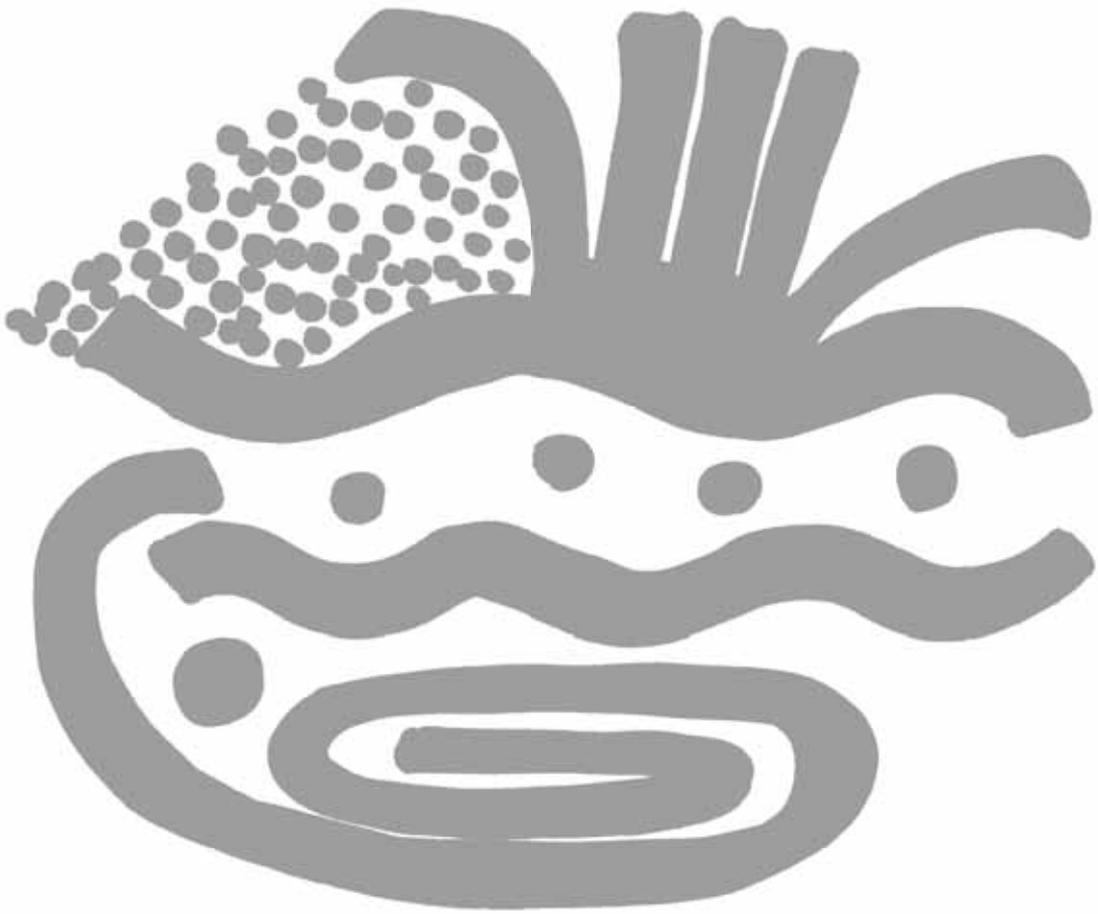


BAJO EL CAUDAL

EL IMPACTO DE LAS REPRESAS
DEL RIO MADERA
EN BOLIVIA



Abraham Matias Arnéz
Evelin Mamani Patana
Luis F. Novoa Garzon
Jorge Molina Carpio
Fabiola Ledezma
Philippe Vauchel
Ricardo Canese



Bajo el caudal.
Bajo el caudal.
El impacto de
las represas del
río Madera en
Bolivia

©FOBOMADE - mayo de 2009



FOBOMADE

Foro Boliviano sobre
Medio Ambiente y Desarrollo

Calle Colón N° 161 – Piso 10

Teléfono: (591) 2 2315058

Fax: (591) 2 2315059

Casilla Postal: 5540

fobomade@fobomade.org.bo

<http://www.fobomade.org.bo>

Presidente: Javier Aramayo Caballero

Vicepresidenta: Elizabeth Evelin Mamani Patana

Vocal: Alex Blacutt

Foto portada: Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB)
Río Madera

Coordinación general: Patricia Molina Carpio

Edición, traducción y revisión de texto: Alejandra Carranza

Impresión:

Ediciones Gráficas Virtual

DL: 4-1-843-09

ISBN: 978-99954-732-3-5

Con el apoyo de:



Rainforest Foundation Norway



International Rivers Network

Este libro fue impreso en papel 100% reciclado nacional.
ECOBOL de 75 grs. y Bambú de 80 grs. de FAPELSA, El Alto.

Presentación

La Amazonía continental sudamericana se ha convertido en la última frontera para la expansión del capitalismo transnacional. La que por siglos fue considerada como "vacío geográfico" y por algunas décadas como "reservorio de biodiversidad" y "reguladora del clima" del planeta, hoy sufre el embate de fuerzas empresariales capaces de transformarla para siempre, destruyendo o alterando sus frágiles ecosistemas, aniquilando o asimilando a sus últimos pueblos indígenas y reforzando la explotación y la precariedad económica entre el conjunto de su población, especialmente entre los campesinos extractivistas que siempre han defendido, precisamente, el modelo de desarrollo opuesto.

Si el auge de la explotación del caucho desde el último cuarto del siglo XIX y las sucesivas olas desarrollistas experimentadas a lo largo del siglo XX, han provocado irremediables procesos de genocidio, etnocidio, degradación ambiental y empobrecimiento de las masas amazónicas, y esto alertó y provocó una reacción positiva en muchos sectores de la sociedad amazónica, gobiernos de la cuenca y del resto del mundo, por la defensa de la selva y de los pueblos que viven en ella, las amenazas que se ciernen hoy sobre la Amazonía son incomparablemente mayores y, de concretarse, no habrá vuelta atrás: será un punto de no retorno que lamentaremos siempre.

De ahí que urge una comprensión de las estrategias geopolíticas que hoy se desenvuelven en la región, lo que demanda un abordaje del conjunto de los recursos estratégicos existentes en la Amazonía, de los estados, los actores sociales, institucionales, empresariales y los intereses internacionales. Por ello se requieren esfuerzos de producción colectiva del conocimiento, a través de miradas interdisciplinarias. En este marco, el análisis de los recursos hidroeléctricos, la planificación de su uso, la previsión de los impactos y derechos demanda un enfoque social consensuado con los actores locales.

El libro Bajo el Caudal aporta elementos necesarios para la defensa de las comunidades ribereñas frente al estado brasileño y de manera global para la comprensión de las estrategias geopolíticas en la región. El Complejo del río Madera es el mayor proyecto de la estrategia central de desarrollo brasileño, basada en la explotación de la Amazonia. Incluye la implantación de cuatro mega-represas, dos en zona brasileña, una en la frontera y otra en territorio boliviano. Este proyecto hidroeléctrico se encuentra incluido en la Iniciativa de Infraestructura de América del Sur (IIRSA), que busca desarrollar la infraestructura, la energía y las telecomunicaciones para la integración física de la región, diseñada de acuerdo a los intereses de los negocios y las cadenas productivas de las transnacionales norteamericanas y brasileñas que controlan el bloque MERCOSUR. Por esto, el Complejo del río Madera es parte del Programa de Aceleración del Crecimiento (PAC) del Brasil, que busca consolidar la hegemonía de la economía brasileña, a través de los conglomerados empresariales "formalmente" brasileños, que cuentan con el apoyo del Estado.

Hay un antecedente a destacar. En 1964 la dictadura militar brasileña intentó desconocer la soberanía paraguaya sobre el salto del Guairá, donde posteriormente se construiría la represa de Itaipú. En 1973, es el dictador paraguayo Alfredo Stroessner quien firma el Tratado de Itaipú, omitiendo aspectos esenciales que habían sido acordados en el Acta de Foz de Iguazú, en junio de 1966, en la cual se estableció que Paraguay es propietario del 50% de la energía de Itaipú y que tenía derecho a venderla a terceros. Ricardo Canese, Coordinador de la Comisión de Entes Binacionales Hidroeléctricos del Ministerio de Relaciones Exteriores de Paraguay y parlamentario del Mercosur, quien denunció durante décadas los términos entreguistas de dicho Tratado, intenta explicar por qué el dictador Stroessner aceptó condiciones tan lesivas para la soberanía paraguaya. Los motivos serían dos: primero, Stroessner quería el apoyo político de Brasil, y segundo, quería concretar grandes negociados para él y la camarilla que lo rodeaba...

El 7 de mayo del 2009, en una reunión de la Comisión Técnica que trata el tema de las represas del Madera en el Ministerio del Agua y Medio Ambiente, en la ciudad de La Paz, el asesor de Cancillería, Juan Carlos Alurralde, frente a las demandas de los participantes sobre acciones internacionales contra el gobierno de Brasil en Tribunales Internacionales, se justificaba: "Estamos en el nivel más alto de relaciones con el gobierno de Brasil, no queremos malograr las relaciones con un país aliado..."

Stroessner logró permanecer en el gobierno durante 16 años y murió sin ser juzgado por sus delitos, en su exilio en Brasil. Al parecer algunos actores gubernamentales están pensando que la omisión de acciones frente a la pérdida de soberanía en el territorio boliviano a ser inundado por las represas brasileñas permitirá sostener al gobierno y están dispuestos a permitir que se conculque derechos humanos de los habitantes amazónicos, además de permitir el control brasileño sobre las cuencas del Madera y sus principales tributarios.

¿Es realmente Brasil nuestro aliado? Para el profesor e investigador Luis Novoa, de la Universidad de Rondônia, "la diplomacia brasileña viene buscando crear molduras institucionales que legitimen la expansión de los conglomerados ubicados en Brasil, percibiendo así que la integración continental respalda la posición del país como receptor de nuevas inversiones, a punto de condicionar la asignación de capitales en escala regional". Por ello, el Programa de Aceleración del Crecimiento (PAC), lanzado en enero del 2007, define un retorno al intervencionismo estatal, predefinido por los sectores "relevantes" del país, pero, como nunca antes, en función de intereses de las cadenas transnacionales y sus ramificaciones en el Brasil. Para ello el PAC busca que la población brasileña adopte el espejismo de las necesidades de las grandes empresas, como necesidades "nacionales" y poner estas por encima de cualquier efecto destructor de las obras que se emprendan para satisfacer las necesidades de las transnacionales. Para ello se construye una "pesada ingeniería política", que fuera de Brasil, vende el espejismo de país amigo, aliado, apoyo de democracias latinoamericanas, lo que viene acompañado de la introducción de las transnacionales brasileñas como Petrobras y Odebrecht, en lo más íntimo de sociedades como la boliviana, financiando eventos sociales, culturales, deportivos y, seguramente, también cívicos.

¿Y cuáles son esos efectos destructores en el caso de las represas del río Madera? El doctor Abraham Matías, se refiere a uno de los aspectos menos considerados: los efectos sobre la salud de los grupos humanos a ser afectados. Toma como base el concepto de salud como un proceso de equilibrio entre tres factores: el humano, el agente patógeno y el medio ambiente, y que de la ruptura de este equilibrio dependerá el aumento en la incidencia de las enfermedades ya establecidas en un determinado medio, o bien la emergencia o re emergencia de otras entidades patológicas. La construcción de represas produce una alteración en el medio ambiente y, por lo tanto, rompe este equilibrio ya establecido, haciendo que el estado de la salud de la población que se encuentra en su entorno se deteriore.

Las represas del Madera se ubican en la región comprendida en la franja tropical del planeta, en la cual habita una mayoría de población clasificada como pobre, sin los elementos básicos para una subsistencia digna. Por esto, las enfermedades tropicales son también sinónimo de enfermedades de la pobreza. Ejemplo de ello es la malaria que concentra la mayor parte de las muertes en la fracción más pobre. En el caso boliviano, la zona más afectada es la región amazónica, donde se reporta aproximadamente el 90% de los casos del país. La provincia Federico Román, en el departamento de Pando, por donde pasa el río Madera, reporta el 50% de la población con malaria y es la zona donde hay mayor incidencia de malaria maligna, causada por el Plasmodium Falciparum, culpable de la mayor parte de muertes por malaria, un parásito que deja secuelas en el organismo, por lo que aún cuando el enfermo logre curarse y sobrevivir, es probable que a la larga muera por dichas secuelas.

Abraham Matías reporta que la tendencia al aumento en el número de casos de malaria en zonas donde se han construido represas, puede considerarse como epidemias, aumentando de 5 a 13 veces el riesgo de contraer la enfermedad. El aumento de casos de malaria implica además costos para el Estado, para los pacientes y en una escala más grande e importante, los años de vida con discapacidad que representan para la población de esta zona. Esto sin tomar en cuenta otras enfermedades, como la leishmaniasis, el dengue, la fiebre amarilla, la filariasis y la esquistosomiasis, analizadas también en el documento.

La construcción de una represa provoca la elevación de los niveles de agua con respecto a los niveles naturales y, como consecuencia, la disminución de la velocidad del río, además de crear el embalse e inundar áreas próximas, temporal o permanentemente. Las características físicas del río Madera en el tramo entre Guayaramerín y Porto Velho tienen un rol decisivo sobre los impactos que podría tener una represa.

El 2007 se conocieron los incoherentes y contradictorios estudios encargados por Furnas y Odebrecht, las empresas impulsoras de las represas de Jirau y Santo Antonio. Estos son: el Estudio de Factibilidad, el de Impacto Ambiental y el trabajo del consultor del Banco Mundial, Sultam Alam. También fueron realizados estudios independientes por encargo del Ministerio Público de Rondônia.

Todos ellos pusieron en evidencia que la otorgación de la licencia ambiental por parte del Estado brasileño a través del IBAMA tuvo un carácter político y sin sustento técnico, y fue otorgada a pesar de la resolución previa del propio IBAMA, de julio del 2007. Dicha resolución, enfáticamente, afirmaba que no podía garantizar la viabilidad ambiental de los proyectos Jirau y Santo Antonio. (Parecer Técnico IBAMA 14/07)

El equipo de investigadores dirigidos por el ingeniero hidráulico Jorge Molina presenta un estudio concluyente (Estudio del río Madera: Remanso hidráulico y sedimentación, julio 2008) que evalúa los efectos que las represas brasileñas de Jirau y Santo Antonio tendrán sobre el funcionamiento hidráulico del tramo del río Madera entre Porto Velho (Brasil) y la confluencia del río Beni (Bolivia), y la posible sedimentación, utilizando información boliviana y brasileña.

Los estudios bolivianos indican que los niveles de agua del río Madera en Villa Abuná y, por tanto, en el trecho binacional serán afectados por sobre-elevación para todo o parte del rango de caudales del embalse de Jirau, aún con los diferentes niveles de operación establecidos en el Estudio de Factibilidad.

La Resolución ANA 555 de 19/12/2006, de la Agencia Nacional del Agua de Brasil, establece que la operación del embalse de Jirau no debe afectar ni modificar los niveles de agua del tramo binacional del río Madera, para ningún caudal, aguas arriba de la confluencia con el río Abuná. Por tanto, se tendría que bajar los niveles de operación del agua de la represa, pero ello afectará la viabilidad económica de la misma.

La magnitud de la sobre-elevación del nivel del agua en el tramo binacional, sin considerar la sedimentación, alcanzará de 1 a 1,95 metros, afectando el territorio boliviano desde el inicio del tramo binacional en Abuná, extendiéndose este efecto inclusive 75 kilómetros aguas arriba, hasta la Cachuela Madera. Estos efectos tienen consecuencias directas en la pérdida de energía potencial en el tramo binacional, pues cada metro de subida del nivel del agua significa una pérdida bruta de potencia de 170 MW, además de incrementar los riesgos de inundación en el tramo binacional. Esta situación, por otro lado, afecta los derechos soberanos de Bolivia sobre sus recursos energéticos y su territorio.

Referente a la sedimentación, el embalse de Jirau causará la deposición de una parte de los sedimentos que transporta el río Madera y la elevación de los niveles del lecho del río, especialmente notoria en el tramo binacional. Como consecuencia de la sedimentación se produciría una sobre-elevación de los niveles de agua, adicional a la que provoca el embalse no sedimentado. Dicha sedimentación irá aumentando con el tiempo, elevando el nivel del agua con el paso de los años, amplificando la pérdida de energía potencial y aumentando aún más los riesgos de inundación en el trecho binacional del río Madera.

Estos resultados demuestran los graves efectos de las represas brasileñas en territorio nacional, tanto a nivel económico como afectando a los habitantes de la región y sus medios de vida, lo cual es inaceptable desde todo punto de vista y en particular desde el ejercicio de la soberanía del país. Evaluaciones complementarias deberían cuantificar con mayor precisión la magnitud de los mismos, pero el gobierno boliviano se encuentra en la obligación de tomar ya las previsiones legales correspondientes, haciendo suya las demandas de las organizaciones sociales en el recurso presentado ante la Comisión Interamericana de Justicia en diciembre del pasado año. Esto es defender la soberanía del territorio nacional.

El gobierno del presidente Lugo ha tomado medidas para recuperar su soberanía hidroeléctrica sobre Itaipú. Dichas medidas comprenden acciones de políticas de interconexión eléctrica a gran escala en el Cono Sur y de integración energética con el gasoducto URUPABOL entre todos los países de la región. Esta manera busca evitar relaciones bilaterales en las cuales economías pequeñas como Paraguay y Bolivia siempre tendrán las de perder. Esta es la otra integración, más allá de los discursos.

La Comisión Mundial de Represas ha demostrado hoy que las grandes represas, más que beneficios, traen penurias, dolor, pobreza, injusticia y violación sistemática de Derechos Humanos, a grupos humanos vulnerables y desamparados de sus gobiernos: campesinos, indígenas, mujeres y niños. Evelin Mamani, Coordinadora del Equipo Técnico Legal de FOBOMADE, destaca que "el proyecto de represas en el lado de Brasil, en aguas internacionales del Madera, en área de frontera, sigue su curso, y los riesgos de violación del goce y ejercicio de los Derechos Humanos, también". La represa de Santo Antonio, que se construye muy cerca de la ciudad de Porto Velho, continúa avanzando y realizando sus explosiones en el río Madera todos los días, desde que le otorgaron la licencia ambiental previa, de manera irregular, bajo la protección del IBAMA, la Policía Ambiental, el Estado de Brasil, el silencio del Estado boliviano, y sobre todo, con el dinero que hace bailar al convite de la muerte que representan estas represas, a una multitud de personas. Esto incluye también a pueblos indígenas aislados, segmentos de la etnia Pacahuara que habitarían al interior de la Provincia Federico Román, del departamento de Pando, en la zona de impacto de las represas, transitando entre territorio boliviano y brasileño. Estos pueblos, por voluntad propia o por agresiones de diferente índole, han decidido mantenerse aislados del resto de la sociedad. Los reportes sobre su existencia son dados por los comunarios del lugar y por organizaciones indígenas de la región que velan por ellos (caso Central Indígena de la Región Amazónica de Bolivia-CIRABO). La deforestación de su territorio y la incursión de colonizadores, incluido los megaproyectos de represas en la Amazonía, su territorio, están arrinconando a estos grupos hasta su exterminio total. El gobierno de Bolivia, reconociendo la alta vulnerabilidad de estos pueblos invisibilizados, ha sumido el compromiso constitucional de proteger y respetar sus formas de vida, como ejemplo de compromiso con la dignidad del ser humano.

El mismo capítulo señala que "la FSUTC-P y la CIRABO, el 7 de diciembre de 2007, presentaron una solicitud de Medidas Cau-

telares a la Comisión Interamericana de Derechos Humanos por los riesgos de inundaciones; pérdida de peces, bosques de castaña; incremento de enfermedades como la malaria, dengue, fiebre amarilla y otros. Y nadie (en Bolivia o Brasil) pretende asumir responsabilidad por los daños emergentes, siendo estos transfronterizos". Es así que "las comunidades ribereñas y de la región del Madera están aún expectantes de las acciones y posiciones que asumirá el Gobierno de Bolivia frente al Brasil. Éstas deberán estar en el marco de lo oportuno, pues aún se preguntan: ¿El desarrollo de quién debe prevalecer? ¿Valen más los intereses de Bolivia o de Brasil?"

El 13 de marzo de 2009, en la víspera del Día Mundial contra las Represas, fueron apresados en Porto Velho, dirigentes pandinos de las Federaciones de Campesinos y estudiantes que debían ingresar a la Carrera de Cooperativismo, violando convenios internacionales de derechos humanos. La persecución y criminalización de los movimientos sociales de Bolivia traspasó las fronteras, convirtiendo a los luchadores por los derechos humanos en deportados del Madera. En Pando, el movimiento contra las represas está representado por las federaciones de campesinos e indígenas, organizados en distintas Centrales y Sub Centrales. Estos, en septiembre de 2008, sufrieron la tragedia de una masacre, en la que murieron un número indeterminado de campesinos, entre hombres, mujeres y niños. A pesar de que la UNASUR y la fiscalía se manifestaron al respecto y del apresamiento de Leopoldo Fernández, ex-Prefecto de Pando, nada quedó esclarecido. La persecución continúa, ahora con carácter internacional, a nombre del IIRSA y las represas del Madera.

La administración boliviana que encabeza Evo Morales ha manifestado, como ningún otro gobierno democrático y en muchas ocasiones, su voluntad de trabajar por una Amazonía boliviana digna y justa. A la vez, su gobierno ha sido el primero en el mundo en declarar ley nacional la Declaración Universal de las Naciones Unidas por los Derechos de los Pueblos Indígenas. También aprobó una de las constituciones más avanzadas del planeta en defensa de los derechos de campesinos e indígenas. Por último, el pasado 22 de abril, y a propuesta suya, las mismas Naciones Unidas aprobaron la Declaración Universal de los Derechos de la Madre Tierra. La esgrima de los argumentos presentados aquí y el ejercicio de la soberanía nacional en el Río Madera es una indiscutible oportunidad histórica para que las palabras y los discursos no queden sumergidos bajo el caudal de las aguas amenazantes de las represas. Todavía es tiempo de dejar a un lado toda especulación y poner por delante los intereses de los pueblos.

Patricia Molina Carpio
Coordinadora General
FOBOMADE

SUMARIO



SUMARIO

Pág.

Derechos Humanos, Estado y represas del río Madera: entre la teoría y la realidad

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. A MODO DE INTRODUCCIÓN | 15 |
| 2. ¿QUÉ SON LOS DERECHOS HUMANOS? | 16 |
| 3. LOS DERECHOS HUMANOS Y EL DEBER FUNDAMENTAL DEL ESTADO..... | 18 |
| 3.1. Grupos vulnerables | 19 |
| 3.2. El representante legal del Estado | 20 |
| 4. LAS REPRESAS EN EL CONTEXTO DE LOS DERECHOS HUMANOS | 20 |
| 5. FORMALIDADES AMBIENTALES PARA LOS DERECHOS HUMANOS | 21 |
| 6. PROYECTOS DE DESARROLLO PARA LOS DERECHOS HUMANOS | 21 |
| 7. UN CASO LATENTE: LAS REPRESAS DEL RÍO MADERA | 21 |
| 8. EL DEBER SER DEL GOBIERNO DE BOLIVIA, LOS DERECHOS HUMANOS Y LAS REPRESAS DEL RÍO MADERA | 22 |
| 8.1. Garantías de desarrollo con justicia social | 23 |
| 8.2. Justicia | 23 |
| 8.3. Energía | 23 |
| 8.4. Las aguas y cuencas de Bolivia | 23 |
| 8.5. Política Exterior | 23 |
| 8.6. La posición del Estado de Bolivia | 24 |
| 9. PREGUNTAS NECESARIAS | 25 |
| 10. CONCLUSIONES | 25 |
| 11. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA | 26 |

La infraestructura al servicio de la integración de los capitales: una mirada hacia el sector eléctrico del Brasil

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. SUBIMPERIALISMO O IMPERIALISMO DESDOBLADO | 63 |
| 2. ¿A QUIÉN SIRVE EL PROGRAMA DE ACELERACIÓN DEL CRECIMIENTO (PAC)? | 63 |
| 2.1 ¿Un nuevo capitalismo monopolista de Estado (sin bienestar)? | 64 |
| 3. LA CRISIS Y LA PLANIFICACIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO EN BRASIL | 65 |
| 3.1 ¿PDEE, expansión de la energía o régimen de engorde de los enclaves? | 65 |
| 3.2 El chantaje térmico y el “aprovechamiento hidroeléctrico total” | 66 |
| 4. LICENCIAMIENTO MÓVIL O AUTO-LICENCIAMIENTO: EL CASO DE LAS CENTRALES ELÉCTRICAS EN EL RÍO MADERA | 67 |
| 4.1 Calamidad anunciada y condicionada | 68 |
| 4.2 El banquete del río Madera | 69 |

La recuperación de la soberanía hidroeléctrica paraguaya

Notas:

75

El impacto de la construcción de represas en las enfermedades de transmisión vectorial

| | |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 79 |
| 2. MALARIA | 80 |
| 2.1. Generalidades de la malaria | 80 |
| 2.2. Incidencia y distribución de la malaria..... | 81 |
| 2.3. Impacto económico | 82 |
| 2.4. Efectos de la construcción de represas sobre la malaria | 83 |
| 3. LEISHMANIASIS | 84 |
| 3.1. Generalidades de la leishmaniasis | 84 |
| 3.2. Incidencia y distribución de la leishmaniasis | 86 |
| 3.3. Impacto económico..... | 86 |
| 3.4. Efectos de la construcción de represas sobre la leishmaniasis | 86 |
| 4. DENGUE..... | 87 |
| 4.1. Generalidades del dengue | 87 |
| 4.2. Incidencia y distribución del dengue | 88 |
| 4.3. Efectos de la construcción de represas sobre el dengue | 88 |
| 5. OTRAS ENFERMEDADES | 88 |
| 5.1. Fiebre amarilla | 88 |
| 5.2. Filariasis | 89 |
| 5.3. Esquistosomiasis | 89 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 89 |
| 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 91 |

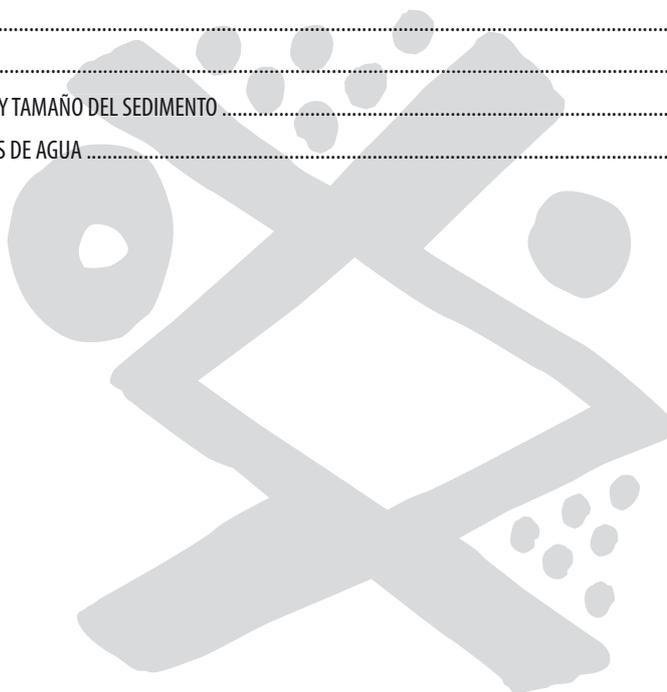
Estudio del río Madera: Remanso hidráulico y sedimentación

| | |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 97 |
| 1.1 Antecedentes y objetivos | 97 |
| 1.2 Metodología | 97 |
| 1.3 El Proyecto | 98 |
| 2. HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA | 101 |
| 2.1 Régimen hidrológico | 101 |
| 2.2 Caracterización física e HIDRÁULICA del tramo de estudio | 104 |
| 3. REMANSO HIDRÁULICO | 109 |
| 3.1 Información | 109 |
| 3.2 calibración del modelo | 110 |
| 3.3 Remanso en condiciones naturales | 112 |
| 3.4 Efecto de remanso de los embalses | 116 |
| 4. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS | 129 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1 Caudal sólido | 129 |
| 4.2 Tamaño del sedimento | 141 |
| 5. SEDIMENTACIÓN EN EL EMBALSE DE JIRAU | 144 |
| 5.1 El modelo Hecras-STA | 144 |
| 5.2 Datos de entrada al modelo | 145 |
| 5.3 Ajuste del modelo | 145 |
| 5.4 Simulación con represa de jirau | 148 |
| 5.5 Analisis de sensibilidad | 153 |
| 6. CONCLUSIONES | 159 |
| 6.1 Sobre el efecto de remanso hidraulico de las represas | 159 |
| 6.2 Sobre el efecto de sedimentación inducido por el embalse de jirau | 160 |

REFERENCIAS 92

| | |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| ANEXO 1: SECCIONES TRANSVERSALES | 162 |
| ANEXO 2: COEFICIENTES DE RUGOSIDAD | 170 |
| ANEXO 3: MUESTREOS DE CAUDAL SÓLIDO Y TAMAÑO DEL SEDIMENTO | 183 |
| ANEXO 4: eVOLUCIÓN DEL LECHO Y NIVELES DE AGUA | 185 |



Derechos
Humanos,
Estado y
represas del río
Madera:
entre la teoría y
la realidad



E. Evelin Mamani Patana



Derechos Humanos, Estado y represas del río Madera: entre la teoría y la realidad



E. Evelin Mamani Patana¹

“Todos los Derechos Humanos son universales, indivisibles e interdependientes y están relacionados entre sí. La comunidad internacional debe tratar los Derechos Humanos en forma global y de manera justa y equitativa, en pie de igualdad y dándoles a todos el mismo peso. Debe tenerse en cuenta la importancia de las particularidades nacionales y regionales, así como de los diversos patrimonios históricos, culturales y religiosos, pero los Estados tienen el deber, sean cuales fueren sus sistemas políticos, económicos y culturales, de promover y proteger todos los Derechos Humanos y las libertades fundamentales (Número 5)”.

Conferencia Mundial de Derechos Humanos, Viena. 25 de junio de 1993.

1. A MODO DE INTRODUCCIÓN

Se ha iniciado una nueva discusión sobre el tema de las Represas del río Madera, bajo una perspectiva diferente en su abordaje y posibles estrategias de resistencia, y fundada en el goce y ejercicio de los Derechos Humanos.

Los Derechos Humanos, hoy en día, adquieren una importancia fundamental porque se inicia un proceso de entendimiento de sus alcances y exigibilidad real. Hasta hace poco, sólo habían sido discursos, emblemas de ONGs, motivo de publicaciones y cursos. Pero aún no se los comprendía ni asumía por parte del Estado, como base elemental de toda decisión política interna o de relacionamiento internacional y diplomático.

Los Derechos Humanos se convirtieron en facultades enunciativas, mas no exigibles objetivamente. Si sólo se hace seguimiento a grandes proyectos de desarrollo emprendidos por nuestros Estados, en la región y el continente –en realidad el fundamento del desarrollo es el propio derecho humano inalienable a la igualdad de oportunidades para el progreso –, podemos percibir que el interés de algunos países con potencial económico es el que marca el camino del desarrollo de los demás.

El derecho al desarrollo es una prerrogativa de los Estados. Los proyectos de desarrollo deben promover y hacer efectivos, mediante sus políticas y planes de desarrollo económico y social, la protección y realización de los

Derechos Humanos, no simplemente por un compromiso ante su población y en cumplimiento de su normativa, sino por el compromiso adquirido ante la comunidad internacional.

Es por ello que, incluso cuando un hecho, proyecto o política de desarrollo de otro Estado pone en riesgo o vulnera Derechos Humanos, el Estado afectado tiene el deber de iniciar acciones y medidas en defensa de los intereses y bienes –los derechos forman parte del patrimonio personal de las personas – de todas las personas que se hallan en su territorio (obligación de garantías).

Los impactos negativos del desarrollo, nacionales y transfronterizos, tienen una característica importante que los gobiernos y las instancias de justicia no pueden llegar a comprender. Ésta consiste en que el derecho al desarrollo puede avasallar Derechos Humanos fundamentales, cuando están implicados daños ambientales.

A esto se suma la odiosa desvinculación entre los problemas ambientales y los Derechos Humanos. Se han fraccionado las problemáticas ambientales y sociales, como si se tratase de dos ejes distintos, alejados, de imposible conciliación y de resolución diferente, en uno y otro caso. Desde la terminología, se ha dividido al extremo el sentido y el alcance. Cuando se dice, por una parte, medio ambiente y, por otra, recursos naturales, se sabe que ambos términos tienen hoy una comprensión distinta.

¹ Abogada, Vicepresidenta de FOBOMADE y Coordinadora Legal del Equipo de Trabajo Legal del Foro Boliviano sobre Medio Ambiente y Desarrollo, ETL-FOBOMADE.



Así, hablar de la defensa del medio ambiente parece que sólo tratara el tema de no contaminar ni deforestar: un simple discurso verde. Hablar de recursos naturales, por su parte, es asociado con el concepto sesgado de usar, explotar y sacar el mayor usufructo económico posible de la naturaleza; olvidando a las personas que viven precisamente de esos recursos. Esto se debe a que es común que bajo la consigna de “desarrollo” se desplace a miles de familias de sus tierras, se les prive del uso y disfrute del agua, y se les prohíba aprovechar de sus recursos naturales e incluso de su territorio con libertad.

El medio ambiente es flora, fauna, recursos genéticos, humanos, culturas, etnias, tradiciones y territorios; todo conjuncionado equilibradamente y necesario, lo uno para lo otro. La separación de la temática ambiental en el gobierno, en lo técnico y político, da lugar a que el trabajo de los funcionarios públicos y su nivel presupuestario institucional traten de manera separada los asuntos ambientales de los Derechos Humanos, como temas aislados. Por eso, la solución de conflictos de Derechos Humanos a causa de daños ambientales, a nivel administrativo y judicial, no condicen en la solución y sanción adecuada, aunque en la norma y los procedimientos la solución sea obvia y sencilla.

Ahora presentamos algunos ejemplos de riesgos o vulneración a los Derechos Humanos por daños ambientales, emergentes de proyectos de desarrollo, a nivel transfronterizo: las papeleras entre Uruguay y Argentina (contaminación de aguas y pérdida de actividad turística), las fumigaciones entre Ecuador y Colombia (contaminación por pesticidas, daños a la salud, integridad física y psicológica, y otros) y, ahora, las represas del río Madera entre Brasil y Bolivia (inundación permanente, riesgo de la propiedad individual y colectiva, contaminación de aguas, alta incidencia de enfermedades tropicales, pérdida de actividades económicas locales rentables y discriminación, entre otros).

En los dos primeros casos, los Estados han asumido defensa soberana de los intereses y derechos de sus naciones, llevando incluso el diferendo ante las instancias de Derechos Humanos de la OEA y, en el caso de las papeleras, a la Corte Internacional de la Haya. Éstas son acciones y posiciones de Estados en defensa legal y legítima, que no han sido ni considerados en el caso de Bolivia, a pesar de las alertas científicas del riesgo de daño que causaría Brasil a Bolivia.

Estos casos de daños ambientales transfronterizos, descritos en el marco del derecho al desarrollo, son efectos de políticas y emprendimientos de desarrollo regional, asumidos y desarrollados por los mismos Estados de la región. Entre ellos, se puede identificar claramente que quien debería asumir la responsabilidad final por el daño es el propio Estado que desarrolla el proyecto. No importa de quién es el proyecto y a quién beneficia realmente;

el resultado de los emprendimientos se halla, a la luz del derecho internacional, bajo responsabilidad del Estado que patrocina y permite tales actividades, que generan daños al Estado vecino.

Por el compromiso que existe con la comunidad internacional, de respetar y garantizar los Derechos Humanos, un Estado debe verificar, en todo momento, que ninguna actividad, pública o privada, dentro de su territorio, ponga en riesgo o vulnere Derechos Humanos de sus estantes y habitantes. Sobre todo de grupos humanos vulnerables (indígenas, campesinos, niños, mujeres y personas especiales).

