

LAS PLANTAS HIDROELÉCTRICAS EN EL CANTÓN DE SAN RAMÓN Y SUS IMPLICACIONES AMBIENTALES

Ronald Sánchez Porras*

INTRODUCCIÓN

Las represas son la causa principal de la degradación de nuestros ecosistemas de agua dulce, señaló Patric McCully de la Internacional Rivers Network (Bain, 1985). Los pobres son los primeros en ser afectados y los que menos recursos tienen para afrontar los impactos ambientales.

En el nivel mundial, más de 400 000 km², que representan la superficie del Estado de California, en EE.UU., se encuentran inundados a causa de las represas, el embalse más grande del mundo, de 8500 km² es el embalse Volta, ubicado detrás de la represa Akosombo, y que inundó alrededor de un 4% de la superficie de la tierra de Ghana. En los EE.UU, los embalses han sumergido una superficie equivalente a los estados de New Hampshire y Vermont, juntos. Las pérdidas que se han producido, han sido enormes y poco apreciadas (Conservación Mundial, 1999).

En Costa Rica, el número de plantas hidroeléctricas ha venido en aumento en las últimas décadas, a raíz de la apertura del monopolio estatal. Esta apertura no ha contemplado un plan de manejo de nuestras cuencas hidrográficas, lo que ha per-

mitido la proliferación de represas, trayendo como consecuencia la gran pérdida de los ecosistemas acuáticos de agua dulce y un peligro latente, en las comunidades aledañas.

Hoy, ya podemos contar los muertos en diferentes comunidades, producto de las crecidas de los caudales, a las cuales son sometidos los ríos explotados por esta actividad. Además, contamos con una gran cantidad de kilómetros de zonas inundadas por la construcción de los embalses. Un ejemplo para todos conocido, es el embalse del Lago Arenal que cubre un área de 87,7 km² el equivalente a 68 veces el distrito central del cantón de San Ramón y almacena 2416 millones de m³ de agua.

El cantón de San Ramón, ubicado en la provincia de Alajuela, en Costa Rica, es uno de los cantones que cuenta con un mayor desarrollo en la explotación del recurso hídrico por medio de la construcción de plantas hidroeléctricas (Sánchez, 2000). En esta región, el promedio de precipitación es de 3461 mm por año con una temperatura de 21 °C y una humedad relativa de 90%, el sistema fluvial del cantón, corresponde a la vertiente del Caribe y del Pacífico (Chinchilla, 1987).

Debido a la orografía de la región y a la altitud del sitio, se dan condiciones favo-

rables para una alta condensación que contribuye en un porcentaje importante al agua captada en las cuencas. Estas características, unidas a una topografía irregular, han provocado condiciones microclimáticas muy variadas, que han contribuido a la complejidad estructural de los bosques y a una gran biodiversidad, las cuales no han sido tomadas en cuenta para el desarrollo de los proyectos hidroeléctricos en la región, en la mayoría de los casos (Sánchez, 2000).

El objetivo de este estudio es documentar las implicaciones socioambientales, que han sufrido los habitantes del cantón de San Ramón, provincia de Alajuela, con la construcción de proyectos hidroeléctricos, mediante visitas mensuales desde 1993 a los diferentes proyectos y el seguimiento a los Estudios de Impacto Ambiental de los proyectos (Plantas Hidroeléctricas -PH-), Daniel Gutiérrez, PH San Lorenzo, PH La Manguera, PH Peñas Blancas y PH Balsa Superior).

DEFINICIÓN

DE UNA PLANTA HIDROELÉCTRICA

La planta hidroeléctrica es aquella que aprovecha la energía hidráulica para producir energía eléctrica, mediante la transformación de la energía. La PH concentra grandes cantidades de agua en un embalse para obtener **energía potencial**,

* Programa de Investigaciones del Bosque Premontano (PIBP), Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente.
rsanchez@cariari.ucr.ac.cr

y, por acción de la gravedad, el agua adquiere **energía cinética o de movimiento** la cual es trasladada de un nivel superior a uno inferior, por medio de una tubería de presión.

A la energía desarrollada por el agua en este descenso o caída, se le denomina **energía hidráulica**. Por su masa y velocidad, el agua produce un empuje que se aplica a las turbinas, las cuales transforman la energía hidráulica en **energía mecánica**, y por medio de generadores acoplados a las turbinas, producen **energía eléctrica**. Esta energía eléctrica es pasada a la subestación y ahí se eleva la tensión, o voltaje para que la energía llegue a nuestras casas (Instituto Costarricense de Electricidad, 1987).

¿CÓMO SE ABASTECE UNA PLANTA HIDROELÉCTRICA?

Una planta hidroeléctrica, requiere de una fuente de abastecimiento constituida por uno o varios ríos que aportan sus aguas a un embalse, esta puede estar en el cauce del río, o en un sitio alejado de este. El embalse es el que suministra, en una forma regulada, el caudal aprovechable a la casa de máquinas. La forma de abastecer estos embalses es por medio de la construcción de una presa, o pared artificial que controla el paso regulado del agua, y que, por lo general, se construye en un valle o una depresión geográfica con un caudal preestablecido (Instituto Costarricense de Electricidad, 1987).

Algunas presas desvían sus aguas por medio de un túnel o un canal abierto hasta el embalse, y otras cuentan con vertederos que permiten que el excedente de agua vierta sobre ella una sola vez, que ha alcanzado el nivel máximo del embalse.

El agua del embalse es conducida hasta las turbinas, por medio de una tubería de presión o forzada, una vez cumplido su cometido es devuelta, por medio de obras de desfogue al cauce principal. La distancia entre el sitio de presa y la incorporación del caudal al cauce principal, después de su aprovechamiento, varía de un proyecto a otro. (Instituto Costarricense de Electricidad, 1987).

