was the sixth development in the main channel of the Reventazón river in the Caribbean of Costa Rica.

Objective: This project identified residual and cumulative impacts on the main river system, and here we describe how those impacts were compensated.

Methods: Based on baseline studies, the habitat lost in the Reventazón River due to the hydroelectric project was quantified, particularly in the area currently occupied by its reservoir and the section up to the PH Angostura dam. In addition, the environmental gain that would result from protecting the Parismina-Dos Novillos rivers, which are part of the same drainage system, was evaluated. The potential compensation was fulfilled by declaring the Parismina-Dos Novillos as a river system free of barriers, that is, free of future hydroelectric dams, and by promoting a series of management programs that were implemented on the banks of those rivers. To demonstrate the non-loss of biodiversity, an expression was used that compares the expected improvement in the quality of the aquatic habitat in the Parismina-Dos Novillos river with the loss of aquatic habitat in the Reventazón river.

Results: By executive decree, the program for the conservation and sustainable use of the Parismina-Dos Novillos fluvial system was declared of public interest as a river without barriers and called the “Parismina and Dos Novillos Fluvial Compensation Program.” In addition, the Bobo-Fish Biological Corridor was established, including this river system and protecting its biodiversity.

Conclusions: The Parismina Fluvial Compensation Program provides an alternative to compensate for residual impacts on aquatic systems. It could serve as a reference framework to achieve environmental gains in these riverine systems.

Key words: Environmental compensation, Reventazón River, Parismina River, Compensation in fluvial systems, loss in biodiversity

RESUMEN

Introducción: La construcción del Proyecto Hidroeléctrico (PH) Reventazón fue el sexto desarrollo en el cauce principal del río Reventazón en el Caribe de Costa Rica.

Objetivo: Este proyecto identificó impactos residuales y acumulativos en el sistema fluvial principal, y aquí describimos cómo se compensaron esos impactos.

Métodos: Con base en estudios de línea base, se cuantificó el hábitat perdido en el río Reventazón por el proyecto hidroeléctrico, particularmente en el área que actualmente ocupa su embalse y el tramo hasta la presa PH Angostura. Además, se evaluó la ganancia ambiental que resultaría de la protección de los ríos Parismina-Dos Novillos, que forman parte del mismo sistema de drenaje. La potencial compensación se cumplió declarando el Parismina-Dos Novillos como sistema fluvial libre de barreras, es decir, libre de futuras represas hidroeléctricas,



y promoviendo una serie de programas de gestión que se implementaron en las riberas de esos ríos. Para demostrar la no pérdida de biodiversidad se utilizó una expresión que compara la mejora esperada en la calidad del hábitat acuático en el río Parismina-Dos Novillos con la pérdida de hábitat acuático en el río Reventazón.

Resultados: Por decreto ejecutivo, el programa para la conservación y uso sustentable del sistema fluvial Parismina-Dos Novillos fue declarado de interés público como río sin barreras y denominado “Programa de Compensación Fluvial Parismina y Dos Novillos”. Además, se estableció el Corredor Biológico Pez Bobo, que incluye el mencionado sistema fluvial y que protege su biodiversidad.

Conclusiones: El Programa de Compensación Fluvial de Parismina brinda una alternativa para compensar los impactos residuales en los sistemas acuáticos. Podría servir como marco de referencia para lograr ganancias ambientales en estos sistemas fluviales.

Palabras clave: compensación ambiental, Río Reventazón, Río Parismina, Compensación en sistemas fluviales. Pérdida en biodiversidad.

Compensación ambiental en la pirámide de mitigación.

Los proyectos de compensación ambiental relacionados a pérdida en biodiversidad se definen como “resultados de conservación medibles, producto de acciones encaminadas a compensar los impactos adversos residuales significativos en la biodiversidad producto del desarrollo de un proyecto que persisten después de que se han tomado las medidas de prevención y mitigación apropiadas” (Business and Biodiversity Offsets Programme, 2012).

En el esquema de la pirámide de mitigación, la primera opción es evitar el impacto, ya sea con la no construcción del proyecto o con la modificación y optimización del diseño para evitarlo (Business and Biodiversity Offsets Programme, 2012). El segundo nivel corresponde a las medidas de mitigación, con las cuales el impacto se disminuye. El Estudio de Impacto Ambiental, que por ley se realiza, debe cumplir con esta etapa al definir un plan de gestión que incluya las medidas adecuadas de mitigación para cada impacto identificado. Finalmente, en un nivel superior de la pirámide están las medidas de compensación. Estas medidas se aplican cuando se toma la decisión de realizar la obra y asumir la responsabilidad del impacto. Para ello, se valora el impacto en términos de afectación a la biodiversidad y se compensa ya sea en el mismo lugar o en un sitio diferente, con el objetivo de que no exista una pérdida de biodiversidad (Business and Biodiversity Offsets Programme, 2012).

El objetivo de los proyectos de compensación es lograr una pérdida neta de cero, o preferiblemente, una ganancia neta en términos de biodiversidad con respecto a la composición de las especies, la estructura del hábitat y servicios de los ecosistemas (ten-Kate & Crowe, 2014), incluidos los recursos relacionados a los medios de subsistencia de las comunidades. Es importante, por lo tanto, que se dé un acuerdo entre todas las partes interesadas acerca de lo que puede y no puede ser compensado.

Se pueden mencionar dos enfoques diferentes de compensación de biodiversidad (Crowe & ten-Kate, 2010): los programas voluntarios y los requeridos por ley. Los programas voluntarios son aquellos donde los desarrolladores toman la responsabilidad de compensar los impactos de sus proyectos en ausencia de un marco legal o jurídico que se los exija. En este enfoque, generalmente el objetivo es ganar alguna ventaja competitiva en el mercado o el negocio (como permisos de trabajo, ganancia de reputación o apoyo financiero). La compensación obligatoria es la que es exigida por ley. Existen dos formas en que los gobiernos pueden incluir la política de compensación dentro del marco de regulación: (i) a través de provisiones específicas para actividades predefinidas, como, por ejemplo, pérdida temporal de biodiversidad producto del manejo sostenible de bosque; (ii) a través de la incorporación de provisiones en leyes y políticas nacionales. Dentro de la segunda categoría se pueden mencionar la obligatoriedad de los estudios de

impacto ambiental, la planificación territorial y otras políticas ambientales globales.

Desde hace tiempo, la compensación biológica es parte del marco legal de varios países, como los Estados Unidos, Brasil, Colombia, Canadá y algunos países de Europa (ten-Kate et al., 2004); mientras que proyectos voluntarios han sido implementados en Australia, Uganda, Ghana, México, Qatar y Sudáfrica (Burgin, 2008). El esquema de mitigación de humedales definido en 1970 por EE. UU. se considera pionero en el concepto de compensación de la biodiversidad (Burgin, 2008). Desde entonces, se ha convertido en un instrumento ampliamente utilizado a nivel mundial (ten-Kate et al., 2004). En contraste, cerca de 200 países utilizaron la compensación biológica como herramienta para reducir la pérdida de biodiversidad hasta el 2010, en el marco de la Convención de Biodiversidad Biológica (Crowe & ten-Kate, 2010). Entre las industrias en que este esquema de compensación ha ganado más popularidad están la minería, la construcción, la extracción de petróleo, gas y la silvicultura.