Pues bien, para entender lo complejo que resulta “ser” para Estados como Bolivia garantes de derechos fundamentales, analicemos brevemente algunos contextos. En ello se podrá determinar cuán responsable puede ser la estructura del Estado en los daños colaterales (ambientales y a las personas) a las comunidades, en relación a la construcción de las represas brasileñas del río Madera. En este sentido, será importante iniciar con una revisión de la visión de los Derechos Humanos y del deber del Estado en los Derechos Humanos.

Se deberá conocer, además, qué son las represas y sus implicancias; las formalidades ambientales en proyecto, como las de represas; el derecho al desarrollo; el caso de las represas del Madera; las obligaciones autoasumidas por el Estado de Bolivia, como el deber ser estatal en función al caso del Madera. Y, por último, se hará una invitación a la reflexión, con preguntas para la problematización retórica, antes de las conclusiones.

2. ¿QUÉ SON LOS DERECHOS HUMANOS?

Los “derechos humanos” han sido socializados y conocidos por la comunidad con esta denominación desde los años setenta, debido a su internacionalización y acogimiento en todas las legislaciones nacionales. Esto dado el empuje en razón de los instrumentos internacionales adoptados por las Naciones Unidas, el Sistema Interamericano y la Comunidad Europea.

El reconocimiento de los Derechos Humanos o fundamentales de la persona humana y su manifestación en declaraciones de carácter político y jurídico, nacionales e internacionales, se ha ido concretando y precisando a través de la historia, constituyéndose en la prueba del progreso de la conciencia moral de la humanidad.

Los Derechos Humanos han sido explicados desde diversas formas y corrientes jurídicas para comprender su naturaleza. Entre las principales se halla la corriente del Derecho Natural o *iusnaturalista*, que explica estos derechos por su naturaleza misma en el ser humano. Determina derechos y deberes fundamentales que nacen de la calidad misma de ser humano.

Jacques Maritain² señala que: *“Se trata de establecer la existencia de derechos naturales inherente al ser humano, anteriores y superiores a las legislaciones escritas y a los acuerdos entre los gobiernos. Derechos que no le incumbe a la comunidad civil el otorgar, sino el reconocer y sancionar como universalmente valederos y que ninguna consideración de utilidad social podría, ni siquiera momentáneamente, abolir o autorizar su infracción.”*

Por tanto, los Derechos Humanos deben su fundamental importancia a su naturaleza innata en el propio ser humano, anterior a la existencia de los Estados organizados y su legislación. Se instituyen, así, como un referente necesario de toda determinación soberana que se asuma. Consecuentemente, los Derechos Humanos son inviolables.

Sin embargo, los Derechos Humanos de toda persona no implican una lista interminable de derechos, sin ningún control de su reconocimiento normativo. Se tratan, más bien, de derechos esenciales en relación con el pleno desarrollo de la dignidad humana: *“El límite de todo derecho es el derecho del otro”*.

La existencia y exigencia de Derechos Humanos en una sociedad o comunidad organizada se debe a los valores constituidos en ella. Estos valores emergen de su tradición e historia, lo cual permite que esta comunidad organizada establezca los fines por los cuales deben existir tales Derechos Humanos. Los mismos se instituyen en relación a los intereses y fines de la comunidad, con la condición ineludible y lógica del respeto a la dignidad de la persona humana.

Desde otro punto de vista, los Derechos Humanos son resultado de la historia de la humanidad y del grado de evolución que haya logrado. Son importantes el respeto y la tutela jurídica de la persona humana, como ciudadano, no sólo en sus derechos personales e individuales, civiles y políticos, sino también en los económico-sociales y culturales, que amplían la tutela del individuo al colectivo y al difuso.

Entonces, la persona humana, por ser dueño de sí y de sus actos, no puede ser tratada por el ordenamiento jurídico como un medio, sino como un fin. En consecuencia, la verdadera filosofía de los Derechos Humanos o fundamentales de la persona humana descansa en la dignidad y en el fin último de ella.

Los Derechos Humanos se caracterizan por ser imprescriptibles; es decir, no se adquieren por un tiempo o se pierden por no ejercerlos. No son transferibles a otras personas; los Derechos Humanos son individuales y propios de cada uno. Son irrenunciables; el disfrute de los derechos es vitalicio. Son

universales, es decir todas y todos los poseemos, gozamos y ejercemos los Derechos Humanos. Son inviolables; no pueden ser desconocidos o violados por quienes tienen el deber de respetarlos. Son efectivos; no son simples enunciados, son exigibles en su cumplimiento y sancionables en su vulneración. Son interdependientes; ningún derecho existe solo y aislado, se complementa necesariamente con los demás derechos. Todos ellos buscan la existencia de la persona con dignidad y libertad.

En las legislaciones internas, los Derechos Humanos, declarados universalmente inviolables, han sido introducidos en las normas principales de cada país, en cada Constitución Política del Estado. Se han denominado “derechos fundamentales”, pues denota su carácter primigenio, básico y esencial para la existencia digna de las personas dentro la jurisdicción de un Estado, siendo base genésica de todos los derechos, garantías y legislación que este Estado adopta. Es decir que ninguna norma, derecho o acción puede vulnerar los Derechos Humanos.

Estos no son oponibles por el sólo hecho de existir. Los Estados organizados y constituidos requieren que se hallen consensuados e incluidos expresamente en su norma fundamental (Constitución Política). Cuando al menos los Derechos Humanos fundamentales están insertos en el texto constitucional, nace la posibilidad de que el titular del derecho humano –todas las personas– exija al Estado y todo su aparato público su cumplimiento coactivo.

Aquí nace el deber fundamental del Estado de garantizar legalmente que ninguna acción del propio Estado, privados, asociados, colectivos o individuos perturben estos derechos. Es decir, nace un tipo de responsabilidad que no puede ser omitido por ningún motivo.

Por tanto, se dice que son Derechos Humanos fundamentales porque son el cimiento de todo otro derecho inherente, que posteriormente existiera y que coadyuve al perfeccionamiento del ejercicio pleno y de garantías dadas para ser acatados. Porque son las esenciales de todo ser humano, sin los cuales no sería considerado “humano”. Son derechos oponibles y exigibles al Estado que se ha comprometido a respaldar con el poder público del Estado. Y sólo estos derechos consagrados en el texto constitucional son los eficaces, jurídicamente hablando.

Respecto a las garantías efectivas de los Derechos Humanos, es decir, para que sea posible la seguridad jurídica para todas las personas, además de estar inscritos en las constituciones, deben ir evolucionando en su comprensión, definición, alcance, convergencia y normativización. Si el Estado no aplica medidas legislativas internas, adecuadas al momento histórico



2 Citado en Liber Amicorum, Héctor Fix-Zamudio de la Corte Interamericana de Derechos Humanos 1997, Pág. 51.

que garanticen o permitan aplicar acciones legales en defensa de los Derechos Humanos, el disfrute de esos derechos sólo serán quimeras y sueños irrealizables.

Ahora, el paso de la evolución de los derechos lo marca el crecimiento moral y ético de la sociedad, la jurisprudencia interna, y los tratados y pactos internacionales. Pero, gran parte de los avances normativos logrados obedecen a la buena voluntad de las autoridades estatales y a la priorización o presiones políticas del momento respecto a los derechos. Por ello se hace tan necesaria la creación e implementación de instrumentos legales efectivos de exigibilidad nacional e internacional, respecto de las obligaciones de los Estados.

Los Derechos Humanos han ido evolucionando desde su comprensión e introducción en las legislaciones del mundo. Así tenemos las tres – e inclusive las cuatro – generaciones de Derechos Humanos:

La primera generación tiene su antecedente en la Independencia de Estados Unidos y la Revolución Francesa de 1789. Estos hitos instituyeron, posteriormente, los derechos civiles y políticos: la libertad individual, la seguridad, la libertad de pensamiento y conciencia, la libertad de expresión, la libertad de reunión y asociación, la abolición de la esclavitud o servidumbre, el no sometimiento a torturas ni penas o tratos crueles, inhumanos o degradantes –físicos, psíquicos o morales–. También los derechos a la vida privada, familiar, domicilio o correspondencia; al respeto de la honra o reputación; a circular libremente y elegir su residencia; a la nacionalidad; a la libertad de asociación política y al voto.

La segunda generación de derechos, a partir de 1948, ha introducido los derechos económicos, sociales y culturales. Estos son: el derecho a la seguridad social, al trabajo, a formar sindicatos, a un nivel de vida adecuado –salud, alimentación, vestido, vivienda, asistencia médica y los servicios sociales necesarios–, a la salud física y mental, a cuidados y asistencia especiales, a la propiedad y a la educación.

La tercera generación de derechos ha sido trabajada desde los años setenta, en razón del avance científico y el progreso en base a la explotación de recursos naturales, sin prever daños a las personas. Así se instituyen: los derechos al uso de los avances de las ciencias y la tecnología a la solución de los problemas alimenticios, demográficos, educativos y ecológicos; al medio ambiente; al patrimonio común; al desarrollo que permita una vida digna y al libre desarrollo de la personalidad.

Entre los derechos generalmente vulnerados por los proyectos de desarrollo emprendidos por los Estados, se halla el derecho al medio ambiente. Un derecho de tercera generación, que refuerza la necesidad de mayor y prioritaria protección de los Derechos Humanos.

El derecho humano al medio ambiente, no como un derecho enarbola- do por organizaciones que se dedican a ello, si no constituido en un derecho fundamental y exigible, reconocido por el Protocolo de San Salvador. Por efecto del principio de universalidad, todas las personas, sin excepción, gozan de este derecho y pueden exigir su respeto, al Estado o cualquier persona, mediante medidas internas o acudiendo a instancias internacionales.

El derecho al medio ambiente, por el principio de complementariedad, no implica contradicción con los demás Derechos Humanos, ni de efectos distintos a los esperados por los demás derechos civiles y políticos o económicos, sociales y culturales, individuales o colectivos. Más bien, se constituye en el complemento necesario de los derechos fundamentales. Inclusive corresponde al derecho ambiental reafirmar la estrecha relación entre los temas ambientales y los Derechos Humanos.

3. LOS DERECHOS HUMANOS Y EL DEBER FUNDAMENTAL DEL ESTADO

Las obligaciones de los Estados, en el marco de los Derechos Humanos, como obligaciones *erga omnes* entre Estados y de estos con las personas, nacen de la exigibilidad emergente de la legislación internacional, las convenciones, pactos o declaraciones. Estos fueron suscritos o ratificados por los Estados y asumidos como compromisos básicos ante la comunidad internacional, en vista de la convivencia pacífica y con respeto mutuo.

En el ámbito de las Américas, documentos vinculantes, entre otros instrumentos contextualizados o tematizados referidos a los Derechos Humanos, son: la Carta de las Naciones Unidas, la Convención Americana sobre Derechos Humanos (o Pacto de San José), la Declaración Americana de Derechos Humanos, el Protocolo de San Salvador y la reciente Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas. Ellos representan un instrumento que protege y permite que los Estados garanticen el ejercicio y disfrute de los derechos de las personas.

Son instrumentos válidos mediante los cuales los particulares, las personas comunes, pueden exigir a sus Estados que cumplan con sus compromisos. Debido a muchos de estos instrumentos, se han creado instancias de justicia internacional para los Derechos Humanos, donde las personas –individualmente u organizadas– pueden acudir, para que sea la comunidad internacional la que fiscalice o sancione al Estado que no cumple sus deberes.

Estas normas internacionales tienen un sentido contractual para el Estado; crean obligaciones, no sólo respecto de las personas titulares de los Derechos Humanos, sino también respecto de cada uno de los Estados que forman parte de un pacto colectivo (como la Convención). Ante todo, un Estado que aún no es parte de la región tiene esa misma obligación por el compromiso básico con el ser humano. Esa norma internacional se convierte en la base de su sistema político y de sus relaciones internacionales.

Por ello, la Convención Americana, por ejemplo, permite que un Estado identifique a otro como infractor o cuyos actos ponen en riesgo los derechos de sus nacionales. El Estado afectado puede presentar comunicaciones en contra de aquél ante la Corte Interamericana de Derechos Humanos.

En el ámbito interno, toda la legislación de un país buscará que los Derechos Humanos sean consolidados y respetados por todo su aparato ejecutivo, legislativo y judicial, fundamentalmente. Por tanto, su política estará enmarcada, en el fondo, en la búsqueda de la verdadera dignidad de vida y libertad de las personas bajo su jurisdicción.

El conocimiento de todos los instrumentos y normas nacionales –en el marco del sistema jurisdiccional interno – e internacionales, que permitan la exigibilidad de derechos fundamentales, deben ser de fácil acceso, promoción y aplicación de su población. Esto para que, en el momento que un acto del propio Estado, de un asociado estatal o privado en su territorio –individual o colectivo, privado o público, nacional o extranjero – ponga en riesgo o viole derechos, sea sancionado por atentar contra el goce de la vida digna de las personas.

La lógica de la ratificación de los instrumentos internacionales, como los citados, genera la posibilidad de someter ante instancias de justicia a este Estado, cuando su acción u omisión viola los Derechos Humanos. Por esta razón, instancias como la Comisión Interamericana de Derechos Humanos y la Corte Interamericana de Derechos Humanos se han convertido en los escenarios internacionales donde las personas son sujetos plenos del derecho internacional y pueden demandar a sus Estados, u otros, cuando sus mecanismos legales internos o su actividad política y de gobierno no garantizan el ejercicio y goce de los derechos y libertades consagrados.

Estas normas internacionales no actúan solas, si no se transversalizan y evolucionan en su cumplimiento con el derecho consuetudinario internacional, jurisprudencia y normas que permiten la evolución del entendimiento y protección efectiva de los Derechos Humanos. Esto no sólo en la fase clásica del derecho violado, sino también en la fase preventiva, antes que el hecho se consume y genere los daños previstos.

Aquellas fuentes del derecho internacional influyen necesariamente en las legislaciones nacionales internas, pero no porque sea una regla asumir lo que la comunidad internacional haya establecido. Más bien, esa línea de acción ha sido resultado de la práctica normativa, superación de errores, jurisprudencia y contribución académica. Por ello es importante el Derecho Comparado y la investigación en estos temas, pues va trazando el camino de evolución del Derecho.

A pesar de la existencia de normas desde mediados del siglo XX, muchos Estados, con sus acciones en pro del desarrollo, han ido violan-

do sistemáticamente Derechos Humanos fundamentales, reconocidos y exigibles a los Estados desde esa época, en clara omisión de sus deberes ya adquiridos.

De cierta forma, hasta finales del siglo XX, los Derechos Humanos se convirtieron sólo en discursos y retórica. Algunos casos “emblemáticos” lograron ejercer presión legal de defensa jurídica real, tanto a nivel de su legislación interna, como a nivel internacional. Probablemente por la práctica – sobre todo en los Estados en vías de desarrollo –, políticas y normas aseguraban a grupos de poder, oligarquías, mandos de facto o democráticos corruptos, con efectos negativos a las mayorías. Esta tendencia no prioriza los derechos fundamentales, sino derechos suntuarios y egoístas, de quien detenta el poder y no tiene un compromiso social y colectivo.

3.1. Grupos vulnerables

Desde la declaración universal de los Derechos Humanos, las instancias de justicia en Derechos Humanos, nacionales e internacionales, han identificado grupos humanos altamente vulnerables, tales como niños, mujeres, trabajadores migrantes, minorías, indígenas, discapacitados y otros. Las iniciativas, proyectos y políticas de explotación de recursos naturales han generado millones de desplazados, desempleados, desconocimiento de la propiedad individual y colectiva, niños sin hogar o identidad, mujeres explotadas, discriminación de comunidades indígenas y campesinas, matanza, contaminación y agotamiento de los recursos naturales. Estos efectos entrañan la violación de derechos fundamentales. Hoy, son emprendimientos y políticas casi inevitables para Estados en desarrollo.

Los grupos humanos sujetos a tales injusticias y abusos han sido identificados como grupos vulnerables. Los mismos son prácticamente indefendibles, legalmente hablando, pues son puestos entre la espada: del interés mayor del Estado, y la pared: del derecho al desarrollo impuesto, cuando los Estados –se supone – actúan en beneficio de estos grupos vulnerables.

3.2. El representante legal del Estado

Pero, ¿qué sucede cuando es otro Estado distinto el que pone en riesgo los Derechos Humanos? Esa es una situación complicada de resolver, desde el punto de vista del ciudadano afectado, pues sus acciones legales no podrán influir directamente en ese otro Estado ni detener el avance de su proyecto. He ahí que surge un protagonismo estatal importante para iniciar medidas ante instancias internacionales o destinadas a aplicar mecanismos de relaciones internacionales y diplomáticas.

Los ministerios de Relaciones Exteriores tienen la competencia de representar los intereses de la nación ante otros actores internacionales. En su caso: ejercer acciones en defensa de su soberanía, del bienestar de sus



nacionales y habitantes, y de su territorio, en la previa fase de solución pacífica de los conflictos o problemas³.

Por tanto, si de Derechos Humanos en riesgo o vulnerados por otros Estados hablamos, el Estado que nos acoge deberá actuar diligentemente, en base a sus obligaciones y deberes. Además, deberá garantizar el respeto de los Derechos Humanos comprometidos, evitando todo criterio de discriminación de quien requiere su ayuda.

Ante este panorama, cuando ocurre el daño o el riesgo, el ciudadano afectado debe recordar al Estado sus obligaciones con los Derechos Humanos, haciendo uso de las acciones legales puestas a su alcance por la legislación, acciones reconocidas expresamente por la Constitución u otras normas internas, incluyendo lo dado por los instrumentos internacionales. Más aún, cuando el daño o el riesgo no vienen del propio Estado sino de un Estado vecino, se debe hacer énfasis en los deberes de fiscalización, garantía y respeto.

4. LAS REPRESAS EN EL CONTEXTO DE LOS DERECHOS HUMANOS

Los grandes proyectos de represas, concebidos para la generación de hidroelectricidad, navegabilidad u otros fines, se fundan en el aprovechamiento de los cursos de agua, ríos y cuencas, al interior del territorio o zonas fronterizas; allí donde se identifique caídas que puedan ser aprovechadas para estos emprendimientos.

El río Madera es una cuenca cuyo flujo natural nace en Bolivia y traspasa las fronteras hacia el Brasil, por lo que cualquier cambio en el flujo, curso y corriente del agua afecta a los ríos que la alimentan. Éste es el efecto que causan las represas.

La historia de las represas implementadas en el contexto mundial para el desarrollo es trágica. Éstas han generado más pobreza, desplazamiento –pérdida de la propiedad y posesión de la tierra –, desaparición de comunidades íntegras y sus culturas, y generación de enfermedades. En resumen, la violación de Derechos Humanos fundamentales. Así lo estableció el informe de la Comisión Mundial de Represas del año 2000, que ha estudiado casos simbólicos de represas construidas en el mundo. Esta comisión identificó una constante lamentable, que muy poco interés le ha significado a los gobiernos: la violación de los Derechos Humanos.

Consideremos que ningún desarrollo debe practicarse si va en contra de la existencia digna de las personas, pues entendemos que el desarrollo es en beneficio de ellas, para mejorar su existencia digna, aprovechar los avances de la ciencia y tecnología, y mejorar sus condiciones de vida, respetando sus individualidades e intereses.

En casos de represas, los sujetos vulnerables y desprotegidos son siempre los mismos: comunidades campesinas, indígenas, mujeres y niños de áreas rurales, que llevan en sus espaldas el precio de aquel desarrollo. Todo ello, sin que, en muchos casos, hayan sido consultados, su oposición tomada en cuenta o sin ser, finalmente, compensados e indemnizados.

A causa de la construcción de represas y de otro tipo de proyectos de desarrollo, estos grupos vulnerables, generalmente, son desplazados de sus tierras, viéndose obligados a formar comunidades clandestinas en las ciudades capitales. Se ubican en las urbes porque se piensa que ahí tendrán mejores oportunidades para recuperarse de la pobreza extrema a la cual fueron arrastrados –lo cual genera incremento de desocupación, delincuencia y degeneración social –.

En Brasil, el Movimiento de Afectados por Represas (MAB es su sigla en Portugués) ha denunciado al mundo que las grandes favelas – zonas marginales de extrema pobreza y delincuencia – de Río de Janeiro están compuestas por desplazados de las represas. Y esto es consecuencia de que Brasil sea el país que mayor número de represas tiene en América del Sur. Además de la tradición de no compensar por daños, a pesar de su rígida legislación. Y, ¿qué pasó con el desarrollo, el crecimiento social y económico prometido por las represas?

Por otra parte, ¿qué sucede con las represas que crean riesgos y daños al país vecino? El problema se agrava porque el Estado proyectista, en el marco de las relaciones internacionales, del derecho internacional, costumbre internacional y el *ius cogens*, debe iniciar un proceso de diálogo y concertación de buena fe, previo, sobre los riesgos transfronterizos. Debe aclarar el tema de responsabilidad, compartimiento de riesgos y beneficios, respeto a la soberanía y, fundamentalmente, respeto a los Derechos Humanos de sus nacionales – tiene responsabilidad quien crea el riesgo – antes de decidir, según su legislación interna, la continuidad del proyecto. En estos temas se debe aplicar principios importantes del derecho internacional entre Estados; tratándose de represas y el uso de recursos hídricos internacionales, los principios y reglas del Derecho de Aguas Internacionales.

3 En el caso de nuestra legislación, el Ministerio de Relaciones Exteriores y Cultos, en cuanto a la representación del Estado, depende de aspectos técnicos de los ministerios del rubro. Sin embargo, esto no significa que deje de aplicar reglas, derechos y obligaciones en el marco del Derecho Internacional en resguardo del interés y los bienes de la nación.



5. FORMALIDADES AMBIENTALES PARA LOS DERECHOS HUMANOS

Ya que hemos tratado los proyectos de desarrollo enmarcados en los intereses y aspiraciones de un país, es necesario tocar un eje temático de derecho ambiental, relacionado al respeto a los Derechos Humanos: la Evaluación de Impacto Ambiental.

Para dar curso a emprendimientos de construcción, aprovechamiento de recursos naturales o la industria tecnológica y manufacturera, las legislaciones del mundo exigen, a estos proyectos generadores de riesgos y daños, que realicen una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). En está, es obligatoria la consulta al pueblo o comunidad involucrada – esta es una constante – para estudiar y generar alternativas de desarrollo para ellos. Estas alternativas deben estar acorde a las necesidades identificadas, modos y estilos de vida, y características sociales, culturales, ambientales y económicas; sin las cuales no pueden ejecutarse estos proyectos.

El requisito inexcusable de la consulta ha sido introducido con el fin de permitir el respeto y ejercicio del derecho a la participación, la información oportuna, petición y decisión. Por tanto, si bien los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental son actos administrativos planteados y fiscalizados por el Estado, mediante ellos se garantiza el ejercicio de derechos fundamentales de las personas.

Hasta aquí identificamos la responsabilidad de las empresas en relación a las consecuencias de sus emprendimientos.

Cuando el desarrollo y sus proyectos son de interés y emprendimiento del Estado, los deberes de éste se maximizan. Ya no son de simple cumplimiento de requisitos formales dentro la EIA, sino de fiscalización del cumplimiento y logros de los fines de la Ley, respeto y garantía a los Derechos Humanos en todas sus fases, cumplimiento de un plan nacional de desarrollo acorde a las necesidades de ese país, los Derechos Humanos y, en su caso, el fortalecimiento de la soberanía. El cumplimiento de los deberes de un Estado con sus nacionales, estantes y habitantes, permite que estas personas gocen efectivamente de seguridad jurídica integral.

¿Qué pasa cuando los emprendimientos del Estado mismo o en asociación a una empresa generan riesgos y daños a otro Estado?

La responsabilidad del Estado se hace más exigible cuando un proyecto planteado genera riesgos y daños al país vecino, y estos han sido identificados en el proceso de la EIA. Por ello, los deberes ante la comunidad internacional son inexcusables; sobre todo ante el país vecino. Estos deberes van por la cautela en el cumplimiento de los Convenios y Tratados bilaterales o multilaterales. Deberes especiales que nacen del principio del Estado de Buen Vecino, que se respeta, y considera los intereses, soberanía y territorio del otro Estado.

Cuando hablamos de proyectos en pro del desarrollo que generan riesgos y daños que traspasan las fronteras (riesgos transfronterizos), sobre todo al tratarse de aguas internacionales, dentro el proceso de la EIA, la consulta se convierte en un deber inexcusable del Estado proyectista. Esto porque se ha comprometido a la paz, cooperación y respeto de los Estados, y a consultar y anotar de buena fe al otro Estado sobre la iniciativa. Así, en vez de consultar al Estado, debe notificarle con un proyecto, para que éste tome decisiones y, en su caso, consense con el pueblo. Si no ocurre esto, son instancias competentes del ejecutivo Estatal las que deben aplicar medidas, acciones y emitir posiciones a favor o en contra, por el riesgo de su territorio y sus bienes.

6. PROYECTOS DE DESARROLLO PARA LOS DERECHOS HUMANOS

En cuanto a los Derechos Humanos, los deberes de un Estado son amplios y exigibles; deben garantizar, a todas las personas que se hallan bajo su jurisdicción, el respeto y disfrute de los mismos. Ello implementando normativas, procedimientos, acciones e instituciones públicas, que puedan actuar de oficio y exigir al propio Estado el cumplimiento de deberes.

Sin embargo, por el tema de la jurisdicción en los Derechos Humanos, la responsabilidad estatal se amplía cuando su iniciativa genera daños más allá de sus fronteras. La regla es: *responde por los daños quien ha generado el riesgo*. Si el daño o riesgo traspasa las fronteras y estos atentan contra los Derechos Humanos, se deberá ver la forma de cumplir con el deber de garantía y respeto a los mujeres y hombres que no están en su territorio, pero son víctimas de su proyecto de desarrollo.

7. UN CASO LATENTE: LAS REPRESAS DEL RÍO MADERA

Las represas del Brasil, ubicadas en aguas internacionales del río Madera –Estado de Rondonia en Brasil; Departamentos de Pando y Beni en Bolivia –, han sido aprobadas irregularmente, pues han obviado un paso fundamental: la notificación a Bolivia. Esta notificación, bajo la lógica del procedimiento de la aprobación de una EIA, debió darse antes de la aprobación de la Licencia Ambiental –cuando se otorga una licencia ambiental, se supone que no hay riesgos o que están previstas las contingencias y formas de reparación.

Así, como es obligatoria la consulta a las comunidades en riesgo con un proyecto, dentro del procedimiento de EIA, al tratarse de aguas internacionales, la consulta o notificación con el proyecto debió ser efectivizada para Bolivia y Perú –el Parecer 14/07 del Instituto Brasileño de Medio Ambiente del Brasil ha identificado riesgos transfronterizos para ambos países.



Esta omisión pone en riesgo a las comunidades ribereñas de la cuenca del Madera en Bolivia, por lo que cualquier inicio de diálogo y concertación (Bolivia - Brasil) no debe realizarse para ver cuánto costarán las indemnizaciones o en manos de quién quedará la responsabilidad por los daños emergentes. Se trata de emplazar al Brasil a que busque otras formas de generar energía, sin poner en riesgo a comunidades bolivianas, a las cuales no brindará ninguna asistencia; no son de su interés ni están bajo su protección.

Queda pendiente aún, y en expectativa, las acciones que debe iniciar el gobierno de Bolivia, en defensa de sus comunidades indígenas y campesinas, al menos con una posición clara y soberana. Si de energía hablamos, de acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo, el gobierno boliviano tiene la meta de priorizar el consumo interno, y promover proyectos y tecnologías alternativas de generación eléctrica.

La Comisión Mundial de Represas ha demostrado hoy que las grandes represas, más que beneficios, traen penurias, dolor, pobreza, injusticia y violación sistemática de Derechos Humanos, a grupos humanos vulnerables y desamparados por sus gobiernos: campesinos, indígenas, mujeres y niños.

El acceso a la energía es un Derecho Humano, que se suma a los demás derechos por los cuales las comunidades bolivianas desamparadas han iniciado acciones de defensa.

Al menos, de buena fe, creemos que la notificación con el proyecto de represas no fue efectiva. Por el contrario, ya se hubiera iniciado un proceso de consulta y consenso con las comunidades consideradas en riesgo, para que éstas den o no su aprobación soberana a estos proyectos. Se hubiera revisado si estos conciden con el Plan Nacional de Desarrollo y la línea política del Estado, de promoción del ejercicio de los Derechos Humanos, cuyo pilar fundamental, actualmente, es el desarrollo con identidad, democrático, concertado con los pueblos, en el marco de las identidades culturales y capacidad ambiental de sus territorios.

8. EL DEBER SER DEL GOBIERNO DE BOLIVIA, LOS DERECHOS HUMANOS Y LAS REPRESAS DEL RÍO MADERA

Luego de haber revisado conceptos, principios, procedimiento y deberes respecto a los Derechos Humanos, los proyectos de desarrollo, el medio ambiente y los deberes de los Estados, como actores principales, y la relación que se ha hecho con el caso particular de las represas del Madera en aguas internacionales, queda conocer cuál es la posición del Estado de Bolivia frente a este peligro, que atenta contra las personas y el mismo Estado. Si bien no se conoce públicamente una posición oficial en relación a los altos intereses nacionales y los Derechos Humanos para dignificar a las

mayorías populares, el Plan Nacional de Desarrollo: Bolivia digna, soberana, productiva y democrática para vivir bien, 2006-2010, es un referente oficial, público y detallado.

En la presentación que hizo el Ministro de Planificación de Desarrollo en la gestión 2006 sobre el Plan Nacional de Desarrollo, encargado a su despacho, destacó que: *“Las propuestas y orientaciones del Plan Nacional de Desarrollo (PND) son la base de la transición que iniciará el desmontaje del colonialismo y neoliberalismo, y servirán para construir un Estado multinacional y comunitario que permita el empoderamiento de los movimientos sociales y pueblos indígenas emergentes. Su principal aspiración es que los bolivianos y bolivianas vivamos bien”*.

El PND es un instrumento de lineamientos elementales de cómo, cuándo y por qué las acciones del Estado deben enmarcarse en una nueva visión y misión de crecimiento para la población boliviana en sus aspectos físico, intelectual, moral y material. El objetivo principal está centrado en *“la supresión de las causas que originan la desigualdad y la exclusión social en el país, lo que significa cambiar el patrón primario exportador y los fundamentos del colonialismo y el neoliberalismo que lo sustentan. Es decir, desmontar, no sólo los dispositivos económicos, sino también los políticos y culturales, coloniales y neoliberales, erigidos por la cultura dominante, que se encuentran diseminados en los intersticios más profundos de la organización del Estado y también en la mente de las personas, a través de la práctica social individual, en detrimento de la solidaridad y la complementariedad”*.

Este Plan es un instrumento del que puede deducirse cuál es la posición del Estado frente a los proyectos de desarrollo, promoción de Derechos Humanos, energía y su relación con las represas. De cierta forma, para el común de la gente y de las organizaciones sociales, el PND es un documento de exigible cumplimiento. Allí se encuentran las metas que se ha trazado el Estado, y cómo lograrlas. Ninguna acción que realice ahora puede alejarse de las proposiciones que se ha hecho y el lineamiento gubernativo, abiertamente humanitario y ambientalista.

8.1. Garantías de desarrollo con justicia social

El principio y objetivo fundamental del actual Plan Nacional de Desarrollo, planteado por el Gobierno del Presidente Evo Morales, es *“Vivir Bien”*. Esto implica que el desarrollo garantizará la existencia de pueblos y comunidades, respetando su diversidad, identidad cultural y la naturaleza.

La política principal del gobierno garantiza que el *“desarrollo”* será con identidad y humanizado. Es decir, con respeto y garantía del ejercicio de los Derechos Humanos. Así, se ha comprometido a asumir la responsabilidad por la gestión pública que ejecuta sus acciones, en el marco de este Plan

Nacional, permitiendo un proceso colectivo de decisión y acción, y considerando a los pueblos (de tierras altas y tierras bajas) como sujetos activos y no como simples receptores de directrices verticalistas e impuestas.

Toda la política de desarrollo se compromete a respetar y recuperar el vínculo indivisible de las personas con la naturaleza. Categoriza sus acciones en base a intereses identificados: si son agrarios, en relación a la tierra; si son étnicos (en caso de pueblos amazónicos nómadas), en relación al bosque; y si son urbanos, en relación al barrio y la ciudad. De este modo, adecuará los proyectos en base a estos intereses.

Según el Plan Nacional, el modelo de desarrollo que impulsará el gobierno actual se basará en la democratización del desarrollo. Es decir que, en el marco de los derechos de los pueblos, la Consulta tendrá un fundamental rol en la toma de decisiones por parte del gobierno.

Enfatiza la decisión de hacer prevalecer la independencia y soberanía, ante la comunidad internacional, atendiendo primero las demandas y necesidades internas que las externas. Es decir, el desarrollo en Bolivia será concertado, respetuoso y solidario.

8.2. Justicia

En el ámbito de la justicia, el PND señala que el Estado se adecuará a los instrumentos internacionales del Derecho Internacional, como Convenios, Tratados y otros (por ejemplo: la Convención Americana de Derechos Humanos, la Declaración Universal de Derechos Humanos y el Protocolo de San Salvador), obligándose a la práctica de valores socialmente relevantes. Estos, en relación a los Derechos Humanos, recomendados y esperados, como: equidad, tolerancia, participación social, no discriminación e inclusión.

8.3. Energía

En el tema de la energía, el PND ha planteado el concepto de “Seguridad Energética” para atender las demandas tanto internas como externas, con absoluta transparencia. Así, el Plan prioriza la “integración eléctrica del país” mediante la Industria Eléctrica, con participación del sector privado y público, para atender la demanda interna.

Sin embargo, también promoverá una “política agresiva de exportación de electricidad” —es un planteamiento firme y de visible prioridad—, promocionando este potencial para situar a Bolivia como el “centro energético sudamericano”. Para ello, implementará infraestructura eléctrica de generación y transmisión. Aquí, ENDE refundada juega un papel importante.

Señala que los proyectos de exportación de energía utilizarán la hidroelectricidad, para preservar el gas natural, que es un recurso “no renovable” —pero, ¿el recurso hídrico será renovable?—. Por esto, considera que

la estrategia será desarrollar “fuentes de energías renovables” y fuentes de energías alternativas, como la hidroelectricidad, geotérmica, biodiesel, biomasa, fotovoltaicos, eólica, etc.

Se tiene un objetivo local: la interconexión para todo el país, y la investigación y consolidación de generadores de energía alternativas se desarrollarán con el menor impacto al medio ambiente y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂) —la Comisión Mundial de Represas, el año 2000, ha demostrado que las represas generan continuamente altos grados de gases de efecto invernadero, constituyéndose en uno de los elementos importantes de contaminación y calentamiento global.

8.4. Las aguas y cuencas de Bolivia

El Gobierno, en base a su estrategia política “Agua de dominio público”, crea el Ministerio del Agua, con la finalidad de iniciar el proceso de planificación y normalización de la gestión integrada de recursos hídricos, con la provisión de agua para consumo, servicios básicos, riego, calidad y gestión de cuencas transfronterizas. Esta instancia elabora sus planes y lineamientos de acción al margen de este Plan Nacional, mediante el Consejo Interinstitucional del Agua (CONIAG), como mecanismo de relacionamiento Estado - Sociedad civil - Organizaciones Sociales - Organizaciones empresariales ligadas al sector.

8.5. Política Exterior

La Política Exterior de Estado, en el aspecto político, económico y cultural, se basará en la revalorización y participación de las culturas indígenas, el comunitarismo y la complementariedad. Las alianzas de Bolivia, en el contexto internacional, se basarán en la solidaridad, la justicia, la equidad y la igualdad de derechos. Asegurará la defensa de la soberanía y los intereses nacionales ante la Comunidad Internacional, promoviendo su desarrollo, en armonía con la naturaleza y cambio del modelo de industrialización, que evite la destrucción del planeta Tierra.

8.6. La posición del Estado de Bolivia

Hemos hecho esta revisión rápida del Plan Nacional de Desarrollo, el marco de acción de Gobierno, donde se hallan principios y lineamientos de ejecución fundamentales para todo el aparato público y se señalan las bases fundamentales de las políticas nacionales, aunque sean aún muy sectorializadas. Al parecer tiene una visión integradora y toma en cuenta a sectores sociales tradicionalmente excluidos. El tema de la consulta y el consenso previo para el Desarrollo es una política de trabajo que garantiza los Derechos Humanos, permite identificar necesidades y potencialidades locales, y le da a conocer al Estado las demandas ignoradas y avasalladas.