LAS PLANTAS HIDROELÉCTRICAS EN EL CANTÓN DE SAN RAMÓN

PLANTA HIDROELÉCTRICA ALBERTO ECHANDI (NAGATAC)

“En 1909, el empresario norteamericano Federico Hopkins, asociado con Nicolás Orlich Zamora, instalaron la primera planta eléctrica en San Ramón. Por una rara coincidencia, San Ramón, en Costa Rica y Chicago, en los Estados Unidos, fueron ciudades que tuvieron servicio eléctrico el mismo día, el 4 de julio de 1909 (Echavarría, 1966)”. Luego fue adquirida por John Saxe, quien le dio el nombre de Planta Nagatac. En 1953, el ICE compró el sistema Saxe y esta planta. En 1974, debido a los efectos del *Huracán Fifi*, la Planta Nagatac fue parcialmente destruida, por lo que el ICE la reconstruyó y la reinauguró en mayo de 1990 con el nombre de Planta Alberto Echandi (Instituto Costarricense de Electricidad, 1987). Estas instalaciones se encuentran en el distrito de Santiago, en la cuenca media del río Barranca del cual se abastece.

PLANTA HIDROELÉCTRICA ARENAL

En la década de los años 70, se inicia la construcción de la Planta Hidroeléctrica de Arenal, entrando en generación el 8 de diciembre de 1979 con la unidad N.º 3, la N.º 2 el 20 de diciembre de 1979 y la

unidad N.º 1, el 10 de abril de 1980 (Instituto Costarricense de Electricidad, 1987). Esta represa tiene parte de su embalse en el territorio ramonense, del cual aprovecha algunos de sus ríos como el Caño Negro. De acuerdo con el Instituto Costarricense de Electricidad (1987) del embalse se aprovechan 97,5 m³/s y tiene una dimensión de 87,8 km² almacenando 2416 millones de m³, de los cuales 1968 constituyen el embalse útil. La presa mide 1012 m de largo y una altura de 65 m. La generación anual es de 637 GWH.

PLANTA HIDROELÉCTRICA DANIEL GUTIÉRREZ

En 1993, la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), inicia la construcción de la **Planta Hidroeléctrica Daniel Gutiérrez**, ubicada en el distrito de Los Ángeles en el km 30, carretera a La Fortuna, en la comunidad de Bajo Rodríguez. Esta represa utiliza las aguas de los ríos Tapezco, Balsa y Cataratas, por medio de dos presas de gravedad (Corrales, 1992).

La toma Tapezco es una presa de 6 m de altura y 21,80 m de longitud y conduce aproximadamente 7 m³/s, mediante un túnel de conducción de 970 m, hasta el cauce del Río Balsa, aguas arriba de la toma principal. La toma principal denominada toma Balsa, se ubica en la confluencia de los ríos Balsa y Cataratas con una presa de gravedad de 15,8 m de altura y 15 m de ancho y capta un promedio de 21 m³/s (Brenes, 1999). El agua es conducida por el túnel principal que tiene una longitud de 1730 m y una altura de 5 m hasta el embalse de regulación que almacena 160 000 m³, los cuales son llevados a casa de máquinas por medio de una tubería de presión de 2,70 m de diámetro y 188 m de longitud (Corrales, 1992). Cuenta con tres unidades generadoras ti-

po Francis de eje horizontal de 7,185 KW cada una (Corrales, 1992). Esta represa fue inaugurada en 1996.

PLANTA HIDROELÉCTRICA SAN LORENZO

La PH San Lorenzo se encuentra localizada en el distrito de Los Ángeles, en la margen derecha del río San Lorenzo, a 3 km al suroeste de la comunidad de Bajo Rodríguez, camino al caserío de Las Rocas. Dentro de las coordenadas horizontales 475-477 y las verticales 251-255 de la hoja cartográfica de San Lorenzo. Esta planta inició su construcción en 1996.

Esta represa la abastecen los ríos San Lorencito, Quebrada Cacical, río Palmital y Jamaical, tributarios del río San Lorenzo. Todas estas fuentes de agua nacen en la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes (Sánchez, 2000).

Este proyecto cuenta con una represa de 18 m de altura y un largo de 50 m sobre el río San Lorenzo, también tiene un canal abierto que sale desde el sitio de presa, con una longitud de 2850 m de largo, y de 4 m de ancho, por 3 m de fondo que conduce el agua hasta dos embalses, de donde sale la tubería de presión con un largo aproximado de 200 m y una pendiente de 60 grados (Baltodano, *s.f.*). Esta PH es propiedad del Consorcio de Empresas de Generación Hidroeléctrica (CONELECTRICAS). El proyecto está diseñado para producir 15 Megavaltios y consumirá un caudal de 20 m³/s en la época lluviosa; y 5 m³/s, en la época seca.

PLANTA HIDROELÉCTRICA LA ESPERANZA

Este proyecto se encuentra en el río La Esperanza, límite entre los cantones San Ramón y San Carlos. Sin embargo, la

mayoría de la infraestructura se encuentra ubicada en el distrito La Tigra del cantón de San Carlos entre las coordenadas horizontales 468-474 y las coordenadas verticales 253-258 de las hojas cartográficas San Lorenzo y Fortuna.

Este Proyecto es propiedad de la empresa La Manguera S.A., y genera 5 MW para interconectar al sistema nacional por medio de venta al ICE.