La efectividad de la compensación debe medirse en términos de su impacto en la conservación de la biodiversidad. Debido al carácter espacial y temporal del instrumento, existe discusión en relación con la equivalencia entre la biodiversidad protegida y la “sacrificada” producto del desarrollo de un proyecto. Además, existe consenso en que los proyectos de compensación deben ser la última opción, de manera que no se incentive o se dé el mensaje equivocado a los desarrolladores a no mitigar los posibles impactos de su proyecto. La transparencia en el monitoreo y evaluación de la biodiversidad aumenta la confianza entre los participantes y las terceras partes. Ese monitoreo tiene dos fases: (i) levantamiento de la línea base y acuerdos con las partes involucradas; y (ii) monitoreo durante el proceso y postimplementación para verificar el cumplimiento de la meta de cero pérdidas netas de biodiversidad. Para ello, el monitoreo debe enfocarse en criterios definidos desde las etapas iniciales (Santos et al., 2011).

Costa Rica se ha sumado a la lista de países que emplean diferentes tipos de compensaciones. En el caso del Programa de Compensación del Río Parismina que desarrolló el Instituto Costarricense de Electricidad [ICE], objeto de este estudio, se podría decir que es un híbrido entre programas voluntarios y los requeridos por ley, en el tanto que no responde a una regulación nacional, pero que se está ejecutando en respuesta a la condicionante del ente que financia la construcción del proyecto hidroeléctrico.

Antecedentes: producción de energía en el río Reventazón y el impacto en el cauce

El ICE es la entidad gubernamental responsable del desarrollo de las fuentes de energía de Costa Rica. Desde su creación, ha orientado el desarrollo institucional al cumplimiento del mandato definido en la ley de creación del ICE N° 449 (1949), en la cual se le encomienda el desarrollo racional de las fuentes productoras de energía y procurar la utilización racional de los recursos naturales, así como conservar y defender los recursos hidráulicos del país. Con este horizonte, las acciones realizadas en el campo ambiental, en tiempos donde apenas se empezaba a hablar del tema, han ubicado al ICE como institución pionera desarrollando una gestión ambiental que ha servido de modelo para otras instituciones del país. También el ICE ha generado procesos de modificación de leyes en función de la conservación de los recursos naturales, creación de áreas protegidas y mejoras en los mecanismos de control ambiental. En este sentido, los proyectos desarrollados a su cargo se distinguen por marcar la pauta en la evaluación de impacto ambiental y aplicación de la jerarquía de mitigación y compensación de impactos.

El cauce del Río Reventazón fue visualizado en 1953 como una reserva nacional para la producción de energía (Chaves, 2020), como consta en la ley de respaldo económico al ICE, planta eléctrica La Garita (Ley N° 1657, 1953, art. 12 y 13). Actualmente, el Río Reventazón contribuye con un 45 % de la producción



energética del país, lo que resalta su importancia a nivel nacional.

Entre los años 2010 y 2015, el ICE construyó el Proyecto Hidroeléctrico Reventazón en la vertiente Caribe de Costa Rica. Este proyecto contempló la construcción de una represa de 130 m de alto, con lo que se forma un embalse de 8 km² de superficie, una conducción por túnel que desvía las aguas y las restituye 4.2 Km aguas abajo de la presa y una planta con capacidad instalada de 135.5 Mw (ICE, 2008). Debido a que se trataba de un sexto aprovechamiento de las aguas del Río Reventazón para la producción de energía, se realizó una evaluación de los impactos acumulativos (Scott-Brown, Quintero, Roca, Boag, Krallis & Buchack, 2012) y se identificaron impactos residuales que no fue posible evitar ni mitigar. Entre esos impactos se incluyen: la inhabilitación de 40 km de hábitat fluvial entre las represas de Angostura y Reventazón, así como la afectación del ámbito de distribución natural de las especies de peces y camarones de río y la pérdida de conectividad longitudinal entre la cuenca alta y la cuenca baja. Las afectaciones mencionadas fueron valoradas por un equipo externo de consultores, determinando la necesidad de asumir la compensación por el daño acumulado por el uso del sistema del río Reventazón (Scott-Brown, Quintero, Roca, Boag & Krallis, 2012).

El Programa de Compensación Fluvial Parismina-Dos Novillos fue la respuesta ICE para atender los impactos ambientales residuales de la construcción del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón (PH Reventazón) y de los impactos acumulativos de los diversos proyectos de generación eléctrica ubicados a lo largo del Río Reventazón. Los impactos residuales se refieren tanto a los cambios ambientales que son causados por una acción humana como al resultado de la combinación de acciones que después de aplicar las medidas correspondientes no se pueden mitigar (Torrejón, 2015). Esta definición incluye impactos biológicos y físicos, efectos sobre los suelos, la vegetación, la vida silvestre, los recursos hídricos, así como

también los impactos sociales y sobre la salud humana (ICE, 2012).

El PH Reventazón, fue financiado en parte por el Banco Interamericano de Desarrollo [BID] y el Banco Mundial a través de la Corporación Financiera Internacional ([IFC], por sus siglas en inglés, <https://www.ifc.org>). Estas instituciones financieras solicitaron el desarrollo de un programa encaminado a la compensación de los efectos residuales, generados luego de que el ICE adoptara todas las medidas de mitigación apropiadas para reducir los impactos del PH Reventazón. Es esta solicitud de los bancos la que justificó que se realizara la compensación ambiental.

Identificación de un sitio para compensar los impactos causados en el río Reventazón

La selección del río Parismina como el lugar para realizar la compensación ambiental, es producto de un proceso de análisis realizado por el equipo consultor del BID con la participación de profesionales del ICE (Scott-Brown, Quintero, Roca, Boag & Krallis, 2012). Inicialmente se revisaron nueve cuencas ubicadas en la vertiente Caribe, de las cuales se seleccionaron las de Sixaola, Pacuare y Parismina como las que tendrían posibilidad de cumplir con ser equivalentes al ecosistema acuático del río Reventazón. Esos tres ecosistemas fluviales equivalentes compartían los siguientes aspectos clave:

- Comunidades bióticas complejas/historia de vida/niveles tróficos de peces (migratorios y residentes) y macroinvertebrados acuáticos de alta biodiversidad distribuidas en una variedad de hábitats en los ríos principales y sus tributarios.
- Una red hídrica continua e interconectada sin barreras, desde su desembocadura a lo largo de un gradiente altitudinal, asociadas a múltiples zonas de vida.
- Proporcionar condiciones de hábitat adecuadas para satisfacer las necesidades de las diferentes comunidades biológicas propias de los ríos de la vertiente Caribe y de los ecosistemas terrestres asociados.

- Existe (en mayor o menor grado) evidencia de intervención antrópica (plantaciones de bananeras agroindustriales, agricultura de subsistencia, asentamientos humanos de baja densidad, contaminación con plaguicidas/agroquímicos).
- Ofrecen Servicios Ambientales tales como ecoturismo, rafting, pesca y tienen sitios de importancia cultural/indígena/arqueológica (Scott-Brown, Quintero, Roca, Boag & Krallis, 2012).