Este Plan muestra una decisión gubernamental ineludible del Estado, de respeto a la naturaleza y a las personas. Sin embargo, en otras partes del Plan, se evidencia una priorización de explotación de biodiversidad y recursos especiales, mostrando el criterio imperante en el mundo, en el que los elementos que componen nuestro medio ambiente son sólo elementos “económicos”, dispuestos para su explotación inmediata y aislada.

El desarrollo será democrático, consultado y consensuado, privilegiando los Derechos Humanos y la existencia de los elementos de la naturaleza, que pueden ser sustentablemente aprovechados, sin tener que iniciar un proceso de depredación y maximizando los beneficios, en lugar de los impactos negativos. Los recursos hídricos son de prioridad nacional. Por ello se creó un Ministerio de Aguas, que se dedicará a proteger las fuentes naturales de agua dulce, su distribución y aprovechamiento. Será la instancia que dará las reglas de juego de todo proyecto que tenga que ver con recursos hídricos, teniendo una misión importante en el caso de aguas transfronterizas.

Ahora, en cuanto a la política exterior, se traza la meta de influir a la Comunidad Internacional para un desarrollo en el marco del respeto entre Estados, garantía de los derechos de los pueblos y respeto por la capacidad natural del medio ambiente. Por eso plantea alinearse a la protección planetaria, cambiando las formas de transformación y aprovechamiento de los recursos naturales.

Por tanto, de acuerdo a esta revisión y conclusiones a las que nos lleva la Política macro del Estado, Bolivia no debería tener una actitud pasiva frente a los proyectos de represas del Brasil, que se fundamentan en el derecho al desarrollo de Brasil, sin tomar en cuenta los impactos y efectos negativos en Bolivia.

Las represas del Madera, al parecer, no son proyectos que beneficien a las comunidades indígenas y campesinas ribereñas de Pando y Beni. Son un conjunto de proyectos de exclusiva generación de energía para exportación, por lo que, a la luz de las prioridades energéticas descritas en el Plan Nacional de Desarrollo, son una “oportunidad” de aprovechar un emprendimiento que no nació de iniciativas bolivianas, pero que sí le cae bien a una meta que debería lograrse, siempre y cuando la meta satisfacción de demanda interna se logre. Por ello se evidencia una contradicción entre los lineamientos del Plan Nacional y los proyectos priorizados por el Ministerio de Hidrocarburos y Energía, y la Superintendencia de Energía.

Las represas del Madera (proyecto del Brasil) provocarán inundaciones —una pared gigante que evita el flujo natural de los ríos—; pérdida de bosques de castaña, flora, fauna nativa y peces; aparición y recurrencia de enfermedades (fiebre amarilla, malaria, dengue); desplazamiento —aun-

que la tierra sea titulada, si se inunda, se la tendrá que abandonar —, más pobreza y desaparición de comunidades íntegras.

Las represas, por su esencia contenedora de sedimentos, permiten la putrefacción de todo lo que allí se atasque, generando gases y olores que no sabemos si las comunidades locales estarán dispuestas a soportar por siempre. Con todo esto, se establece que las represas contribuyen al calentamiento global, por tanto a la destrucción del planeta Tierra. Esto no condice con la línea de relaciones exteriores de Bolivia (evitar la destrucción del planeta).

Todos estos criterios plantean una violación sistemática de los Derechos Humanos de comunidades ribereñas al Madera, Madre de Dios, Marmoré, río Beni y todos los ríos adyacentes. Y todo por el derecho al desarrollo del Brasil.

Pero, ¿acaso Bolivia no debería hacer prevalecer su visión de desarrollo, concertado, democratizado, con respeto a la naturaleza y las personas, en el marco de la nueva visión del Estado?

La cuenca del río Madera son aguas internacionales, que al nacer en Bolivia siguen su curso natural hacia el Brasil, lo cual implica que lo que se haga en este río —aguas arriba: Bolivia, o aguas abajo: Brasil— necesariamente tendrá su repercusión en el otro país. Sin embargo, a pesar de lo propuesto por el Plan Nacional de Desarrollo, el Ministerio de Aguas no ha emitido ninguna posición respecto a su objeto de existencia. Menos el Ministerio de Relaciones Exteriores, que no incide con su visión de desarrollo y más bien se aceptan “respetuosamente” los proyectos de otros.

Tratándose de Derechos Humanos en riesgo y considerando que Bolivia se ha suscrito a la Convención Americana de Derechos Humanos y otras normas internacionales sobre la materia, el Ministerio de Justicia no se ha pronunciado siquiera por el reclamo internacional que hacen las comunidades indígenas y campesinas ribereñas del Madera. Y ello, aun siendo Bolivia promotor de la aprobación de la Declaración Universal de los Derechos Humanos de los Pueblos Indígenas.

9. PREGUNTAS NECESARIAS

Con este panorama, tomando en cuenta la política macro del Estado, en función al desarrollo nacional, y sus lineamientos básicos, nos hacemos las siguientes preguntas:

1. ¿Nuestro gobierno estará actuando en el marco de sus propios principios planteados?



2. ¿Será que el Ministerio de Relaciones Exteriores está velando por la soberanía y la protección de los Derechos Humanos de las comunidades ribereñas por actos de otro país?

3. ¿Será que las políticas energéticas de la Superintendencia de Energía, ENDE, y el Ministerio de Planificación del Desarrollo han sido consensuadas y consultadas efectivamente con las comunidades, como lo pregona y plantea el Plan Nacional de Desarrollo, para la generación de hidroelectricidad y tecnologías alternativas?

4. ¿Será que el Ministerio de Justicia ha comprendido que existen millares de personas en las riberas de la cuenca del Madera que necesitan que el Estado garantice sus derechos, ante él mismo y otros Estados?

10. CONCLUSIONES

Este panorama diverso, que presenta lo general y lo concreto en relación al caso de las represas del Madera, no ha permitido establecer los fundamentos irrefutables para la toma de acciones soberanas, oportunas, justas y en beneficio de los bolivianos.

Sin duda, el fundamento de los Derechos Humanos pone en una posición muy complicada a un Estado para su cumplimiento. Es muy fácil tomar y sostener un discurso; sin embargo, realizar acciones desde el Estado para que realmente se garanticen, respeten y protejan los derechos, es relativo. Más aún cuando los derechos vulnerados son resultado de proyectos de aprovechamiento de recursos naturales, que implican impactos ambientales devastadores, medibles no sólo económicamente, por la pérdida de su potencial, sino también por el daño a las personas que conviven en los ecosistemas elegidos para el “desarrollo”.

El crecimiento económico de un país o Estado no puede y no debe ser a costa de la pobreza y sufrimiento de mujeres, hombres y niños. En el caso del Madera, a costa de grupos humanos vulnerables ribereños, incluidos sus recursos ambientales. En ambos países, por el contrario, resulta ser un abuso del derecho.

Pero, ante tales indicios de abuso transfronterizo del derecho al desarrollo, ¿quién debió salir en defensa de las comunidades en riesgo por las represas? Y la pregunta va en sentido del avance de los trámites básicos en

Brasil, que permite que el proceso de construcción se inicie y progrese. Al lograrse paso a paso, se pone en firme la construcción de las represas.

Las comunidades organizadas de Bolivia — Federación Sindical Única de Trabajadores Campesinos de Pando FSUTC-P, la Central Indígena de la Región Amazónica de Bolivia - CIRABO —⁴, el 7 de diciembre de 2007, presentaron una solicitud de Medidas Cautelares a la Comisión Interamericana de Derechos Humanos. Esto por los riesgos de inundaciones; pérdida de peces, bosques de castaña; incremento de enfermedades como la malaria, dengue, fiebre amarilla y otros; pérdida de tierras tituladas y cultivables; flora y fauna, están latentes. Y nadie (en Bolivia o Brasil) pretende asumir responsabilidad por los daños emergentes, siendo estos transfronterizos.

El proyecto de represas del Madera pone en tela de juicio el derecho al desarrollo de los Estados, cuando por esta razón se pone en riesgo intereses colectivos e individuales, amparados en lo fundamental de los derechos, la dignidad y la libertad. También pone de manifiesto que este derecho no debe degenerarse en un abuso del derecho, que va en detrimento de terceros.

Las comunidades ribereñas y de la región del Madera están aún expectantes de las acciones y posiciones que asumirá el Gobierno de Bolivia frente al Brasil. Éstas deberán estar en el marco de lo oportuno, pues aún se preguntan: ¿El desarrollo de quién debe prevalecer? ¿Valen más los intereses de Bolivia o de Brasil?

Finalmente, la implementación de la visible política de desarrollo en Bolivia y los programas y proyectos específicos no están enmarcados en la visión, los lineamientos filosófico y principistas del Plan Nacional de Desarrollo. Por tanto, ¿a quién se debe responsabilizar o exigir que realmente se aplique el PND?

Mientras tanto, el proyecto de represas en el lado de Brasil, en aguas internacionales del Madera, en área de frontera, sigue su curso, y los riesgos de violación del goce y ejercicio de los Derechos Humanos, también.

LOS PACAHURAS: PUEBLOS NO CONTACTADOS EN EL MADERA

En el caso de las represas del río Madera, además de las particularidades y retos en la prevención del daño ambiental, se ha identificado impactos a grupos humanos de alta vulnerabilidad: los pueblos indígenas en autoaislamiento o no contactados Pacahuara.

4 Y el Foro Boliviano sobre Medio Ambiente y Desarrollo — FOBOMADE, como instancia técnica legal.



Dentro del área de impacto inicial de las represas del Madera, está presente el pueblo reducido Pachahuara, del cual se tiene información por medio de la Central Indígena de la Región Amazónica-CIRABO (peticionario ante la CIDH). Respecto a este pueblo como elemento de mayor preocupación sobre las represas, la responsabilidad crítica es de Bolivia y de Brasil, pues al ser un pueblo que transita entre estos territorios, la responsabilidad humana es compartida. ¿Quién iniciará acciones de defensa y protección por estas personas primero? Nuestra actual Constitución Política ha reconocido derechos esenciales para los pueblos no contactados existentes en las zonas amazónicas de Bolivia.

Quizá el hecho no se trate de quién haga algo primero, sino de quién cumplirá su responsabilidad y obligación de hacer efectiva la protección de los pueblos auto aislados, y de la integridad de sus territorios, porque de ella depende su supervivencia y cultura.

Estos pueblos especiales tienen derechos particulares, tan sólo aplicables a ellos como el derecho a permanecer en estado de aislamiento para preservar su cultura, salud, vida y territorios; el derecho al reconocimiento de sus territorios y aéreas de influencia por parte de los Estados; derecho al libre uso y aprovechamiento de los recursos naturales en esos territorios; respeto al derecho de libre decisión de contacto; garantías de ejercicio de conocimientos de su sistema y métodos de salud, y derecho al libre y pacífico tránsito en sus territorios, incluso a través de fronteras internacionales.

Por esta vulnerabilidad, las políticas de gobiernos internamente y en las relaciones entre estados deben considerar aspectos formales y técnicos, demográficos, geopolíticos, derechos de uso de recursos, control de migraciones, concesiones de aprovechamiento de recursos naturales, control, sanción y evitación de actividades extractivistas.

11. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- AIDA. "Guía de Defensa Ambiental". México D.F., 2008.
- Becerra Ramírez, Manuel, "Derecho Internacional Público". UNAM. México, 1991.
- Corte Interamericana de Derechos Humanos. "Liber Amicorum, Héctor Fix-Zamudio / Corte Interamericana de Derechos Humanos". Vol I. San José, Costa Rica, 1998.
- FOBOMADE. "El Norte Amazónico de Bolivia y el Complejo del río Madera". Bolivia, marzo de 2007.
- García Becerra, José A. "Teoría de los Derechos Humanos". Universidad Autónoma de Sinaloa. México D.F., 1991.
- Ministerio de Planificación del Desarrollo. "PLAN NACIONAL DE DESARROLLO", La Paz - Bolivia, junio 2006.

12. ANEXOS

N.º 578

URGENTE

A Embaixada da República Federativa do Brasil cumprimenta o Ministério das Relações Exteriores e Cultos — Gabinete do Senhor Ministro — e, com referência à Nota GM 349/2007, de 31 de agosto de 2007, tem a honra de encaminhar, em anexo, as respostas do Governo brasileiro ao questionário e solicitação de informação técnica sobre os projetos hidrelétricos de Jirau e Santo Antônio, no Rio Madeira.

2. A Embaixada esclarece que estão sendo enviadas, nesta oportunidade, as respostas expositivas relativas às perguntas 7, 10, 16, 18 e 19, da primeira parte, e às 21 perguntas da segunda parte do questionário. Os gráficos e planilhas solicitados nas demais perguntas da primeira parte do questionário seguirão em dois disquetes, que serão encaminhados a esse Ministério tão logo sejam recebidos pela Embaixada.

A Embaixada da República Federativa do Brasil aproveita a oportunidade para renovar ao Ministério das Relações Exteriores e Cultos — Gabinete do Senhor Ministro — os protestos de sua mais alta consideração.

La Paz, em 16 de novembro de 2007.



Ao Ministério das Relações Exteriores e Cultos
Gabinete do Senhor Ministro

NESTA

500

Dr. Molina

(TRADUCCIÓN NO OFICIAL)

N.º 578

URGENTE

La Embajada de la República Federativa de Brasil saluda al Ministerio de Relaciones Exteriores y Cultos — Gabinete del Señor Ministro — y, con referencia a la Nota GM 349/2007, de 31 de agosto de 2007, tiene el honor de encaminar, en anexo, las respuestas del Gobierno brasileño al cuestionario y solicitud de información técnica sobre los proyectos hidroeléctricos de Jirau y Santo Antônio, en el Río Madera.

2. La Embajada aclara que están siendo enviadas, en esta oportunidad, las respuestas expositivas relativas a las preguntas 7, 10, 16, 18 y 19, de la primera parte, y a las 21 preguntas de la segunda parte del cuestionario. Los gráficos y planillas solicitados en las demás preguntas de la primera parte del cuestionario seguirán en dos disquetes que serán encaminados a ese Ministerio tan pronto sean recibidos por la Embajada.

La Embajada de la República Federativa de Brasil aprovecha la oportunidad para renovar al Ministerio de Relaciones Exteriores y Cultos — Gabinete del Señor Ministro — las seguridades de su más alta consideración.

La Paz, 16 de noviembre de 2007.



Al Ministerio de Relaciones Exteriores y Cultos
Gabinete del Señor Ministro

Presente

sco





Gabinete del
Ministro

República de Bolivia
Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto

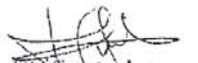
La Paz, 31 de agosto de 2007
G.M.349/2007

Estimado Celso:

A tiempo de agradecerle por la hospitalidad y el cordial encuentro que sostuvimos en el Palacio de Itamaraty el 23 de agosto del presente, en anexo le envío el cuestionario y la solicitud de información técnica tal como se acordó en nuestro encuentro y en la reunión técnica de información sobre los proyectos hidroeléctricos Jirau y Santa Antonia, celebrada en fecha 2 de agosto del presente, en Sao Paulo.

Estaremos a la espera de las respuestas e información respectiva para agendar una segunda reunión técnica a realizarse en Bolivia con el propósito de intercambiar criterios sobre éstas. De igual manera en breve haremos llegar la nomina de los coordinadores de los tres grupos técnicos (Ictiofauna, Salud e Hidrología - Sedimentación) que acordamos en nuestro encuentro.

Con estos motivos, haga propicia la oportunidad para renovar una vez más, estimado Celso, las seguridades de mi más alta consideración.
Anexo: lo indicado


Dra. Conchita Coronado
MINISTERIO DE RELACIONES
EXTERIORES Y CULTO

Al Excelentísimo Señor
Embajador Celso Amorim
MINISTRO DE RELACIONES EXTERIORES DE LA
REPÚBLICA FEDERATIVA DEL BRASIL
Brasilia - Brasil.



Los cuestionarios y solicitud de información son los siguientes:



Gabinete del
Ministro

República de Bolivia

Ministerio de Relaciones Exteriores y Cultos

Así mismo estamos preocupados porque dicha licencia ambiental habría tomado en cuenta otros Estudios de Impacto Ambiental, además de los realizados por ODEBRECHT - FURNAS, que no fueron proporcionados oportunamente al gobierno de Bolivia para su análisis pese al compromiso alcanzado durante las reuniones que mantuvimos el pasado año.

Esta preocupación se acrecienta cuando leemos las 33 condiciones que la licencia previa establece como medidas de mitigación de estos dos proyectos ya que muchas de ellas tienen alcance internacional e involucran también a Bolivia. Entre estas condiciones leemos medidas para monitorear y controlar los impactos en los recursos pesqueros especialmente de peces migratorios, los impactos en la salud por la malaria, la rabia transmitida por murciélagos hematófagos y otras plagas, los impactos por el incremento de la tasa de sedimentación en el lecho del madero que pueden afectar a territorio boliviano, el posible incremento de los niveles de mercurio en el agua y otros aspectos que nos confirman que es imperativo hacer un estudio de impacto ambiental también en Bolivia, antes de proseguir con estos emprendimientos hidroeléctricos.

Por todas estas razones y tomando en cuenta que nuestros países han firmado diversos instrumentos internacionales, para la protección, conservación, investigación, navegación fluvial, uso racional, intercambio de información y fiscalización de los recursos amazónicos y en especial de las áreas fronterizas, es de suma urgencia que a la brevedad posible podamos sostener un encuentro político de alto nivel para encaminar esta problemática. Así mismo considero necesario que nos proporcionen los últimos estudios realizados y toda la información relevante, de forma tal que nuestro encuentro sea lo más productivo posible.

Estimado Celso, no voy a negar la gravedad del problema, pero estoy seguro que con el diálogo, la comprensión y la voluntad de nuestros dos gobiernos encontraremos una solución satisfactoria para nuestros dos países y el medio ambiente.

Con este motivo, hago propicia la oportunidad para reiterar a Vuestra Excelencia, las seguridades de mi distinguida consideración.


David Choquehuanca Céspedes
MINISTRO DE RELACIONES
EXTERIORES Y CULTOS.





Gabinete del
Ministro

República de Bolivia
Ministerio de Relaciones Exteriores y Cultos

La Paz, 10 de Julio de 2007
GM-230/07

Estimado Celso

En el marco de la fraternidad y cooperación que caracterizan las relaciones de nuestros dos países deseo expresarte la preocupación del gobierno de Bolivia en torno a la reciente aprobación de la licencia ambiental previa N° 251/2007 del IBAMA que allana el camino para la licitación de los proyectos hidroeléctricos de Jirau y San Antonio en el río Madera que transcurre por nuestros dos países.

Como lo manifestamos en reiteradas oportunidades, Bolivia considera que, antes de realizar una licitación de proyectos hidroeléctricos tan cercanos al territorio de Bolivia, es necesario realizar Estudios de Impacto Ambiental integrales que abarquen toda la extensión de la cuenca del Madera incluyendo, por supuesto, el área comprendida en territorio boliviano. Cabe destacar que el proyecto Jirau se encuentra a 84 Km de la frontera con Bolivia y comprende un embalse de 258 Km², mientras el proyecto San Antonio está ubicado a 190 Km. y prevé un reservorio de 271 Km².

En esta medida, lamentamos y expresamos nuestra contrariedad porque se procedió a expedir la respectiva licencia ambiental para la licitación de estas dos hidroeléctricas antes de haberse realizado este análisis integral de los impactos ambientales, sociales y económicos considerando los afluentes del río Madera que se encuentran en territorio boliviano.

Al Excelentísimo Señor
Emb. Celso Amorim
MINISTRO DE RELACIONES EXTERIORES DE
LA REPUBLICA FEDERATIVA DEL BRASIL
Brasilia



Pando, 5 de diciembre 2007

SEÑOR

Santiago Cantón

SECRETARIO EJECUTIVO

COMISIÓN INTERAMERICANA DE DERECHOS HUMANOS

Washington, D.C.,

**Suma: SOLICITUD URGENTE DE MEDIDAS
CAUTELARES A FAVOR DE LAS COMUNIDADES
INDÍGENAS Y CAMPESINAS RIBEREÑAS DEL RÍO
MADERA – BOLIVIA.**

Ante las consideraciones de su ilustre persona y Comisión Interamericana de Derechos Humanos, mediante su Secretaría Ejecutiva, en el marco de la Convención Americana de Derechos Humanos, Estatuto y Reglamento de vuestra Comisión, en el entendido que los Estados se han comprometido a asegurar, el respeto universal y efectivo a los Derechos y Libertades Fundamentales del hombre sin ningún tipo de discriminación alguna (Declaración Universal de Derechos Humanos, 1948); con el interés de precautelar los derechos humanos de las comunidades indígenas y campesinas del norte amazónico, Departamentos de Pando y Beni de Bolivia, ribereñas de los ríos Beni, Madre de Dios, a los que se suma el Mamoré, y posteriormente el río Itenez, formando la cuenca del río Madera, cuyo curso sucesivo traspasa las fronteras hacia territorio brasilero, en que se crea peligro de daño irreversible a las comunidades de Bolivia por un proyecto de represas hidroeléctricas del Brasil, los peticionantes se apersonan ante su jurisdicción.

I. PETICIONANTES

En el marco del Art. 171.II de la Constitución Política del Estado de Bolivia que determina que "El Estado reconoce la personalidad jurídica de las comunidades indígenas y campesinas y de las asociaciones y sindicatos campesinos", en esa misma línea el Art. 6 de la Declaración Universal de Derechos Humanos, en determina que "todo ser humano tiene derecho, en todas partes, al reconocimiento de su personalidad jurídica".

Amparados fundamentalmente en el Art. 2.I. y II. del mismo cuerpo normativo internacional que determina que "Toda persona tiene todos los derechos y libertades proclamados en esta Declaración, sin distinción alguna..."; además "... distinción alguna fundada en la condición política, jurídica o internacional del país o territorio de cuya jurisdicción dependa una persona...". Se presentan en calidad de peticionarios:

- Manuel Lima Bismark, con cédula de identidad Nro 1760174 PD, boliviano, Secretario Ejecutivo de la Federación Sindical Única de Trabajadores Campesinos de Pando – FSUTCP de Personería Jurídica Nro. 59/01, en representación de los derechos humanos de las comunidades indígenas y campesinas ribereñas en riesgo de daño irreversible del río Madera y sus afluentes Río Orthon, río Negro y río Abuná.

- Rabi Ortiz, indígena chácobo y boliviano, con cédula de identidad No. 1697518 BN, Presidente de la Central Indígena de la Región Amazónica de

Bolivia, CIRABO, de Personería Jurídica R.A.P. 069/97 en representación de los derechos humanos de los pueblos indígenas ribereñas en riesgo de daño irreversible.

- E. Evelin Mamani Patana, abogada, boliviana, con cédula de identidad Nro. 4754175 L.P., con matrícula del Ilustre Colegio de Abogados de La Paz - ICALP Nro. 5574 y Matrícula del Colegio Nacional de Abogados de Bolivia - CONALAB Nro. 2801; en representación y en calidad de Vicepresidenta, del Foro Boliviano Sobre Medio Ambiente y Desarrollo – FOBOMADE, institución reconocida por las Leyes bolivianas mediante resolución prefectural R.A.P. 574/69 y registro de ONG Nro. 0727.

(Copias de personerías institucionales a enviarse por correo)

- Todos señalando la Dirección postal siguiente:

Dirección Av. Villazón Nro. 1958

Edificio Villazón, Piso 6.A

Casilla: 5540

La Paz – Bolivia

Tel. (591-2) 2315058

Fax (591-2) 2315059

E-mails: fobomade@fobomade.org.bo;

fsutcp@hotmail.com

ev_mamani@icalp.org.bo;

ev_mamani@yahoo.es;

II. COMUNIDADES INDÍGENAS Y CAMPESINAS EN RIESGO

Los peticionantes se presentan ante sus consideraciones, en el marco del artículo 25 del Reglamento de la Comisión para evitar daños irreparables a los bienes y derechos humanos fundamentales, reconocidos por los instrumentos de la Declaración Universal de los Derechos Humanos, Declaración Americana de Derechos Humanos, Convención Americana de Derechos Humanos y Protocolo de San Salvador, de las comunidades indígenas y campesinas del norte amazónico siguientes:

- a) Ribereñas de aguas internacionales del río Madera (cantón Manoa, provincia Federico Román del Departamento de Pando): Arca de Israel (99 familias), Nueva Esperanza (37 familias), Alto Madera (con 25 familias). Con propiedades colectivas tituladas.
- b) Ribereñas del Río Madre de Díos, (Cantón Chivé Provincia Manuripi): Chivè (con 69 familias) y Gran Progreso (con 15 familias). Con propiedades colectivas tituladas.
- c) Ribereños del Río Negro (Cantón Villa Nueva 2, provincia Federico Román): Enarebena (con 18 familias) Reserva (4 familias). Con propiedades colectivas tituladas.
- d) Ribereños del Río Orthon, (Cantón Villa Nueva) comunidades: Santa Fé (27 familias); (cantón San Pablo y Villa Nueva, Provincia Manuripi y F.Román): Loma Velarde (26 familias); (Cantón San Pablo e Ingavi 2, Prov. Manuripi y Abuná) comunidad Ingavi (28 familias). Con propiedad colectiva debidamente titulada.
- e) Ribereños del Abuná (Cantón Tacna y Villa Nueva, provincia Abuná F. Román) comunidad Humaitá (21 familias) y Sta. Rosa Abuná (21 familias). Con propiedades colectivas tituladas.
- f) Del Río Mamoré las comunidades: Santa Fé (20 familias), 14 de Septiembre (23 familias), Puerto Carrero (22 familias), San Roque (23 familias), Palma Sola (26 familias), Barranco Colorado (36 familias), Rancho Grande (13 familias), San Juan (16 familias), Puerto Coimbra (7 familias), San Francisco (30 familias), Puerto Bolívar (9 familias), San Lorenzo (60 familias), El Sinaí (Lago Mercedes, con 19 familias), Villa Nueva (30 familias). Con propiedad colectiva titulada.
- g) En el trayecto de Guayaramerín, Cachuela Esperanza y Villa Bella (lugar donde seforma el Río Madera) las comunidades: Santa Rosa (28 familias), Santa Lucía (35 familias), San José (27 familias), 26 de Marzo (27 familias), Cachuela Mamoré (32 familias), 2 de Octubre (56 familias), Villa Unión (Esta es una comunidad Indígena Joaquiniana, con 38 familias), San Juan (17 familias), 18 de Junio (42 familias), San Francisco del Yata (14 familias), Santa Teresita del Yata (27 familias), Villa Bella (40 familias).
- h) Comunidades ribereñas del río Beni (éstas pertenecen a la TCO⁵ del pueblo indígena Cavineño⁶ que consta de 33 comunidades): Remanzo (10 familias), Santa Catalina (10 familias), Peñaraguay (28 familias), Nueva Alianza (24 familias), Candelaria (15 familias), Puerto Cavina (30 familias), Carmen Alto (16 familias), Puerto Nuevo (10 familias), Natividad (5 familias), California (30 familias), Buen Destino (60 familias).

Las siguientes comunidades ribereñas también del río Beni pertenecen a la TCO Multiétnico⁷ II: Exaltación (pueblo Tacana con 28 familias), Santa Elena (pueblo Tacana con 15 familias), Vista Alegre (pueblo Tacana con 30 familias), Contravaricia (pueblo Tacana con 25 familias), América (pueblo Tacana con 25 familias), Villa Nueva (pueblo Esse Ejjas, con 10 familias), Portachuelo Alto (pueblo Esse Ejjas con 10 familias), Portachuelo Medio (pueblo Esse Ejjas con 25 familias), Portachuelo Bajo (pueblo Esse Ejjas, con 35 familias), Santa Rosita (pueblo Tacana con 12 familias), 21 de Septiembre (pueblo Tacana con 10 familias), 27 de Mayo (pueblo Tacana con 10 familias), Lago El Carmen (pueblo Tacana con 18 familias) y Flor de Octubre (pueblo Tacana con 12 familias).

- i) De la Provincia Vaca Diez del Departamento de Beni, comunidades ribereñas del Río Beni: Villa Bella (27 familias), Cachuela Esperanza (60 familias en proceso de titulación), Puerto Román (30 familias en proceso de titulación), Villa Alidita (18 familias, en proceso de titulación), Nueva Antofagasta (29 familias en proceso de titulación), 7 de Julio (25 familias), Warnes (60 familias), San José (23 familias), Lago Buena Vista (15 familias en proceso de titulación), San Carlos (12 familias en proceso de titulación), Candelária (45 familias), Tumichucua (75 familias) y Nazareth (45 familias).

5 "Tierras Comunitarias de Origen", de acuerdo al Art. 41, da Ley del Instituto Nacional de Reforma Agraria de Bolivia, son espacios que constituyen el hábitat de los pueblos y comunidades indígenas y originarias.

6 Información gentilmente proporcionada por la CIRABO (Central Indígena de la Región Amazónica Boliviana).

7 Significa que la tierra colectivamente titulada, cuenta con diversas etnias que comparten el área.



- j) Comunidades campesino indígenas de las riberas del río Abuná (con 2.804 familias): Mapajo (Cavineño), San Martín de Pacahuara (Pacahuara), la Reserva (Tacana); en las riberas del RIO ORTHON con 1260 familias: Las Amelias (Esse Ejjas); en las riberas del RIO MADRE DE DIOS (con 363 familias):

Tres Estrellas (Tacana), Santa Ana (Cavineña), Miraflores (Tacana), Trinidadcita (Tacana), Palestina (Tacana), Loreto (Tacana), Jenichiquía (Esse Ejjas), San Salvador (Tacana), Sinaí (Tacana), Nueva Reserva (Tacana) y La Cruz (Cavineño); en las riberas entre el río Manuripi y Río Tahumanu) las comunidades: Florida (Tacana) con 104 familias; en las riveras del río Beni con 416 familias: Exaltación (Tacana), Santa Elena (Tacana), Vista Alegre (Tacana), Galilea (Cavineño), América (Tacana), Villa Nueva (Esse Ejjas) Santa Rosita (Tacana), Contravaricia (Tacana), Portachuelo Medio (Tacana), Portachuelo Alto (Esse Ejjas), Portachuelo Bajo (Esse Ejjas), 21 de Septiembre (Tacana) y 6 de Agosto (Tacana). Pueblos indígenas nómadas entre Bolivia y Brasil: Un grupo Yaminahua, se cree que son un aproximado de 15 familias y un grupo Pacahuara en las zona de San Miguel en Pando, un grupo Yaminahuas asentados en Puerto Yaminahua (con 15 familias) y en Puerto San Miguel el grupo Machineri con 12 familias.

Impetrando urgente aplicación de Medidas Cautelares para las comunidades indígenas y campesinas y pueblos: Chácobo, Tacana, Esse Ejja, Cavineño, Machineri, Joaquiniano, Toromona, Yaminahua y el pueblo no contactado Pacahuara, pueblos y étnias vivas existentes en riesgo por un proyecto de impactos transfronterizos, para que se prevengan oportunamente el atentado sistemático a sus derechos humanos y se corrija el incumplimiento de deberes del Estado de Brasil.

Solicitud fundada en el hecho que la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) Brasileira respecto a la construcción de las represas de Jirao y Santo Antonio (Estado de Rondonia), aprobada mediante la Licencia Ambiental Previa de 9 de julio de 2007 por el Estado Federativo del Brasil, proyecto sobre aguas internacionales, transfronterizas, de curso sucesivo del Madera, incumpliendo el debido proceso internacional entre Estados en materia de aguas internacionales y derechos humanos, crea un riesgo inminente e irreparable de inundaciones, pérdida de posesión de tierras comunitarias, pérdida de ictiofauna necesaria para la sobrevivencia, incremento de enfermedades tropicales (malaria, fiebre amarilla, dengue, leishmaniasis), pérdida de actividades económicas tradicionales (recolección de castaña, agricultura estacional, pesca), afectación a la integridad de las familias debido a la migración, pérdida de culturas y tradiciones ancestrales, a las comunidades ribereñas de la *cuenca* del Madera, conformado por los ríos Beni, Mamoré, Madre de Dios, Itenez, Abuná, entre otros ríos pequeños de

Bolivia; aprobación que consolida un estudio ambiental limitado intencionalmente a territorio Brasileño, omisión de los deberes de buena vecindad de los Estados, efectivizando por tanto la sistemática violación de los derechos humanos fundamentales y esenciales para los pueblos indígenas y campesinos de Bolivia.

III. ESTADO MIEMBRO DE LA OEA

Tanto Brasil como Bolivia son miembros de la OEA y han ratificado la Convención Americana de Derechos Humanos y los instrumentos en derechos humanos que citamos. Nuestras reclamaciones se dirigen fundamentalmente contra el Estado de Brasil por el riesgo que crea a las comunidades indígenas y campesinas del norte amazónica bolivianas y todos los seres humanos, flora y fauna de la vasta cuenca del Madera en todo el territorio de Bolivia.

IV. LOS HECHOS

4.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA ZONA DE IMPACTO

Para introducir a la ilustre Comisión iniciamos describiendo los lugares de impacto y donde habitan las comunidades campesinas e indígenas bolivianas.

La cuenca amazónica ocupa el 66% del territorio de Bolivia y es en el río Madera donde confluyen casi todos los ríos de la Cuenca Amazónica del país. El río Madera nace en la Cordillera de los Andes, formado por los ríos Beni, Madre de Dios, a los que se suma el Mamoré en las proximidades de Villa Bella, y posteriormente el río Iténez (Ver Anexo 1. Mapa de la cuenca del Madera).

Al alcanzar el Amazonas el río Madera se convierte en uno de los cinco ríos más caudalosos del mundo y su principal afluente, tanto por su longitud, por el caudal que aporta y por ser la fuente principal de sedimentos en suspensión y sólidos disueltos de la cuenca.

Este río, en su origen, forma parte de la macroregión más diversa del mundo: los Andes Orientales, además presenta un tramo de cachuelas o cascadas de baja altura y rápidos que, aunque impiden la navegación en gran escala, tienen potencial de generación hidroeléctrica y son zonas de alta biodiversidad.

4.2. DESCRIPCIÓN DE LAS COMUNIDADES CAMPESINAS E INDÍGENAS AMAZÓNICAS DE LA ZONA DE IMPACTO

La región amazónica comprende zonas de selva virgen donde la población práctica la silvicultura extractivista (recolección de frutos), actividades que conservan el medio ambiente, habitat de seres humanos que

viven en armonía con la naturaleza. El hombre y la mujer amazónica, integrados con su medio, tradicionalmente han rechazado actividades económicas depredadoras.

El origen de la población del norte Amazónico se remonta a los pueblos originarios Tacanas, Araonas, Toromonas, Esse Ejjjas, Cavineños, Machineris y Yaminahuas que habitaron la región. Ellos extraían de la naturaleza todo lo que necesitaban: utilizaban la corteza de árboles para vestirse, eran buenos navegantes, recolectaban frutos del bosque, cazaban y pescaban para alimentar a sus familias, eran artesanos y tenía propias creencia religiosas, pero sobre todo su profundo conocimiento de la naturaleza, por ello aún se autodefinen como los “guardianes de la naturaleza”; su organización política, en general, estuvo fundada en clanes y fracciones móviles.

Tuvieron y tienen una particular relación con la tierra y los ríos en función a las estaciones climáticas y las lluvias. El criterio de compartimiento del espacio es común en estos pueblos, por ello no podemos establecer límites y zonas de asentamiento únicas y definitivas de un grupo étnico de la amazonía, ni señalar lugares concretos denominados “ancestrales” como sucede en otros pueblos indígenas, todo el norte amazónico es tu territorio. Actualmente familias como las cavineñas, no se los halla en un lugar determinado, se han ido asentando a lo largo de varios ríos, como el río Beni.

Estos pueblos indígenas sobrevivientes a la colonización, la cristianización, el proceso de la siringa, el caucho y el peonaje, viven aún en todo el territorio del norte amazónico de Bolivia, dedicados aún a las actividades extractivistas y agropecuarias, asentados en sus zonas altas y bajas.