El proyecto La Esperanza toma las aguas del río La Esperanza derivando 5,5 m³/s, llevándolas mediante un canal de 2300 m hasta un estanque de regulación diaria con una capacidad de 55 000 m³, de donde sale la tubería de presión con una caída libre de 100 m hasta la casa de máquinas, y luego es desfogada de nuevo al río La Esperanza.

PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHACHAGUA

El proyecto hidroeléctrico Chachagua se ubicará en el distrito de Peñas Blancas, en su desarrollo se utilizarán las aguas de la Quebrada Chachagüita para la generación eléctrica, el proyecto estará ubicado a una altura de 372 metros sobre el nivel del mar donde derivará 3 m³/s y mediante un canal será llevada el agua a un embalse de regulación con una capacidad de 45 000 m³ y mediante una tubería de presión de 2776 m de longitud será llevada hasta la casa de máquinas donde se pretenderá generar unos 4100 kw de potencia descargando el agua turbinada al río Burrito. El propietario del proyecto es la Compañía Hidroeléctrica Chachagua Sociedad Anónima. La energía producida en este proyecto, se venderá al ICE por medio de la entrega al sistema de electrificación rural de la Cooperativa Electrificadora de San Carlos (COPELESCA. S.A., 1997).



Fotografía: Martín Villalta Quirós

La planta hidroeléctrica es aquella que aprovecha la energía hidráulica para producir energía eléctrica.

PROYECTO HIDROELÉCTRICO RÍO JABONAL

El proyecto de la Planta Hidroeléctrica Jabonal se ubicará en las coordenadas geográficas 234-237 norte y 462-463 este. Está localizado en el distrito Zapotal. La planta tendrá una capacidad de producción de 3,6 MW, los cuales serán comprados por el ICE. El proyecto contará con una presa derivadora a través de la cual se derivarán del cauce natural de río Jabonal 1,5 m³/s de agua que serán canalizados por una tubería de conducción de 1,10m de diámetro y 1750 m de longitud hasta una cámara de carga de la cual sale la tubería de presión de 550 m y de una caída de 320 m hasta llegar a la casa de máquinas, donde se tendrán dos unidades turbo generadoras con la capacidad de generar 1,8 Mw cada una. (RUME S.A, 1998).

PLANTA HIDROELÉCTRICA PEÑAS BLANCAS

En el año 2000, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), inicia la construcción de este proyecto. Geográficamente, el proyecto Hidroeléctrico de Peñas Blancas se ubica en el distrito Peñas Blancas (13) de San Ramón.

La capacitación del río Peñas Blancas se hará a 274 ms.n.m, mediante la construcción de una presa de 37 m de altura sobre este nivel que permitirá formar un embalse de 2,0 hm³ de volumen útil y 1,3 hm³ de volumen muerto, con un caudal pico calculado en 1600 m³/s. Tendrá una capacidad de derivación de 33 m³/s. La conducción a partir de la toma de agua constará de un túnel de 2080 m de longitud, seguido de una tubería de 1368 m para un total de 3448 m (Universidad de Costa Rica, 1999). El primer tramo de la tubería del portal de túnel hasta el tanque

de oscilación es de 370 m de longitud y un diámetro de 3,3 m, será de baja presión. El tramo restante de 998 m de longitud y diámetro variables (3,5 a 3,3 m) será de tubería forzada, el tanque de oscilación tendrá 11 m de diámetro y 47 m de altura (Universidad de Costa Rica, 1999). La casa de máquinas está ubicada cerca de la carretera al margen izquierdo de la quebrada Pirueca y albergará dos turbinas Francis de eje vertical con una potencia total por instalar de 35,4 MW. El nivel de restitución en la casa de máquinas será de 174,5 ms.n.m. por lo que la caída bruta máxima será de 130 m.

Las aguas se restituirán al río Peñas Blancas mediante una tubería de trinchera de 171 m de longitud, a partir de la cámara de restitución seguida de un canal trapecial de una longitud de 1805 m. El costo estimado del proyecto es de US\$58,4 millones (Universidad de Costa Rica, 1999).

Las reservas de aluvión explotable en el cauce del Río Peñas Blancas de acuerdo con los estudios realizados en una superficie de 73 579,36 m² y en espesor de mínimo aluvión de 5 m, las reservas probables existentes en el área solicitada, se han calculado en 600 000,00 m³. Basados en una explotación de 4 m constante se ha calculado una reserva potencial explotable de 375 000,00 m³, lo que permite satisfacer las necesidades de 350 000m³ de material para la construcción de parte de las obras civiles del PH Peñas Blancas (Instituto Costarricense de Electricidad, 1999).

PROYECTO HIDROELÉCTRICO BALSA SUPERIOR

El estudio de impacto ambiental de este PH, fue presentado a la Oficina de Recursos Naturales de la Municipalidad de San Ramón el 2 de julio de 1999 por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A. Este

proyecto se ubicará en el cantón de San Ramón, distrito de Los Ángeles, en el caserío de La Balsa. El PH BS es un proyecto de regulación estacional dividido en dos: aprovechamiento **Balsa I** y **Balsa II**, con una producción neta de 132,6 MW (Biosfera Consultores, S.A., 1999a).

Aprovechamiento Balsa I

Según Biosfera Consultores, S.A. (1999) la planta superior aprovechará la caída entre el embalse por la presa en el río Balsa y las obras de toma de Balsa II en la confluencia de los ríos San Luis y Cataratitas. Se conducirán las aguas de los ríos Tapezco, Laguna, Espino y Pinol mediante el túnel y tubería hasta el embalse. El embalse de regulación estacional contará con un volumen útil de 50 000 000 m³ y una extensión de 250 ha, la presa será de 55 m de altura en el río Balsa y dos presas secundarias de 20 m de altura. La estructura de toma principal en el río Balsa (4,9 km) al inicio por túnel (1825 km) y continuando con tubería (3,1 km) (Biosfera Consultores, S.A., 1999a). Más adelante estos autores agregan que en el último tramo de 240 m, antes de la casa de máquinas la tubería, se localiza en un pozo túnel.