La decisión de cuál sistema fluvial seleccionar como sitio de compensación recayó en la subcuenca del río Parismina. Se previó que la compensación debía incluir ese río y su afluente el río Dos Novillos, por lo que el sistema a compensar se denominó Parismina–Dos Novillos en este documento. La selección de este sistema se hizo tomando en cuenta que éste forma parte de la misma cuenca que el Reventazón ya que ambos ríos confluyen y desembocan como Río Parismina en el mar Caribe. Se valoró que, por la razón apuntada, la posibilidad de proteger el mismo material genético que se está afectando es mayor. Además, se consideró que las condiciones sociales y políticas del Río Parismina favorecían la gestión de la zona de protección a instaurar. Institucionalmente, el ICE no había proyectado la construcción de proyectos hidroeléctricos en esta subcuenca, aunque sí existían proyectos en estudio por parte de iniciativas privadas. Estos proyectos fueron cancelados ya que ninguno estaba en etapa consolidada. El compromiso de establecer el Río Parismina como un sitio de compensación (offset) quedó plasmada en el documento IBDDOCS # 36864764-v8, Parte III, Anexo L1049, denominado Plan de Acción Ambiental y Social (PAAS) del PH Reventazón (Smith et al., 2018).

Con el objetivo de poder cuantificar la ganancia en biodiversidad, se realizaron los estudios biológicos para identificar una línea base (Chaves et al., 2013) que expresara el estado de la biodiversidad en la cuenca de compensación y definiera el esfuerzo a dedicar y las metas a cumplir para lograr la compensación

en biodiversidad. De igual manera, se realizaron también los estudios socioeconómicos para incorporar a las comunidades en un proceso de gestión integral (ICE, 2013a). A partir de esta línea base se identificaron las metas de mejora en las condiciones de biodiversidad del Río Parismina para igualar o superar la pérdida en el río Reventazón.

Propuesta de compensación

La propuesta para la Conservación del Río Parismina y su afluente Dos Novillos, incluyó acciones de protección con respecto al cauce, a partir de declararlos sitios “offset”. Así, sus cauces serían protegidos de potenciales interrupciones por futuros proyectos hidroeléctricos. Además, se propuso la protección de una zona de ribera que cuenta con cobertura, así como la gestión de áreas por restaurar de un corredor ampliado desde esa zona con la participación y compromiso de los propietarios de las tierras que limitan con el río. De esa manera, se conformó un mosaico que en su conjunto va a restablecer la conectividad longitudinal y lateral del ecosistema ribereño (ICE, 2014).

Para el Plan de Gestión se propuso un enfoque adaptativo, de tal manera que se realizara una evaluación continua para responder a la aceptación y evolución de las medidas y de las condiciones de mejora del medio. La Cuenca Reventazón-Parismina cuenta con una ley especial que establece una Comisión para el Ordenamiento y Gestión de la Cuenca (COMCURE), la cual promueve acciones y coordina los esfuerzos de las instituciones presentes en la zona en favor del manejo de los recursos naturales (Ley N° 8023, 2000). La cuenca tiene categoría de Cuenca HELP UNESCO y ha sido evaluada con un índice de Sostenibilidad de Cuenca (ISC) de valor 0.69, la que la ubica como segunda entre las seis cuencas HELP de América Latina. (Chaves, 2011; Chaves & Alipaz, 2007). Además, el Río Parismina ha sido identificado por el Ministerio del Ambiente y Energía [MINAE] como un vacío de conservación, y se señala como una prioridad para proteger un sistema



acuático que no está representado en otras áreas silvestres del país (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, 2007).

Características del sistema de compensación

El Río Parismina tiene una longitud en su tramo más largo de 93 km hasta su desembocadura. Con un relieve irregular, la pendiente disminuye abruptamente en pocos kilómetros desde la cumbre del Volcán Turrialba (3 340 m.s.n.m.) hasta el pie de monte, luego se corre por una gran llanura que ha sido formada con material aluvional (Arroyo-González, 2022). El clima es húmedo donde la temperatura media anual alcanza los 25.2 °C. La precipitación promedio anual alcanza valores de alrededor de los 4 000 y 5 000 mm en diferentes sectores de la subcuenca. Tiene representación de seis diferentes zonas de vida basadas en la clasificación de Holdridge (Holdridge, 1982). El río Parismina presenta un caudal promedio anual de 35 m³/seg, con caudales máximos 40 y 54 m³/seg en los meses de setiembre a diciembre y presenta mínimos de entre 18 y 20 m³/seg para los meses secos (ICE, 2014).

La evaluación de la condición ambiental de los ríos Parismina y Dos Novillos a partir de estudios de línea base (Chaves et al., 2013), reveló una condición de muy buena calidad para la cuenca alta, y de buena y regular para la parte media y baja, donde hay afectación por actividades de desarrollo agrícola y poblaciones humanas (Fig. 1). En cuanto a su diversidad, los estudios realizados identificaron 172 especies de plantas, 152 especies de aves y se han observado 21 especies que tienen alguna categoría de protección por peligro o amenaza de extinción (Chaves et al., 2013). El ecosistema acuático es igualmente diverso, se evidenció un cambio en el ensamblaje de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos a nivel de género conforme se dan cambios altitudinales, pendiente y condiciones morfológicas del río (Chaves et al., 2013), lo que denota conectividad y cumplimiento de la teoría del continuo (Doretto et al., 2020). La comunidad de macroinvertebrados

acuáticos a lo largo de ambos ríos se mantiene estable y se han documentado cuatro especies de camarones de río y 39 especies de peces (Chaves et al., 2013). Entre estas últimas destacan cinco especies migratorias que son afectadas en el Río Reventazón: *Awaous banana* (Valenciennes, 1837) (guabina, lame arena), *Sicydium* sp (chupapiedras), *Megalops atlanticus* (Valenciennes, 1837) (sábalo), *Agonostomus monticola* (Bancroft, 1834) (tepemechín) y *Joturus pichardi* (Poey, 1860) (bobo) (Chaves et al., 2013; ICE, 2014).

La mayoría de los poblados de la zona de influencia de los ríos Parismina y Dos Novillos, se ubicaron en las cercanías de la ruta nacional #32. En total, la población en esta zona fue estimada en 6787 habitantes. De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de capitales y el diagnóstico rural participativo realizado en el 2013 (ICE, 2013a) se caracterizaron 16 comunidades que tienen influencia directa sobre los ríos Parismina y Dos Novillos. En ellas, sus pobladores, externaron que el recurso agua es vital para su desarrollo, además reportaron conocer cuáles son las condiciones que han ido deteriorando el río e identificaron un ligamen social importante con el río y sus servicios. Existe disponibilidad de trabajar de manera coordinada con el ICE para recuperar ambos ríos. Además, han coincidido con los resultados de la calidad del río, donde reconocen en qué áreas se ha ido contaminando y las causas de esa situación.