Actualmente se está consolidando tierras con título de propiedad colectiva, en razón de la legislación agraria vigente, bajo las figuras de propiedades comunitarias campesinas⁸ y las tierras comunitarias de origen (TCOs), que dividen nominalmente e innecesariamente a sus habitantes en campesinos e indígenas, siendo que cada grupo social tiene iguales orígenes e historia.

Actualmente se tiene información que en estas zonas se puede hallar pueblos indígenas o etnias **no contactados**, es el caso de un grupo de familias *Pacahuaras*, en el Departamento de Pando en zona de frontera con Brasil.

4.3. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

En principio, este proyecto de represas se denomina “Complejo Hidroeléctrico del río Madera” y ha sido planificado por los Organismo multilaterales CAF, BID Y FONPLATA, en el marco de la Iniciativa para la Integración de la Infraestructura de Sud América (IIRSA). El proyecto comprende cuatro represas a ser construidas sobre el río Madera, dos en el tramo entre Abuná y Porto Velho, en Brasil: Jirau y Santo Antonio; una en territorio binacional, al norte de Guayaramerín (Bolivia) y la cuarta en Cachuela Esperanza (Bolivia). El Complejo del río Madera es el grupo de proyectos más grande del IIRSA, ubicado en el Eje Perú-Brasil-Bolivia. Además una pieza central del plan estratégico de Brasil, como parte del denominado Programa de Aceleración del Crecimiento (PAC), mediante el cual Brasil se propone invertir hasta el año 2010 unos 250 mil millones de dólares en la construcción de infraestructura, especialmente energética y con ello hacer imparable el proceso de destrucción de la Amazonia. Este proceso de destrucción tiene antecedentes desde hace un siglo, pero ahora ingresa en un nuevo periodo acompañado de renovados discursos integracionistas y con una renovada agresividad del capital transnacional aliado a las elites nacionales, el mismo que siempre ha estado detrás de la destrucción de la Amazonia, de su gente y de la paz en la región.

Se identifica como objetivos, posibilitar la navegación de grandes embarcaciones, eliminando las cachuelas o pequeñas caídas que dificultan la navegación y la generación de más de 17000 MW de electricidad. Con esta gran cadena fluvial se prevé habilitar el transporte fluvial de soya brasilera de las regiones de Matto Grosso y Rondonia hacia los puertos del Pacífico y también promover la conversión del bosque amazónico boliviano, prácticamente intacto, al monocultivo de soya o agrocombustibles (palma africana, piñón o caña de azúcar), como lo han señalado los propios impulsores del proyecto, al estatal de Furnas y la empresa Odebrecht en presentaciones públicas.

En este marco, la preocupación de las comunidades indígenas y campesinas se debe, a que el proyecto en el lado brasileño ha continuado y la EIA ha sido aprobada mediante Licencia Ambiental Previa⁹ con serias observaciones referidas a los impactos transfronterizos (Ver texto completo del Parecer Técnico 014/2007 del IBAMA a 21 de marzo de 2007) incumpliendo actos procesales técnicos y actos procesales de derecho



8 Esta propiedad está destinada a titulación colectiva de “comunidades campesinas y ex haciendas”. (Art. 41, de la Ley INRA Nro. 1715, modificada el 2006.
9 Sintetizando, la licencia ambiental en Brasil tiene tres fases: la licencia ambiental previa (que da por viable socioambientalmente un proyecto, sus características, tiempo, vida útil y envergadura), la licencia de instalación (Autoriza el inicio de la obra e instalación del emprendimiento) y la licencia de operación (Solicitada antes de que el emprendimiento entre en operación, pues licencia autoriza el inicio del funcionamiento de la obra/emprendimiento). La primera licencia es la más importante, se tiene el 90% del proyecto aprobado para su desarrollo inmediato.

internacional, poniendo en riesgo derechos humanos de comunidades fronterizas y ribereñas.

4.5. CRONOLOGÍA DE LOS HECHOS

En fecha **11 de septiembre de 2006**, las comunidades amazónicas de Bolivia toman conocimiento que en Brasil estaba en proceso de obtención de la licencia ambiental de dos represas a ser construidas sobre el río Madera: entre Abuná y Porto Velho, en Brasil (Estado de Rondonia): Jirau y Santo Antonio. Los datos contenidos en el propio EIA de Brasil, denunciado por científicos tanto de Bolivia como de Brasil, revelan que el área de inundación propia de las represas llegarán hasta Bolivia, lo que quiere decir que ya no habrá más variación estacional del nivel del agua. Este proyecto hará disminuir la velocidad del caudal de aguas haciendo que el agua cambie, que sea de mala calidad y que los ríos más pequeños que entran al Madera y Mamoré sean los que más sufran las consecuencias. Además, con el tiempo, el fondo del río subirá de nivel, lo cual, agravará aún más el problema de las inundaciones. El impacto de la represas en estos ríos no ha sido tomado en cuenta para la Evaluación de Impacto Ambiental aprobada por Brasil.

También tomaron conocimiento que el año 2003, en Bolivia, el consorcio FURNAS Odebrecht intentó obtener una licencia provisional en Bolivia para estudios en las cuencas de los ríos Mamoré, Beni y Madera. En abril del 2006, en base al decreto supremo Nro. 28389 que establece la suspensión de otorgación de licencias en la cuenca del río Madera hasta la definición de una política nacional de aprovechamiento hidroeléctrico y realización de estudios en las cuenca de los ríos.

Madera, Mamoré y Beni; la Superintendencia General del Sistema de Regulación Sectorial en confirmó la decisión de la Superintendencia de Electricidad de rechazar la solicitud de dos licencias provisionales para realizar estudios de factibilidad para la implementación de centrales hidroeléctricas en los ríos Mamoré/Madera, tramo Guayaramerín - Abuná y en el río Beni que habían sido presentadas por la empresa Constructora Noberto Odebrecht en abril del 2004. La paralización de las represas en Bolivia además de paralizar el proyecto de navegabilidad de la cuenca Alta del Madera, pone en problemas al gobierno brasileño, porque los impactos de las represas Jirau y Santo Antonio alcanzan al territorio nacional.

Las comunidades del norte amazónico en estado de alarma se reunieron el **12 de octubre de 2006**, en la población de Riberalta, Departamento de Beni, emiten el Pronunciamiento de Riberalta que señala textualmente:

“Que, los pobladores de la amazonía boliviana seremos afectados con el deterioro de nuestras condiciones de vida porque los ríos y el bosque hasta el día de hoy, nos dan la mayor parte de nuestros alimentos y nos proveen lo necesario para la vida, sabemos que

estos cambios que se avecinan van a espantar a los peces y les van a traer enfermedades y muerte, y lo mismo a las aves y otros animales de los ríos y a los animales del bosque como también se afectará seriamente la recolección de la castaña y especies maderables; Que, la elevación del río Madera y Mamoré afectarían gravemente a los ríos Yata, Beni, Abuná y otros arroyos pequeños. Estos ríos ya no bajarán de nivel, la época de llenura será indefinida. Esto contaminará las aguas que tenemos para beber, traerá mayores problemas de malaria, dengue, leishmaniasis, diarrea infantil y tal vez otras enfermedades que ahora hay poco o que no conocemos, como ya ha pasado en otras represas del Brasil;

Que, los habitantes del área rural de la región amazónica sabemos que las tierras del bosque no son muy buenas para la agricultura, y que por eso cultivamos en los bañados que los ríos nos dejan cuando pasan las lluvias y que estas áreas, especialmente las que están más cerca al Madera y Mamoré quedarán inundadas de manera permanente;

Que las dos represas mencionadas son sólo parte de un proyecto más grande que comprende otras dos represas más; una de ellas entre Abuná y Guayaramerín y que ésta represa posiblemente haga desaparecer a Cachuela Esperanza, Villa Bella y otros pueblos y comunidades de la región.” (Texto completo en Anexo).

En este pronunciamiento se resolvió pedir al gobierno nacional inter venga inmediatamente, ante el gobierno de Brasil y ante los organismos internacionales para la defensa de su tierra y territorio, sus ríos, flora, fauna, medio ambiente y forma de vida de sus familias y pueblos. Pidiendo también el derecho a ser informados oportunamente de los trámites y resultados de esas gestiones.

El **7 de noviembre del 2006**, el canciller boliviano envió una nota a su homólogo Celso Amorin señalando las preocupaciones del gobierno boliviano por los impactos a ser generados en territorio boliviano y proponiendo el tratamiento del tema en una “comisión binacional”, lo que fue aceptado pero nunca implementado. Esta carta (en anexo) y fue probablemente la causa que motivó el retraso de la licencia ambiental, prevista para noviembre del 2006.

En noviembre de 2006 el Asesor para Asuntos Internacionales del IBA-MA, envió copias electrónicas con datos sobre el proceso de licencia ambiental de los proyectos de Santo Antonio y Jirau al Embajador de Bolivia en el Brasil, para ser remitidos al Ministerio de Relaciones Exteriores de Bolivia.

Del **6 al 8 de diciembre de 2006**, diversas organizaciones nacionales firmaron el Voto Resolutivo de Cochabamba (en anexo) que solicita



al gobierno boliviano una enérgica intervención ante el Brasil como ante instancias multilaterales, en defensa de su territorio, el medio ambiente y su forma de vida, rechazando cualquier negociación o acuerdo con el Brasil que favorezca la construcción de las mencionadas represas y el proyecto de la hidrovía.

El 3 de febrero de 2007 en la ciudad de Cobija, Pando, en reunión de representantes de las comunidades afiliadas a la Federación Sindical Única de Trabajadores Campesinos de Pando, Federación Sindical Única de Trabajadores Campesinos Regional Madre de Dios, Central Sindical Única de Trabajadores Campesinos de Guayaramerín y el Movimiento de Afectados por Represas del Brasil, fue conformado el “Movimiento Social en Defensa de la Cuenca del río Madera y de la Región Amazónica”, con el fin de consolidar una alianza de comunidades y pueblos para la defensa de sus derechos humanos y territorios, para la resistencia conjunta a los grandes proyectos programados para beneficiar al agronegocio, al sector energético, a empresas de la construcción, mineras y madereras, vinculadas al Proyecto del Complejo del río Madera, en desmedro de las aspiraciones de desarrollo de las comunidades bolivianas y brasileñas. En vista de la reunión de los Presidentes Lula Da Silva y Evo Morales en Brasilia, firmaron el Pronunciamiento de los Pueblos Amazónicos de Bolivia y Brasil solicitando: “*Dejar sin efecto el proceso de aprobación de la licencia ambiental y por lo tanto desistir de la construcción de las represas sobre el río Madera. Anuncian que el Movimiento Social en Defensa de la Cuenca del Río Madera y de la Región Amazónica, adoptará las medidas necesarias en las instancias que correspondan para salvar la cuenca del río Madera y la vida de la Amazonia y sus habitantes y convocan a la solidaridad de los pueblos del mundo en defensa del territorio amazónico*”.(Ver anexo).

El 21 de marzo de 2007, en la ciudad de Brasilia, el IBAMA, emite el PARECER TÉCNICO N° 014/2007—COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, referido a: “Análise técnica do EIA/RIMA e de documentos correlatos referentes ao AHE de Santo Antônio e AHE de Jirau, ambos no rio Madeira, visando emissão de parecer quanto à viabilidade ambiental dos empreendimentos” (texto completo anexo) en cuyas sentencias conclusivas señala:

“(ii) as áreas diretamente afetadas e as áreas de influência direta e indireta são maiores do que as diagnosticadas;

“(iii) as vistorias, Audiências Públicas e reuniões realizadas trouxeram maiores subsídios a análise do EIA, demonstrando que os estudos sub-dimensionam, ou negam, impactos potenciais. Mesmo para assumir um impacto, é preciso conhecê-lo, e à sua magnitude;

(iv) as análises dos impactos identificados demonstraram a fragilidade dos mecanismos e propostas de mitigações;

(v) a extensão dos impactos (diretos e indiretos) abrange outras regiões brasileiras e países vizinhos, comprometendo ambiental e economicamente territórios não contemplados no EIA, sendo, desta forma, impossível mensurá-los;
(vi) a nova configuração da área de influência dos empreendimentos demanda do licenciamento, segundo a determinação presente na Resolução n° 237/1997, o estudo dos significativos impactos ambientais de âmbitos regionais. Neste sentido, considerando a real área de abrangência dos projetos e o envolvimento do Peru e da Bolívia, a magnitude desses novos estudos remete à reelaboração do Estudo de Impacto Ambiental e instrumento apropriado a ser definido conjuntamente com esses países impactados. De qualquer forma, é necessária consulta à Procuradoria Geral do IBAMA para o adequado procedimento¹⁰⁰.”

Conclusiones que respaldan nuestro petitorio.

El 18 y 19 de Junio de 2007 se elaboró la Declaración de Guayaramerín, enviado a las instancias del gobierno de Bolivia, que en su parte referida a los proyectos del Complejo Madera señala: “En lo que respecta a las Hidroeléctricas que desea construir el Brasil en Jirau y San Antonio, próximos a la frontera con Bolivia, el Primer Foro Amazónico comparte y respalda las gestiones que viene encarando la Cancillería de la República haciendo conocer a su homólogo del Brasil, la preocupación de Bolivia por los potenciales impactos ambientales, económicos y sociales que tendrían los proyectos en la zona de influencia. Antes de llevar adelante este tipo de emprendimientos se debe tomar en cuenta acuerdos internacionales. Es evidente que cualquier modificación a un curso de agua de la magnitud del río Madera producirá impactos ambientales de gran magnitud. Lo que es discutible en relación al proyecto no es sólo la medida de esos impactos, sino además la ética de la decisión de un país de hacer asumir a otro un riesgo que no ha buscado, que no le reporta beneficio alguno y con el cual no está de acuerdo”.

El Viceministerio de Biodiversidad, Recursos Forestales y Medio Ambiente de Bolivia, a cargo del Sr. Pablo Ramos, en el marco de sus competencias establecidas por el decreto supremo 28389, dio inicio, en abril del 2007, a un proceso de concertación de un documento técnico y de posición con diferentes instancias del Ejecutivo, involucradas en el tema, logró que una comisión de cuatro ministerios retome la elaboración del



37

BAJO EL CAUDAL

documento de posición del Estado boliviano, sin llegar a conclusión alguna y por tanto sin establecer la posición formal boliviana, con lo que el gobierno brasileño aprovechó para aprobar la licencia ambiental provisional de Jirau y Santo Antonio.

El 9 de julio de 2007, el gobierno brasileño mediante el IBAMA, otorga licencia ambiental previa de las represas de Jirau y Santo Antonio, con 33 condicionantes, cuyo a cuyo texto no tenemos acceso.

El 10 de julio de 2007 el Ministro de Relaciones Exteriores de Bolivia, David Choquehuanca envía una carta al Canciller Celso Amorim expresando su contrariedad por la emisión de la licencia previa para la construcción de las represas en el Río Madera.

El 3 de agosto de 2007 por invitación del Canciller brasileño Celso Amorim, una comisión boliviana dirigida por el Viceministro de Biodiversidad, Recursos Forestales y Medio Ambiente, Juan Pablo Ramos, viaja a Sao Paulo para discutir aspectos técnicos sobre los posibles impactos de las centrales hidroeléctricas del Río Madera, evento sin resultados positivos.

El 25 de agosto de 2007 en la ciudad de Riberalta, el Movimiento Social en Defensa de la Cuenca Amazónica y de la Amazonía con motivo de su IV Encuentro emite la Declaración **"Nuestra tierra y nuestros ríos no se venden, se defienden"** (Texto completo anexo) difundida por la prensa nacional e internacional, donde demandan al gobierno de Bolivia participar (derecho a la participación y consulta) en la reunión binacional que debía realizarse ciudad de La Paz, para dar a conocer sus propuestas de desarrollo local acorde con su realidad y al cubrimiento de urgentes necesidades, en la lógica recomendada del Convenio 169 de la OIT, instrumento ratificado por ambos países, por tratarse de proyectos que afectarán su tierra, territorio y fundamentalmente sus vidas.

El Ministerio de Relaciones Exteriores boliviano en fecha 30 de agosto envió una carta de solicitud de información técnica y preguntas al gobierno brasileiro sobre el emprendimiento del proyecto de Jirau y Santo Antonio, con el cual se pide a Brasil demuestre, por el riesgo que crea, que no habrá impacto negativo para Bolivia. La respuesta fue entregada casi tres meses más tarde de manera incompleta sin los anexos de información.

Finalmente para éste 10 de diciembre 2007 se ha confirmado, mediante prensa brasileña, que se procederá a la licitación del proyecto para inicio de tareas. **El peligro está próximo.**

"Resalta-se que, de acordo com a legislação referente às concessões de serviços públicos – Lei 8.987/95, cada empreendimento somente

*após a obtenção de Licença Ambiental Prévia, deverá ser submetido à licitação pública que irá indicar a empresa ou grupo de empresas responsáveis pela construção e exploração...."*¹¹

4.6. IMPACTOS NEGATIVOS DEL PROYECTO

Para iniciar a describir muy sintéticamente los peligros de este emprendimiento, extraemos parte de las conclusiones arribadas por la **Comisión Mundial de Represas** del año 2000 en su informe final, que remarca:

*"las represas han hecho una contribución importante y significativa al desarrollo humano, y han sido considerables los beneficios derivados de ellas. ... en demasiados casos se ha pagado un precio inaceptable y a menudo innecesario para conseguir dichos beneficios, especialmente en términos sociales y ambientales, por las personas desplazadas, por las comunidades aguas abajo (en caso de Bolivia aguas arriba) por los contribuyentes y por el medio ambiente natural. Se considera inaceptable aplicar un enfoque de 'estado de situación financiera (de ganancias y pérdidas) para evaluar los costos y beneficios de las represas grandes, compensando las pérdidas de un grupo humano con las ganancias de otro – especialmente en vista de los compromisos vigentes con los derechos humanos y el desarrollo sostenible'"*¹².

La Comisión Mundial de Represas determinó que los severos impactos sociales y ambientales son ya una constante en toda iniciativa de construcción de represas y demuestran que también es una constante la violación de derechos humanos de millones de personas desplazadas de sus tierras por obligación.

Las comunidades bolivianas identificaron ya por el conocimiento del comportamiento climático y las características del territorio, cuáles serán los impactos negativos que sufrirán y la presión psicológica familiar emergente (Ver declaración de Guayaramerín de 12 de octubre de 2006 adjuntada).

Inicialmente, Bolivia no cuenta con suficiente información, especialmente topográfica para tener una modelización del área de inundación, pero los propios estudios y documentos brasileños señalan algunos. Otros son identificados y relevados de estudios de especialistas y de científicos independientes tanto de Bolivia como de Brasil como: Forsberg, Tundisi, Molina, Fearnside, V. Brackelaire. Pero particularmente el especialista Molina, a quien señalamos como perito del caso, determina el evento causal de los impactos que a continuación.

11 Extracto del Parecer técnico 014/2007 del IBAMA. Pág. 2.

12 Imhof y otros, "Guía Ciudadana sobre la Comisión Mundial de Represas", California. 2002. Pág. 2.



4.6.1. IMPACTOS EN EL RÉGIMEN HIDRÁULICO

Elevación del nivel de agua del río: La construcción de dos represas en el Río Madera taponaría los ríos y afluentes de la cuenca del Madera (Abuná, Madre de Dios, Beni, Mamoré, Guaporé), impidiendo el escape de las aguas sedimentadas e influyendo en el nivel de superficie de estos, convirtiendo a la región en un gran pantano por la topografía uniforme del Amazonas.

Cambios en la velocidad del agua: Los cambios en la velocidad del agua implican pérdidas severas de diversidad acuática ocasionando alteraciones en la composición de la ictiofauna en sus diferentes ecosistemas. Los cambios de velocidad también implican la pérdida de calidad de agua por la falta de oxigenación.

Efectos de sedimentación e inundación: En el trayecto del Río Madera se van incrementando las cargas de sedimentos y materiales disueltos arrastrados desde su nacimiento (Cordillera de los Andes), lo que provocará que los volúmenes de agua provenientes también de los afluentes (Ríos Madre de Dios, Beni y Mamoré), cubran los embalses creados por las represas.

Pérdida de fauna acuática: Los muros de contención construidos por las represas ocasionaran impactos en la ictiofauna al impedir el transporte de peces y la migración de estos, además que afectarán la cadena de reproducción porque el desove de muchas de estas especies ya sería casi imposible, poniendo en peligro a un 70% de la población acuática.

Otro factor que influirá en la pérdida de especies piscícolas será provocado por la disminución de velocidad de aguas que impedirá la oxigenación y el incremento de temperatura en el agua.

Impactos sobre los bosques y biodiversidad: La inundación afectará bosque primario del Amazonas ocasionando serias pérdidas de biodiversidad vegetal y animal. Además implica cambios en los ecosistemas por la adaptación forzosa que muchas especies sobrevivientes deberán sufrir en el medio inundado.

4.6.2. IMPACTOS SOBRE LA ECONOMÍA DE LA REGIÓN

Inundación de las tierras de cultivo: La inundación ocasionada por la sedimentación creciente, provocará la pérdida permanente de las tierras de cultivo estacionales en las riberas de los ríos, impidiendo el cultivo de productos necesarios para las comunidades sobre todo bolivianas.

Inundación de tierras de pastoreo: La inundación provocará cam-

bios en la geografía de la zona, impidiendo el crecimiento de los pastizales y exponiendo al ganado vacuno ante riesgos de morbilidad y mortandad; esto implica crisis económica en pequeños y grandes propietarios.

Pesca: Siendo la pesca una de las principales actividades económicas de las que sobrevive la población, los cambios en la ictiofauna y los obstáculos a la migración de peces, modificarán drásticamente la actividad pesquera. Ya no serán los grandes bagres migratorios los principales recursos pesqueros de la región sino probablemente algunas especies adaptadas a lagunas, de poco valor comercial.

4.6.3. IMPACTOS SOCIALES

Propagación de enfermedades: A causa de la reducción de velocidad de las corrientes de agua, se crean condiciones para el incremento de malaria, dengue, fiebre amarilla, y otras enfermedades, influyendo las que se propagan por falta de saneamiento, drenaje, urbanización y aumento de población a los alrededores.

La zona de malaria (norte amazónico) afecta a la mitad de la población (556 casos por mil), la primera vez que un niño la contrae es aproximadamente a los cinco años y a partir de allí probablemente la contraerá sucesivamente, generando inmunidad temporal. De acuerdo a los técnicos del Programa Nacional de Malaria (Bolivia), con la inundación de sus territorios, las comunidades indígenas y campesinas de la orilla del río, como Nueva Esperanza, Arca de Israel, Villa Bella, se verán obligadas a moverse hacia el oeste, ingresando al bosque primario, invadiendo habitats del vector de la leishmaniasis, que será el primer problema agudo que deberán enfrentar, seguido del incremento de malaria maligna. El combate a estas enfermedades, ya significa un gran esfuerzo para el país, incrementar su incidencia por factores externos es absolutamente inaceptable.

“En la década del 90, la malaria reemergió en Bolivia como una enfermedad infecciosa muy importante; especialmente por la proliferación de casos de malaria maligna, provocada por el Plasmodium falciparum. Este parásito está presente sólo en el norte amazónico y las provincias Itenez del Beni y Velasco de Santa Cruz. Los cuerpos de agua cercanos a los centros poblados hacen crecer de manera desmesurada el riesgo de contraer la enfermedad; el parásito Plasmodium vivax (malaria benigna) en Bolivia representa cerca al 80% de los casos de malaria. En cambio Plasmodium falciparum (malaria maligna) se adquiere en mayor proporción cuando la gente no se encuentra precisamente en sus hogares, es decir, cuando se encuentran



13 Cabezas y Flores, “El problema de la salud del Norte Amazónico y su relación con las represas en el río Madera” parecer técnico incluido en el libro “Norte Amazónico de Bolivia y el Complejo del Río Madera”. Bolivia. 2007. Pag. 86 y 87.

*en su trabajo, en el campo, en el camino, etc.*¹³

Migración y expulsión: La pérdida de tierras de cultivo y pastoreo, a causa de las constantes inundaciones obligará a la migración masiva, el engrosamiento de los desempleados y sin oportunidades y la pérdida de sus culturas por la presión de las capitales.

Pueblos no contactados: Bolivia es uno de los pocos países que todavía tiene en su territorio algunos de los últimos pueblos desconocidos del planeta. En la región a ser impactada se ha establecido la existencia de grupos *Pacahuara* no contactados que se ubican según distintas versiones en el municipio Santa Rosa de Abuná, en la provincia Federico Román del Departamento de Pando (no lejos de la frontera con Brasil) y se mueven entre el río Negro y el río Pacahuara. (V. Brackelaire) El río Negro es afluente del Abuná, ambos muy afectados por las variaciones en el nivel del agua por causa de las represas. Las poblaciones en aislamiento demuestran una dinámica de migraciones estacionales, utilizando los recursos naturales de las zonas altas de los ríos amazónicos.

La presencia de los campamentos y obras para la construcción de represas empujará a estos grupos de manera permanente hacia otras zonas en busca de alimento y espacios, ocasionando el acercamiento a asentamientos de colonos o la invasión de territorios de otras poblaciones indígenas cercanas, con enfrentamientos y muertes y probablemente su exterminio.

4.7. DEBERES INCUMPLIDOS QUE PONEN EN RIESGO LOS DERECHOS HUMANOS

Iniciamos el análisis sucinto de aspectos jurídicos del presente caso, trayendo a colación los lineamientos del *ius cogens*, que expresa e interpreta mediante sus básicos principios aceptados por la comunidad internacional, el análisis de la responsabilidad internacional de un Estado frente a otro Estado o frente a la comunidad internacional. Se establece que en función a la dignidad intrínseca de la persona humana, todo ser humano es titular de derechos oponibles a todos los Estados, en consecuencia, las normas de los derechos humanos, amplían los deberes estatales a las personas individualmente o colectivamente como sujetos de derecho internacional:

*“Los derechos humanos que se encuentran precisados en la Declaración Americana de los Derechos Humanos y en la Declaración Universal de Derechos Humanos -como lo ha reconocido la Corte Interamericana de Derechos Humanos-, al igual que en las numerosas convenciones sobre la misma materia, deben ser protegidos y respetados por los Estados, por cuanto la obligatoriedad de su cumplimiento es una norma erga omnes, como lo ha reconocido la jurisprudencia y la doctrina internacionales”*¹⁴.

Por tanto los derechos humanos deben ser garantizados ineludiblemente por cualquier Estado, más aún cuando un emprendimiento bajo su jurisdicción crea peligro a un Estado vecino y sus habitantes.

4.7.1. NORMAS DEL DERECHO INTERNACIONAL Y DE DERECHO DE AGUAS INTERNACIONALES INCUMPLIDAS POR BRASIL

A. AGUAS INTERNACIONALES

El río Madera es un río transfronterizo o de curso sucesivo, esta categoría se refiere a:

*“aquellos que fluyen dentro del territorio de un país, atraviesan la frontera y continúan por el territorio del otro país, hasta su desembocadura (que puede ser incluso un tercer o cuarto país)”*¹⁵.

El río Madera nace en la Cordillera de los Andes, formado por los ríos Beni, Madre de Dios, a los que se suma el Mamoré en las proximidades de la comunidad Villa Bella, y posteriormente el río Itenez, sin mencionar otros ríos que los alimentan como el Río Negro, Orthon y Abuná. Al alcanzar el Amazonas, el río Madera se convierte en uno de los cinco ríos más caudalosos del mundo y su principal afluente, tanto por su longitud, por el caudal que aporta y por ser la fuente principal de sedimentos en suspensión y sólidos disueltos de la cuenca. Esto obliga a citar los principios del derecho internacional, la costumbre internacional, que incumplidos o no tomados en cuenta oportunamente, puede desencadenar en el atentado a la soberanía y derechos de los Estados y derechos humanos de las personas como en el presente caso.

A.1. EL PRINCIPIO DE BUENA VECINDAD.

14 Corte Interamericana de Derechos Humanos, “Liber Amicorum, Héctor Fix-Zamudio”. Volumen II. 1998. Pag. 1143.

15 Aguilar e Iza, “Gobernanza de aguas compartidas”, 2006. Pag. 24.

Este principio está referido a *la política del Buen vecino*:

“... el vecino que resueltamente se respeta a sí mismo y por esta razón respeta el derecho de los demás, el vecino que respeta sus obligaciones y respeta la santidad de su acuerdo en un mundo de vecinos”¹⁶.

Implica el deber de no causar daño al Estado vecino y se hace explícito, generalmente, en tratados internacionales, bilaterales o multilaterales, cuyos lineamientos beneficiosos aplicables a un caso propio pueden ser tomados por un Estado que no cuente con un texto pactado expresamente, por costumbre internacional.

Para el principio de buena vecindad, cuando se trata de aguas internacionales, procesalmente, debe iniciarse el relacionamiento entre Estados con una evaluación de impacto ambiental sobre el recurso compartido, consultado previamente al otro Estado y de mutuo propio. Para la mejor aplicación de este principio es viable un tratado o acuerdo especial bilateral sobre el recurso, como en el presente caso.

A.2. PRINCIPIO PRECAUTORIO

Como principio acompañante del principio de buena vecindad esta el criterio Precautorio, que permite una decisión política de no dar lugar a la realización de una actividad o proceso que pueda producir daños graves sobre el ambiente de otro Estado, no requiriendo certeza científica del daño irreversible, basta con la identificación del peligro (Convención de Diversidad Biológica de 1992, Protocolo de Bioseguridad ambos instrumentos ratificados por el Brasil y Bolivia, también en el Principio 15 de la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro, 1992,).

Cuando se trata de aguas transfronterizas, este principio manda a que los Estados tomen todas las medidas necesarias para PREVENIR, reducir o controlar un daño al ambiente acuático, y por este principio ocurre la inversión de la prueba: quien genera el riesgo debe probar que no ocurrirá daños.

A.3. PRINCIPIO DE PREVENCIÓN DEL DAÑO

El Principio del Prevención del Daño, permite que cada Estado pueda aprovechar la parte de la cuenca que se encuentra bajo su jurisdicción siempre que esa iniciativa no afecta en forma significativa al derecho del otro Estado.

A.4. PRINCIPIO DE PARTICIPACIÓN

El principio de participación, indica que los Estados que son parte de una cuenca compartida tienen el derecho a participar en el manejo de las aguas de dicha cuenca o aguas internacionales en forma equitativa, razonable y sostenible, y en relación a las personas **garantizar la participación pública de los individuos**.

A.5. PRINCIPIO UTILIZACIÓN EQUITATIVA DE LAS AGUAS

Entre los deberes de un Estado en el caso de aguas internacionales, como lo es el Madera, debió aplicarse la utilización equitativa de las aguas, esto significa igualdad de derechos en una soberanía compartida sobre las aguas, es decir un balance de intereses. De acuerdo a la Convención sobre el Derecho de los usos de los cursos de agua internacionales distintos para fines distintos de la navegación de 21 de mayo 1997, establece que para determinar la utilización equitativa debe tomarse en cuenta: aspectos geográficos, hidrográficos, hidrológicos, ecológicos, la población que depende del curso de aguas en cada Estado ribereño, los efectos que los usos del curso de agua en un Estado ribereño pueda producir en otro Estado.

A.6. EL PRINCIPIO DE NO CAUSAR DAÑO

También, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente Humano, Estocolmo 1972 señala: *“Los Estados deberán presentar información pertinente sobre las actividades o acontecimientos que tengan lugar dentro de su jurisdicción o bajo su control siempre que dicha información sea necesaria para evitar el riesgo de efectos adversos en el medio de las zonas que quedan fuera de su jurisdicción nacional”*.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), Río 1992 incluye entre sus principios que: *“Los Estados tienen... la responsabilidad de velar por que las actividades realizadas no causen daños al medio ambiente de otros Estados o zonas fuera de los límites de la jurisdicción nacional”* (Principio 2) y *“el acceso a la información sobre el medio ambiente”* (Principio 10).

Este deber no sólo viene de las deducciones del derecho internacional



16 Presidente Roosevelt 1933, citado por Guillermo Cabanellas, en el Diccionario Enciclopédico de Derecho Usual. T. I. Pag. 522.

sino es expreso para Brasil, al estar establecido en instrumentos internacionales, como la **Declaración de Asunción (1971)** sobre el Aprovechamiento de los Ríos Internacionales (en el marco del **Tratado de la Cuenca del Plata** donde Brasil y Bolivia son signatarios) y, en la resolución 23 del Acta, puntos 2 y 3, fue aprobado el principio de "consulta previa", en los siguientes términos:

"a) En los ríos internacionales contiguos, siendo la soberanía compartida, cualquier aprovechamiento de sus aguas deberá ser precedido de un acuerdo bilateral entre los ribereños,

b) En los ríos internacionales de curso sucesivo, no siendo la soberanía compartida, cada estado puede aprovechar las aguas en razón de sus necesidades siempre que no cause perjuicio sensible a otro estado de la Cuenca".

Y el propio tratado del Plata (23 de abril de 1969) que señala:

"ARTÍCULO V: La acción colectiva entre las Partes Contratantes deberá desarrollarse sin perjuicio de aquellos proyectos y empresas que decidan ejecutar en sus respectivos territorios, dentro del respeto al derecho internacional y según la buena práctica entre naciones vecinas y amigas".

El Convenio sobre Evaluación del Impacto Ambiental en un Contexto Transfronterizo (Convenio de Espoo) encomienda a las Partes a tomar medidas para prevenir, reducir y controlar el impacto transfronterizo perjudicial que ciertas actividades pueden tener sobre el ambiente. El concepto de ambiente utilizado por el Convenio está incluido en la definición de impacto y es de carácter integrador.¹⁷ La notificación deberá contener información acerca de la naturaleza de la actividad propuesta, incluyendo datos sobre posibles impactos transfronterizos, como así también la indicación de un plazo razonable a responder.

B. EL ABUSO DEL DERECHO

La aprobación de la Licencia Ambiental Previa en Brasil el 9 de julio, la determinación del gobierno de Brasil de continuar y proceder a la Licitación este **10 de diciembre de 2007**, sin corregir omisiones procesales entre Estados y sin corregir los errores técnicos y metodológicos evaluativos de los impactos en el EIA, menoscaba la dignidad y soberanía de Bolivia, afecta los intereses y derechos de las comunidades amazónicas ribereñas y fronteras de Bolivia e impone impactos ambientales severos y a largo

plazo a territorio boliviano. Esto muestra un Abuso del Derecho, por parte de las instancias competentes ejecutivas del Estado Federal del Brasil, que si bien han concebido este proyecto de represas en el marco de sus leyes, genera riesgos negativos permanentes en un número amplio de familias, comunidades, seres humanos que se ven en desventaja ante un proyecto de un país extranjero.

La acción de Brasil es abuso del derecho, porque es un proyecto concebido en ejercicio contrario al derecho internacional, de mala fe con la otra parte (no hay notificación, consulta ni información oportuna), generando un riesgo de daño inminente, probable e injusto.

C. DEBER DEL DEBIDO PROCESO Y LA CONSULTA AL OTRO ESTADO

Por tanto el debido proceso ha sido violado, en un marco internacional.

El debido proceso "en lo fundamental, tiene como pilares insoslayables los principios de audiencia previa y la igualdad de todas las partes procesales para ejercer su derecho de defensa en idénticas condiciones en entre las partes, es decir, mediante el otorgamiento de iguales oportunidades para presentar y analizar pruebas, interponer recursos y presentar observaciones dentro de plazos o términos iguales para todos"¹⁸.

Un proceso, como lo define Chiovenda, es un conjunto de actos coordinados para la finalidad de la actuación de la voluntad concreta de la Ley en relación con un bien que se presenta como garantizado por ella), por parte de los órganos de la jurisdicción ordinaria¹⁹.

Por su concepción primigenia este principio y derecho del debido proceso es consecuencia de los sistemas judiciales que buscan un "garantismo proteccionista" del ciudadano frente a un poder casi ilimitado y más fuerte que él. . .²⁰.

Este derecho representa, el justo equilibrio entre el ciudadano y el Estado, donde las garantías procesales adquieran sentido y actualidad al evitar la arbitrariedad e inseguridad la carencia de reglas en un proceso²¹, más aún en las relaciones entre estados donde un número considerable de personas puede estar en riesgo.