La casa de máquinas Balsa I contará con una unidad vertical tipo Francis de 83,5 MW y contará con un canal corto de restitución para llevar al embalse de Balsa II. El acceso a este sitio es a través de un túnel de 1100 m (Biosfera Consultores, S.A., 1999a).

Aprovechamiento Balsa II

Biosfera Consultores, S.A. (1999b) señala que con esta segunda planta se aprovecha la caída entre las obras de toma en la confluencia de los ríos San Luis-Cataratitas y las obras de toma de la Planta Daniel Gutiérrez en las confluencias de los ríos Espi-

CUADRO 1
**INCLUYE INFORMACIÓN SOBRE LOS PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
 DEL CANTÓN DE SAN RAMÓN, PROVINCIA DE ALAJUELA, 2002**

| NOMBRE DEL ROYECTO HIDEOELÉCTRICO | ESTADO ACTUAL | RÍOS QUE AFECTA DIRECTAMENTE | CONCESIONARIO ACTUAL | PRODUCCIÓN |
|---|-----------------------------------|--|-----------------------------|------------|
| Nagatac | Operando | Barranca | ICE | 4,22 MW |
| Arenal | Operando | Muchos | ICE | 637 GWh |
| Daniel Gutiérrez | Operando | La Balsa Tapezco, Espino | Fuerza y luz | 21 MW |
| San Lorenzo | Operando | La Esperanza La Tigra, Peñas Blancas | La Manguera S.A. | 5 MW |
| Peñas Blancas | En construcción | Peñas Blancas | ICE | 164, 4 GWh |
| Balsa superior Aprovechamiento Balsa (I) | En proyecto Laguna, Espino | La Balsa, Tapezco Pinol y Cataratitas | Fuerza y Luz | 83, 5 MW |
| Balsa superior Aprovechamiento Balsa (II) | En proyecto Cataratas, Espino, | La Balsa, Cataratitas San Luis | Fuerza y Luz | 49, 1 MW |
| Chachagua | En proyecto | Chachagüita El Burrito | Hidroeléctrica Chachagua | 4,1 MW |
| Jabonal | En proyecto | Jabonal | Rumen S.A. | 3,6 MW |

no y Balsa. Con una casa de máquinas tipo superficial. La conducción de las aguas del río San Luis-Cataratitas será mediante un túnel de baja presión de 21 m² de sección y de 2,09 km de longitud y otra sección subterránea con tubería de presión de 0,41 km de longitud hasta la casa de máquinas para un caudal de diseño de 29,5 m³/s (Biosfera Consultores, S.A., 1999b).

La toma incluye las aguas del desfogue de la casa de máquinas Balsa I, las de trasvase de los ríos Cataratas, Balsa inferior y Espino inferior, así como los de San Luis y Cataratitas. Se ha planeado una presa de derivación de concreto de 30 m de alto para un embalse útil de 55 000 m³ Biosfera Consultores, S.A., 1999 b).

El trasvase del río Cataratas se realiza mediante una presa de sección vertedora y un

túnel sin presión de 3 km de longitud y de 9,8 m² de sección para un caudal de diseño de 4,7 m³/s (Biosfera Consultores, S.A., 1999b). El trasvase del río Espino Inferior se realiza mediante un túnel de 3 km de longitud, el río Balsa se incorpora a este túnel corto de 0,4 km de longitud para un caudal de diseño de 12,8 m³/s, ambos túneles se planean para 9,8 m² de sección. El túnel de conducción tiene una longitud de 2090 m cuyos últimos 410 m serán mediante un pozo inclinado revestido de acero de 2,8 m² y de una sección 17 m² y será de baja presión. La casa de máquinas de Balsa II es superficial y está localizada aguas arriba de la toma de la Planta Daniel Gutiérrez tendrá dos unidades de 35,1 MW y 14 MW para una capacidad total de 49,1 MW (Biosfera Consultores, S.A., 1999 b).

IMPLICACIONES AMBIENTALES, DETECTADAS EN LOS PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS DEL CANTÓN DE SAN RAMÓN

Cambio en la morfología de los ríos

El cambio en la morfología de los ríos puede ocurrir de diferentes maneras, por ejemplo, en los Proyectos Daniel Gutiérrez, San Lorenzo y Peñas Blancas, se obtuvieron concesiones para la explotación de material en los cauces de los ríos, en este caso, grava y arena depositadas en forma natural.

La extracción del río Peñas Blancas ha generado una depresión de 4 m de profundidad por 1600 m de largo y 25 m de ancho, con un impacto visual muy alto. En el caso del Proyecto Peñas Blancas el ICE, en 1995, calculó que el río tiene un arrastre de

fondo de 21 500 toneladas anuales (para la estimación de volúmenes de material se supone que una tonelada de material tiene un volumen igual a un metro cúbico) por lo que la depresión de la extracción (160 000 m³) se rellenaría en 7,4 años (Universidad de Costa Rica, 1999b). Sin embargo, el proyecto en sí ha modificado el arrastre natural del río al contarse con una presa río arriba, la cual no permitiría el arrastre normal. De esta forma, se ha provocado un valor de impacto ambiental (VIA) de 7,8, lo cual significa Fuerte o Alto.

Estos proyectos han desviado parcial o totalmente el caudal de las aguas en grandes sectores del río, lo que ha dado como resultado la colonización del cauce por la vegetación, debido a la disminución del caudal.