El sitio de compensación fluvial Parismina cuenta con el respaldo financiero y organizativo del ICE para un horizonte paralelo al ciclo de vida del proyecto Reventazón. Además, la selección del río Parismina y su afluente Dos Novillos como sistema fluvial para compensar los impactos residuales y acumulativos ocasionados por la construcción del proyecto hidroeléctrico Reventazón cumple con los requisitos que se establecen para los proyectos de compensación (offset) establecidos por el Business and Biodiversity Offsets Programme (2012), un panel internacional que asesora en materia de compensación ambiental.

Debido a estas razones, se consideró que el sitio de compensación fluvial Parismina–Dos Novillos como un programa viable para compensar el impacto residual ocasionado por la construcción del PH Reventazón y que permitía proyectar una no-pérdida-neta de biodiversidad. Adicionalmente, con la selección de este sitio se espera una mejora de la condición general de los ríos Parismina y Dos Novillos con la participación positiva en la gestión de medidas de restauración en la ribera de la zona de protección de ambos ríos.

Metodología para contabilizar la pérdida de biodiversidad y cumplimiento de la compensación

Para cumplir con las premisas de no-pérdida-neta en biodiversidad en la protección del Río Parismina y Dos Novillos con respecto a los impactos residuales ocasionados en el río Reventazón, se utilizó un instrumento de análisis cuantitativo que toma en cuenta la cantidad y calidad del hábitat acuático afectado con respecto a la cantidad y calidad de hábitat acuático protegido en el escenario actual (información de línea base) y en escenarios futuros (proyectados por la gestión del proyecto). Adicionalmente, se tomó en cuenta la pérdida que se evita al declarar el sistema Parismina–Dos Novillos como offset y evitar que se construyan proyectos hidroeléctricos y otras barreras en ese río. Es importante anotar que, en el momento del análisis, existía una solicitud por parte de una empresa privada para construir un proyecto hidroeléctrico (PH Parismina) en la parte alta del río Parismina, pero esta solicitud fue rechazada por el ICE al comprometerse a realizar la compensación en el mencionado río.

El instrumento de análisis fue especialmente diseñado para este proyecto y es el resultado del aporte de un panel de expertos en coordinación con el equipo ICE (Scott-Brown, Quintero, Roca, Boag & Krallis, 2012). La no-pérdida-neta se logra si la compensación es igual o mayor a las pérdidas generadas por impactos residuales. En este caso se razonó que esa condición sucedería si la pérdida evitada

por futuros impactos más la ganancia de calidad con el offset en Parismina–Dos Novillos es mayor a la pérdida ocasionada por el proyecto hidroeléctrico en el río Reventazón.

La valoración de la no pérdida de biodiversidad se realizó utilizando la expresión (1):

(1)

$$[q1 p * y + \sum(q2-q0)_i z_i] \geq q3x$$

Donde: p es la probabilidad de no construir el PH Parismina causando la pérdida de y km de río, $q1$ es la calidad de hábitat en el sitio de compensación, $q2 - q0$ es el cambio de la calidad de hábitat al proteger el entorno en la compensación, z es la longitud del tramo del río en compensación i y x es la longitud en el tramo afectado en el Reventazón. Así, el término $q1p*y$ corresponde a la pérdida evitada al no construir proyectos en el sistema de compensación que tiene calidad de hábitat $q1$. Por su parte $(q2-q0)_i z_i$ es la ganancia de calidad con el offset, es decir la mejora de la calidad de hábitat a lo largo del trayecto de compensación. Finalmente, $q3x$ es el impacto residual del PH Reventazón, esto es, la calidad de hábitat previa a la intervención del cauce (determinada por estudio de línea base) a lo largo de x km de la sección del río afectada por el proyecto (aguas abajo de Angostura y hasta represa Reventazón).

Desarrollando (1) para las secciones del río Parismina (ca = cuenca alta, cm= cuenca media y cb= cuenca baja) y del río Dos Novillos (dn) quedaría la expresión (2):

(2)

$$[q1 p* y + (q2ca - q0ca)z1 + (q2cm - q0cm)z2 + (q2cb - q0cb)z3 + (q2dn - q0dn)z4] > q3 x$$

La ganancia en calidad de hábitat tuvo como referencia la calidad encontrada antes del inicio de la toma de medidas, que es la línea base que se cerró con los muestreos de octubre – noviembre 2014, con respecto a lo esperado por mejorar a partir de las acciones



de gestión. La pérdida de la calidad de hábitat en el Río Reventazón se contabilizó a partir de la calidad observada en ese sitio previo al inicio de la construcción en 2009. La cuantificación de la pérdida de hábitat fluvial en el Río Reventazón (relacionada a los impactos residuales) se realizó en el tramo de hábitat entre la cola del embalse del PH Reventazón y la represa de la Angostura, una longitud de río de 34.2 km. Dado que este tramo quedó fragmentado y sin comunicación aguas abajo para las especies migratorias de peces y camarones de río, adicionalmente se perdió la conectividad longitudinal y el transporte de material alóctono proveniente de las cabeceras de los ríos de este tramo.

La calidad de hábitat fluvial se determinó utilizando indicadores sobre aspectos de calidad del agua (índices ICA y BMWP-CR [Decreto 33 903, 2007; Springer et al., 2010]), calidad del hábitat de la zona de ribera (Munné et al., 1998; Rodríguez-Téllez et al., 2012), la funcionalidad hidrogeomorfológica (IHG) (Ojeda et al., 2003; Ollero-Ojeda et al., 2008) y la heterogeneidad del hábitat fluvial (Pardo et al., 2002). La longitud del cauce para cada uno de los tramos en el río Parismina y río Dos Novillos, se midió a partir de las hojas cartográficas 1:50000 (https://www.snitcr.go.cr/ign_ign).

Valoración de la Pérdida de Biodiversidad en el Río Reventazón

En los estudios realizados por los consultores del BID (Scott-Brown, Quintero, Roca, Boag, Krallis, & Buchack, 2012) se identificaron los impactos residuales y acumulativos que afectan la biodiversidad por el proyecto en el Río Reventazón. Estos impactos se resumen como: interrupción de la conectividad longitudinal, restricción del ámbito de distribución de las especies de peces por el obstáculo de la represa, inhabilitación de 34.2 km de hábitat acuático que será inundado por el embalse y el hábitat afectado por falta de conectividad entre la cola del embalse y la represa de Angostura, la pérdida de las condiciones de calidad de

hábitat en 59.8 km por disminución del caudal en el tramo regulado y en 4 km en el tramo crítico (Scott-Brown, Quintero, Roca, Boag, Krallis, & Buchack, 2012).