Analizando jurídicamente el hecho, en materia del derecho ambiental aplicado, implica que toda evaluación de impacto ambiental (EIA) es un

17 Aguilar, G., Iza A., Gobernanza de aguas compartidas. Aspectos jurídicos e institucionales. IUCN Oficial Regional de Mesoamérica. Serie de Política y Derecho Ambiental No 58. San José, costa Rica, 2006. Página. 88

18 Rodríguez Recia, Víctor, coautor de "Liber Amicorum, Héctor Fix-Zamudio". Volumen II. 1998. Pag. 1306.

19 Cabanellas, Guillermo, Diccionario Enciclopédico de Derecho Usual. Tomo VI, 28ª edición. Argentina. Pag. 435.

20 Rodríguez Rescia, Víctor, coautor de "Liber Amicorum, Hector Fix Zamudio/Corte Interamericana de Derechos Humanos". Tomo II. 1998. Costa Rica. Pag. 1297

21 Idem.



procedimiento legal que debe ejecutarse para la aprobación de un proyecto que crea riesgo a la sociedad y al medio ambiente.

Una evaluación de impacto ambiental, técnicamente es un “proceso de análisis para identificar relaciones causa-efecto, predecir cuanti-cualitativa-mente, valorar o interpretar y prevenir el impacto ambiental de una acción o acciones provenientes de la ejecución de un proyecto en el caso que éste se ejecute, **a fin de contribuir a la toma de decisiones**, basada en procedimientos explicados legalmente sobre las incidencias ambientales de un proyecto”²². Éste proceso de origen eminentemente técnico se ha constituido en un procedimiento de ley en todas las legislaciones conocidas, al constituirse parte de la normativa nacional a nivel exigible administrativamente y no judicialmente.

El procedimiento de una evaluación de impacto ambiental y su aprobación final con una licencia ambiental, constituye un proceso sino judicial, administrativo en lo formal, tanto en Brasil como en Bolivia, del cual depende el respeto, cautela y previsión de control y mitigación de impactos socioambientales negativos identificables. Y constituye además un compromiso del Estado que el la EIA investigue adecuadamente donde, cómo y cuáles serán los efectos.

Los impactos ambientales negativos, ocurren en relación a las personas, familias, hombre, mujeres y niños que viven en zonas del proyectos de explotación, aprovechamiento intensivo de recursos naturales o la introducción de elementos de infraestructura y tecnología agresiva y en la regla general de los casos, en zonas donde habitan conjuntos humanos vulnerables, campesinos y pueblos ancestrales.

Es así que todo proyecto de aprovechamiento del medio ambiente y sus recursos tienen pasos elementales a seguirse y el procedimiento de una evaluación de impacto ambiental²³, no importando el país, nivel de desarrollo, ni tipo de proyecto, debe seguirse ineludiblemente. En el fondo garantiza a las personas el ejercicio de derechos garantizados por el propio Estado.

El 17 de junio de 1987, el Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) mediante decisión 14/25, aprobó las metas y principios de una EIA. En su principio 7 señala:

“Antes de tomar una decisión sobre la actividad (su aprobación), debe darse la oportunidad de hacer observaciones sobre la EIA a los organismos gubernamentales, miembros del público... y los grupos interesados.

Esta oportunidad, localmente, se objetiviza en el proceso de la consulta y las audiencias públicas, otorgación de la información del proyecto en su parte positiva y negativa y de buena fe.

El proceso de aprobación de la EIA sobre las represas de Santo Antonio y Jirau para la generación hidroeléctrica, de acuerdo a la norma brasilera, prevé consulta y audiencias públicas con los posibles afectados, antes de una aprobación final mediante Licencia. Cuando se trata de aguas internacionales, una evaluación de impacto ambiental debe ser notificada oportunamente al otro Estado, en base a la aplicación del principio de buena vecindad, que implica “consulta” al otro Estado en respeto a su soberanía, así viabilizar la **consulta y el derecho de participación a las comunidades fronterizas** del otro Estado cuyos bienes y derechos estén puestos en riesgo (Tratado del Plata Art. V).

De acuerdo al Convenio 169 de la OIT Art. 2.1, 3 y 6.1., firmado y ratificado por Brasil y Bolivia, los temas de la consulta y la participación son derechos elementales que asisten a los pueblos tribales e indígenas. Este criterio orienta a que el hecho bajo la jurisdicción de un país traspasa las fronteras y pone en peligro a personas y sus bienes, en consecuencia debe procederse a la consulta previa de las comunidades posiblemente afectadas **mediante sus órganos estatales competentes**.

La Comisión Mundial de Represas estableció que:

“ninguna represa deberá construirse sin la ‘aceptación demostrada’ de las personas afectadas, y sin el consentimiento libre, previo e informado de los pueblos indígenas y tribales”²⁴.

El debido proceso tiene implicancias programáticas que exigen la existencia, suficiencia y eficacia de un sistema judicial y **procesal** idóneo para garantizar ese derecho fundamental a la justicia –pero que en este caso no es posible que alguna acción ejercida por la sociedad civil a nivel de Bolivia, pueda incidir en la decisión de Brasil a tiempo y contundentemente-, aún una manifestación del derecho de petición, que en la Convención America-



22 Echechuri, Hector y otros, “Evaluación de Impacto Ambiental”. 1 Ed. Argentiniana. 2002. Pag 25.

23 Existe diversos modelos de evaluación de impacto ambiental, de acuerdo al tipo de impacto, como del Banco Mundial, la Unión Europea ó El Banco Interamericano de Desarrollo, mismos que en el fondo respetan un procedimiento tipo cuya parte evaluativa de los impactos debe lograrse la participación ciudadana.

24 Imhof y otros. “Guía ciudadana sobre la Comisión Mundial de Represas”, California, 2002. Pag. 10.

na sobre Derechos Humanos se consagra en el artículo 25 conforme al cual:

1. *Toda persona tiene derecho a un recurso sencillo y rápido o a cualquier otro recurso efectivo ante los jueces o tribunales competentes, que la ampare contra actos que violen sus derechos fundamentales reconocidos por la Constitución, la ley o la presente Convención, aun cuando tal violación sea cometida por personas que actúen en ejercicio de sus funciones oficiales.*

Por la misma concepción de la Convención y otros instrumentos sobre derechos humanos, el debido proceso es tutelado en casos de juicios ante el poder judicial, sin embargo, la Corte Interamericana de Derechos Humanos ha ampliado la visión del derecho a las garantías judiciales, en el cual está inserto el debido proceso, al establecer:

"7. Garantías procesales. En el ámbito de aplicación del artículo 8 de la Convención Americana, referente a las garantías procesales, se estableció que las contempladas en los párrafos 2 y 3 de ese precepto no se contraen al amparo de personas sometidas a un proceso judicial (artículo 8.2) o inculpadas en éste (artículo 8.3), sino deben ser respetadas 'en procedimientos o actuaciones previas o concomitantes a los procesos judiciales que, de no someterse a tales garantías, pueden tener un impacto desfavorable no justificado sobre la situación jurídica de la persona de que se trata'"²⁵.

D. DEBER DE NOTIFICACIÓN OPORTUNA AL OTRO ESTADO

Procesalmente, en el marco de un **debido proceso entre Estados y el derecho de aguas internacionales**, antes de la ejecución de una medida que pueda causar un efecto perjudicial sensible a otros Estados del curso de aguas, el Estado que proyecte llevar adelante esas medidas debe **notificar y consultar oportunamente al otro Estado**. En el caso presente si bien se cuenta con información de la EIA del proyecto de

Brasil, fue a solicitud insistida de parte y no fue oportuna, se identificó errores técnicos en la EIA, a los cuales no se dio solución ni respuesta técnica, metodológicamente adecuada.

La oportunidad implicaba una concertación entre nuestro gobierno Boliviano y el de Brasil antes de proceder con el licenciamiento.

El deber de NOTIFICAR al otro Estado oportunamente antes del licenciamiento ambiental implica dar oportunidad al otro Estado de defender sus intereses, precautelando todo interés colectivo y difuso de sus nacionales. Ésta es la consagración de procesos especiales compatibles con la

esencia del debido proceso.

4.8. DEBERES DE LA CONVENCIÓN INCUMPLIDOS

En materia de derechos humanos las declaraciones sobre derechos humanos tienen el carácter de obligación positiva para los Estados: *"... si recordamos la opinión consultiva pedida por Colombia a la Corte Interamericana de Derechos Humanos, sobre la interpretación de la Declaración Americana de los Derechos y Deberes del Hombre, (...), luego de afirmar que ella no es un tratado en los términos de la Convención de Viena sobre el Derecho de los Tratados de 1969, sostuvo -con fundamento en la consideración jurisprudencial de la CIJ, en el sentido de que 'un instrumento internacional debe ser interpretado y aplicado en el cuadro del conjunto del sistema jurídico en vigor en el momento en que la interpretación tiene lugar'-, que su valor debe ser 'determinado en el momento actual, ante lo que es hoy el sistema interamericano, habida consideración de la evolución experimentada desde la adopción de la Declaración'"²⁶.*

Bajo ese criterio, los Estados que han ratificado la Convención Americana de Derechos Humanos, como Brasil y Bolivia, han adquirido el deber de *"respetar los derechos y libertades reconocidos en ella y a garantizar su libre y pleno ejercicio a toda persona que esté sujeta a su jurisdicción (el proyecto de represas en territorio brasilero, pero en aguas internacionales, con impactos socioambientales transfronterizos identificados, hace que la cautela sobre derechos humanos de las comunidades indígenas y campesinas bolivianas ribereñas del Madera y sus afluentes dependan del Brasil, el riesgo lo crea Brasil), sin discriminación alguna por motivos de raza, color, sexo, idioma, religión, opiniones políticas o de cualquier otra índole..."* (Art. 1 de la Convención).

También el deber de adoptar *"...con arreglo a sus procedimientos constitucionales y a las disposiciones de esta Convención, las medidas legislativas o de otro carácter que fueren necesarias para hacer efectivos tales derechos y libertades"*. (Art. 2 de la Convención).

Por parte del Estado de Brasil, al tratarse de aguas internacionales transfronterizas de curso sucesivo, debió aplicar todos los principios y normas sobre aguas internacionales ó aplicar los pactados con Bolivia en el Tratado del Plata y sus respectivas resoluciones adicionales, considerando que esta omisión del Brasil atenta directamente al ejercicio de derechos fundamentales de las comunidades bolivianas amazónicas.

25 Cfr. Caso Maritza Urrutia, supra nota 19, párr. 120, citado en "Síntesis del Informe Anual de la Corte Interamericana de Derechos Humanos, correspondiente al ejercicio del año 2003", 2004. Pag. 9.

26 Moyano, Cesar, coautor en "Liber Amicorum, Héctor Fix-Zamudio" / Corte Interamericana de Derechos Humanos, 1998. Pag. 1138.v

Respecto a nuestro gobierno de Bolivia, sólo exigimos que opere con prontitud y oportunidad y *garantice el pleno ejercicio de derechos a las comunidades bolivianas, en aplicación del "Art. 17, de la Ley No. 1333, del Medio Ambiente que señala: "Es deber del Estado y las sociedad, garantizar el derecho que tiene toda personas y ser viviente a disfrutar de un ambiente sano y agradable en el desarrollo y ejercicio de sus actividades"*. Derecho concordante con el Protocolo de San Salvador Ratificado por Bolivia.

V. DERECHOS HUMANOS VULNERADOS

Consideramos que existe un derecho humano que no ha sido considerado y respetado por Brasil, considerando su proyecto en aguas transfronterizas, donde necesariamente debe haber relación previa entre Estados y posteriormente la consulta efectiva a las comunidades indígenas y campesinas del norte amazónico boliviano, EL DEBIDO PROCESO:

"El derecho a un debido proceso legal es el derecho humano más comúnmente infringido por los Estados y la forma más usual en que los operadores judiciales hacen incurrir al Estado en responsabilidad internacional. Ello por cuanto el debido proceso, o como lo llama la Corte Interamericana de Derechos Humanos, 'el derecho de defensa procesal' es una garantía procesal que debe estar presente en toda clase de procesos, no sólo en aquellos de orden penal, sino de tipo civil, administrativo o de cualquier otro".²⁷

Por ejemplo en derecho ambiental internacional y derecho de aguas internacionales.

"El derecho al debido proceso busca confirmar la legalidad y correcta aplicación de las leyes dentro de un marco de respeto mínimo a la dignidad humana dentro de cualquier tipo de proceso. . ."²⁸

Es decir siendo la evaluación de impacto ambiental, un procedimiento inserto en la legislación de Brasil y Bolivia, se convierte en un proceso legal, en que se desarrolla el derecho y principio del debido proceso, por tanto, debe cumplirse correctamente la etapa de la consulta previa, y tratándose de aguas transfronterizas, la **Notificación y consulta previa al Estado vecino** para viabilizar la consulta a las comunidades ribereñas y fronterizas

y precautelar que ninguno de sus derechos humanos sea violentado.

VI. DERECHOS HUMANOS EN RIESGO INMINENTE.

Todos los derechos reclamados son señalados bajo el criterio de derechos colectivos.

a) DERECHO A LA PROPIEDAD INDIVIDUAL Y COLECTIVAMENTE (Declaración Universal de los Derechos Humanos)

Las comunidades indígenas y campesinas ribereñas, ejercen posesión de sus tierras tradicionalmente utilizados y han obtenido muchas de ellas títulos de propiedad colectiva (como tierras comunitarias campesinas o tierras comunitarias de origen). Sin embargo, con el proyecto de represas, se provocará inundación permanente en las riberas del Madera y sus afluentes y las zonas de bajío, no teniendo opción el comunario ribereño que abandonar obligadamente sus tierras y engrosar la larga lista de desplazados por represas del mundo.

b) EL DERECHO AL MEDIO AMBIENTE

Esta violación, pone en riesgo inevitablemente el ejercicio y disfrute del derecho de las comunidades indígenas y campesinas de Bolivia "a un medio ambiente sano", derecho del Art. 24 del Protocolo Adicional de San Salvador.

El derecho al medio ambiente sano "es un atributo fundamental de los individuos. Toda agresión al medio ambiente se traduce, a la postre, en una amenaza a la vida misma, a la integridad psicofísica del hombre que se que se sustenta en el equilibrio ecológico. . ."²⁹

Si bien en el marco del derecho internacional los Estados ejercen soberanía de explotar y aprovechar sus recursos naturales según su política interna, se ven atemperados por la responsabilidad internacional hacia terceros Estados, como en nuestro caso. Brasil no puede iniciar procesos de construcción, ejecución de su proyecto de represas, en aguas transfronterizas sin cumplir obligaciones previas.

c) DERECHO A LA INTEGRIDAD FÍSICA Y PSÍQUICA



27 Moyano, Cesar, coautor en "Liber Amicorum, Héctor Fix-Zamudio" / Corte Interamericana de Derechos Humanos, 1998. Pag. 1138.

28 Ídem.

29 Juzg. Civ. Com. Y Minas Mensoa n. 4, 2/10/1996. "Morales. Víctor H. y otros Provincia de Mendoza". Ed. 123-737 (citado en el libro daño ambiental de Pastorino, Leonardo "Daño Ambiental".)

La incertidumbre del destino de sus tierras, la organización de sus comunidades y la integridad de la familia.

d) DERECHO A LA CONSULTA

Que mediante nuestro gobierno debe ocurrir antes de la consolidación de un proyecto que atenta al derecho al desarrollo planificado de las comunidades.

e) DERECHO A LA SALUD

Para el no incremento de la incidencia de malaria, dengue, leishmaniasis, fiebre amarilla, enfermedades recurrentes en zonas tropicales como esta.

f) DERECHO A LA FAMILIA

El desplazamiento generado por las inundaciones ataca inevitablemente a la familia, que la fracciona.

g) DERECHO A LA VIDA

La Carta Mundial de la Naturaleza, adoptada en la Asamblea General de las Naciones Unidas, resolución 37/7 del 28 de octubre de 1982, reconoce que la especie humana es parte de la naturaleza y que la vida depende de los sistemas naturales que son fuente de energía y de materias nutritivas. Si los derechos puestos en riesgos señalados no son tutelados oportunamente, las enfermedades, la pobreza y el hambre exterminará sistemáticamente a las comunidades indígenas y campesinas bolivianas y sus culturas de respeto y convivencia con la madre naturaleza, una ética ancestral que los pueblos desarrollados debieran aprender.

El derecho a la vida está relacionada a las obligaciones positivas de los Estados de precautelarlo "El Estado es responsable de la observancia del derecho a la vida de todas las personas que se hallan bajo su custodia, tomando en cuenta que tiene la calidad de garante de los derechos consagrados en la Convención"³⁰. Deber en el marco de la Declaración Universal de Derechos Humanos que en su Art. 3 determina "todo individuo tiene derecho a la vida, a la libertad y a la seguridad de su persona".

Bajo el criterio del Derecho sobre la teoría del riesgo, Brasil ha ampliado su custodia y deberes de garantías en derechos humanos hasta las comunidades norte-amazónicas bolivianas, no con una consulta directa a ellas, sino en respeto a la soberanía de Bolivia, mediante las

instancias estatales bolivianas competentes.

VII. GESTIONES REALIZADAS POR LAS COMUNIDADES EN RIESGO

El artículo 25.1. de la Convención dice: " **toda persona tiene derecho a un recurso sencillo y rápido o a cualquier otro recurso efectivo ante los jueces o tribunales competentes, que la ampare contra actos que violen sus derechos fundamentales reconocidos por la Constitución, la ley o la presente Convención...** "

No existe en Bolivia una acción judicial, administrativa o de otro tipo que las personas y sociedad civil puedan ejercer para oponerse a un proyecto o emprendimiento de un Estado extranjero. Solamente pueden peticionar a las instancias competentes (Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto, Ministerio de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente, Ministerio de Aguas, Ministerio de Hidrocarburos y Energía) que ejerzan acciones de tutela de los derechos y otorguen información sobre los avances que realice en función al deber y tareas del Estado, señalado en la Ley Nro. 1333 del Medio Ambiente, Art. 29 señala "El Estado promoverá tratados y acciones internacionales de preservación, conservación y control de fauna y flora, de áreas protegidas, de cuencas y/o ecosistemas compartidos con uno o más países".

VIII. LA GRAVEDAD Y URGENCIA

8.1 LA GRAVEDAD

En el marco de la Teoría del riesgo. De acuerdo a las conclusiones de la Comisión Mundial de Represas:

*"Las represas grandes han obligado a abandonar sus hogares y tierras a 40 – 80 millones de personas, con impactos que incluyen extremos sufrimientos económicos, la desintegración de sus comunidades, y un incremento en sus problemas de salud mental y física. Las comunidades indígenas, tribales y campesinas han sufrido de manera desproporcionada. Las personas que viven río debajo de los embalses, también han sufrido por enfermedades transmitidas por el agua y la pérdida de los recursos naturales de los cuales dependían para ganarse el sustento"*³¹.

Aguas arriba, el riesgo se centra en los efectos de la sobrelevación de los niveles del agua, reducción de la velocidad del flujo, la sedimentación, la pu-

30 Cfr. Caso Juan Humberto Sánchez. Sentencia de 7 de junio de 2003. Serie C No. 99, párr. 110

31 Guía Ciudadana sobre la Comisión Mundial de Represas. Pag. 2.

trefacción de vegetación y las consecuentes inundaciones de planicies y llanos como el de Pando y Beni y la afectación a las personas que en ella viven.

“Las represas grandes han causado profundos e irreversibles impactos ambientales... La WCD declara que las represas grandes han llevado a ‘la pérdida de la biodiversidad acuática, las pesquerías aguas arriba y abajo y los servicios de la llanuras inundables, humedades y ecosistemas ribereños...’”³².

Otro letal efecto es la emisión de gases de efecto invernadero (GHG, en inglés) por los embalses, debido a vegetación en putrefacción y a las entradas de carbono procedente de la cuenca se ha identificado en época reciente como un impacto en el ecosistema (en el clima) de las represas de almacenamiento³³. Una primera estimación sugiere que las emisiones brutas de los embalses pueden representar entre el 1% y el 28% del potencial del calentamiento global de las emisiones de GHG.³⁴ Esto cuestiona la sabiduría convencional de que la hidroelectricidad solo produce efectos atmosféricos positivos. Esto va en contra del deber de todo Estado de desarrollar proyectos en beneficio de la humanidad.

Por tanto, la gravedad está dada por la aprobación, mediante la Licencia Ambiental Previa (que da por viable y sostenible socio-ambientalmente) a pesar de las serias observaciones del propio estudio, en las metodológicas que se aplican a la evaluación misma de los impactos que se identifican, que orientan a determinar el alcance de los impactos. Se aplicó técnicas de análisis para estudios de prefactibilidad, cuando debe aplicarse otros métodos para un estudio final y de factibilidad (Ver Informe del Ing. Molina).

Como se ha indicado, en marzo de este año, un estudio crítico del propio IBAMA, el Parecer técnico 014/07, establece riesgos para Bolivia, recomienda realizar una mejor EIA que abarque Bolivia, inclusive áreas del Perú. Sin embargo, las observaciones técnicas no han sido subsanadas. Aún siendo técnicas las observaciones, mostraban la necesidad de iniciar un proceso de coordinación con Bolivia, pues el Madera (Madeira en Brasil) nace en territorio boliviano. Por tanto está consolidado el atentado sistemático y en el tiempo irreparable de los derechos humanos.

La gravedad se halla, en que este proyecto brasileño, avasalla deberes erga omnes sobre los derechos humanos y hechos bajo su jurisdicción.

La gravedad la hallamos en que ésta iniciativa no ha sido Notificada de buena fe y oportunamente al Estado de Bolivia, por tanto no se ha permitido ejercer consulta a las comunidades bolivianas.

Gravedad configurada por el panorama jurídico - legal y de acciones estériles Bolivia, que puedan ejercer las comunidades campesinas e indígenas interesadas y directamente afectadas, en contra de un proyecto de otro país. Por no ser justo el tener que someterse a jurisdicción y leyes extranjeras para presentar oposición y no tener garantizado que la justicia brasilera en materia ambiental pueda detener el proyecto y corregir errores graves que trascienden a nivel internacional.

8.2. URGENCIA

La urgencia está en la licitación de este próximo **10 de diciembre de 2007**, fecha determinada por las instancias competentes del gobierno brasilero, para elegir la empresa que ejecutará el proyecto (conocemos que será la empresa Odebretch).

Este paso, habrá cerrado toda posibilidad de acción y petición alguna ante el Gobierno de Brasil, inclusive del mismo gobierno boliviano, porque el proyecto se encuentra bajo su jurisdicción y tutela. Aun acudiendo a otro tipo de instancias internacionales o creando comisiones binacionales, sólo se negociará, a nombre de las comunidades inconsultas, compensaciones no previstas.

Las comunidades amazónicas bolivianas en riesgo, no desean sufrir las mismas las injusticias, pobreza, enfermedades, desplazamiento, persecución y promesas incumplidas del Gobierno de Brasil por represas como la de Samuel en Rondonia, la represa Balbina en el Rio Uatumã o la represa de Tucuruí bajo su propia jurisdicción.

Las comunidades bolivianas, necesitan de vuestra intervención Señor Secretario, para precautelar, prevenir y anticiparse a los hechos.

IX. SUJETO PASIVO

Siendo que la jurisprudencia de la Corte Interamericana ha consolida-

32 Idem.

33 La WCD Thematic Review II.2 Global Change y un Taller de la CMR sobre el tema ofrecen análisis de las publicaciones y las perspectivas de los científicos que trabajan en este campo.

34 Los autores subrayan que el ámbito tan grande pone de relieve la necesidad de más cuantificación con el fin de entender mejor la contribución de los embalses a las GHGs globales. St. Louis et al, en prensa.



do al sujeto pasivo como el de la Jurisdicción donde ocurre el hecho que viola los derechos humanos, generalmente nacionales o extranjeros con domicilio en el mismo territorio del Estado demandado, es la excepción a la regla el presente caso, por cuanto el hecho que genera el riesgo a los derechos humanos de bolivianos se encuentra bajo la jurisdicción e iniciativa de Brasil.

Existe un principio general del Derecho que señala:

“Todo Estado está en la obligación de reparar los daños causados a otros Estados, o a residentes extranjeros, que sean resultado de actividades, que aunque siendo lícitas, comportan riesgos excepcionales, que son emprendidas y sea por su propia cuenta o bajo el imperio de su jurisdicción”³⁵.

Bajo estos criterios, señalamos como autoridades responsables por los hechos descritos: Ministério do Meio Ambiente y su Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA; Agencia Nacional de Electricidad – ANEL, Ministerio de Energía y Minas, Ministério Público do Estado de Rondônia y Ministerio de Relaciones Exteriores, encargadas de verificar el cumplimiento del debido proceso con las personas y debido proceso entre Estados.

X. EXCEPCIONES ACOGIDAS

En la presente petición que hacen comunidades bolivianas contra el Gobierno de Brasil; considerando la jurisdicción del proyecto de represas, la aplicación de la teoría del riesgo, el derecho de aguas internacionales, se determina que ninguna acción ejercida por la sociedad civil en Bolivia puede tutelar efectivamente los derechos de las comunidades indígenas y campesinas bolivianas, ni aún, acudiendo a instancias del Poder Judicial.

Sin embargo, en el marco del derecho a la petición (Art. 7, inc. h) del Constitución Política del Estado de Bolivia) y el derecho a la participación e información (Art. 92 y 93, Ley 1333 del Medio Ambiente) se ha solicitado a las instancias del Ejecutivo: Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto, Ministerio de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente, Ministerio de Aguas, Ministerio de Hidrocarburos y Energía y Ministerio de Planificación del Desarrollo, entre otros, informe sobre las acciones a nivel nacional e internacional en defensa de las comunidades bolivianas y los recursos naturales a ser afectados por las represas de Santo Antonio y Jirau, sin respuesta y certeza clara sobre la protección de los derechos humanos.

XI. PETICIÓN

En el entendido que en la jurisprudencia dada por la Corte Interamericana ha evolucionado en el ámbito de la protección de los derechos, ya no individuales sino de colectivos identificables desde el caso de *la Comunidad de Paz de San José de Apartadó* (Colombia), de 24 de noviembre de 2000, en cuya resolución extendió el beneficio de las medidas a integrantes de **un grupo de personas sujetas a un mismo riesgo**, no individualizadas, pero identificables; en este caso por el riesgo creado por el proyecto de represas del Brasil en Santo Antonio y Jirau en aguas transfronterizas y de curso sucesivo contra los intereses y derechos de las comunidades indígenas y campesinas del norte amazónico de Bolivia; y considerando el criterio de la Corte y vuestra Comisión de actuar con oportunidad, suficiencia y diligencia para evitar que se causen daños es que solicitamos:

1. *Interceda, ante el Ministerio de Medio Ambiente y Ministerio de Relaciones Exteriores del Brasil, para que se paralice el proceso de Licitación, se retroceda en el trámite del licenciamiento, para subsanar los errores metodológicos evaluativos de impactos hallados. Actualmente este proceso sobre la aprobación de las represas de Santo Antonio y Jirau está viciado procesalmente, inclusive a nivel de derecho internacional.*
2. *Corrija las omisiones a deberes internacionalmente comprometidos por Brasil: notifique y consulte previamente al Estado de Bolivia, considerando que se trata de aguas transfronterizas de curso sucesivo, así se viabiliza la consulta previa a las comunidades en riesgo y la toma de medidas para la protección de sus derechos humanos.*
3. *Fundado en los principios de derecho internacional sobre aguas transfronterizas, la costumbre internacional, el ius cogens, los deberes erga omnes de los Estados, principio precautorio y principio de buena vecindad que Brasil demuestre que no existirán daños sociales y ambientales en las comunidades fronterizas ribereñas bolivianas.*
4. *Recomiende a Brasil no contribuir al calentamiento global y la destrucción de la amazonía, por los efectos ambientales identificados y emergentes de la construcción de toda represa, descritos y explicados en el informe final de la Comisión Mundial de Represas del año 2000, pues todos los ciudadanos de Latinoamérica, tenemos derecho a un medio ambiente sano, que garantice la continuidad de la humanidad.*

35 Ph. Chier, citado por Gomez y Verduzco en “Responsabilidad Internacional por daños Transfronterizos”. 1992. Pag. 23

5. *Cualquier otra medida de protección de los derechos que sea considerada por su Secretaría y vuestra Comisión.*

Finalmente, nos acogemos a la jurisprudencia dada por la Corte Interamericana de Derechos Humanos, cuando señala que: "...se distingue del carácter preventivo de las medidas provisionales (equivalente a medidas cautelares para la Comisión) en las que la Corte puede ordenar la adopción de medidas especiales de protección, en una situación de **extrema gravedad y urgencia**, cuando se haga necesario **evitar daños irreparables a las personas, ante la amenaza o eventual vulneración de algún derecho de la Convención Americana...**"³⁶

XII. PRUEBAS

Las pruebas que adjuntamos son:

1. Informe: "Análisis de los estudios de impacto ambiental del complejo hidroeléctrico del río Madera. Hidrología y sedimentos" de marzo de 2007. Realizado por el especialista Ing. Jorge Molina, investigador del Instituto de Hidráulica e Hidrología de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) La Paz – Bolivia. A quién señalamos como perito de este caso.
2. Parecer Técnico N° 014/2007 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, Brasilia, 21 de marzo de 2007.
3. Informe del Instituto Nacional de Reforma Agraria . INRA, sobre las comunidades tituladas en todo el Departamento de Pando, en que las que se encuentran las comunidades en riesgo de daño irreversible.

Es cuanto exponemos y solicitamos con urgencia a su Secretaría Ejecutiva, cumpliendo los requisitos esenciales para el caso presente por la defensa de los derechos humanos de nuestros hermanos y hermanas. Quedamos a la espera de vuestra intervención para la efectiva tutela de

derechos humanos de todas las familias indígenas y campesinas del norte amazónico y las demás comunidades ribereñas de Bolivia que serán afectadas por este hecho reprochable.

***Cheru Tumpá, icavino taicó, pucu emcé chevé cherecovena,
Chirimbiona emonimoña chevé, tacherorí catu
Taico anu tamaño, aguye ndepochí, cheru mi, tomé taicó³⁷
(Mi Dios hazme estar bien, dame larga vida, no permitas que muera,
no te enojas, que me vaya bien)***

Aprovechamos la ocasión para expresarle nuestras mayores consideraciones y estima,

Atentamente,

INDICE DE ANEXOS

1. Informe: "Análisis de los estudios de impacto ambiental del complejo hidroeléctrico del río Madera. Hidrología y sedimentos" de marzo de 2007. Realizado por el especialista Ing. Jorge Molina, investigador del Instituto de Hidráulica e Hidrología de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) La Paz – Bolivia. A quién señalamos como perito de este caso.
2. Parecer Técnico N° 014/2007 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, Brasilia, 21 de marzo de 2007.
3. Informe de comunidades ribereñas del Departamento de Pando.
4. Informe de la CIRABO, sobre comunidades ribereñas, Departamento de Beni.
5. Mapa del río Madera.
6. Pronunciamiento de Riberalta 12 de octubre de 2006.
7. Carta de cancillería de 7 de noviembre de 2006
8. Voto resolutivo de Cochabamba del 8 de diciembre 2006.
9. Pronunciamiento de Cobija frente a la reunión del presidente Evo Morales y Lula da Silva en Brasilia, 3 de febrero de 2007.
10. Declaración del Movimiento Social en Defensa de la cuenca del Madera y de la Región Amazónica, de 5 marzo de 2007.

36 Caso "Instituto de Reeducación del Menor", (...), párr. 107; artículo 63.2 de la Convención Americana; Caso Carlos Nieto y otros. Medidas Provisionales. Resolución de la Corte Interamericana de Derechos Humanos de 9 de julio de 2004, considerando segundo; Caso de la Cárcel de Urso Branco. Medidas Provisionales. Resolución de la Corte Interamericana de Derechos Humanos de 7 de julio de 2004, considerando segundo; y Caso Diarios "El Nacional"; y "Así es la Noticia". Medidas Provisionales. Resolución de la Corte Interamericana de Derechos Humanos de 6 de julio de 2004, considerando segundo.

37 Bernardino, Niño, "Etnografía chiriguana". La Paz. 1912



INTER - AMERICAN COMMISSION ON HUMAN RIGHTS
COMISION INTERAMERICANA DE DERECHOS HUMANOS
COMISSÃO INTERAMERICANA DE DIREITOS HUMANOS
COMMISSION INTERAMÉRICAINNE DES DROITS DE L'HOMME



ORGANIZACIÓN DE LOS ESTADOS AMERICANOS
WASHINGTON, D.C. 2 0 0 0 6 EEUU

5 de febrero de 2008

**Ref.: Situación de los Pueblos Indígenas y Comunidades Campesinas del Río Madera.
Bolivia**

Estimados señores:

Tengo el agrado de dirigirme a usted en nombre de la Comisión Interamericana de Derechos Humanos a fin de acusar recibo de su comunicación del 5 de diciembre de 2007 recibida en esta Secretaría el 10 de diciembre de 2007, relacionada con la Situación de los Pueblos Indígenas y Comunidades Campesinas del Río Madera en Bolivia.

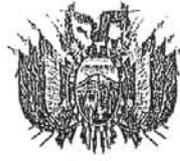
En esta oportunidad cumpla en informarle que se ha tomado debida nota de dicha información y se remitió una solicitud de información los Estados de Bolivia y Brasil, conforme al artículo 41 de la Convención Americana.

Aprovecho la oportunidad para saludar a ustedes muy atentamente,

Elizabeth Abi-Mershed
Secretaria Ejecutiva Adjunta

Señores
Manuel Lima Bismark, Rabi Ortiz y Evelin Mamani Patana
Avenida Villazón Nro. 1958
Edificio Villazón, Piso 6to. A
Casilla 5540
La Paz, Bolivia

Fax: 011-591-2-231-5059



República de Bolivia
Ministerio de Relaciones Exteriores y Cultos

*Gabinete del
Ministro*

*Juan
DGAJ*

Clasificación: Urgente
La Paz, 30 de mayo de 2008
GM-343/2008

Señor Embajador:

Tengo a bien dirigirme a usted, a objeto de remitirle en anexo, la nota dirigida al Secretario Ejecutivo de la Comisión Interamericana de Derechos Humanos, D. Santiago A. Cantón con las respuestas en relación a las preguntas realizadas al Estado boliviano sobre la situación de los pueblos indígenas y comunidades campesinas del Río Madera, la misma que agradeceré a usted hacer llegar a su alto destinatario.

Con este motivo reitero a usted las seguridades de mi más alta y distinguida consideración.

David Choquehuanca Céspedes
MINISTRO DE RELACIONES
EXTERIORES Y CULTOS

Señor
Emb. Reynaldo Cuadros
EMBAJADOR REPRESENTANTE DE LA MISION
PERMANENTE DE BOLIVIA EN LA OEA
Washington D.C.

Anexo: lo indicado





Gabinete del
Ministro

República de Bolivia
Ministerio de Relaciones Exteriores y Cultos

Clasificación: Urgente
La Paz, 30 de mayo de 2008
GM-343/2008

Señor Secretario Ejecutivo:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con objeto de remitirle en anexo, las respuestas a las preguntas realizadas al Estado boliviano en relación a la Situación de los Pueblos Indígenas y Comunidades Campesinas del Río Madera.

En este sentido, agradeceré a usted poner en conocimiento de los distinguidos miembros de la Comisión Interamericana de Derechos Humanos, el mencionado documento.

Con este motivo, reitero a usted las seguridades de mi más alta y distinguida consideración.