Aumento de sedimentos en suspensión

Los trabajos generados en las diferentes etapas de los proyectos, provocan una variación en la cantidad de sedimentos en suspensión, en el agua del río. A esto debemos agregar las variaciones en el caudal, la pendiente, la estación del año, la disposición de los contratistas en el manejo adecuado del material de desecho, la cantidad de maquinaria en la obra, el seguimiento y el patrón de drenaje presente.

El aumento de la sedimentación se mantendrá, dependiendo del origen en la obra y se podrá proyectar a lo largo del cauce del río hasta que los sedimentos precipiten en forma natural y la turbidez no sea perceptible. “Para el caso del PH Peñas Blancas, la distancia calculada de la suspensión de los sedimentos en el cauce es de 7 km, donde empezaría a precipitar, en forma natural, producto de la disminución de la pendiente”.

También es común observar este aumento de sedimentos a raíz de la limpieza de embalse y sitios de presa, que provocan sedimentos sumamente finos, los cuales oscurecen las aguas río abajo, e impiden la infiltración de la luz y afecta los ecosistemas acuáticos, y el uso normal de las aguas por los vecinos.

Se ha podido constatar que las limpiezas de embalses, han provocado la muerte de peces, por asfixia, en esta región de San Ramón.

Presencia de residuos líquidos en los suelos

Es común encontrar, en estas obras, un aumento de residuos líquidos, debido a la cantidad de maquinaria, operadores y construcciones que requiera la obra. Los restos de lubricantes se pueden observar en el suelo como manchas de colores, presentadas en pozos que se generan con la construcción de caminos rústicos.

Por su parte, en los talleres de la obra es común encontrar derrames de aceites y otros productos contaminantes, que no son manejados en forma adecuada. El aumento de residuos líquidos como aceites y combustibles en el suelo es proporcional al estado de mantenimiento de la maquinaria. Las aguas residuales que se generan, en la obra, dependen mucho del aumento en el número de operarios.

Cambio del caudal original

En las represas hidroeléctricas Alberto Echandi (Nagatac) sobre el cauce del río Barranca; Daniel Gutiérrez sobre los cauces de los ríos Balsa, Cataratas y Tapezco; la Represa San Lorenzo sobre los cauces de los ríos San Lorenzo y Jamaical; la represa La Manguera sobre el cauce del río Esperanza y el Proyecto Peñas Blancas,

ubicado en el cantón de San Ramón. Estos proyectos han cambiado el caudal original de los ríos. Este cambio sucede antes del sitio de presa, donde aumenta drásticamente, por los embalses que se conforman y también ocurre después del sitio de presa, ya que los cauces son desviados por medio de túneles o canales hasta la casa de máquinas que muchas veces se encuentra a varios kilómetros antes de que las aguas sean de nuevo restituidas, dejando varios kilómetros de ríos, prácticamente secos.

Además, podemos considerar el efecto que producen las represas por restitución del caudal. Este efecto se debe a que las aguas turbinadas, producen cambios bruscos de caudal que podrían considerarse como avenidas artificiales. Las avenidas, en forma natural, contribuyen con la riqueza y la diversidad de los ríos y quebradas. Sin embargo, estos proyectos por sus avenidas artificiales someten a los ríos y quebradas a grandes caos cíclicos, que provocan la muerte de la flora y la fauna como peces, algas e invertebrados, debido a la sobresaturación de oxígeno, cambios de temperatura y el poder abrasivo del agua.

Compactación de los suelos

El efecto provocado en el área del proyecto por el desplazamiento en el área de la maquinaria y por la gran remoción de tierras a zonas denominadas botaderos, provoca grandes áreas de compactación que son de muy pobre recuperación y donde deberá invertirse recursos, con el fin de habilitarlas más rápidamente, muchas de estas zonas no cuentan con la capa de suelo vegetal.

Desvío de ríos y quebradas y construcción de cauces artificiales

Muchos de los proyectos hidroeléctricos, en San Ramón, han tenido que desviar ríos y quebradas para poder abastecerse en forma adecuada. Por ejemplo, el Proyecto Daniel Gutiérrez tuvo que hacer un segundo túnel para trasladar agua del río Tapezco al río Balsa. El proyecto Peñas Blancas desvió la quebrada Picueca para evitar que la casa de máquinas se inundara, por lo que se construyó un cauce artificial, en dicho proyecto. En el proyecto Balsa Superior se tiene proyectada la construcción de varios túneles para trasladar el agua de varios ríos al embalse. Así se afecta, drásticamente, la distribución y abundancia de especies de la zona.

Variaciones en los niveles de ruido

Se entiende por contaminación sónica todos aquellos estímulos que directa o indirectamente interfieren desfavorablemente contra el ser humano, a través del sentido del oído, con sonidos indeseables o ruidos (Ley de Salud 19).

Es común encontrar, en estas obras, variación en los niveles de ruido. Estos ruidos son más perceptibles cuando los proyectos están inmersos en comunidades enteras, como es el caso del Proyecto Peñas Blancas, donde en la construcción del sitio de presa, casa de máquinas y quebrador, tuvieron que movilizar millones de metros cúbicos de material, con maquinaria pesada por el centro de la comunidad, tanto de día como de noche para el cumplimiento del contrato.

El valor promedio de ruido generado por un camión pesado a una distancia de 6 m es de 90 dB. El umbral doloroso en el ser humano es de 120 dB, y la intensidad nor-

mal de audición es de 60 dB. El reglamento de la Ley General de Salud, establece un máximo de 65 dB, durante el día.