Ahora bien, la pérdida del caudal aguas abajo de la presa fue indemnizada durante la fase operativa del proyecto al aceptarse la propuesta de un caudal ambiental identificado a partir de la aplicación de la metodología denominada RANA, desarrollada por expertos del ICE y de la Cooperación Sueca (Krasovskaia & Rodríguez, 2007). Esta metodología es un enfoque de panel de expertos diseñado para establecer el caudal mínimo requerido para mantener condiciones biológicas y socioeconómicas en un sistema fluvial, examinando respuestas interactivamente para diferentes escenarios de regulación de flujo y posteriormente seleccionar el más conveniente (Chaves et al., 2010). Además, se realizaron cambios al diseño de la casa de máquinas original a fin de asegurar el mantenimiento de las condiciones de hábitat acuático para cumplir con las restricciones ecológicas y socioeconómicas, así como la construcción de una mini-central al pie de presa, que aporta parte del caudal ambiental para el tramo crítico. Esas modificaciones fueron consideradas acciones resarcitorias, por lo que el impacto en 63.8 km de hábitat acuático se descontó de la pérdida de biodiversidad para compensar.

La contabilización de la pérdida se enfocó entonces en la calidad del hábitat acuático de los 40 km que se pierden al inundar el cauce con la construcción de la represa y la formación del embalse. Se tomó como línea base las condiciones que el cauce presentaba previo al inicio de la intervención sobre este.

Valoración de la ganancia / no pérdida en el Río Parismina

La valoración de la pérdida evitada, que corresponde al primer factor de la expresión (1), contabiliza el peso de la decisión del ICE de no aprobar la elegibilidad del PH Parismina y no abrir a concurso futuros proyectos en los ríos Parismina y Dos Novillos. Este factor se

relaciona al cauce del río Parismina que se afectaría por fragmentación de hábitat, tanto por la presa como por ausencia de un caudal ambiental o de compensación y la regulación provocada por un proyecto que opera en picos y no restituye el agua las 24 h del día. Para la valoración de la ganancia en calidad de hábitat con la declaración del Sitio de Compensación Fluvial Parismina–Dos Novillos y la implementación de medidas que llevarán a una mejora de la calidad de hábitat y por lo tanto una mejora en biodiversidad, se tomó en cuenta la ganancia con respecto al estado de partida, el cual fue definido teniendo como referencia la línea base con cierre con la información recolectada a diciembre 2014 (Instituto Costarricense de Electricidad, 2014).

Para el cálculo de las variables en las expresiones (1) y (2) se utilizó la información de campo recolectada y procesada por equipos especializados del ICE. La información del río Reventazón se fundamentó en la información de línea base recopilada durante el estudio de impacto ambiental (ICE, 2008), además de datos de calidad hábitat y biodiversidad recolectados hasta el año 2010, en el que se da por iniciada la fase de construcción del PH Reventazón. Para los ríos Parismina y Dos Novillos se utilizó la información recolectada para línea base generada en el 2013 y 2014 (ICE, 2013b; ICE, 2014), lo que representó la calidad de hábitat inicial q_0 (Fig. 1A). Como un primer paso para estimar q_2 , se tomó el criterio de los participantes en los estudios ambientales identificando las condiciones que se pueden mejorar y a partir de q_0 se proyecta el escenario futuro del proyecto offset en el contexto de la realidad social y ambiental de los ríos Parismina y Dos Novillos. A partir de esos criterios y empleando la expresión (2) se evaluó si era posible lograr la no-pérdida-neta con el proyecto de compensación fluvial Parismina y Dos Novillos (Fig. 1).

Utilizando los valores expuestos, como prueba, se procede a sustituirlos en la expresión (2) y se despejan. Los resultados buscan demostrar que el ICE está en posibilidad de cumplir con el compromiso de lograr la

no-pérdida-neta, con el proyecto de compensación fluvial Parismina y el afluente Dos Novillos. Según la proyección seguida, la calidad futura q_2 de cada sector mejoraría con proyectos de gestión ambiental (Fig. 1B). Una conclusión entre los participantes de ese ejercicio fue que mejorar la calidad del hábitat encontrada q_0 para alcanzar la meta de q_2 requeriría realizar un importante esfuerzo de manejo y conservación de la subcuenca.

Propuesta integral para un río sin barreras

Una vez proyectadas posibles ganancias ambientales, se propuso un plan de gestión integral para la zona de protección de ribera y una franja a completar 500 m al lado de cada margen del río Parismina y Dos Novillos. Este plan contempló el monitoreo y seguimiento de 21 proyectos de conservación y gestión ambiental en diferentes comunidades de la zona de amortiguamiento propuesta. La pretensión fue fortalecer los aspectos que se requerían para mejorar la calidad ambiental de las riberas y del hábitat acuático. Otros tres proyectos realizados estuvieron relacionados a gestión política. La identificación de proyectos se elaboró a partir del diagnóstico ejecutado durante los estudios de línea base, donde además de la calidad del hábitat acuático, se realizó el estudio social. De esta manera fue posible identificar las oportunidades para implementar el plan de gestión según los objetivos definidos y las áreas de acción identificadas (Tabla 1).

Los proyectos propuestos para establecer el compromiso ambiental se distribuyeron a lo largo del área de protección establecida, con el fin de fortalecer en las comunidades los aspectos de mayor coincidencia con los intereses comunales y el capital natural identificado.

Para el establecimiento del sitio de compensación se elaboraron una serie de documentos que han permitido fundamentar los aspectos teóricos, legales y de viabilidad social ambiental. Así mismo, se realizaron consultas con las comunidades en temas relacionados a las prioridades de conservación y gestión, así como en la propuesta legal (ICE, 2013b). Cada