David Choquehuanca Céspedes
MINISTRO DE RELACIONES
EXTERIORES Y CULTOS

Señor
Santiago A. Cantón
SECRETARIO EJECUTIVO
COMISION INTERAMERICANA DE DERECHOS HUMANOS
Washington D.C. – Estados Unidos de América





VOTO RESOLUTIVO

Reunidos en la ciudad de Riberalta en fecha 28 de junio de 2008, la Federación de Trabajadores de Campesinos de la Provincia de Vaca Diez, Central Indígena de Guajaramerin, Central Indígena de la Región amazónica del Bolivia CIRABO, OITA, CIPOAP y Movimiento de Afectados por Represas (MAB) – Rondonia Brasil, , declarados en estado de emergencia, luego de haber analizado la situación de las comunidades ribereñas, indígenas y campesinas; por solidaridad con nuestros hermanos y hermanas del norte amazónico, expresamos la siguientes determinaciones:

CONSIDERANDO:

1. Que las representaciones firmantes, cuyos derechos, integridad e intereses están siendo vulnerados y puesto en conocimiento de la Comisión Interamericana de Derechos Humanos, debido a la falta de acciones y posiciones soberanas ante el gobierno brasilero.
2. Que habiendo conocido de la reunión gubernamental del 3 de junio, en la ciudad de La Paz, donde se trató sobre la posición y decisiones sobre el proyecto de las represas del Río Madera, en que participaron la Ministra de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente, Ministro de Hidrocarburos y energía, Ministro del Agua, Superintendente de Energía, Viceministero de Recursos Forestales, Biodiversidad y Medio Ambiente;
3. Que a este mencionado evento no fueron convocados las organizaciones sociales representativas de las comunidades ribereñas de la cuenca del Río Madera, a pesar que el tema a tratarse involucra intereses y derechos fundamentales de las familias del norte amazónico,
4. Que en el Foro Amazónico de fecha 18 y 19 de junio 2007 en Guayaramerin, nosotros comunidades indígenas y campesinas, organizaciones representativas participantes de dicho evento, no fue realizado para informarnos y consultarnos sobre los proyectos del madera, por tanto no dimos nuestra aceptación a tal proyecto, como falsamente fue argumentado por el Superintendente de Energía.
5. Que no es un mandato desde nuestras organizaciones se negocie en nuestro nombre compensaciones e indemnizaciones con el gobierno del Brasil.
6. Que en este evento gubernamental y las actividades de diferentes dependencias del gobierno, competentes, hemos sido excluidos, no consultados, limitados en nuestro derecho de participación, acceso a la información y consenso sobre el rumbo de la política energética del país.
7. Que debido a la exclusión odiosa a nuestras organizaciones del norte amazónico, consideramos crucial superar los obstáculos que hacen el presidente de la república no pueda conocer directamente nuestras demandas y preocupaciones.
8. Que consideramos que tanto Bolivia como Brasil, deben cumplir la normativa internacional, como el Convenio 169 de la OIT, Declaración Universal de los Derechos Humanos, Convenio Americano de Derechos Humanos, Protocolo de San

Salvador, Declaración Universal de la ONU de los Pueblos Indígenas, convenios multilaterales ambientales y regionales, convenciones sobre protección de agua dulce, entre otros y principios del derecho internacional.

RESUELVE:

ARTÍCULO 1.- Las comunidades indígenas y campesinas, rechazamos rotundamente los proyectos de construcción de las represas del Río Madera, que atentan nuestros intereses de desarrollo regional, derechos, salud integral, bienes y familias. Además de perturbar nuestras actividades agrícolas, de recolección y pesca, en suma, afectando la soberanía y seguridad alimentaria de nuestras regiones.

ARTÍCULO 2.- Conminamos al Gobierno de Bolivia, no proceda a negociar ni firmar ningún tipo de acuerdo, carta de intenciones, convenios, análisis y estudios de impacto ambiental, social y económico compartidos con el gobierno del Brasil sobre la construcción de represas y esclusas dentro el Complejo Hidroeléctrico del Río Madera.

ARTICULO 3.- Exigir al Presidente de la República, Evo Morales Ayma, se haga presente personalmente en la Central de Campesinos la ciudad de Guayaramerin, en fecha 3 julio, a partir de horas 8:00 a.m. y se reúna, escuche y dialogue directamente con las comunidades indígenas, campesinas, organizaciones sociales y personas afectadas de Bolivia y de Brasil, las bases y sus dirigentes, en riesgos por el proyecto inconulto de represas del gobierno del Brasil.

ARTICULO 4.- Siendo concedores de la coyuntura política actual, los convocantes garantizamos la seguridad de nuestro presidente.

ARTÍCULO 5.- En caso de que el Presidente haga caso omiso a este voto resolutivo tomaremos las medidas de presión necesarias concluido el plazo dado.

ARTÍCULO 6.- Pedimos a todas las organizaciones sociales de Bolivia, se sumen al clamor y acciones del pueblo amazónico en contra de un proyecto que no beneficia al nuestro país sino a grupos empresariales transnacionales.

ARTÍCULO 7.- Proponemos al gobierno boliviano ponga en marcha todos los proyectos de construcción de microcentrales hidroeléctricas: Tahuamanu, Machupo, Blanco y Yata que serán la base de nuestro desarrollo regional.

ARTÍCULO 8.- Expresamos las organizaciones presentes, nuestra solidaridad con las comunidades campesinas e indígenas del Estado de Rondonia del Brasil, afectados por el comienzo de las obras de represas Santo Antonio y Jirau.

Firman,

Ros & Lucía Alarcos
SECRETARIA DE ORGANIZACIÓN
F.S.U.T.C.P.

Paquito Arayo L.
Jaime Cullar A.
América R. Hargrove

Antonio Moreno Espinoza
SECRETARIO EJECUTIVO
F.S.U.T.C.P.
Pando - Bolivia

Carmen Parada V.
SECRETARIA GENERAL
F.S.U.T.C.R.M.D.P.

Ulises Manuel B.
instituto



Hector Cortez M.
SECRETARIO EJECUTIVO
F.S.U.T.C.R.V.D.

Ros & Lucía Alarcos
SECRETARIA DE ORGANIZACIÓN
F.S.U.T.C.P.

Paquito Arayo L.
Jaime Cullar A.
América R. Hargrove

Ulises Manuel B.
instituto

Hector Cortez M.
SECRETARIO EJECUTIVO
F.S.U.T.C.R.V.D.

Presidente Comandante Campesina
Agroextractivista Trinchera
P.J.N° 91472000

del Arauz
no central Robiza.

~~Atenas~~
~~Atenas~~
Atenas Mendez
Con. Marapani

~~Delegado~~
Isaac Achipa
Delegado CIPDAP



~~Delegado~~
Ena Salvatierra
CI 1752122

~~Delegado~~
Sup central
Cip central

~~Delegado~~
Strio General
Victo H Ramirez AP.

Sincretos Frontera Pando

~~Delegado~~
Omar...
Robinson...
Strio...

~~Delegado~~
Santos Chugue B. CI. 7596227-B.



Strio. depot.
Com. Lago Victoria

R. Rosario Castro B. Strio general
camuda...

Prodol... de Brillante

F.R.C. DOS PALMA

Hernandez Roca Cordero
STRIO. EJECUTIVO
SUB CENTRAL CONQUISTA PANDO

Pedro Chavez



FFUTERMP.
Sector Educacion
Ilean Sanchez Dominguez

CdA
C. G. Javier

~~Delegado~~
Estr. general
Neduro ortiz P.

~~Delegado~~

FCLit Chipiravati
Comunidad Victoria
Pracibante comunal
Portachuelo

Santiago Holkows. Carlgonz
CC 26 de octubre

Strio Hacienda
1644283 B

[Handwritten scribble]



[Handwritten scribble]



[Handwritten scribble]

Rue Bec S.

[Handwritten scribble]

La Esperanza

[Handwritten scribbles]

[Large handwritten signature]

[Handwritten scribble]



Comunidad Indígena Takana - "PALMAFLOR" Riberalta - Beni - Bolivia

[Handwritten scribble]

[Handwritten scribbles]



Asesora
CIPDAP

[Handwritten scribbles]

[Handwritten scribble]

[Handwritten scribble]

[Handwritten scribble]

CIPOAP
CIPDAP

Isaac Achipa
Delegado CIPORP

Volente, Tino cl
018 012 Pand

Shirley Segovia Assis
Presidenta Comunidad Campesina
Agroextractivista Trinchera



Sata Furbio
Pron Agronomy M.
Toca



Strio: ~~Sanaga~~
Calso Liver ZHADO



Strio
Anexo Centro A
Strio Educacion
CIPORP

Strio
Vozca
Gore
WLD

Sergio Hollman urgente
cc 26 de octubre
Strio Hacienda
Hollman

[Handwritten signature]

Constantina Dafiz S.
Secretaria General
Comunidad Villa Alidit

por Villanova
al tar Boarayo Coia.
Prason lantã de Santa Maria

Lic. Ricardo Flores Castro
VICE PRESIDENTE CIDAD.
CAMPO ANA
PANDO
DUGLAS REYES OSSO
SECRETARIO DE ATA

Abel Equia Rojas
Unidad 20 es Perseida

~~Abel Equia Rojas~~
Eduardo Forreina Ruiz
Stro general



La
infraestructura
al servicio de la
integración de
los capitales:
una mirada
hacia el sector
eléctrico del
Brasil



Luis F. Novoa Garzon

海龍

La infraestructura al servicio de la integración de los capitales: una mirada hacia el sector eléctrico del Brasil



Luis F. Novoa Garzon¹



1. SUBIMPERIALISMO O IMPERIALISMO DESDOBLADO

El eficaz acoplamiento de la economía de Sudamérica a los flujos internacionales de mercaderías y capitales no se viabiliza sin la intermediación del Brasil, o sea, de sus sectores económicos internacionalizados y concentrados, con escala y regional y, consecuentemente, de su Estado, en gran parte deudor del dinamismo de esos mismos sectores. A diferencia de sus vecinos, históricamente restringidos a la producción agrícola y mineral, y/o que se sometieron a extensos procesos de desindustrialización, Brasil pudo reciclar su parque industrial a través de operaciones intra-firma que mantuvieron al país, aunque bajo la insignia de la desnacionalización, en condiciones de producir y exportar manufacturados con medio valor agregado, a costos competitivos. En la economía brasileña se suman economías primario-exportadoras de larga escala, el agrobusiness, además de los sectores de servicios en infraestructura, incluyendo conglomerados industriales especializados en recursos naturales (celulosa, siderurgia, metalurgia, petroquímica, cementeras, industria hidroeléctrica, etc.). Esta enrevesada sumatoria capacita al bloque de poder dominante "brasileño" a querer protagonizar el despliegue de las economías del subcontinente, en función de los intereses de las cadenas transnacionales y sus ramificaciones preferenciales en el Brasil.

La internacionalización subordinada del continente sudamericano se entrecruza, por lo tanto, con una regionalización activa de los capitales de origen nacional, o asentados en Brasil. La Iniciativa de Integración de la Infraestructura Regional Sudamericana (IIRSA) refuerza esa hegemonía, a medida que prioriza la apertura de conexiones bioceánicas con corredores dirigidos al sureste asiático, que a pesar de la recesión económica mundial, o por causa de ella, seguirá demandando volúmenes crecientes de energía y materia prima a bajo costo. La diplomacia brasileña viene buscando crear molduras institucionales que legitimen la expansión de los conglomerados ubicados en Brasil, percibiendo así que la integración continental respalda

la posición del país como receptor de nuevas inversiones, a punto de condicionar la asignación de capitales en escala regional.

El empeño de Brasil en la construcción de la UNASUR está en replicar la agenda de IIRSA, al mismo tiempo que acomoda conflictos intra y extra regionales. En paralelo a tal diplomacia formal, corre suelta la diplomacia empresarial a cargo de las propias empresas "brasileñas", abonadas por los megaproyectos de interconexión previstos en la IIRSA y en su derivación nacional, el Programa de Aceleración del Crecimiento (PAC). El Gobierno brasileño alega que la "integración física" del continente es prerequisite para cualquier "integración posible". Pero la integración "física" pretendida determina la integración económica viable después de ella: extrovertida, reducida y predatoria.

2. ¿A QUIÉN SIRVE EL PROGRAMA DE ACELERACIÓN DEL CRECIMIENTO (PAC)?

En su lanzamiento en enero de 2007, el PAC fue recibido como un retorno de la intervención estatal, después de décadas de automutilación de prerrogativas de política económica. Pero dicho giro vino disciplinado paso a paso en sendas predefinidas por los sectores "relevantes" del país. Estos son los grupos financieros a la cabeza de fusiones y reestructuraciones dictadas de fuera hacia dentro, las redes de servicios beneficiadas con las privatizaciones y los proveedores de insumos primarios o semielaborados; todo para que las cadenas transnacionales asciendan en escala inversa a la economía nacional. Definido el crecimiento que importa, cabe al Gobierno proporcionar medios para acelerarlo. Entretanto, ¿se mueve?

El Programa de Aceleración del Crecimiento expresa el espacio residual al que fue confinado el Estado brasileño en cuanto arena pública. El modelo económico hegemónico, o sea, la forma como se ajustan y se combinan las fracciones dominantes, está cada vez más fuera del ámbito de evaluación, monitoreo e interferencia de los electores y de los gobiernos constituidos

¹ Miembro de la Rede Brasil sobre IFMS. Sociólogo y profesor de la Universidad Federal de Rondônia.

por ellos. En países financierizados² y con función destacada en la división internacional del trabajo, las elecciones poco interfieren en la conducción de los ministerios del área económica, menos aún en el Banco Central. El agotamiento de este modelo de liberalización incondicionada quedó de manifiesto en la quiebra de la economía argentina en 2001 y también en la multiplicación de vacíos de gobernabilidad en todos los países de la periferia, seguidores en grados diversos del mismo recetario económico.

La elección de gobiernos de centro-izquierda y nacionalistas en contextos de impase político expone un proceso de reacomodación de sectores más amplios, en que el se reciclan los regímenes de dominación, con la reintroducción de agendas de “reconstrucción nacional” y de “ecualización social y regional”. Los países rehenes de los gastos financieros son liberados condicionalmente de parte de tales encargos, a fin de tornar ese desembolso más consistente y perenne a lo largo del tiempo.

El capital financiero internacional administró esa transición, por intermedio de acuerdos comerciales, programas de liberalización y de asistencia técnica firmados bilateralmente con los Estados Unidos y la Unión Europea, o multilateralmente en el ámbito de la OMC, BIRD y FMI. La dinamización de economías de escala, ampliando los depósitos de materias primas disponibles para las transnacionales, se torna condición para la continuidad del garroteo de los presupuestos públicos por el capital especulativo. La sustentabilidad financiera es una perspectiva de evasión continua de capitales, con garantía de grados óptimos de evasión futura. Entonces, un crecimiento condicionado, subordinado y subsidiario puede hacer mucho bien a las bombas de succión del capital. Títulos de Tesoro apuntalados en intereses máximos y plena libertad de movimiento de las inversiones, y el Gobierno bajo la (con)fianza de que no habrá “quiebra” de contratos. ¿Qué podría explicar el júbilo de Brasil con la obtención del grado de inversión (investment grade)? ¿Un certificado de alto rendimiento de las inversiones, con certeza juramentada por el país anfitrión?

El control sobre un territorio con tamaño abundancia y variedad de recursos naturales no es nada despreciable en las disputas inter-oligopolistas. Estrategias de deslocalización y de especialización regresiva y progresiva jerarquizan espacialmente los beneficios materiales e inmateriales y los instrumentos de comando. Ese control de la periferia hoy no es posible sin alianzas “locales”, sin núcleos endógenos que neutralicen movimientos de oposición social mayoritarios, sin la pacificación de las bolsas de miseria con políticas asistenciales eficientes. La gestión de una economía de enclaves, o más precisamente de redes de provisión global de productos con alta

escala y bajo valor agregado, exige la recomposición parcial del mercado interno y del sector público. Por ello se permite el PAC y en estos límites el Gobierno se atiene a proponerlo.

2.1 ¿Un nuevo capitalismo monopolista de Estado (sin bienestar)?

El Programa de Aceleración del Crecimiento representa una tentativa de alargamiento de la brecha creada por las Instituciones Financieras Internacionales, para transferir recursos destinados a la deuda pública para inversiones en proyectos estratégicos de infraestructura. La lógica del sistema financiero es aumentar la solvencia del país optimizando su capacidad exportadora y, al mismo tiempo, mejorar la “calidad del gasto público”, o sea, su nivel de suplementariedad con los requerimientos de los mercados.

El PAC fue concebido para optimizar el modelo productivo dependiente, vigente en el país, en congruencia con las políticas macroeconómicas restrictivas de la real capacidad del país de generar y distribuir renta. El PAC se legitima, por tanto, como inductor, multiplicador y facilitador de inversiones privadas en infraestructura, o sea, en el incremento de la productividad de los grandes negocios. “En vez de riesgo-Brasil: negocio-Brasil” sería un lema apropiado para el Programa.

¿Al observar los destinatarios últimos de los proyectos de expansión de las redes de comunicaciones, transporte y energía, cabría hablar de inducción pública de la inversión privada, o de formateo privado y oligopolista de esa misma inducción?

La razón de ser del PAC es la reducción de costos operacionales para negocios de larga escala, así como el encuadramiento de los riesgos regulatorios en el sector de infraestructura. En la práctica, significa adoptar un espejismo de las necesidades de las grandes empresas como necesidades “nacionales”, con una franja de beneficiarios indirectos, como mero efecto colateral.

Como se sabe, de los 503,9 billones previstos para ser invertidos hasta el 2010, 58% sería destinado a la generación y transmisión de energía; 30%, a la infraestructura social y urbana; y 12%, a logística. De ese total, R\$ 67,8 billones provendrían del presupuesto del gobierno central y R\$ 436,1 billones, de las estatales federales y del sector privado. Todo ese esfuerzo concentrado precisa ser reevaluado en función de las consecuencias de seguir ejerciendo un papel accesorio en una “globalización” desigual y asimétrica, ahora en crisis profunda. ¿De qué sirve ofrecer garantía de ren-

2 El proceso de financierización consiste en el control del capital financiero, sea sobre las estructuras productivas o sobre el sector público, puestos a servicio de la valoración financiera pura o especulativa.

tabilidad sin garantía de reciprocidad en términos de difusión tecnológica y de densificación de cadenas productivas? Querer atraer capitales en esas condiciones significa disposición de reducir derechos sociales y ambientales, regulaciones y exigencias al nivel de las pérdidas del mercado de los sectores exportadores con la crisis mundial.

Los recursos públicos, las estatales y los BNDES no pueden continuar siendo instrumentalizados por grandes grupos económicos que insisten en fragmentar el territorio de Brasil y de todo el subcontinente, de acuerdo con sus perspectivas particularistas de expansión. El dinamismo económico deseable, debería pasar por una reversión del modelo económico dominante, exógeno y segregador. Los criterios de financiamiento público –cobijadísimo en tiempos de vacas flacas – necesitarían incorporar componentes sociales, ambientales y territoriales que fueran inherentes a un nuevo tipo de cálculo económico. Justamente lo que no está haciendo el Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social (BNDES).

Al revés, este banco público actualmente constituye el principal instrumento de concentración y centralización del gran capital de origen brasileño o ubicado en el país. Lo que quiere decir que está sirviendo como un trampolín para los monopolios privados, como herramienta de su expansión nacional/regional de forma eficiente y estable, porque el resultado lo presentan como “desarrollo” e “integración”. Ejemplar es el caso del sector eléctrico: tan sólo en el 2009, el BNDES empleará casi doce mil millones invariablemente en concesiones controladas por grandes grupos privados. Hasta 2015, el Banco se comprometió a desembolsar alrededor de 25 mil millones sólo para los proyectos de Santo Antonio y Jirau en el río Madera y sus respectivas líneas de transmisión.

3. LA CRISIS Y LA PLANIFICACIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO EN BRASIL

La exponenciación de la crisis estructural del capitalismo llevará a una postura agresiva preventiva de parte del núcleo del capital financiero y trasnacional, lo que quiere decir que los oligopolios avanzarán sobre los depósitos energéticos disponibles. La caída acentuada de los precios de los insumos energéticos es apenas la introducción que propicia un desenrollar de reconcentraciones brutales a costa de los países/empresas más vulnerables. Guerras son prorrogadas o definidas por el poder de movilización y fuego. La energía sirve por tanto para la guerra, directamente y por otros medios. En el capitalismo, la energía es básicamente fuerza productiva-destructiva, fuerza remodeladora y direccionadora. El modelo energético reproduce, de forma intensificada, la naturaleza concentradora y excluyente del modelo económico que impulsa.

Para dimensionar el abismo en que nos encontramos, es preciso recordar que, a partir de los años 90, el sistema eléctrico nacional dejó de ser mero instrumento de acumulación para ser espacio prioritario de acumulación. El seccionamiento del sistema eléctrico nacional y la conversión de cada fase (generación, transmisión y distribución) en nichos de mercado suministraron no sólo una elevada rentabilidad a los nuevos operadores privados y transnacionales. Les abrió también la posibilidad de planear la expansión y condicionar el uso de energía eléctrica en el país. La economía del país ha sido reconstruida como una “economía emergente”, por cuenta de la triangulación de inversiones de los países centrales y de la disponibilidad de plataformas operacionales de provisión y/o montaje para las transnacionales. Y como bono, el ofrecimiento de toda suerte de facilidades crediticias y regulatorias. Ni siquiera fue preciso el ALCA o la sanción de acuerdos de protección de inversiones para estabilizar tamaño “interdependencia”. Medidas de desregulación/sobre regulación en el plano doméstico, imbuidas por asistencias técnicas del BIRD y proyecciones del FMI, así como acuerdos comerciales y financieros puntuales y sectoriales, han dejado los mercados cada vez más “confiados” en el Brasil.

No podría ser diferente con su sector eléctrico, por tanto. El “marco regulatorio” por definición necesita favorecer la “interacción estable” entre los agentes privados, o sea, la autonomización del sector frente a la población y a la nación. Las alteraciones introducidas en 2004 en este marco no cambiaron el escenario de descapitalización de las estatales; antes multiplicaron las funciones de intermediación del sistema, dilatando las tarifas pagadas por la población, y consolidaron un mercado libre de energía para grandes consumidores, que distorsiona el perfil de la demanda nacional.

En medio de la profunda crisis, la manutención de esa política de liberación del sector –que incluyó el cabestro privado sobre Electrobras y sus subsidiarias – permitirá la virtual anexión de las fuentes energéticas del país a los conglomerados transnacionales y financieros.

3.1 ¿PDEE, expansión de la energía o régimen de engorde de los enclaves?

La viabilidad del enclave eléctrico como pilar de una serie de otros enclaves, con industrias intensivas de energía en expansión del país, exigirá costos de generación decrecientes, mayor captura de recursos públicos, además de la liquidación del licenciamiento ambiental, de los derechos sociales y de los territorios de los pueblos tradicionales. Las agencias gubernamentales del sector, construidas como certificadoras de los monopolios privados, procuran encerrar este horizonte para los próximos diez años. El Plan Decenal de Expansión de Energía (PDEE) 2008-2017, propuesto por la Empresa de Investigación Energética³ (EPE en su sigla en portugués), co-

3 Empresa pública creada en 2004 para instruir con datos el planeamiento del sector energético.



munica a la sociedad lo que para el sector eléctrico serían “condicionantes de corto plazo para el crecimiento económico para los próximos diez años”.

En la proyección de la demanda de energía, la variable demográfica no sería más relevante que la sectorial. Esa equiparación poco oculta el blanco del planeamiento pretendido, la profundización de la dinámica ofertista para continuar atrayendo inversiones externas. En el PDEE, la población se restringe a un conglomerado cuya revisión cuantitativa se procesa en “interacciones con el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística”.

Hecha tal consideración estadística, la proyección puede dedicarse a lo que interesa: “investigaciones junto a los grandes consumidores de energía, principalmente con relación a sus perspectivas de inversión y expansión de la producción” (PDEE 2008-2017 Cap. II, p. 2).

El PDEE admite que las alteraciones trazadas por el escenario de crisis pueden producir “impacto en la demanda de energía”. Mas el avance de las reformas estructurales y el suceso “en el enfrentamiento de las principales cuestiones internas, que obstaculizan la sustentación de elevadas tasas de crecimiento”, sostienen la apuesta por la manutención de un ritmo de crecimiento superior al de la economía mundial (PDEE 2008-2017 Cap. II, p.17). Tratan de contornear la crisis de la demanda, no con la revisión de su perfil, pero con sobreoferta de energía para los mismos grandes consumidores. La salida de la crisis es relativa al lugar del grupo, clase o bloque. Ante la crisis de superproducción, justamente para evitar la senda de la redistribución y de la socialización, la reacción natural de los grupos todavía hegemónicos es redoblar la superexplotación y la represión. El bloque dominante y sus órganos paragubernamentales están aquí asumiendo ese proyecto claramente.

Los resultados son “diferenciados”, asume el estudio de la EPE. La siderurgia, el agronegocio y la celulosa son sectores dinámicos “porque aprovechan las ventajas comparativas que disponen”. De éstas, la más decisiva es la ventaja de contar con políticas de Estado dedicadas a expandir sus negocios, para garantizarles “seguridad energética” a todo costo. La previsión de alto consumo de energía, 5,5% al año a partir de 2008, sirve apenas para apuntalar la lógica de oferta de excedentes energéticos.

¿El modelo de país como plataforma energética, una verdadera incubadora de plataformas operacionales de las transnacionales, sería una solución o un problema? Comparemos. Nuestros países, centrales para la producción, se despegan cada vez más del consumo de energía, por su especialización en servicios y en la innovación tecnológica, y también por la

prioridad dada a programas de eficiencia energética. En estos países disminuyó, por tanto, la elasticidad de la renta de consumo de energía eléctrica. La “desgracia de los recursos naturales” es tener que disponer territorio, y el destino, la codicia extranjera e irracional del capital poderoso. El PDEE sintomáticamente considera que es “difícil evaluar el ritmo de disminución de esa elasticidad en Brasil”. El Plan no necesita disfrazar lo que de hecho es: una tela de justificación y de propagación de los acuerdos sectoriales que son construidos por los mercados.

3.2 El chantaje térmico y el “aprovechamiento hidroeléctrico total”

La proyección hecha por el PDEE de caída de producción de energía eléctrica de matriz hidráulica, de 85,9% a 75,9% en la matriz nacional, es la figuración de cuán consumada e intocable es la demanda energética de las grandes corporaciones. No se discute ni el bulto de la demanda ni su origen muy particular. “Fuentes alternativas de energía no bastan”, declaran los devoradores de energía. Emprendimientos de pequeña escala no bastan para colmar contratistas, grandes generadoras, distribuidoras y complejos explotadores.

Si hay mayor demora y/o resistencia para el aprestamiento de grandes hidroeléctricas, simplemente adicionan fuentes térmicas. Encima, aprovechan para aumentar el poder de fuego contra el licenciamiento ambiental, los movimientos sociales y las poblaciones tradicionales. La operación de disimulación busca encubrir el hecho de que la expansión de la generación térmica, más contaminante y de mayor costo, es el resultado de una “feria libre”, patrocinada por el Ministerio de Minas y Energía y por la EPE, con los recursos naturales del país. Así corren las lágrimas de cocodrilo del presidente de la EPE: “Más térmicas significan un aumento de costos y de emisiones de CO₂. Es lamentable, especialmente en un país con dos tercios de su potencial hidroeléctrico inexplorados”⁴. Actualizado así el chantaje, el PDEE confortablemente anuncia el montaje de una base de datos que posibiliten el “pleno aprovechamiento del potencial hidroeléctrico nacional” (PDEE 2008-2017, Cap. III- parte 1-Oferta de energía eléctrica, p.15).

Los niveles de expansión de producción hidroeléctrica pretendidos, bajo extorsión de la nación, dependen del aprovechamiento de cada gota turbinable de los ríos brasileños, especialmente de los ríos de la región amazónica. La centralidad de la fuente hidráulica es presentada en forma de ultimátum, pues las opciones inmediatas de suministro son evaluadas en función de la “postergación de las hidroeléctricas”. Es decir, el potencial dado tendrá que ser el potencial instalado, es todo una cuestión de tiempo. Consecuentemente. cuanto más rápido mejor. v más lucrativo.

4 TOLMASQUIM, Maurício. *O Paradoxo Ambiental*. Revista Carta Capital, nº 531, febrero de 2009, p. 45.

La categorización de la evaluación ambiental propuesta por nivel de impacto (socioeconómico y físico-biótico) de los proyectos hidroeléctricos sirve pues para señalar los riesgos regulatorios y políticos, no para proporcionar el planeamiento público de ellos. Proyectos con impacto poco significativo pertenecerían al grupo 1; con impacto significativo, al grupo 2; con impacto muy significativo, al grupo 3; y con impacto muy significativo, en las dos dimensiones de análisis, al grupo 4. La anticipación del conocimiento de las “cuestiones socio ambientales” relativas a los proyectos previstos sirve para medir el “nivel de acción necesario para la viabilización de cada uno de ellos”. Noten que los proyectos en sí mismos son inalterables, todo el resto son apenas “cuestiones” que serán racionalizadas.

La evidencia de la instrumentalidad de esa categorización es la división de los proyectos en tres clases según el grado de previsibilidad de sus cronogramas. Los proyectos compatibles son los que siguen en imperturbable línea de ensamblaje, sin atraso. En la secuencia, las dos categorías que exigen un mayor encuadramiento, los proyectos con “potencial de pequeño atraso” y con “potencial de atraso”. Para calibrar ese encuadramiento, la prescripción de distintos niveles de soporte y acompañamiento. El “nivel de acción” puede ser bajo, intermedio o alto. En el “nivel de acción alto” se incluirán los proyectos de los grupos 3 y 4, de mayor impacto, desde siempre con mayor potencial de atraso.

Esos proyectos, “de interés estratégico para la expansión sectorial”, requieren redoblado blindaje político e institucional. Por eso el “nivel de acción alto” solicita el comprometimiento de todos los sectores del Gobierno “en la obtención de las licencias ambientales, en la estructuración financiera y en los plazos de implantación”. Hacer coincidir el proceso de inventario con el de licenciamiento es el objetivo embutido en la directiva de “análisis de conjunto de proyectos hidroeléctricos” diseñada por el PDEE, cuya finalidad es “observar las posibles sinergias espacio-temporales del conjunto”. Lo que se quiere es el aprovechamiento hidroeléctrico integral, efectuado en los plazos que hayan sido definidos en los contratos de concesión, construcción y operación.

La Evaluación Ambiental Integrada (AAI en su sigla en portugués) que nos ofrecen es un caballo de Troya que busca incorporar de remate cuencas hidrográficas enteras al mercado de energía, con monitoreo previo de los riesgos resultantes de esa incorporación. Lejos de representar la búsqueda de un planeamiento integrado de la utilización de un bien natural en un determinado territorio, de acuerdo con las necesidades de la población local y de la nación, la AAI, aplicada por la EPE, es antes que nada un mecanismo de prevención contra “factores que pueden imponer

obstáculos significativos o impedimentos de la concreción de determinados aprovechamientos hidroeléctricos” (Cap. 3, parte III, Análisis Socio-ambiental del Sistema Eléctrico, p.41 a 46). De tal forma, se estudia y se licencia todo lo potencial, de una sola vez, para que no se constituyan tales impedimentos “determinados”.

Ningún esfuerzo para vincular esos proyectos a un conjunto de programas y políticas de desarrollo nacional es regional. Un empeño total en la viabilización de su ejecución en bloque. Consensos corporativos, debidamente costurados en la esfera institucional, prontamente se intitulan proyectos de “interés nacional”. El PDEE, como acuerdo-cuadro de los conglomerados privados, busca anticipar la aplicación de un licenciamiento ágil y diferenciado para proyectos así definidos. Un salvoconducto para negocios billonarios no es poca cosa que ofrecer. *Lobbistas* en cargos públicos, portavoces oficiosos del sector, no se esforzarán tanto por pura convicción. El formateo de este Plan Decenal, con foco en la mejoría progresiva de la razón riesgo-retorno de los proyectos hidroeléctricos, en el ámbito de marcos regulatorios flexibles que consoliden el control privado del sector eléctrico, es evidencia clara de ello. Las pruebas cabales las apuntaremos en el interior del proceso de licenciamiento de las centrales hidroeléctricas en río Madera, específicamente Santo Antonio, que se encuentra en estadio más avanzado.

4. LICENCIAMIENTO MÓVIL O AUTO-LICENCIAMIENTO: EL CASO DE LAS CENTRALES ELÉCTRICAS EN EL RÍO MADERA

La emisión de la Licencia de Instalación de la Central Hidroeléctrica de Santo Antonio en el río Madera en agosto de 2008, a pesar de los litigios e irregularidades que se mantienen desde el licenciamiento previo, es realmente un hecho revelador. El IBAMA⁵, mutilado en lo que sobraba de su autonomía técnico-administrativa, se puso muy cómodo en su nueva condición de fiel intercesor de los grandes proyectos del PAC. El ministro de medio ambiente Carlos Minc tuvo una oportunidad más para confirmar su condición de facilitador general de los intereses específicos de contratistas, empresas mineras, petrolíferas y congéneres. Que nadie dude del empeño del Gobierno de Lula en disponer más energía barata para las grandes empresas y en privatizar los ríos de la Amazonia y sus territorios conexos.

La definición de la viabilidad y de la adecuación para la instalación de la primera hidroeléctrica en el río Madera no tuvo ningún puntal en criterios técnicos. Al contrario, lo que se vio fue una inaceptable elasticidad “científica”, buscando ocultar riesgos estructurales del proyecto. Por ejemplo, la sedimentación acelerada cuando cierran los reservorios, las sobre

5 Instituto Brasileiro do Meio Ambiente, institución licenciadora y fiscalizadora ambiental a nivel nacional.



inundaciones, el removimiento del mercurio acumulado por décadas del yacimiento en la región, la interrupción del ciclo migratorio de los peces sin que haya sistemas de transposición probados para el bioma amazónico, y la bomba demográfica y social en eclosión de Porto Velho, ciudad desprovista de equipamientos sociales y urbanos, y sin previsión de poseerlos.

Gobierno y concesionarias simplemente se eximieron de calcular y prever los daños potenciales en nombre de la inmensa potencialidad de los beneficios desprendidos de esos mismos daños. Los patrocinadores del Proyecto Complejo Madera no están actuando de manera diferente de conocidos conglomerados financieros que se capitalizan en corto plazo con papeles podridos, demostrativos contables artificiosos y maquillaje de los desfalcos. La vieja fórmula de socialización de los prejuicios llevada a un extremo canibalístico. Sin ocultación y disfraz de los problemas de fondo del proyecto, éste no se capitaliza, y sólo se licencia en el fundamento del estupro institucional, de la ruptura misma con los marcos ya muy flexibles del proceso de licenciamiento ambiental en el país.

Antes de sufrir la intervención en función del “atraso” en la emisión de la Licencia Previa de esas centrales hidroeléctricas, el IBAMA había emitido en marzo de 2007 un Parecer Técnico que decía que los estudios presentados por Furnas y Odebrecht no ofrecían márgenes mínimos de seguridad y de verificabilidad en cuanto a sus impactos cruciales. Lo que hay, por tanto, es un Parecer Técnico inconcluso, seguido de un Parecer Técnico “conclusivo” nada digno de ese nombre, elaborado por un equipo desposeído de autonomía operacional, bajo enorme presión política y de los mercados, y sin contar con informaciones adicionales, en vista de que los estudios, considerados insuficientes, no fueron rehechos.

Tanto las condicionantes⁶ de la Licencia Previa, que vale para las dos centrales hidroeléctricas, como las condicionantes de la Licencia de Instalación, que vale en este momento para Santo Antonio, dan evidencia de esa precarización institucional. Las 33 condicionantes iniciales requerían diagnósticos que deberían estar antes consolidados en los estudios ambientales previos. O sea, la tarea de la vigilancia de los parámetros legales predefinidos fue substituida por la libre redefinición de esos parámetros, durante las fases siguientes del licenciamiento. Esto significa en la práctica que es el propio emprendedor el que certifica la adecuación social y ambiental de su obra.

Temerario camino que se hace al caminar, guiado por intereses particularistas, ciegos a lo que no sea facturación y lucro. Temerario modo de

compatibilizar grandes desastres con grandes negocios.