Cambios en la topografía del terreno

Son todas aquellas modificaciones que en la etapa de construcción, propician un cambio en la configuración del terreno original, modificaciones que son evidentes en todas las obras. Esto lo podemos notar al construir los caminos, la casa de máquinas, embalses, sitios de presa, túneles y lugares seleccionados como botaderos, que son generalmente depresiones del terreno rellenadas.

Pérdida de estabilidad de laderas y cerros

Se considera que uno de los impactos más evidentes es la pérdida de laderas con pendientes fuertes, por causa de las obras civiles (casa de máquina, camino, embalse, líneas de conducción, canales, túneles, sitios de presa, tuberías de presión, canal de restitución, extracción de material para las obras (tajos)).

Un ejemplo de la desestabilidad que provocan estas obras es el movimiento de más de 20 000 m³ de tierra que cayeron sobre el río Esperanza, provocando una represa que puso en peligro a las comunidades río abajo. Este fue el caso de Daniel Gutiérrez, San Lorenzo y Peñas Blancas.

Erosión y sedimentación

La sedimentación se determina como la activación de un proceso de erosión, que en una relación directa genera un aumento en la producción de sedimentos, en algunos sitios. Se pueden distinguir diferentes formas de erosión (Universidad de Costa Rica, 1999 b):

- a) Erosión laminar: lavado superficial de materiales.
- b) Erosión asociada a drenajes artificiales.
- c) Remoción en masa.
- d) Deslizamientos.
- e) Desprendimientos de materiales.

La sedimentación se da a raíz del transporte por agua de partículas en suspensión o su captura en puntos determinados (presas, embalses o trampas), producto del lavado, escombreras, cortes de talud, túneles, canales y sitios para rellenos.

Pérdida de fertilidad de los suelos

Estos proyectos vienen a cambiar la vocación de los usos del suelo, especialmente, en zonas agrícolas o pecuarias, donde se ven afectadas por la construcción de obras como embalses. *Ej:* El Embalse de Arenal que cubre un área de 87,8 km² y el de Balsa Superior que cubriría 250 ha, en donde es necesario cambiar el uso del suelo y también se inducirá a una pérdida de fertilidad de los suelos.

Los otros proyectos no solo tienen embalses de unas cuantas hectáreas, que también generan pérdida de la fertilidad en áreas pequeñas que sumadas, pueden ser de consideración. Además, contamos con que estos proyectos han provocado grandes áreas de inundación, debido al aumento del caudal en el sitio de presa, por ejemplo, el proyecto Peñas Blancas que de acuerdo con la Universidad de Costa Rica (1999) inundará 1,8 km, río arriba para un volumen de 3 320 000 m³.

Caudal ecológico

Con el caudal ecológico se designa un nivel de caudal que debe mantenerse en un tramo fluvial sometido a algún tipo de re-

gulación para facilitar la persistencia de características bióticas aceptables. Este caudal es irrespetado por algunos concesionarios de proyectos, en vista de que no se tiene claro, cuánto caudal corresponde para cada proyecto.

Es común observar en la época de verano cómo los ríos son sometidos a una pérdida de su caudal producto del aprovechamiento total como en el caso de los proyectos Daniel Gutiérrez, San Lorenzo y Alberto Echandi (Nagatac). Así el cantón de San Ramón actualmente tiene aproximadamente de 32 km de río seco, aproximadamente. En el caso del proyecto Peñas Blancas se calculó para el mes más seco un caudal promedio de 11,2 m³/s, esto quiere decir que entre el sitio de presa y el canal de desfogue, una distancia de 6 km, el ICE se compromete a dejar pasar 1 m³/s en un río que supera los 25 m de ancho, provocando un impacto visual y ecológico.

Pérdida de la cobertura boscosa

Es común observar la pérdida de cobertura boscosa, en los diferentes proyectos, construidos en el cantón, debido a las diferentes obras antes mencionadas. Sin embargo, algunos proyectos a la hora de construir sus embalses y sitios de presa han provocado una pérdida de la cobertura boscosa más significativa, por la inundación de áreas boscosas, por ejemplo, el PH San Lorenzo, PH Peñas Blancas y el PH Arenal (con 87 km² de superficie de embalse), que tiene otros efectos como la pérdida de oxigenación de las aguas y el aumento de hábitat potencial de mosquitos de los géneros *Mansonia sp.*, *Uranotenia sp.*, *Anopheles sp.*, *Culex sp.* y *Aedes sp.*, sin descartar los mosquitos que transmiten el dengue (de 0 a 1900 ms.n.m.) y la malaria (de 0 a 700 ms.n.m.), en aquellos embalses ubicados

hasta los 1000 m.s.n.m., donde normalmente se ha registrado el punto más alto de transmisión de estos vectores.

Impacto contra el paisaje

Todo proyecto, en este caso hidroeléctrico, provoca un gran impacto en el paisaje, no es de sorprendernos la inquietud que esto causa en las comunidades y las diferentes reacciones, que se provocan.

Quizá el impacto más fuerte sobre el paisaje es el visual, en períodos muy cortos las comunidades pueden observar fuertes alteraciones y contaminación atmosférica por el uso de maquinaria pesada en la construcción de estas obras. Estos impactos van desde el cambio de color de las aguas del río, de cristal a chocolate, la desaparición de cerros completos, la pérdida de cobertura boscosa de la noche a la mañana, el aumento de tránsito pesado por sus comunidades, los caminos destruidos por el paso de la maquinaria, la presencia de grandes obras y torres llenas de cables, la cantidad de polvo, producido por las diferentes maquinarias y, por último, la agonía de su río.