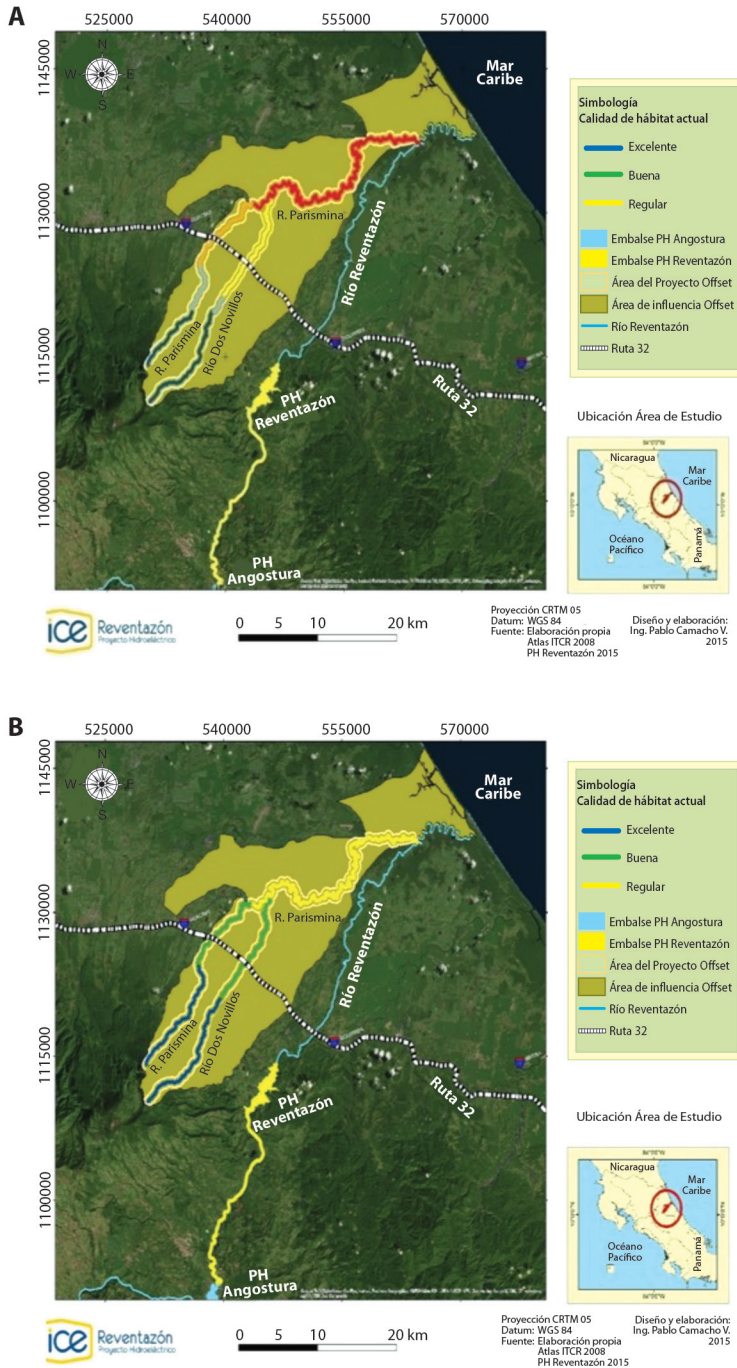


Fig. 1. Calidad de hábitat en sistema fluvial de compensación. A) Calidad inicial q_0 basada en observaciones de línea base. B) Calidad de hábitat futura q_2 , a la que se espera llevar la condición del río como producto de la gestión ambiental propuesta (ICE, 2015a). / **Fig. 1.** Habitat quality in a compensation river system. A) Initial quality q_0 based on baseline observations. B) Future habitat quality q_2 , to which the condition of the river is expected to lead because of the proposed environmental management (ICE, 2015a).

Tabla 1

Proyectos dentro de la propuesta integral según su área estratégica. / **Table 1.** Projects within the comprehensive proposal according to their strategic area.

Area estratégica	Código	Proyecto
1.1 Monitoreo de hábitat acuático	1PGP	Estudios hidráulicos e hidrológicos
	2PGP	Monitoreo de fauna acuática
	3PGP	Monitoreo de la calidad físico, química y biológica del agua
	4PGP	Monitoreo participativo.
1.2 Monitoreo participativo de los ríos	5PGP	Educación e interpretación ambiental.
	6PGP	Demarcación digital de la zona de protección y zona de amortiguamiento
2.1 Restauración de riberas y calidad del agua	7PGP	Restauración de riberas.
	8PGP	Estudio de contaminación y eco-toxicología del Río Parismina
	9PGP	Manejo sostenible, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales.
2.2 Manejo Sostenible de la zona de amortiguamiento	10PGP	Buenas prácticas agrícolas
	11PGP	Construcción de Proceso de Agro-Eco-encadenamientos como alternativa empresarial y comercialización de productos agrícolas.
	12PGP	Ganadería bovina sostenible
	13PGP	Programa de Manejo de residuos agropecuarios, para la valorización y recuperación de materiales aprovechables.
	14PGP	Programa de Manejo de residuos ordinarios.
3.1 Ejecución de las propuestas sobre el marco legal	Sin numeración	Gestión del decreto de la constitución del sitio Offset.
4.1 Gestión integral de los recursos hídricos y los riesgos asociados	15PGP	Desarrollo participativo y ejecución de un plan de gestión de recursos hídricos en tres comunidades cada año.
	16PGP	Usos cotidianos del río, servicios ambientales.
	17PGP	Promoción de estrategias de adaptación y resiliencia de la población al cambio climático para el aprovechamiento óptimo de sus actividades cotidianas y productivas.
	18PGP	Sistemas de respuesta rápida a problemas relacionados con la compensación fluvial.
4.2 Fortalecimiento y desarrollo de capacidades	19PGP	Capacitación en emprendedurismo agrícola y estrategias de mercado para habitantes de las comunidades Área de influencia, 3 comunidades por año.
	20PGP	Desarrollo y ejecución de un plan capacitación ambiental en las 20 escuelas.
	21PGP	Promoción de aspectos culturales ligados a los ríos.
4.3 Turismo rural	22PGP	Plan de fortalecimiento organizaciones y redes trabajo.
	23PGP	Promoción de iniciativas en turismo rural basado en el mejor estado de los recursos naturales.
4.4 Equidad de género y edad	24PGP	Equidad de género y edad.
	25PGP	Desarrollo de alternativas para la juventud.



documento cubre una etapa para el establecimiento del sitio de compensación. Dentro de los documentos presentados al BID entre 2012 y 2016 se encuentran: evaluación ecológica y social del sitio de reposición (offset), estudios de factibilidad, línea base y legal, consultas a comunidades y sectores productivos, propuestas de un plan de gestión y pruebas de ejecución del programa de gestión (ICE, 2015b). En el documento sobre la propuesta legal se planteó una declaratoria de interés nacional para el proyecto de compensación y posteriormente el establecimiento de un corredor biológico. Con fecha 16 de mayo 2016, se publicó la declaratoria de interés público del Programa de Compensación Fluvial Parismina, incluyendo Dos Novillos, (Decreto 39772-MINAE, 2006). Posteriormente, mediante una gestión conjunta entre las comunidades incorporadas en el programa y con el apoyo del ICE, la universidad EARTH y el MINAE se estableció un corredor biológico, Corredor del Pez Bobo que viene a sellar el compromiso para consolidar la conectividad de los sistemas acuáticos del Río Parismina y sus afluentes (Comité Pro Creación del Corredor Biológico Río Parismina, 2018). Además, el corredor del Pez Bobo fortalece el marco jurídico y de protección como área silvestre del área que se gestionó como el sitio de compensación fluvial, bajo una opción de gestión mixta, en la cual la administración del estado, las instituciones y las comunidades colaboran para hacer viable y sostenible la propuesta. El carácter legal ha dado fortaleza y seguridad jurídica al sitio de compensación fluvial, pero la mayor fortaleza ha sido el empoderamiento de las comunidades que se integraron en los diferentes proyectos de gestión.

El Programa de Compensación Fluvial Parismina fue avalado por el ICE y sometido a consideración al BID entre los requisitos del Plan de Acción Ambiental y Social para la aprobación del financiamiento al PH Reventazón. En el año 2015 se realizó una prueba de ejecución de todos los proyectos propuestos (ICE, 2015b), el cual se completó tres meses antes de la puesta en funcionamiento del PH Reventazón. Para el cierre de esta etapa, se

realizó un festival cultural que reunió a todas las comunidades participantes. Adicionalmente, se produjo un documental que recoge la experiencia y el significado del Río Parismina, el documental está disponible en youtube con el título “*Parismina un Río sin Barreras*” (https://www.youtube.com/watch?v=W_gG0XWetDo). En la ejecución del año de prueba, el ICE integró a otras instituciones como la Universidad EARTH, el CATIE, la Universidad Nacional, el SINAC-MINAE y las organizaciones existentes en el área, lo que fue fundamental para el éxito del proyecto.