4.1 Calamidad anunciada y condicionada

Las 40 condicionantes vinculadas a la Licencia de Instalación posponen las medidas de vigilancia-diagnóstico; es decir, lo que debería ser previo y condicional se convierte en meta genérica y flexible. El licenciamiento de las centrales hidroeléctricas Santo Antonio y Jirau se presenta como un paradigma de auto-licenciamiento por las propias concesionarias privadas. En “compensación” el Gobierno anuncia aquello que serían mitigaciones paralelas a los “daños colaterales” de las obras. El Consorcio MESA S.A., durante el periodo de concesión (35 años) sobre la Central de Santo Antonio, tendrá que “adoptar” la manutención y mantenimiento de la Estación Ecológica de Jarú, en el interior de Rondônia, y del Parque Nacional del Mapinguari, en el sur del Amazonas, junto con Electrobras (LI/2.43). Eso significa poner en tercer lugar la gestión de las florestas públicas en refuerzo progresivo a la lógica de su privatización. El Consorcio debe también financiar la delimitación definitiva de las tierras indígenas Karipuna y Karitiana (LI/2.45). Esas medidas serían la señalización de un *mea culpa*, verdaderamente una confesión y media de lo que representa el inicio de esa construcción en términos de especulación de tierras en las márgenes del río, de agravamiento del arco de depredación en la región amazónica y de expansión desordenada de la frontera agrícola sobre los bosques remanentes y los territorios de poblaciones tradicionales.

La condicionante referente al Programa de conservación de peces (LI/2.17) propone solamente ahora la realización del muestrario de ictio-plancton, conjunto de larvas y huevos de peces, de las cabeceras del río hasta Humaitá, y, en seguida, la mediación de la contribución de la cuenca del Madera en relación a la cuenca amazónica. Es una muestra de cómo exigencias y requisitos previos se convierten en un requerimiento de registro del desastre⁷ en curso. Para maquillar este escenario, es solicitada al Consorcio la presentación de una propuesta de creación de un segundo Sistema de Transposición de Peces (STP), en el margen derecho del río (LI/2.20). Se duplica así la insanable impropiedad de un mecanismo proyectado sin estudios exhaustivos acerca de los peces migratorios del Madera, de su ciclo reproductivo y su dinámica temporal-espacial en la cuenca. Incluso los especialistas contratados para certificar la viabilidad de ese STP no pudieron nada más que estimar como “buenas” las chances de su funcionamiento.

¿Ahora podemos quedar tranquilos con la hinchada corporativa por el “éxito” del mecanismo de transposición de peces? ¿Los millares de familias

6 Las condicionantes son obligaciones vinculadas a las licencias que confirman la vigencia de la concesión o contrato.

7 Entre el 19 y 20 de diciembre de 2008, se verificó la mortandad de 11 toneladas de peces en la planta inicial de la Central de Santo Antonio. Ribereños que viven cerca de la localidad dicen que este número fue tres veces mayor.





riberañas brasileñas y bolivianas, que abandonarían parte substancial de su dedicación de la pesca de los bagres migratorios a lo largo de la cuenca del Madera, pueden quedarse tranquilas? “¡Nervioso, corre a pescar!”, dice el refrán corriente en la región más pesquera de la Amazonia. El problema con las megacentrales hidroeléctricas en el río Madera será quedarse nervioso sin poder pescar más, exterminada así la principal fuente de autosuficiencia de las comunidades ribereñas.

Otro vacío ejemplar fue la ausencia de estudios detallados en el bajo Madera (aguas abajo de las centrales) y que apenas ahora son requeridos. La condicionante 2,9 en su ítem H requiere, después de iniciadas las obras, la vigilancia de los procesos erosivos río abajo⁸, la identificación de la ocupación y el registro de los usos de los medios físico, biótico y antropizado⁹. Se comprueba una vez más la metodología de encubrir riesgos estructurales del proyecto Complejo Madera, que permite a los concesionarios maquillarlos en el transcurrir del licenciamiento.

Igualmente crucial sería la evaluación anterior de la calidad de agua y riesgos de su contaminación con la construcción de una Central Hidroeléctrica a 7 Km cerca del centro de la ciudad de Porto Velho. Pero fue solamente en la autorización de la instalación que se exigió el diagnóstico de la estacionalidad de los depósitos subterráneos de agua y la verificación de la calidad de agua alternadamente, en las estaciones seca y lluviosa. Sabiendo que las aguas del Madera luego debajo de la represa quedaron comprometidas, el IBAMA negligentemente solicita “verificar si las estructuras de captación de agua de Porto Velho son adecuadas para mitigar el impacto, y si así no fuera, prever su reestructuración” (LI/2.11-J). Para la mejoría del sistema de saneamiento de Porto Velho, hoy prácticamente inexistente, se prevé inversiones del Consorcio de hasta 33 millones de reales (LI/ 2.44). Se puede decir que esta obligación resulta de la aplicación del principio contaminador-pagador en que se tasa el lucro obtenido con actividades contaminantes. Se torna instrumento de legitimación para el Consorcio aquello que el Gobierno del Estado o la Prefectura nunca priorizaron. La exigencia de inversiones en la expansión de la red de saneamiento del Municipio significa que la gran mayoría de la población, de ahora en adelante, tendrá el cumplimiento de un derecho fundamental sometido a una negociación público-privada.

La condicionante referente al Programa de desplazamiento de la población afectada (LI/2.27) requiere que se inserte en el proceso de ne-

gociación del traslado de afectados un Cuaderno de Precios regional, con instrumentos de verificación de su validez, monitoreo de la reinserción social y recomposición de la calidad de vida, con indicadores cualitativos y cuantitativos, comprobantes de los niveles de recomposición. Lo mismo ocurre con los demás programas del Proyecto Básico Ambiental¹⁰, se presenta aquí un conjunto de buenas intenciones suscritas por los emprendedores. En la práctica, el Consorcio MESA, justo antes de la emisión de la Licencia de Instalación ya inició los trámites de retirada de la población ribereña del área del parterre de obras, sin observar ninguna proporcionalidad en las negociaciones.

Las familias de la comunidad de São Domingos, en el margen izquierdo del río, fueron individualmente presionadas a aceptar la propuesta indemnizatoria hecha por el Consorcio, teniendo como “opción” recibir en juicio contencioso. Los valores indemnizatorios impuestos unilateralmente por el Consorcio variaron de mil setecientos a tres mil reales la hectárea. En tanto es notorio que no se adquiere terreno próximo al río y al centro urbano, para el cual los ribereños encima dirigen su producción agroextractivista, por lo menos de siete mil reales la hectárea, valor en ascensión desde el anuncio de las obras. ¿Después del primer desalojo en el área de la represa de Santo Antonio, referencial para las demás desocupaciones, llegan los criterios? ¿Esas “negociaciones” entonces serán rehechas, o veremos más letra muerta para combinar con el paisaje de muerte del río y de las culturas que siempre abundan a su alrededor?

4.2 El banquete del río Madera

No se supone aquí un “impacto nulo” de ningún emprendimiento sin que se presente el impacto previsible, por medio de estudios fidedignos. Debería ser obligación del emprendedor prever todos los efectos destructores que su obra irá a acarrear y responsabilizarse por cada uno de ellos, anticipándose. Ni siquiera ese mínimo legal, tratándose de un megaproyecto en región tan preciosa y delicada, fue observado en el caso de las Centrales hidroeléctricas en el río Madera. Lo que se observó fue, por un lado, la postergación de informaciones cruciales y la rebaja de exigencias, y, por otro, la codicia insaciable de los interesados en el proyecto. Están literalmente pagando para ver, o para que no se vea, imponderables inaceptables en la construcción de esas centrales hidroeléctricas, referidos a los derechos de la población brasileña y boliviana amenazada y al frágil equilibrio del bioma amazónico.

8 Son 1.100 Km río abajo de la ex cachuela de Santo Antonio, hasta la desembocadura en el río Amazonas.

9 Medio ocupado y transformado por la acción humana continuada.

10 El Proyecto Básico Ambiental-PBA comprende un conjunto de compensaciones ambientales y sociales frente a los daños previstos y es condición para la validez de las Licencias de Instalación y de Operación.

Hubiese rigor técnico o diálogo efectivo con las poblaciones del entorno, esas centrales hidroeléctricas no se viabilizarían. En tal caso, tendrían un formato muy distinto, lo que ciertamente no convendría al sector privado interesado en la “ventana de oportunidad” de los precios de la energía en el “libre mercado”¹¹, y en las facilidades crediticias y regulatorias que el Gobierno viene ofreciendo para validar el proyecto piloto del Madera. Éste es el prototipo de muchos otros megaproyectos hidroeléctricos en toda la región que seguirán en ritmo de línea de montaje, buscando el “aprovechamiento óptimo” de los ríos amazónicos por el sector privado transnacional.

Un proyecto que se lastra en (y por causa de) la eliminación de salvaguardias técnicas y legales, y de los derechos sociales y ambientales, sólo se mantiene de pie por el arbitrio de quien paga la cuenta y de quien después la sella. Arbitrio privado-público inmune a cuestionamientos de mérito y de forma, pues ha sido erigido en nombre de “nosotros”. “Energía y desarrollo para todos”, dicen. Un estado de excepción para exorcizar la posibilidad del “riesgo-apagón”¹², laboriosamente magnificado por los interesados justamente en expandir la generación hidroeléctrica a cualquier precio. Se trata de un ensayo de salvo conducto para los grandes proyectos de infra-

estructura considerados prioritarios por la “Nación”. *Fast track* (vía rápida e incondicionada) para aquello que las transnacionales consideren prioritario acceder y controlar en Brasil y el subcontinente.

La frágil ingeniería del proyecto necesitó contar con la cobertura de una pesada ingeniería política para ser aprobada. Quien patrocina el juego dicta las reglas del mismo y a cada momento, como le conviene. Licenciamiento *self service*, móvil, auto licenciamiento, son conceptos que reproducen bien la forma como ese proyecto fue y está siendo entronizado. La oferta del río Madera en banquete oligopolista es la que permitió la transnacional Suez, que controla el Consorcio “Energía Sustentable del Brasil”, vencer el remate de Jirau con una propuesta de tarifa que traía embutida el cambio de localización de la represa, entre otras libertades. El Consorcio Madera Energía, controlado por la Odebrecht, ahora reclama la misma libertad que le benefició desde el inicio. El Gobierno, el instituidor del buffet de bienes públicos como el río Madera, pidió “civilización” a los comensales para que tengan más etiqueta en la mesa. Amenaza virtual e hipotética¹³ de (re)estatización para que se calcule bien cuánto vale la privatización del mayor afluente del río Amazonas.

11 El marco regulatorio de energía en Brasil se destina un tercio de la energía producida a los grandes consumidores corporativos (mercado libre de energía). En el caso de las Centrales en el río Madera, en la hipótesis de su operación anticipada (efectuada antes de los plazos contractuales), 100% de la producción podrá ser negociada en este ambiente sin regulación.

12 En 2001, en función de las políticas criminales de privatización del sector eléctrico, impuestas en el Gobierno de F. Henrique Cardoso, hubo un prolongado desabastecimiento conocido como “apagão”.

13 Después de la pérdida de la subasta de Jirau, el Consorcio MESA protagonizado por Odebrecht quiso contestarlo judicialmente.

La recuperación
de la soberanía
hidroeléctrica
paraguaya

* En un marco
de integración
de todos los
pueblos.



Ricardo Canese



La recuperación de la soberanía hidroeléctrica paraguaya * *En un marco de integración de todos los pueblos*



Ricardo Canese¹



Gran parte de lo que hoy es el Estado de Matto Grosso do Sul, Brasil, era territorio paraguayo hasta la Guerra de la Triple Alianza (1865-1870). Terminada esa guerra, que acabó con el 90% de la población paraguaya masculina joven y adulta –el peor genocidio latinoamericano hasta ahora registrado–, el imperio brasileño, gobernado en ese entonces por Pedro II, impuso límites al Paraguay desde el río Apa, en su desembocadura en el río Paraguay, hasta el Salto del Guairá en el río Paraná, en la intersección de la cordillera del *Mbarakaju*. El Paraguay, cuando firmó en 1872 el tratado de límites con el Brasil, estaba ocupado y sin capacidad de reacción alguna. Gracias al desconocimiento de los negociadores brasileños de entonces del inmenso valor del potencial hidráulico del Salto del Guairá –que luego daría origen a Itaipú, la mayor central hidroeléctrica del mundo– el imperio brasileño aceptó que el Salto del Guairá continuara siendo –como siempre lo fue– en un 50% paraguayo.

Ya con conocimientos de hidráulica y necesidades energéticas crecientes, la dictadura militar brasileña implantada desde 1964 intentó desconocer la soberanía paraguaya sobre el Salto del Guairá. Se produjo la ocupación militar de la zona limítrofe de Puerto Renato. La juventud paraguaya – pese a la férrea dictadura de Alfredo Stroessner (1954-1989)– salió a las calles de Asunción a manifestarse en defensa de la soberanía nacional, siendo brutalmente reprimida por los agentes del “orden”.

En tales circunstancias, se produce en la década del '60 la discusión del aprovechamiento del caudal hidroeléctrico del limítrofe río Paraná, desde e inclusive el Salto del Guairá hasta la desembocadura del río Yguazú, en este último caso en la frontera con la Argentina. El ambiente estaba tenso y hubo movilización de tropas brasileñas. Finalmente, Paraguay y Brasil firmaron el Acta de Foz de Yguazú (junio de 1966), por la cual se reconoció “. . . que la energía eléctrica eventualmente producida por los desniveles del río Para-

*ná, desde e inclusive el Salto del Guairá. . . hasta la boca del río Yguazú será dividida en partes iguales entre los dos países, siendo reconocido a cada uno de ellos el derecho de preferencia para la adquisición de esta misma energía a justo precio. . . de cualquier cantidad que no sea utilizada para la satisfacción de las necesidades del consumo del otro país*².

Como se ve, el Acta de Foz de Yguazú establece que el Paraguay no sólo es propietario soberano del 50% de la energía a ser producida, sino que, sin decirlo, reconoce el derecho que el Paraguay la venda a terceros países, al establecerse que el Brasil tiene “derecho de preferencia para la adquisición”. Jurídicamente, la “preferencia” significa –siempre– el privilegio del socio de poder igualar la mejor oferta que pueda hacer un tercero, en el caso de sociedades comerciales. No se trata de un derecho arbitrario de hacerse con la energía del socio a cualquier precio o en cualquier condición, por lo que la sola mención del “derecho de preferencia de adquisición” implica el previo derecho de recibir ofertas de terceros sin negar nunca, por cierto, al socio la posibilidad de igualar la mejor oferta y, así, ejercer su derecho de preferencia. El Paraguay, luego de la firma del Acta de Foz de Yguazú, siempre ha reivindicado su derecho a vender a terceros (disponer soberanamente) la energía que no pudiera consumir, aunque siempre otorgándole al Brasil la preferencia de adquisición igualando la mejor oferta.

Estos principios del Acta de Foz de Yguazú fueron sustantivamente alterados en el tratado de Itaipú, suscrito en abril de 1973, al eliminarse en el texto principal la palabra “preferencia” y omitirse la frase “justo precio”. El artículo XIII del tratado establece que “. . . la energía eléctrica producida por el aprovechamiento hidroeléctrico (Itaipú). . . será dividida en partes iguales entre los dos países, siendo reconocido a cada uno de ellos el derecho de adquisición de la energía que no sea utilizada por el otro país para su propio consumo”³.

- 1 Coordinador de la Comisión de Entes Binacionales Hidroeléctricos (CEBH) del Ministerio de Relaciones Exteriores (MRREE) del Paraguay. También, parlamentario del MERCOSUR.
- 2 Acta de Foz de Yguazú, 22 de junio de 1966. Ver Itaipú Binacional. Documentos oficiales de Itaipú, 2003, p. 11-13.
- 3 Itaipú Binacional. Documentos oficiales de Itaipú, 2003, p. 67. De cualquier forma, el actual gobierno paraguayo sostiene que, al no renunciar el Paraguay en forma expresa a su soberanía hidroeléctrica, conserva este derecho de acuerdo a la Convención de Viena de los tratados internacionales, la cual establece que las renunciaciones a la soberanía, para ser válidas, deben ser expresas, hecho que no se observa en el tratado de Itaipú, pese a sus deficiencias. Además, el Acta de Foz de Yguazú está incorporada en el Preámbulo del Tratado, por lo que está vigente. En consecuencia, el gobierno paraguayo sostiene que la soberanía hidroeléctrica paraguaya está vigente y lo que cabe discutir con el Brasil es apenas su aplicación y no su vigencia, que es indudable.

Estos términos del tratado de Itaipú fueron duramente cuestionados por la oposición política y social a la dictadura de Alfredo Stroessner, en 1973, luego de firmado el tratado, la que respondió con una dura represión. Puede decirse que el mismo día de la firma del tratado de Itaipú continuó la lucha —que ya había comenzado años antes por la defensa de la soberanía del Salto del Guairá, el símbolo del potencial hidráulico del limitrofe río Paraná— por la soberanía hidroeléctrica paraguaya.

Antes de continuar, es bueno explicar por qué el dictador Alfredo Stroessner aceptó términos de un tratado que intentaron limitar, o poner en duda, la soberanía hidroeléctrica paraguaya. En nuestra opinión, los motivos fueron dos: quería el apoyo político del Brasil, primero, y quería concretar grandes negociados para él y la camarilla que le rodeaba, segundo. Consiguió ambos objetivos. Gobernó 16 años más, gracias al incondicional apoyo del Brasil (donde se asiló políticamente en 1989 y falleció, en 2007, libre de todo reclamo de justicia por los crímenes de lesa humanidad que había cometido) y sus más leales amigos se transformaron en lo que la gente popularmente denominó los “*barones de Itaipú*”, a semejanza de aquellos nobles que, sin trabajar, se hacían de inmensa fortuna gracias al respaldo del monarca⁴.

Durante la dictadura, continuó la resistencia y la denuncia en contra de los injustos términos del tratado de Itaipú. Un evento importante fue el que ocurrió en 1977, cuando la dictadura militar brasileña pretendió cambiar la frecuencia del sistema eléctrico paraguayo (de 50 ciclos por segundo, como el resto de América del Sur) a la misma frecuencia del Brasil (60 ciclos por segundo), con el argumento que era más económico que todas las unidades generadoras de Itaipú fueran de 60 ciclos. Ello iba a implicar la paralización de todo el sistema eléctrico e industrial paraguayo (a la espera del complicado y prolongado cambio de frecuencia) y una clara mayor dependencia del Brasil. En el Paraguay se movió el movimiento estudiantil y nuevamente hubo presos y exiliados. Finalmente el dictador —temeroso por críticas que surgieron incluso dentro de su gobierno— terminó por oponerse a tal despropósito.

Con el inicio del proceso de transición democrática (1989-2008), regido por el mismo partido político que sustentó al dictador Alfredo Stroessner, la Asociación Nacional Republicana (ANR), no cambió mucho la postura del gobierno paraguayo, siempre complaciente con los intereses de Itamaraty y

de las grandes empresas transnacionales radicadas en el Brasil. Lo positivo de la apertura política es que fue aprovechada por las organizaciones sociales para cuestionar duramente los robos y las injusticias cometidas.

Ante la Justicia y la Comisión Bicameral de Investigaciones (CBI) se presentaron denuncias de gruesos robos en Itaipú, entre 1989 y 1996. Se pidió el procesamiento de los que se enriquecieron ilícitamente. Igualmente, las organizaciones sociales cuestionaron el pago de una tarifa por debajo del costo como una imposición de grandes empresas eléctricas brasileñas (con participación de transnacionales), lo que generó una deuda “espuria” o ilegítima, porque se desconoció lo establecido por el tratado, que la tarifa debía ser en todo momento igual al costo del servicio. Se realizaron grandes campañas, como las del “apagón voluntario” organizado por el Sindicato de Trabajadores de la ANDE (SITRANDE) —la empresa pública de electricidad— en contra de la deuda “espuria”, en 1998. En todos los casos, la Justicia se mostró sorda y ciega. Ni siquiera se permitió el ingreso de los órganos públicos de control en Itaipú. Los robos fueron secretos de Estado, a pesar de que el tratado exige la intervención de la Justicia en caso de “actos lesivos” contra los intereses del ente binacional⁵.

Aún cuando no se consiguió la condena judicial alguna —salvo una censura clara de la Comisión Bicameral de Investigaciones (CBI) del Congreso Nacional⁶— el pueblo paraguayo tomó conciencia que en Itaipú los oligarcas de la dictadura de Alfredo Stroessner y sus continuadores durante la “transición” democrática se enriquecieron enormemente en forma impune, para exclusivo beneficio de grandes empresas, muchas de ellas transnacionales radicadas en el Brasil.

En diciembre de 2006, la Federación de Trabajadores del Sector Energía del Paraguay (FETRASEP) lanzó, con Fernando Lugo aún como obispo, una campaña de recuperación de la soberanía hidroeléctrica. Esta campaña generó un fuerte impacto en la sociedad paraguaya.

Ya en el marco de las elecciones generales del 20 de abril de 2008, la Alianza Patriótica para el Cambio (APC) y su candidato, Fernando Lugo, adoptaron la recuperación de la soberanía hidroeléctrica como principal punto del programa de gobierno. Los tres principales candidatos —Lugo, Oviedo y Blanca Ovelar— se diferenciaron claramente en este punto y la recuperación, o no, de la soberanía hidroeléctrica de Itaipú pasó a ser cuestión

4 Ricardo Canese. Corrupción en Itaipú: delito impune. Asunción: diario “La Nación”, 1996.

5 Tratado de Itaipú, artículo XXI,

6 Comisión Bicameral de Investigaciones (CBI), Congreso Nacional. Conclusión N° 3/BN/E.103, del 19 de mayo de 1997 “En relación a las negociaciones con el Brasil en torno a la deuda de Itaipú”, por la cual concluye “1. Declarar nulas en sus efectos y alcances, las resoluciones del Directorio Ejecutivo y el Consejo de Administración (de Itaipú) que ocasionaron la deuda ilícita de más de US\$ 4.000 millones, por violar preceptos establecidos en el Tratado de Itaipú. 2. Solicitar la destitución de los altos funcionarios paraguayos involucrados en las negociaciones de Itaipú...”.



principal del debate presidencial. En un extremo, Lino Oviedo se presenta como *“el mejor embajador verde amarillo (brasileño) en el Palacio de López (despacho del Presidente del Paraguay)”*. Los sectores más conservadores del Brasil se inclinaron abiertamente por este candidato, que fue recibido por Lula unos meses antes de las elecciones. Fernando Lugo continuó a la cabeza de las encuestas a pocos días de las elecciones. En dicho contexto, el Presidente Lula lo recibió (el día 2 de abril, 18 días antes de la elección) y aseguró que todos los puntos que planteó el Paraguay en relación a Itaipú –incluso la soberanía– podrían ser discutidos en una mesa de diálogo.

La victoria del pueblo paraguayo el 20 de abril de 2008 fue no sólo a favor de un cambio sustancial del Paraguay en lo político y social, sino además un mandato para recuperar la soberanía hidroeléctrica.

Es por ello que el Gobierno de Fernando Lugo organizó –como una de sus primeras medidas, aún como presidente electo– una *“mesa de energía”*, centrada fundamentalmente en el análisis de cuáles eran los reclamos del Paraguay en Itaipú. Luego de un sistemático trabajo, el gobierno electo consensuó seis puntos de reivindicación en relación a Itaipú:

1. La recuperación de la soberanía hidroeléctrica.
2. El precio justo por la energía que se continuaría exportando al Brasil.
3. La eliminación de la deuda ilegítima.
4. La gestión o coadministración plena.
5. El control y la transparencia en el manejo del ente binacional
6. La ejecución de obras faltantes.

Estas propuestas fueron presentadas el 1º de agosto de 2008 a Marco Aurelio García, representante del Gobierno de Lula, dos semanas antes que Fernando Lugo asumiera la Presidencia de la República (el 15 de agosto). Inmediatamente, se organizó la primera cumbre presidencial (el 17 de septiembre de 2008), donde el Brasil aceptó tratar los seis puntos propuestos por el Paraguay, no sin antes intentar quitar de la agenda el punto referente a la soberanía hidroeléctrica, el más importante.

¿En qué situación nos encontramos ahora? En cuanto a las negociaciones, ha habido avances importantes en los tres últimos puntos (gestión, control y obras faltantes). En los tres primeros puntos, el Brasil aceptó que la Contraloría General de la República del Paraguay audite la deuda binacional de Itaipú (lo que significa un avance en el tratamiento del tema de la deuda, tercer punto) y al mismo tiempo ofreció duplicar los ingresos paraguayos por la exportación de electricidad al Brasil (avance en el segundo punto), valor que fue rechazado por el Paraguay como insuficiente. En cuanto a la soberanía hidroeléctrica (primer punto), es donde no hay avance alguno.

Itamaratí se empeña en negar la soberanía hidroeléctrica paraguaya. El actual ministro de Minas y Energía del Brasil, Lobão, del sector conserva-

dor del PMDB, ha afirmado días pasados que *“el Paraguay puso sólo el agua”* y que, por lo tanto, no puede exigir soberanía sobre su energía de Itaipú. La energía hidráulica es un recurso más limpio y valioso que el petróleo. Decir, por ello, que el Paraguay pone sólo el agua, como despreciando este aporte para justificar la pérdida de soberanía, es como decir *“Venezuela pone sólo el petróleo”* y por ello no puede reclamar nada (de su propio petróleo), no puede tener soberanía sobre sus hidrocarburos. Sería impensable que PETROBRAS, si quiere explotar yacimientos de hidrocarburos en Venezuela, se atreva a sostener semejante despropósito en Venezuela, por más capital que ponga. Lo que tiene valor son los pozos de petróleo y no el capital que pueda poner una empresa (que cualquiera lo puede hacer). Igualmente, lo que vale en Itaipú es el potencial hidroeléctrico paraguayo y no el capital que puso ELETROBRAS. Además, si ésta hubiera puesto un financiamiento concesional –extraordinariamente conveniente o “blando”– se podría concluir que hubo un aporte adicional genuino del Brasil, que algún derecho (no la soberanía paraguaya) le podría otorgar.

Ello, sin embargo, no fue así. ELETROBRAS puso un capital extremadamente costoso y perjudicial (tasas de interés muy por encima de las tasas LIBOR o PRIME RATE) a Itaipú Binacional. Tal aporte de capital ha reeditado muchos beneficios a los accionistas (privados y transnacionales en un alto porcentaje) de ELETROBRAS. Esta empresa promocionó la venta de sus acciones en la bolsa de Londres publicando una foto de Itaipú –como si fuera propia– en el Financial Times. También publicita ELETROBRAS su propiedad sobre Itaipú en la Bolsa de Nueva York para vender a mejor precio sus acciones, aunque en este caso aclara –con una nota al pie y letras chicas que pocos leen– que Itaipú también es del Paraguay. En definitiva, no es que ELETROBRAS le hizo un favor a Itaipú Binacional (en un 50% al Paraguay) al financiar la obra, sino que, por el contrario, ELETROBRAS lucra incluso abusivamente (al desconocer al Paraguay como su legítimo propietario, en un 50%) gracias a Itaipú, utilizándola como su principal activo para valorizar sus acciones.

El gobierno paraguayo tomó otras medidas. Impulsará la interconexión (integración) eléctrica a gran escala en el Cono Sur de América, mediante una fuerte interconexión entre Itaipú y Yacyretá (no hay otra mejor alternativa posible, pues no hay otra central hidroeléctrica que sea la mayor del mundo), lo que evitará las grandes pérdidas de los apagones (15.000 millones US\$ en el Brasil, en 2001, y 4.000 millones US\$ en la Argentina, en el 2007). De hecho, el 85% de la electricidad exportada en América del Sur tiene su origen en el Paraguay y es hasta un absurdo que al Paraguay no se le deje ejercer su rol exportador e integrador en la región. Igualmente, el gobierno paraguayo está impulsando un gasoducto URUPABOL (desde Bolivia a Paraguay, pasando por el Sur de Brasil y hasta Uruguay), que mejore aún más la integración energética entre todos los países de la región, evitando el bilateralismo de Paraguay y Bolivia por separado con Argentina y Brasil, como ocurre hasta ahora.



A nivel social, la cuestión ha comenzado a moverse. Los movimientos sociales paraguayos han realizado un sinnúmero de encuentros y seminarios, así como pequeñas concentraciones y marchas, en muchos casos en coordinación con los movimientos sociales del Brasil, como el Movimiento Sin Tierra (MST) y el Movimiento de los Afectados por las Represas (MAB). Estos últimos movimientos —y otros, así como entidades y personalidades— han comenzado a pronunciarse a favor de la soberanía paraguaya. Se realizó un primer acto en la frontera paraguay brasileña el pasado 26 de marzo, donde se reunieron unos 3.000 paraguayos, brasileños y argentinos en el Puente de la Amistad, reclamando soberanía para el Paraguay.

¿Cómo concluirá todo? La movilización popular irá en aumento. Se espera que Lula —no así Itamaratí o círculos de poder del Brasil— acepte la soberanía hidroeléctrica paraguaya, si bien no se tiene certeza que eso va

a ocurrir así (pueden prevalecer los grandes intereses). Si no lo hiciera, el conflicto se irá agudizando y el gobierno paraguayo no excluye recurrir a medidas unilaterales, como desconocer la deuda de Itaipú que debió ser pagada por grandes empresas brasileñas o transnacionales radicadas en el Brasil, o recurrir a foros internacionales, como las Naciones Unidas, por tratarse de un ilegítimo impedimento de la soberanía de un país.

Por de pronto, como gobierno paraguayo, trabajamos con la convicción de que la unión de los pueblos paraguayo y brasileño, así como de otros pueblos latinoamericanos, al convertir a la recuperación de la soberanía hidroeléctrica paraguaya en una causa latinoamericana, conseguirá que el Paraguay recupere su soberanía hidroeléctrica sin que los gobiernos de Paraguay y Brasil deban enfrentarse en otro terreno.

El impacto de la
construcción de
represas
en las
enfermedades
de transmisión
vectorial



Dr. Abrahan Matias Arnéz



El impacto de la construcción de represas en las enfermedades de transmisión vectorial



Dr. Abraham Matias Arnéz

1. INTRODUCCIÓN

La región tropical es aquella comprendida entre los paralelos 23°27' norte de la línea ecuatorial y 23°27' sur de la línea ecuatorial (trópico de Cáncer y el trópico de Capricornio respectivamente). En toda su extensión, existe una serie de enfermedades que presentan incidencias mucho más elevadas que en otras regiones del globo (por ejemplo: diarrea, tuberculosis). Por otra parte, dado su clima cálido y húmedo, existen también otras enfermedades muy particulares que son transmitidas por vectores; por lo tanto se las incluye dentro del grupo de "enfermedades tropicales".

Además de estos hechos, se debe tener en cuenta que la mayoría de la población mundial que habita dentro de esta franja se encuentra clasificada como pobre, pues no tiene los elementos básicos para subsistencia digna. Es así que quizá se podría manejar como sinónimos enfermedades tropicales y enfermedades de la pobreza. Así, por ejemplo, la malaria concentra el 58 % de las muertes por esta enfermedad en el 20 % de la población más pobre, siendo la asociación más alta de cualquier enfermedad con la pobreza (OPS 2000).

En Bolivia, país eminentemente tropical (debido a las consideraciones geográficas antes mencionadas), las enfermedades transmitidas por vectores se encuentran diseminadas en ocho de los nueve departamentos, con excepción de Oruro. A su vez, cada una de las regiones biogeográficas tiene formas particulares de transmisión que son dependientes de la ecología, epidemiología y dinámica de transmisión de la enfermedad. Por lo tanto, la incidencia de cada una de estas enfermedades también muestra variantes importantes.

Para el presente trabajo tomaremos especial interés en la región amazónica sur occidental, también llamada provincia biogeográfica del Acre - Madre de Dios, que en territorio boliviano se extiende a la totalidad del departamento de Pando, las provincias Vaca Díez e Iténez del departamento del Beni y parte de la provincia Iturrealde del departamento de La Paz, con un bioclima pluviestacional en las zonas de llanura y pluvial hacia el pie de monte andino. Dentro de esta región se encuentran las cuencas de los ríos Acre, Abuná, Orthon, Madre de Dios (medio), Beni (bajo), Madera (alto), Mamoré (bajo) e Iténez (bajo), extendiéndose además hasta la base de los andes (Navarro y Maldonado 2004).

Gráfico 1. Zonificación biogeográfica de la provincia Acre - Madre de Dios (Amazonía suroccidental)



En esta región tienen particular interés la malaria, la leishmaniasis y el dengue, que se encuentran instalados en la zona como enfermedades endémicas, y que muestran incidencias muy importantes, como en el caso de la malaria o incremento constante, como el caso de la leishmaniasis y el dengue. Sin embargo, siempre se debe tener en cuenta a la emergencia o reemergencia de otras entidades patológicas que encuentren un terreno propicio para diseminarse, merced a factores como la deforestación y los desastres naturales a los que esta región se encuentra sometida.

Como se conoce, la salud es un proceso de equilibrio entre tres factores: el humano, el agente patógeno y el medio ambiente. De la ruptura de este equilibrio dependerá el aumento en la incidencia de las enfermedades ya establecidas en un determinado medio, o bien la emergencia o re emergencia de otras entidades nosológicas (OPS 2002). La construcción de represas produce una alteración en el medio ambiente y, por lo tanto, rompe este equilibrio ya establecido, haciendo que el estado de la salud de la población que se encuentra en su entorno se deteriore.

Además, los municipios amazónicos son considerados como algunos de los más pobres del país (PNUD 2007). Estos dos hechos hacen que sus poblaciones entren en un círculo vicioso, que girará en torno a la pobreza como generadora de un estado de salud deficiente, y que a su vez genera más pobreza.

2. MALARIA

2.1 Generalidades de la malaria

La malaria es una enfermedad parasitaria que es producida por parásitos del género *Plasmodium*. Esta enfermedad está considerada como una de las que más muertes producen a nivel mundial. En Bolivia es considerada como una enfermedad endémica, que afecta a ocho de los nueve departamentos (excepto Oruro), con grados variables de incidencia.

Existen cuatro especies de parásitos que producen la enfermedad. Sin embargo, en Bolivia se encuentran dos: *Plasmodium vivax* y *Plasmodium falciparum*. La mayoría de los casos está producido por *P. vivax*, que produce una forma "benigna" de enfermedad, ya que generalmente no presenta complicaciones y no implica riesgo de muerte. Todo lo contrario sucede con la malaria por *P. falciparum*, por lo cual también es conocida como malaria "maligna".

Estos parásitos invaden inicialmente el hígado y luego se liberan hacia el torrente sanguíneo, donde penetran en los glóbulos rojos. Ahí, inicialmente, se reproducen y, luego, destruyen los glóbulos. Cuando esto sucede se desatan una serie de signos y síntomas. Los más clásicos son la fiebre, sudoración y escalofríos; aunque en un alto porcentaje de los casos existe

cefalea y dolor lumbar. Es desde este lugar (circulación sanguínea) que los parásitos pueden ser tomados por los mosquitos y pasados a una persona sana, continuando con el ciclo de transmisión de la enfermedad.

Esta enfermedad es transmitida por insectos vectores, pertenecientes al género *Anopheles*, los cuales también se encuentran ampliamente distribuidos por el territorio nacional. Existe aproximadamente una veintena de especies, que se encuentran en diferentes ecosistemas; sin embargo, únicamente dos de estas especies tienen la capacidad de transmitir la malaria. Éstas son: *An. pseudopunctipennis*, que es el transmisor de la enfermedad en las regiones de los yungas, chaco y valles, y *An. darlingi*, principal transmisor de la enfermedad en la región amazónica.

Estos mosquitos tienen un desarrollo que implica una fase inmadura o larval acuática, que dependiendo de las condiciones climáticas dura hasta 15 días. Para esta fase, el insecto requiere colecciones de agua que se encuentren estancadas o con movimiento lento. Característicamente, *An. pseudopunctipennis* puede criarse en colecciones de agua relativamente pequeñas, como zanjas a la orilla de los caminos; mientras que *An. darlingi* requiere colecciones mucho más grandes, como lagunas y remansos de los ríos o arroyos. Pasado este tiempo emerge el insecto adulto, de los cuales únicamente la hembra se alimenta de sangre y, por lo tanto, es capaz de actuar como transmisor de la enfermedad. Al picar a una persona enferma y luego a una persona sana repite el ciclo de transmisión.