En muchos de los casos, estos ríos son la única fuente de recreación para muchas de estas comunidades. De todos los puntos anteriores, podríamos esperar algunas obras de mitigación que al final de varios años podrían adecuarse de forma armónica con la comunidad. Sin embargo, lo único que no puede recuperarse es el caudal original del río, en el área del proyecto, por eso es tan importante que se respete el caudal ecológico.

Impacto sobre el turismo local

En estas comunidades una de las más importantes formas de distracción es el río, el cual forma un papel muy importante como balneario público, sitio de pesca y área de

recreación. En proyectos como San Lorenzo, Daniel Gutiérrez, La Esperanza y Peñas Blancas, los ríos han perdido ese carácter y más bien se han convertido en un peligro latente, ya que los proyectos afectan los procesos hidrológicos del río, produciendo durante algunas horas, caudales continuos de generación, los cuales son mayores a los caudales de estiaje e inferiores a los caudales de crecidas.

Líneas de transmisión de alta tensión

A pesar de que este tema se ha discutido en muchas partes del Mundo, dejando opiniones muy divididas, en la región se mantiene la incertidumbre sobre la conveniencia o no del paso de líneas de alta tensión por centros de población. En un artículo del periódico *La Nación* (1993) se plantea por medio de médicos y habitantes de San Carlos, la preocupación por la instalación de línea de alta tensión y baja frecuencia, aduciendo un posible aumento en la incidencia de cáncer, leucemia en niños, malformaciones genéticas, tumores cerebrales, problemas en el sistema nervioso, entre otros males, debido a la instalación de estas líneas.

Por su parte, las líneas afectan el paisaje y provocan contaminación visual, además de los problemas de deforestación, producidos para su instalación y su mantenimiento.

Especies afectadas

Es incalculable el número de especies que se ven afectadas por los diferentes PH. Generalmente, los estudios de impacto ambiental sólo se limitan a hacer listados de las posibles macro especies que se encuentran en la región, tanto de flora como de fauna, y en la mayoría de los casos estas listas se toman de otros estudios realizados cerca de la región, donde se va a construir el proyecto.

Sin embargo, podemos decir de acuerdo con lo observado en los diferentes proyectos que estos afectan la vegetación de la zona y se convierten en barreras artificiales para muchas especies de flora y fauna. Por ejemplo, en el caso de los peces como los chupapiedras (*Gambusia holbrooki*), que realizan una migración entre los ríos y las zonas costeras para reproducirse (Bussing 1987), se ven seriamente afectados con la construcción de estas obras. El efecto de barrera provoca en las especies aná드로mos la disminución, la degeneración y la desaparición debido a la consanguinidad por aislamiento genético, ya que requieren de todo el ecosistema del río para su reproducción.

También podemos decir que tenemos una mortalidad alta de peces por daños mecánicos al caer los peces por las tuberías de presión y pasar por las turbinas. Otro efecto en la flora y la fauna del río es la reducción de hábitat, ya que muchos de los ríos de San Ramón se modificaron drásticamente en sus condiciones físicas, tornándose inestables con altas fluctuaciones en sus caudales provocando que especies de flora y fauna con cierto grado de exigencia en cuanto a su calidad de agua o especificidad de su hábitat desaparezcan de esta zona, o hagan uso restringido de éstas (Bain, 1985).

Aguas subterráneas

Los niveles freáticos son afectados en aquellos proyectos donde se perforan túneles y obras que interfieren con la presencia de aguas subterráneas. Tal es el caso del proyecto Peñas Blancas que al construirse la casa de máquinas no se tomó en cuenta los niveles freáticos y hoy cuenta con 16 pozos que deberán estar funcionando durante todo el día, evacuando esta agua sin ningún uso por el momento.

También es evidente la alteración de las aguas subterráneas por la construcción de los túneles del proyecto Daniel Gutiérrez y Peñas Blancas, en las que al momento de sus construcciones eran evacuadas sin conocer los efectos reales en la alteración de los niveles freáticos, en el área de influencia.

Riesgos sísmicos y otras amenazas

Los riesgos ambientales de los PH, deben contemplar no sólo la perspectiva de la seguridad estructural de la obra, sino que además prever la seguridad de su entorno ambiental. Se deben tener consideraciones especiales por fallos catastróficos de la obra, así como la protección a las vidas humanas y las actividades económicas, que podrían afectar (Compañía Nacional de Fuerza y Luz, 1999).

Todo proyecto debe contar con un plan de emergencia elaborado con participación de la ciudadanía potencialmente afectada, con el fin de que cada vecino conozca las amenazas a las que está sujeto. Así, por ejemplo, se debe:

1. Calcular el tiempo de descarga del embalse, o presa en caso de un fallo estructural.
2. Conocer la duración y profundidad de la cabeza de agua.
3. Delimitar las zonas potencialmente afectadas.
4. Contar con un sistema de coordinación interinstitucional.
5. Definir los responsables legales e institucionales para ejecutar las medidas de compensación, etc.

EL PAPEL DEL REGENTE AMBIENTAL EN LA OBRA

El regente ambiental en cualquier obra es el encargado de verificar, en el campo, el cumplimiento de las medidas correctivas estipuladas, en el plan de gestión ambiental (PGA), así como en los contratos que se establecen con los responsables. Él es el responsable de evaluar las medidas recomendadas, y si éstas cumplen en la práctica con los objetivos para los cuales fueron planteados, con el fin de mitigar o minimizar los impactos, provocados en cada obra.



Fotografía: Martín Villalta Quiros

En Costa Rica, el número de plantas hidroeléctricas ha venido en aumento en las últimas décadas a raíz de la apertura del monopolio estatal.