A partir del 2016 se continuó con el monitoreo que permitió la verificación de cumplimiento en la ganancia de biodiversidad. El monitoreo de la biodiversidad cumplió con las fases de levantamiento de información y seguimientos post-implementación mencionadas anteriormente (Santos et al., 2011). El ICE se comprometió además a presentar informes de avance cada cinco años y se comprometió a financiar y apoyar la ejecución del programa de compensación por 20 años, invirtiendo para ello un monto aproximado de 20 millones de dólares.

CONCLUSIONES

El Programa de Compensación Fluvial Parismina fue la respuesta de compensación ofrecida por el ICE ante los impactos residuales del proyecto de generación hidroeléctrica en el Reventazón. El programa ofrece la oportunidad de ser un ejemplo para la propuesta de pautas, lo que es importante seguir para admitir la compensación de impactos residuales en los sistemas acuáticos. La integración de acciones que conllevan elementos en el campo ambiental y socioeconómico, así como el contar con una métrica que permitió valorar el cumplimiento, ubica a este programa como un modelo que, si bien no necesariamente es replicable tal cual, dada la inversión y esfuerzo que ha requerido, viene a ser un marco de referencia, ya que ha cumplido con los preceptos establecidos por el Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP). La efectividad de la compensación

alcanzada con esta iniciativa se medirá en términos de su impacto en la conservación de la biodiversidad.

Declaración de ética: los autores declaran que todos están de acuerdo con esta publicación y que han hecho aportes que justifican su autoría; que no hay conflicto de interés de ningún tipo; y que han cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. Todas las fuentes de financiamiento se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

AGRADECIMIENTOS

Un programa de esta magnitud es el resultado del trabajo de un equipo de profesionales, algunos de ellos, que formaron parte de mi equipo base, participaron en todo el proceso y que gracias a su esfuerzo y dedicación fue posible cumplir la meta, a pesar de todas las situaciones que se presentaban por lo novedoso o porque en una institución del estado como el ICE, no se había realizado ese tipo de actividad, otros se integraron en el camino y reforzaron al equipo con mayor diversidad de disciplinas. Mi mayor gratitud y reconocimiento a Francisco Quesada, Julissa Romero, Kimberly Rojas, Javier Fallas, Franklin Zamora, Iriabel Grant, Pablo Camacho, Susana Gutiérrez, Adolfo Artavia, José Pablo Molina y Oscar Gómez.

Adicionalmente, un enorme grupo de profesionales de diferentes instituciones, participaron en la elaboración de los estudios base, elaboración de propuestas, preparación de documentos y materiales de apoyo, talleres con las comunidades, ejecución de actividades específicas, entre otras. Una razón para nombrarlos a todos, además del agradecimiento, es porque considero que destacarlos reconoce su aporte y también dimensiona la envergadura de lo que conlleva un programa como el realizado: Fabián Campos, Karla Posada, Maritza Rojas, Franklin Paniagua, Mario Peña, Isabel Gutiérrez, Alejandro Imbach, Mario Piedra, Victoria

Villalobos, Miguel Viquez, Alex Molina, Jorge Leiva, Jimena Esquivel, Kryisia Castillo, Lisseth Rodríguez, Melissa Robles, Marcela Gamboa, Erick J. Barrantes, Nancy Castillo Navarro, Miguel Chinchilla, Javier Espinoza, Carlos Madrigal, Alexis Cerdas, Anibal Brenes, Jeffry Luna, Jorge Solano, Eduardo Vega, Diego Tovar, Luis Fernando Alpízar, Joaquín Méndez, Silvia Echeverría-Sáenz, Margaret Pinnock, Elba de la Cruz, Virya Bravo, Gustavo Hernández, Rocío Ugalde, Seiling Vargas, Clemens Ruepert, Geannina Moraga, Rebeca Mallenco. Esteban Gutiérrez, Gabriela Castillo, Graciela Villalobos, María de Pilar Corrales, José Joaquín Jiménez, Jonathan Cruz, y un especial reconocimiento al aporte del Moderno Teatro de Muñecos Anselmo Navarro, Berny Abarca, Viviana Molina, Julieta Ortiz, Rosalía Camacho y Alejandro Ferlini,

También se agradece al ICE como institución y el reconocimiento por tomar el reto, asignarlo y confiar en este equipo, al área gerencial y administrativa por su gestión, sin la cual no es posible realizar la tarea.

REFERENCIAS

- Arroyo-González, L. N. (2022). Geomorfología del cantón de Siquirres, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 68, 215-237.
- Asamblea Legislativa de la Republica de Costa Rica. (1949, 8 de abril). Ley No. 449. *Ley de Creación del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)*. Diario Oficial La Gaceta 257. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=11609&nValor3=91164&strTipM=TC
- Asamblea Legislativa de la Republica de Costa Rica. (1953, 19 de octubre). Ley No. 1657. *Respaldo Económico al ICE Planta Eléctrica La Garita*. Diario Oficial La Gaceta 53. <https://da.go.cr/wp-content/uploads/2016/06/Ley-ICE-Reventaz%C3%B3n-N%C2%B01657.pdf>
- Asamblea Legislativa de la Republica de Costa Rica. (2000, 27 de setiembre). Ley No. 8023. *Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Reventazón*. Diario Oficial La Gaceta 203. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=39127&nValor3=0&strTipM=TC