El regente es la persona indicada de hacer las recomendaciones técnicas cuando lo considere necesario al ingeniero encargado de la obra, es preferible que además de escribirlo en su bitácora, él suministre las copias al contratista de la obra, a la SETENA, al Comité de Seguimiento Comunal de la Obra y al Concejo Municipal respectivo. Estas copias le ayudarán a que sus recomendaciones encuentren, en la mayoría de los casos, la atención debida, de lo contrario pasará como en muchos de los casos, donde el regente no tiene la suficiente autoridad para detener la obra, y más bien es víctima de la persecución de los patrones, los cuales en muchos casos los hacen renunciar y poner personas amigables con el proyecto.

EL PAPEL DE LA COMUNIDAD EN EL SEGUIMIENTO DE LAS OBRAS

Una de las comisiones que cada comunidad debe nombrar es la Comisión de Seguimiento a los Estudios de Impacto Ambiental de los Proyectos Hidroeléctricos (participación ciudadana). En el caso de San Ramón, esta comisión está nombrada por la Oficina de Recursos Naturales, la cual cuenta con el respaldo del Concejo Municipal. Esta Comisión está constituida por el Presidente Municipal, el encargado de la Oficina de Recursos Naturales, el Presidente de la Asociación Ramonense para la Conservación del Ambiente. En este caso, esta comisión cuenta con un biólogo, un abogado, un ingeniero civil y cualquier otro profesional que pueda contribuir con el control y seguimiento del Estudio de Impacto Ambiental.

Esta misma Comisión de Seguimiento a los Estudios de Impacto Ambiental se encarga, a su vez, de coordinar otra comisión, donde participan los líderes de las comunidades afectadas, y los representantes de la empresa constructora de la obra.

Con el fin de que tanto la comunidad pueda denunciar, como coordinar proyectos que beneficien a la comunidad como a la obra en construcción, es aquí donde la comunidad participa y se informa del avance de las obras, los procedimientos, las dificultades y las anomalías, detectadas por el regente, la SETENA o la Comisión de Seguimiento Municipal a los Estudios de Impacto Ambiental.

Es, en esta última instancia, donde el regente y la Comisión de Seguimiento tratan de mitigar y minimizar los impactos encontrados en la obra y donde la comunidad debe ser garante de su cumplimiento. Además, por medio de esa Comisión se mantiene informada a la comunidad de los peligros que un proyecto de esta envergadura acarrea, para lo cual se debe contar con un plan de emergencia, desarrollado por la empresa y la comunidad.

Es necesario tomar en cuenta que cuando en un proyecto de esta índole no se permite este tipo de seguimiento en la obra, por lo general es que están violando toda la legislación existente.

Bibliografía

BAIN, M. R. 1985. Fish Community Structure en Rivers with Natural and Modified Daily Flow Regimes. Tesis de Doctorado, Universidad de Massachusetts, Amherst.

BALTODANO, J. *s.f.* Consideraciones Ambientales en Relación con la Construcción de la Planta Hidroeléctrica San Lorenzo, San Ramón, Alajuela. Compañía Nacional de Fuerza y Luz, San José, Costa Rica. p. 7.

BEL INGENIERÍA, S.A. 1994. Estudio de Impacto Ambiental, Fase I, Proyecto Hidroeléctrico La Esperanza. Volumen 1. San José, Costa Rica. p. 110.

BIOSFERA CONSULTORES, S.A. 1999a. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Balsa Superior. Compañía Nacional de Fuerza y Luz. Volumen I. San José, Costa Rica. p. 291.

BIOSFERA CONSULTORES, S.A. 1999b. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Balsa Superior. Compañía Nacional de Fuerza y Luz. Volumen 2. San José, Costa Rica. p. 74.

BRENES, A. 1999. Plantas de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz. Revista Patrimonio y Futuro. S.p.

C.L.C. Ingenieros Asociados Cía. Ltda. 1997. Proyecto Hidroeléctrico Chachagua, Declaración Jurada de Impacto Ambiental. Heredia, Costa Rica. p. 11.

CORRALES, C. 1992. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Daniel Gutiérrez. Compañía Nacional de Fuerza y Luz, Heredia, Costa Rica. p. 255.

CHINCHILLA, V. E. 1987. Atlas Cantonal de Costa Rica. Instituto de Fomento y Asesoría Municipal, Departamento Territorial. Imprenta Nacional, San José, Costa Rica. p. 396.

ECHAVARRÍA, T. 1966. Historia y Geografía del Cantón de San Ramón. Imprenta Nacional, San José, Costa Rica. p. 107.

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD. 1987. Plantas Hidroeléctricas del Instituto Costarricense de Electricidad. Oficina de Publicaciones del ICE, San José, Costa Rica. p. 32.

MÉRIDA, S.A. 1999. Explotación del Cauce de Dominio Público en el Río Peñas Blancas, Sitio I. Estudio de Impacto Ambiental, Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). San José, Costa Rica. p. 133.

RUME, S.A. 1998. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Río Jabonal, Resumen Ejecutivo. San José, Costa Rica. p. 16.

SÁNCHEZ, R. 2000. Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes. Ministerio del Ambiente y Energía, San José, Costa Rica. p. 60.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA. 1999a. Informe Final Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Peñas Blancas y la Línea de Transmisión Peñas Blancas-Daniel Gutiérrez. Programa de Investigaciones Geográficas, Escuela de Geografía, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica. p. 212.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA. 1999b. *Adendum*, Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Peñas Blancas y la Línea de Transmisión Peñas Blancas-Daniel Gutiérrez. Programa de Investigaciones Geográficas, Escuela de Geografía, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica. p. 84.