- Burgin, S. (2008). BioBanking: an environmental scientist's view of the role of biodiversity banking offsets in conservation. *Biodiversity and Conservation*, 17(4), 807.
- Business and Biodiversity Offsets Programme. (2012). *Resource paper: No net loss and loss-gain calculations in biodiversity offsets*. Forest Trends, Washington D.C., EE.UU. http://www.forest-trends.org/documents/files/doc_3103.pdf
- Chaves, H. (2011). Análisis integrado de la sostenibilidad de seis cuencas HELP de América Latina. In E. Soto E. (Eds.), *Construyendo Caminos de Conocimiento para un Futuro con Sostenibilidad Hídrica* (pp 285–290). UNESCO-PHI.
- Chaves, A. (2020). Experiencias. El Río Reventazón: producción de energía y gestión ambiental. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 200–214.
- Chaves, H., & Alipaz, S. (2007). An integrated indicator based on basin hydrology, environment, life, and policy: The watershed sustainability index. *Water Resources Management*, 21(5), 883–895.
- Chaves, A., Romero, J., Fallas, J., Quesada, F., Zamora, F., Rojas, K., Grant, I., Molina, J., Posada, K., Gutiérrez, I., & Chacón, A. (2013). *Evaluación ecológica y social de los Ríos Parismina y Dos Novillos: línea base para establecer un sitio de compensación social* [Informe técnico]. Instituto Costarricense de Electricidad.
- Comité Pro-Creación del Corredor Biológico Río Parismina. (2018). *Perfil Técnico del Corredor Biológico Río Parismina*. Instituto Costarricense de Electricidad, EARTH University y Sistema Nacional de Áreas de Conservación. <https://www.earth.ac.cr/es/feature/parismina-biological-corridor-a-transformational-leadership-project/>
- Crowe, M., & ten-Kate, K. (2010). *Biodiversity offsets: policy options for government* [draft report]. Business and Biodiversity Offsets Programme.
- Doretto, A., Piano, E., & Larson, C. E. (2020). The River Continuum Concept: lessons from the past and perspectives for the future. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 77(11), 1853–1864.
- Holdridge, L. R. (1982). *Ecología Basada en Zonas de Vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2008). *Estudio de Impacto Ambiental P.H. Reventazón*. Expediente SETENA No. 0331-08.
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2012). *Caracterización Ecológica del Sistema de Río Parismina* [Informe técnico]. Instituto Costarricense de Electricidad.
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2013a). *Análisis socioeconómico y biofísico de los afluentes del río Parismina, para el establecimiento de criterios que contribuyan a la definición de los límites del sitio de compensación ("Offset")* [Informe técnico]. Instituto Costarricense de Electricidad.
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2013b). *Evaluación ecológica y social de los ríos Parismina y Dos Novillos: línea base para establecer un sitio de compensación fluvial* [Informe técnico]. Instituto Costarricense de Electricidad.
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2014). Estudio de Factibilidad para el Sitio de Compensación Fluvial Parismina. En A. Chaves & J. Romero (Eds.), *Plan de Acción Ambiental y Social del PH Reventazón* (pp. 395) [Informe técnico]. Instituto Costarricense de Electricidad.
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2015a). Plan de Gestión del Sitio de Compensación Fluvial Parismina. En A. Chaves (Ed.), *Plan de Acción Ambiental y Social del PH Reventazón* (pp. 395) [Informe técnico]. Instituto Costarricense de Electricidad.
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2015b.) *Informe y evidencia sobre el avance en la gestión del Programa de Compensación Fluvial Parismina, fase construcción*. [Informe técnico]. Instituto Costarricense de Electricidad.
- Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica. (s.f.). Registro Nacional de Costa Rica. https://www.snitcr.go.cr/ign_ign
- Corporación Financiera Internacional. (s.f.). Banco Mundial. <https://www.ifc.org>
- Krasovskaia, I., & Rodriguez, C.R. (2007). *Determinación de una metodología para establecer el caudal de compensación en los ríos de Costa Rica a partir dos estudios de caso* [Informe técnico]. Instituto Costarricense de Electricidad
- Munné, A., Solà, C. & Prat, N. (1998). QBR: Un índice para la evaluación de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del agua*, 175, 20–37.
- Ojeda, A. O., Arnedo, M. T. E., Fabre, M. S., Izquierdo, V. A., Ferrer, D. B., & Mur, D. M. (2003). Metodología para la tipificación hidromorfológica de los cursos fluviales de Aragón en aplicaciones de la directiva marco de aguas (2000/60/CE). *Geographicalia*, 44, 7-25.
- Ollero-Ojeda, A., Ballarín-Ferrer, D., Díaz-Bea, E., Mora-Mur, D., Sánchez-Fabre, M., Acín, V., Echeverría-Arnedo, M. T., Granados-García, D., Ibsate-González, A., & Sánchez-Gil, N. (2008). IHG: Un índice para la valoración hidrogeomorfológica de sistemas fluviales. *Limnetica*, 27(1), 171–188.

- Pardo, I., Álvarez, M., Casas, J., Moreno, J. L., Vivas, S., Bonada, N., Alba-Tercedor, J., Jáimez-Cuéllar, P., Moyá, G., Prat, N., Robles, S., Suárez, M. L., Toro, M., & Vidal-Abarca, M. R. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, 21(3–4), 115–133.
- Poder Ejecutivo. (2007, 17 de setiembre). Decreto 33903-MINAE-S. *Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales*. Diario Oficial La Gaceta 178.
- <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Reglamento%20evaluaci%C3%B3n%20y%20clasificaci%C3%B3n%20de%20calidad%20de%20cuerpos%20de%20agua%20superficiales.pdf>
- Poder Ejecutivo. (2006, 16 de mayo). Decreto 39772-MINAE. *Declara de interés público el programa de compensación fluvial Parismina y Dos Novillos*. Diario Oficial La Gaceta 145. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC¶m2=1&nValor1=1&nValor2=81999&nValor3=104793&strTipM=TC&IRresultado=4&nValor4=1&strSelect=scl
- Rodríguez-Téllez, E., Domínguez-Calleros, P. A., Pompa-García, M., Quiroz-Arratia, J. A., & Pérez López, M. E. (2012). Calidad del bosque de ribera del río El Tunal, Durango, México; mediante la aplicación del índice QBR. *Gayana Botánica*, 69(1), 147–151.
- Santos, R., Clemente, P., Antunes, P., Schröter-Schlaack, C., & Ring, I. (2011). Offsets, habitat banking and tradable permits for biodiversity conservation. En I. Ring, C. Schröter-Schlaack, C. (Eds.). *Instrument Mixes for Biodiversity Policies* (pp. 59–88). POLICYMIX Report No. 2/2011.
- Scott-Brown, M., Quintero, J., Roca, R., Boag, T., Krallis, G., & Buchack, E. (2012). *Proyecto Hidroeléctrico Reventazón: Estudios Ambientales Adicionales. Parte H: Efectos Acumulativos* [Informe técnico]. Banco Interamericano de Desarrollo – Instituto Costarricense de Electricidad.
- Scott-Brown, M., Quintero, J., Roca, R., Boag, T. & Krallis, G. (2012). *Proyecto Hidroeléctrico Reventazón: Estudios Ambientales Estratégicos* [Informe técnico]. Banco Interamericano de Desarrollo – Instituto Costarricense de Electricidad.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación. (2007). *GRUAS II: Análisis de vacíos de conservación en Costa Rica: Vol II. Análisis de Vacíos en la Representatividad e Integridad de la Biodiversidad de los sistemas de aguas continentales /SINAC-MINAE* [Informe técnico]. Asociación Conservación de la Naturaleza.
- Smith, D., Locher, H., Khalil, A., & Trias, M. (2018). *Protocolo de Evaluación de la Sostenibilidad de la Hidroelectricidad* [Informe técnico]. Instituto Costarricense de Electricidad. <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/3b4c145f-95eb-4a11-957a-e40c990c554e/Reventazon+Protocol.pdf?MOD=AJPERES&CVID=msNLBJL>
- Springer, M., Ramírez, A., & Hanson, P. (2010). Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I. *Revista Biología Tropical*, 58 (S4), 3–198. <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i4>
- ten-Kate, K., Bishop, J., & Bayon, R., (2004). *Biodiversity offsets Views, experience, and the business case*. International Union for Conservation of Nature. https://www.ecosystemmarketplace.com/wp-content/uploads/archive/documents/Doc_394.pdf
- ten-Kate, K., & Crowe M. (2014). *Biodiversity Offsets: policy options for governments. An input paper for the IUCN Technical Study Group on Biodiversity Offsets*. International Union for Conservation of Nature. <https://portals.iucn.org/library/node/44776>
- Torrejón, J. A. V. (2015). La mitigación ambiental en las actividades productivas o extractivas: concepto, obligatoriedad y aplicación práctica. *Revista de Derecho Administrativo*, 15, 129–148.