Existen una serie de medidas que se han utilizado para el control de la malaria, cada una de las cuales tiene sus indicaciones propias, de acuerdo a cada momento de la transmisión, del tipo de vector o bien de la región geográfica donde se está trabajando. En general, estas medidas de control, dirigidas a la reducción de la densidad de insectos vectores y, por lo tanto, de la posibilidad de transmisión, se pueden agrupar en tres diferentes tipos:

a) Medidas de control físico.- Éstas se refieren al manejo de los espejos de agua, que son utilizados por el vector como sitio de crianza mediante drenaje o modificación del cauce (siempre y cuando sea factible de hacerse), dirigidos a la eliminación de larvas. También se utiliza el desmalezamiento de las áreas circundantes a la vivienda, con la finalidad de disminuir los sitios que sirven como refugio a los insectos adultos.

b) Medidas de control químico / biológico.- Se trata de la aplicación de insecticidas, generalmente de acción residual (activo durante cuatro a seis meses) y de tipo piretroide, en las paredes de las viviendas de las poblaciones que se encuentran en áreas de riesgo de transmisión. Eventualmente, también se realizan aplicaciones del insecticida de manera espacial; es decir eliminando el producto en el ambiente.

Cuando se realiza esta metodología, el efecto es momentáneo. Este tipo de acción sólo es recomendado en caso de epidemias, ya que está dirigido



fundamentalmente a la eliminación de adultos infectados. Además su costo de operación es alto (Escobar y Cols 1999). El control biológico, de introducción reciente en el país, está dirigido sobre todo a las fases larvianas de los vectores, y se utilizan generalmente bacterias (*Bacillus thuringiensis*) que actúan interfiriendo con el metabolismo del insecto, para provocarle la muerte.

c) Medidas de protección personal.- Son aquellas dirigidas al uso de diferentes elementos que impiden de alguna forma el contacto hombre-vector. Aquí se puede mencionar los repelentes, ropa que cubra la mayor parte del cuerpo o bien el uso de mosquiteros impregnados con insecticida.

Todas las medidas antes mencionadas son empleadas en Bolivia, con diferencias relativas en cuanto a ciertas regiones. Particularmente en la amazonía está muy difundido el uso de mosquiteros impregnados y el control químico. Precisamente el éxito de las medidas de control se basa en que deben ser utilizadas de manera combinada, ejerciendo una disminución más acentuada sobre el insecto vector

Además de las medidas de control antes citadas, también es importante señalar que existe una importante proporción de portadores sanos y reservorios de malaria. Por ello, la terapia farmacológica actualmente también se considera como una medida de control de la malaria, ya que disminuye las posibles fuentes de infección para los mosquitos anofelinos.

2.2 Incidencia y distribución de la malaria

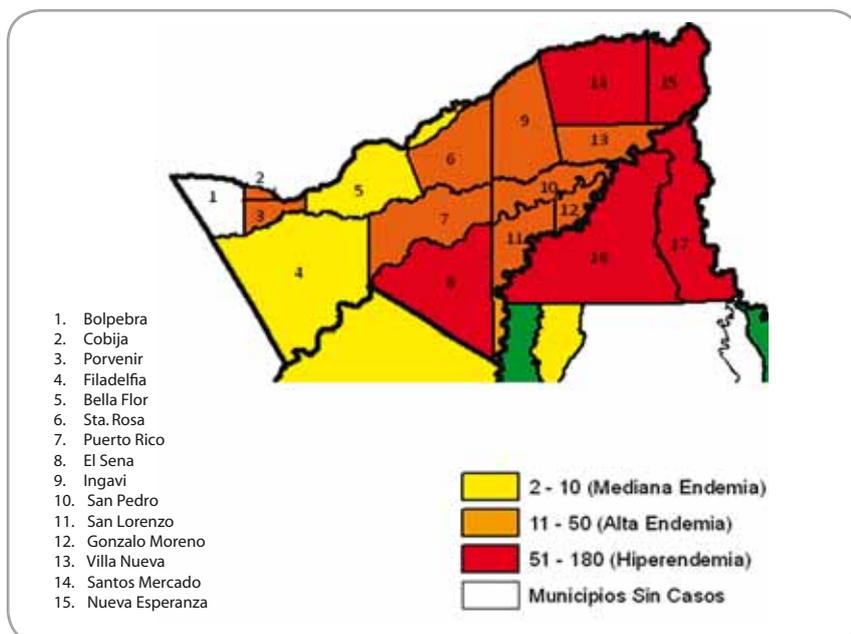
La Organización Mundial de la Salud clasifica a las áreas endémicas de

malaria en tres categorías: de baja endemia, cuando el número de casos se encuentra entre menos de 1 a 1 caso por cada mil habitantes. Las zonas consideradas como de mediana endemia se encuentran entre 2 a 10 casos por cada mil habitantes, mientras que las de alta endemia son aquellas que están por encima de 11 casos por cada mil habitantes (referencia OMS).

La malaria en Bolivia es considerada como un serio problema de salud pública, debido al alto número de casos reportados. Para el año 2007 fueron reportados 14.619 casos; la población que se encuentra expuesta al riesgo es de 1.402.569 habitantes. Eso coloca a Bolivia dentro de los países con baja endemia, de acuerdo a la clasificación de la OMS. Sin embargo, cuando esta estratificación es realizada a nivel municipal, se hace necesario definir un nivel más: el de hiperendemia, que corresponde a zonas que presentan más de 60 casos por 1.000 habitantes. Éste, junto con los niveles de alta y mediana endemia, se encuentra en la región amazónica.

Como se mencionó anteriormente, la incidencia de la malaria tiene variaciones dentro del territorio nacional. Sin embargo, la región más afectada es la Amazonía. Esta zona reporta aproximadamente el 90 % de la totalidad de los casos del país, por lo que se la ha clasificado como una zona de hiperendemia. Además, dentro de esta misma zona, los municipios más afectados por esta enfermedad son precisamente los que se encuentran en las márgenes del río Madera o sus afluentes más cercanos (río Beni y Abuná). Durante los últimos años, esta tendencia ha estado aumentando ligeramente, lo cual ha hecho que se ponga especial énfasis en su atención, además de buscar recursos externos, para incrementar las medidas de prevención y control de la malaria.

Gráfico 2. Estratificación de la incidencia municipal de la malaria en la región amazónica de Bolivia para el año 2007.



*Fuente: Programa Nacional de Control de la Malaria



2.3 Impacto económico

Una serie de estudios económicos y de salud ha tratado de demostrar el impacto económico de la malaria. Esto ha hecho notar grandes diferencias; es así que los países que registran casos de paludismo tienen un promedio de PIB per capita de US\$ 1250, mientras que este promedio en países sin paludismo es de 2000 US\$ (Mouchet y Cols. 2004).

El impacto económico de la malaria debe medirse necesariamente en relación a los costos que se representan en actividades de control, prevención y tratamiento que supone una familia que vive en áreas de transmisión malárica. Estos costos pueden ser divididos en costos directos, relacionados específicamente al diagnóstico y tratamiento de la enfermedad, y costos indirectos, es decir aquellos que emergen de la atención y cuidados del paciente y su restablecimiento. Además, de manera amplia se pueden dividir en dos fuentes: los recursos institucionales, aportados por el Estado y los recursos aportados por las propias familias.

Si bien los costos directos, tanto del diagnóstico de laboratorio (extendido y gota gruesa), como el tratamiento completo con medicamentos específicos para ambos tipos de enfermedad son cubiertos por el Estado, a través del Programa Nacional de Malaria. Aproximadamente el costo de los insumos para el diagnóstico es de \$US 0,50, que incluye: lámina portaobjetos, colorantes y aceite de inmersión, que son los consumidos individualmente para cada acción de diagnóstico. A este costo también debe añadirse los del equipamiento (microscopio) y del personal de laboratorio; mientras que el costo del tratamiento antimalárico completo de acuerdo a esquemas nacionales, para la infección de *P. vivax* es de \$US 3 a 4 y para *P. falciparum* \$US 14. Tanto los insumos como los medicamentos son adquiridos por el Ministerio de Salud, y desde allí son distribuidos a todas

las regiones del área endémica, donde el enfermo recibe los servicios de diagnóstico y tratamiento de manera gratuita.

Sin embargo, existen otro tipo de costos que el Estado no puede cubrir; estos son los llamados indirectos. Entre ellos se encuentran: transporte desde el domicilio hasta el servicio de salud (se debe recordar que la malaria en Bolivia es predominantemente rural), los costos de alimentación y alojamiento del paciente y los acompañantes. Además están los costos que realiza la familia en acciones de prevención para malaria (gastos inducidos), como: el uso de mosquiteros, aerosoles, repelentes y otros elementos en los que la familia invierte.

Todo este conjunto de factores ha sido clasificado y llega a ser en promedio US\$ 80 anual, lo cual representa una afectación al PIB familiar del 4,3 % en el departamento del Beni y 3,4 % en el departamento de Pando (Barrientos 2002). Estos gastos indirectos tienen particular interés, sobre todo en zonas como la mayoría de los municipios del departamento de Pando, que son clasificados como pobres y con índices municipales de salud clasificados entre medios y bajos (OMS 2006, PNUD 2007).

En el siguiente cuadro se puede apreciar que existe una aparente relación proporcionalmente inversa entre los índices de desarrollo humano y de salud municipal, pues mientras más bajos son estos, el índice parasitario anual es más elevado; Este es otro elemento que hace que la malaria sea considerada como una de las fuentes de pobreza, ya que socava el desarrollo al incrementar el ausentismo escolar o genera dificultades cognitivas como consecuencia de la anemia que produce, además reduce los ingresos de la familia ya que provoca incapacidad laboral hasta por dos semanas y disminuye la productividad agrícola un 40 % (Gil 2000).

Tabla 1. Situación de los municipios según indicadores de desarrollo humano en relación con el índice parasitario anual municipal en las regiones de impacto de la construcción de represas.

| Municipio | Departamento | Índice de desarrollo humano | Índice de salud municipal | Índice parasitario anual |
|-----------------|--------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Nueva Esperanza | Pando | 0,55 | 0,57 | 104,12 |
| Santos Mercado | Pando | 0,61 | 0,48 | 180,29 |
| Villa Nueva | Pando | 0,53 | 0,32 | 21,35 |
| Gonzalo Moreno | Pando | 0,59 | 0,46 | 10,18 |
| Riberalta | Beni | 0,66 | 0,58 | 67,67 |
| Guayaramerín | Beni | 0,69 | 0,67 | a91,60 |

*Fuentes: PNUD 2007, OMS 2006, PNCM 2008. Los índices de desarrollo humano y de salud municipal son considerados bajos entre 0,25 a 0,50, medios entre 0,51 a 0,75 y altos 0,76 a 1. Índice parasitario anual: número de casos de malaria por cada mil habitantes

Por otra parte, también se debe tener en cuenta el impacto sobre la salud de la persona afectada por la enfermedad, los años de vida con discapacidad ajustados (DALYs, Disability Adjusted Life Years), que representa para la región amazónica el 1,3 %, de la esperanza de vida al nacer por cada episodio malárico (Keiser y Cols. 2005). Además, debe tenerse en cuenta que el 8 % de los enfermos con malaria registran más de un episodio por año (Barrientos 2002).

2.4 Efectos de la construcción de represas sobre la malaria

El desarrollo de los pueblos se encuentra ligado a una serie de factores que hacen que el ser humano busque modificar el medio ambiente, para así obtener mayor provecho de éste. Así que la necesidad de incrementar la producción de alimentos (mediante proyectos de irrigación) y la necesidad de generación de energía para las poblaciones en constante crecimiento (Service M. 1989) han hecho que se construyan represas.

Éstas, sin embargo, en la mayoría de los casos, no han tomado en cuenta el hecho de que las modificaciones medio ambientales tienen impacto indeseable en la situación de salud, para las poblaciones que se encuentran en sus cercanías (Hunter y Cols. 1994). Dichas alteraciones en el equilibrio entre los procesos de salud y enfermedad se encuentran en las enfermedades transmitidas por el agua. Una de ellas es la malaria (Handschumacher y Cols 1992).

La construcción de reservorios de agua, cualquiera que sea su finalidad, alteran el medio ambiente. Además, ejerce sobre los seres vivos una presión ecológica, la cual hará que estos modifiquen sus comportamientos. En el caso de la malaria, tanto el hombre como los vectores de esta enfermedad se adaptarán a este nuevo ambiente. Así los seres humanos que viven dentro de la zona de inundación abandonarán sus asentamientos, en busca de sitios más altos donde puedan construir sus viviendas. Algunos asentamientos que antes de la inundación se encontraban lejos de los reservorios de agua ahora estarán más cerca y, por consiguiente, más cerca también de los sitios de cría de los mosquitos vectores.

Además, el hecho mismo de la construcción de las represas atraerá población por las oportunidades de empleo que serán generadas, iniciándose de esta manera asentamientos próximos a la construcción. Se incrementa la cantidad de la población en riesgo de enfermar, pues se han encontrado asociaciones positivas entre la presencia de las represas y el precario estado de salud de las comunidades que se encuentran en las proximidades de las represas (Tetteh y Cols 2004).

El hecho de la construcción de represas provocará alteraciones en las corrientes de los afluentes del río Madera, lo cual hará que se inunden las terrazas aluviales más recientes. La inundación se prolongará hasta zonas

conocidas como de "tierra firme" (Navarro y Maldonado 2004), exponiendo a nuevos grupos poblacionales al riesgo de enfermar con malaria.

Debe tenerse presente que el área que se encontrará más afectada por la construcción de las represas será la provincia Federico Román del departamento de Pando, que comprende los municipios de Nueva Esperanza, Gonzalo Moreno y Villa Nueva. Además, la provincia Vaca Díez del departamento de Beni, correspondiente a los municipios de Riberalta y Guayaramerín, los cuales presentan las incidencias más altas de malaria a nivel nacional (Cuadro 1), si bien estas altas incidencias se encuentran focalizadas en algunas comunidades.

De manera general, la construcción de una represa aumenta el número de criaderos de anofelinos, que son producidos por la inundación (Hunter y Cols 1994). Estos criaderos serán rápidamente colonizados por especies vegetales, que harán del sitio un óptimo criadero. Esto a su vez traerá consigo los factores de riesgo a nuevas comunidades, pues la densidad vectorial se incrementará, modificando la dinámica de transmisión de la enfermedad. Lo mismo se debe a que el contacto entre el vector y el ser humano será más estrecho, incrementando las posibilidades de transmisión (Tubaki y Cols. 2004, Van der Hoek 2003).

Esta situación hace que la tendencia de la enfermedad sea ascendente; el efecto predecible es que las poblaciones que se encuentren cercanas a los sitios de inundación, en promedio de hasta tres kilómetros (rango promedio aproximado de vuelo de los mosquitos), incrementarán sus niveles de incidencia de malaria (Lautze y Cols. 2007). Además, teniendo en cuenta que las actividades se desarrollarán en zonas consideradas como de alta endemicidad, la población más afectada podría ser la infantil, ya que ésta aun no ha alcanzado a formar la inmunidad temporal habitual en los habitantes de estas regiones. Por otra parte, se debe tener en cuenta el contingente de población migrante que llegará a la zona atraído por las fuentes de trabajo para la construcción de las represas.

Debemos suponer que parte de esta población llegará desde áreas no endémicas de malaria, por lo que también sus episodios de malaria podrían ser más exacerbados. Estos dos grupos poblacionales tendrán mayor riesgo al no contar con el factor inmunológico que se consigue por la constante exposición al parásito, el cual se encuentra relativamente desarrollado en los habitantes de la región (OMS 1991).

Los cálculos sobre la incidencia de la malaria, realizados en zonas que presentaron modificaciones ambientales por la construcción de represas, muestran que existe una tendencia al aumento en el número de casos que inclusive se pueden considerar como epidemias. Se ha encontrado que, en niños menores de diez años que viven cerca de las represas, el riesgo de contraer malaria es de 13 veces más que en aquellos que viven alejados de



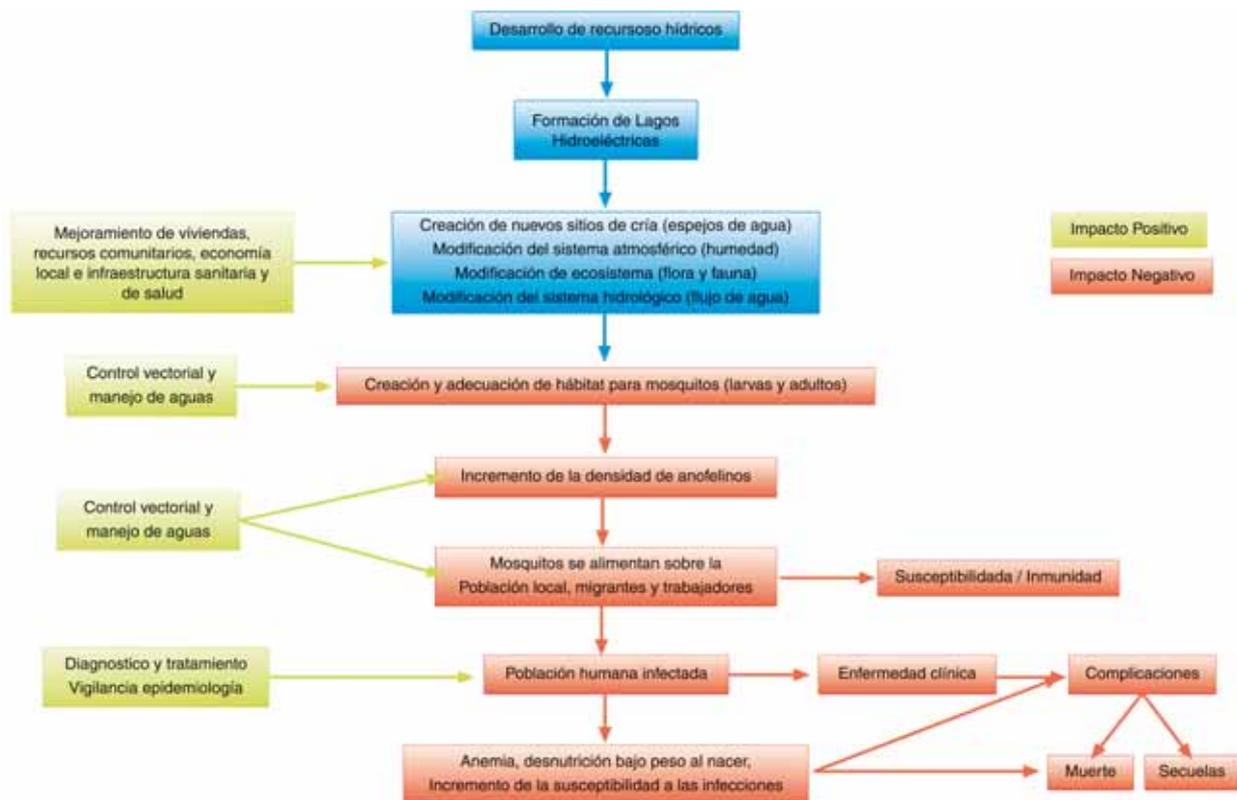
ellas (Ghebreyesus y Cols 2008). Y, en la población general que vive cerca de las represas, es de cinco veces más; lo que aumentaría drásticamente el número de enfermos en la zona afectada.

Este aumento en la incidencia de la malaria se vería fomentado, primero, por la exposición al riesgo de nuevos grupos poblacionales que anteriormente se encontraban relativamente alejados de los sitios de crianza de los mosquitos, merced a la aparición de nuevos reservorios de agua (criaderos de mosquitos potenciales). Y, segundo, por las alteraciones climáticas, ya que el hecho de que exista un gran reservorio de agua modificará las condiciones de temperatura y humedad relativa que existen en la zona de la represa. Ello

brinda un ambiente que facilita la reproducción de los mosquitos.

Actualmente son estos dos factores (temperatura y humedad) los que regulan los periodos de alta transmisión. Así, durante los meses de junio a noviembre, que corresponden a un periodo seco del año, los criaderos potenciales desaparecen. Además, la constante aparición de frentes fríos hace que la densidad vectorial sea menor, provocando una disminución en la transmisión de la malaria. Con la construcción de una represa, tanto la temperatura como la humedad tendrían la tendencia de estabilizarse, mejorando las condiciones para la reproducción de los vectores e incrementando el contacto hombre-vector y, posiblemente, aumentando la incidencia de la malaria.

Gráfico 3. Impactos (positivos y negativos) de la construcción de represas sobre la malaria.



Extractado con modificaciones de: Keiser y Cols 2005

El aumento en número de casos de esta enfermedad nos alejará del cumplimiento de una de las metas del milenio, que implica llegar hasta una incidencia anual de casos de dos por cada mil habitantes. Si bien las proyecciones del Programa Nacional de Control de la Malaria indican que esta meta será alcanzada para el año 2015, los departamentos amazónicos muestran una realidad diferente, pues en esta región estos indicadores se han mantenido o elevado (UDAPE 2006). Esto sin tomar en cuenta los costos que significarán para el Estado (en diagnóstico y tratamiento), para los pacientes (costos asociados) y, en una escala más grande e importante, los años de vida con discapacidad que representan para la población de esta zona.

3. LEISHMANIASIS

3.1 Generalidades de la leishmaniasis

La leishmaniasis es una entidad que está producida por varios agentes (parásitos protozoarios del género *Leishmania*), por lo que varios autores la consideran como un conjunto de enfermedades, cada una con sus propias características. Las especies correspondientes a este género se encuentran tanto en el viejo mundo como en el nuevo mundo. Es en este último que se encuentran las especies más importantes en relación a su patogenicidad.



Las formas cutáneas de la enfermedad se manifiestan con la aparición inicial de una pequeña úlcera en el sitio de la picadura del vector, que generalmente no llama la atención del portador. Sin embargo, con el paso de los días la úlcera no remite; por el contrario, aumenta de tamaño y muestra características distintivas de la enfermedad. Se ha visto que, en promedio, el paciente tarda dos meses en buscar ayuda médica para tratar la enfermedad.

Dependiendo de la especie de parásito, un determinado porcentaje de los pacientes que sufrieron la forma cutánea de la enfermedad desarrollarán la forma mucosa (independientemente de si hubiesen recibido tratamiento médico). Ésta es mucho más grave, ya que afectará a las mucosas y cartílagos nasales y faríngeos, así como a la mucosa labial y del paladar, afectando inclusive tejido óseo, produciendo amplias mutilaciones en el rostro. La forma visceral de la enfermedad se manifiesta generalmente con hepato - esplenomegalia, además de desnutrición y desórdenes hematológicos, que hacen que la persona afectada se deteriore y, eventualmente, muera si no recibe el tratamiento adecuado.

Esta enfermedad está catalogada como una zoonosis, pues su ciclo natural involucra a pequeños mamíferos silvestres. Algunos de ellos, de hábitos sinantrópicos de diferentes órdenes, actúan como reservorios primarios (Tellería y Cols. 1999). De manera conjunta, con vectores selváticos, mantienen la enfermedad en un ciclo enzoótico. Es decir, la mantienen entre los animales (Peters y Killik – Kendrick 1987). Cuando estos (vectores y reservorios) entran en contacto con el ser humano, logran transmitir la infección.

Los vectores de esta enfermedad son pequeños insectos dípteros, de entre 2 a 3 milímetros, pertenecientes al género *Lutzomyia*. Característicamente se los reconoce por su cuerpo vellosos. En Bolivia existen aproximadamente 120 especies. Muchas de ellas no muestran agresividad para el ser humano. La mayor parte de estas especies se encuentran distribuidas en la región amazónica (Le Pont y Cols. 1992). De la totalidad de éstas, se ha comprobado que cinco están implicadas en la transmisión de la enfermedad.

Estos vectores, durante su fase larvaria, se desarrollan en el suelo de la selva, donde abundan los detritos orgánicos de los que se alimentan. Una vez que culminan esta fase de su desarrollo, se transforman en adultos alados que se dispersan en busca de alimento. Al igual que en el caso de los vectores de la malaria, únicamente las hembras se alimentan de sangre. Durante este periodo, adquieren la infección a partir de otros animales infectados, y después de un determinado tiempo la transmiten a otros o eventualmente al ser humano.

Epidemiológicamente, se ha visto que en Bolivia existen tipos de ciclos de transmisión de la enfermedad: una intra / peri domiciliar y otra silvestre o selvática. La transmisión intra / peri domiciliar se refiere a que los vectores

son capaces de ingresar dentro de la vivienda o en sus alrededores para alimentarse de los habitantes. En estos casos, los enfermos pueden ser todos los habitantes de la vivienda, y las lesiones se encuentran sobre todo en el rostro. Este tipo de transmisión se ha asociado con zonas de colonización antiguas, por ejemplo en los yungas (Torrez y Cols. 1989, Le Pont y Cols. 1989).

El ciclo de transmisión selvático se desarrolla, como su nombre lo indica, en el interior de la selva, cuando el ser humano ingresa en ella de manera esporádica o por actividades laborales. Los más afectados son generalmente los varones y los sitios más afectados son los miembros inferiores. Está asociada con las zonas de colonización recientes. Es considerada como un problema de salud pública porque en su desarrollo no solamente están implicados factores medioambientales, sino también de migración de grupos poblacionales, de urbanización y deforestación.

El control de la leishmaniasis tiene ciertas particularidades. Por ejemplo, el hecho del control de los reservorios (como en el caso de la malaria con terapia farmacológica) es prácticamente imposible, ya que como se mencionó anteriormente estos corresponden a una serie de especies de mamíferos de hábitat silvestre. La eliminación de los sitios de crianza de los vectores también es imposible de realizarse, ya que estos se desarrollan en el suelo del bosque.

Las actividades de control químico tienen impacto sólo en las zonas donde la transmisión de la enfermedad es dentro de la vivienda. Por lo tanto, la mayoría de las acciones de control se encuentran dirigidas a factores que tratan de impedir el contacto hombre-vector mediante la protección personal, como: el uso de ropa que proteja la mayor parte del cuerpo, uso de repelentes y de mosquiteros impregnados con insecticidas de larga duración. Se incluyen en las medidas de control a las actividades educativas que se realizan en las comunidades donde existe transmisión de la enfermedad (Ministerio de Salud y Deportes 2007). También se han estudiado otras medidas que están destinadas a impedir la entrada de los vectores a las viviendas con buenos resultados, como las mallas milimétricas en las ventanas y puertas (Campbell Lendrum y Cols. 2001).

La leishmaniasis se encuentra distribuida en las diferentes regiones de los departamentos de La Paz, Pando, Santa Cruz, Beni, Tarija y Cochabamba, aunque también se reportan casos en otros departamentos. Los niveles de incidencia de la leishmaniasis en Bolivia son variables, pues se debe tomar en cuenta que las zonas que tienen transmisión domiciliar o peri domiciliar presentan los niveles más altos. Sin embargo, estos grados de incidencia se han modificado durante el tiempo, en virtud de los movimientos poblacionales y de la transición epidemiológica de su ciclo de transmisión. Es decir, su paso desde la enfermedad de transmisión tipo selvática hasta la transmisión domiciliar.



Tabla 2. Principales especies de *Leishmania* (patógenas para el ser humano) presentes en Bolivia, tipo de enfermedad y especie de *Lutzomyia* vectora

| Especie parasitaria | Tipo de enfermedad | Especie vectorial |
|--------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| <i>Leishmania braziliensis</i> | Leishmaniasis cutánea | <i>Lutzomyia carrerai carrerai</i> |
| | Leishmaniasis mucosa | <i>Lutzomyia llanosmartinsi</i> |
| | | <i>Lutzomyia yucumensis</i> |
| | | <i>Lutzomyia nuneztovari anglesi</i> |
| <i>Leishmania amazonensis</i> | Leishmaniasis cutánea | <i>Lutzomyia nuneztovari anglesi</i> |
| | Leishmaniasis difusa | |
| <i>Leishmania donovani</i> | Leishmaniasis visceral | <i>Lutzomyia longipalpis</i> |

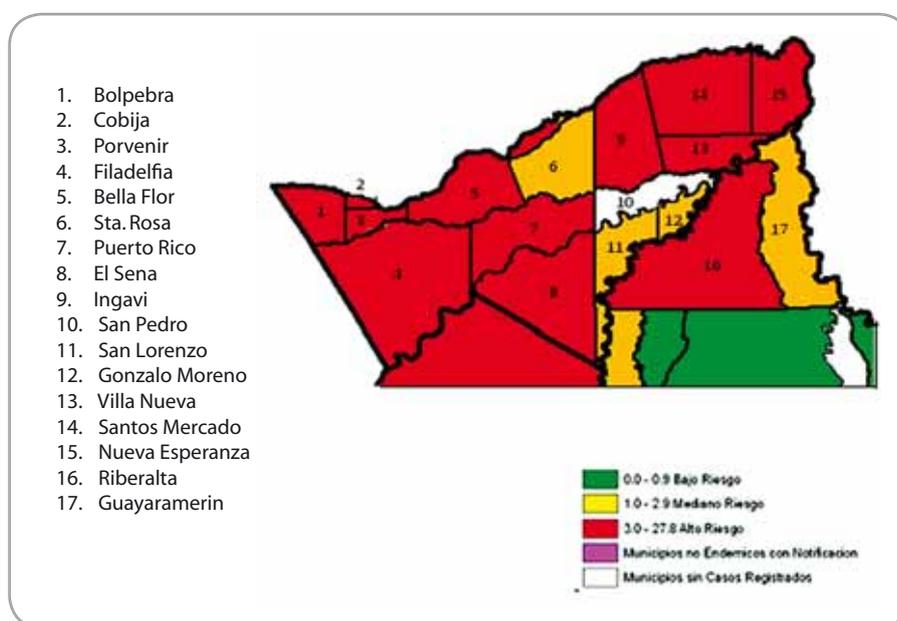
Le Pont y Desjeux 1985, Le Pont y Cols. 1986, Le Pont y Cols 1988, Torrez y Cols. 1999, Martínez y Cols 1999.

3.2 Incidencia y distribución de la leishmaniasis

De acuerdo con la estratificación que hace el Programa Nacional de Control de la leishmaniasis, se considera que de 0.1 a 0.9 casos por mil habitantes es área de bajo riesgo; entre 1 a 2.9 casos por mil habitantes es área

de mediano riesgo; y, finalmente, sobre los 3 casos por cada mil habitantes, área de alto riesgo. La región amazónica se encuentra dentro de esta clasificación, ya que es la que muestra las más altas incidencias de la enfermedad a nivel nacional.

Gráfico 3. Estratificación de la incidencia municipal de la leishmaniasis en la región amazónica de Bolivia para el año 2007.



3.3 Impacto económico

A diferencia de la malaria, la leishmaniasis no ha sido objeto de estudios sobre su impacto económico, debido a que no produce discapacidad aparente, o por lo menos en corto plazo. Sin embargo, en realidad sus costos pueden ser considerados altos cuando son analizados a nivel de la familia. Si bien los medicamentos son proporcionados por el Ministerio de Salud, mediante el Programa de Control de la Leishmaniasis, estos son insuficientes para la cantidad de enfermos que existen. Además el costo del trata-

miento es elevado. En promedio, un tratamiento para la forma cutánea vale Bs. 900. Si fuera un paciente en el departamento de Pando quien asumiera este gasto, representaría aproximadamente un 30% de su PIB familiar.

Los costos asociados son generalmente los mismos que en la malaria, pero los costos de alimentación, transporte y alojamiento, tanto para el paciente como para un acompañante, se incrementarían aún más. Esto, debido al tiempo y a la vía de administración del tratamiento (inyecciones intramusculares, durante 20 días). Por otro lado, el paciente deberá perma-

necer lejos de su fuente de trabajo, o bien no podrá trabajar tiempo completo. En este punto también se deben considerar los gastos de prevención de la enfermedad.

3.4 Efectos de la construcción de represas sobre la leishmaniasis

Si bien la leishmaniasis no es una enfermedad que dependa de la presencia de espejos de agua para su ciclo de transmisión, como se mencionó anteriormente con respecto a la malaria, esta enfermedad es eminentemente selvática. Esto ya que tanto los reservorios como los vectores desarrollan un ciclo de transmisión natural dentro de la selva; por lo tanto, es la intrusión del ser humano dentro de este ambiente lo que, inicialmente, genera la emergencia de esta enfermedad.

La construcción de las represas del río Madera generará un gran desplazamiento humano, que tendrá su origen en los poblados que se encuentren establecidos en las riveras de los ríos afectados. Estos, debido a la inundación, se verán obligados a desplazarse hacia tierras más altas, para lo cual deberán penetrar en el bosque y fundar nuevos asentamientos humanos. Durante todo este recorrido, se encontrarán expuestos al contacto con los insectos vectores.

En esta fase, la transmisión de la leishmaniasis será de tipo selvático. En este periodo de tiempo se podrán encontrar una alta cantidad de casos. Posteriormente, se establecerán los primeros asentamientos en condiciones muy precarias, que no brindarán ningún tipo de protección a sus habitantes y, por lo tanto, estos se verán expuestos nuevamente al ataque de los vectores que llegarán desde el bosque cercano. Por otra parte, también se debe tomar en cuenta que mientras más nuevo es el asentamiento existe una mayor cantidad de casos.

A medida que pasa el tiempo, la cantidad de personas enfermas disminuye; esto porque en un primer momento es casi la totalidad de la familia la que está expuesta a la picadura del vector. Luego, merced de las modificaciones ambientales, los casos disminuyen y, generalmente, son provocados por la incursión del ser humano dentro de la selva. Esta es una transición que experimenta la transmisión de tipo silvestre (Bermudez y Cols 1990, Campbell - Lendrum y Cols 2001).

Al mismo tiempo, las necesidades de subsistencia de la población producirán áreas de deforestación, estableciendo zonas agrícolas. Esto, nuevamente, incrementará el nivel de riesgo de las personas para contraer la leishmaniasis. Se debe también tener en cuenta que este proceso traerá cambios en la ecología de los vectores. Así, especies que eran eminentemente silvestres desaparecerán; mientras que otras, capaces de adaptarse a los espacios abiertos, colonizarán estas zonas. Eventualmente, estas especies tendrán predilección por alimentarse del ser humano (especies antropofílicas), contribuyendo aún más al aumento de casos.

Existen claros ejemplos sobre este hecho. Así, por ejemplo, la colonización a gran escala, producida en la zona del Alto Beni del departamento de La Paz, inició una emergencia de la leishmaniasis cutánea (Dedet y Cols. 1995). Durante el momento de la entrada de los colonos a esa región se dio el ciclo de transmisión silvestre, siendo incriminados como vectores específicos: *L. yucumensis*, *L. carrerai carrerai* y *L. llanosmartinsi* (Le Pont y Desjeux 1984, Le Pont y Desjeux 1985, Le Pont y Cols. 1986), habituados al medio ambiente selvático. Mientras que, años más tarde, otras especies anteriormente muy escasas proliferaron, adaptándose al nuevo ecosistema. Estas especies iniciaron el ciclo de transmisión domiciliar o peridomiciliar, reagudizando la notificación de casos.

En este sentido, se puede indicar que, para el año 2004, el 9% de los casos de leishmaniasis eran reportados en el departamento de Pando, con una tasa de incidencia de 41 por 10000 (Ministerio de Salud y Deportes 2006) habitantes. Mientras que, para el año 2007, el valor de esta cifra es aproximadamente 13 %, con una tasa de incidencia de 58 por 10000 habitantes. Este incremento paulatino obedece a un constante proceso de penetración del ser humano en la selva, ampliando la franja agrícola. El hecho lleva a las personas a exponerse a la picadura de los vectores y, consiguientemente, a contraer la enfermedad.

Como se puede entender, esto ha dado lugar al desarrollo de un ciclo silvestre de transmisión de la enfermedad, donde los adultos varones son los más afectados (69% del total de los enfermos). En el caso de la construcción de las represas, este movimiento de penetración estará propiciado por los habitantes de las zonas inundadas, que buscarán nuevos terrenos donde asentarse en sitios más altos, los cuales eventualmente se encontrarán dentro de la selva.

Por lo tanto, la exposición al riesgo será mucho más alta. Además, se debe tomar en cuenta dos aspectos, que tendrán un efecto amplificador en la incidencia de la enfermedad: el primero de ellos es que el efecto de desplazamiento será masivo. Y el segundo, que en el desarrollo de este ciclo de transmisión no solamente participarán adultos varones, sino la totalidad del grupo familiar, incrementando notablemente el número de personas expuestas a la enfermedad.

Los efectos arriba mencionados deberán ser considerados a corto plazo. Sin embargo, también son predecibles efectos a mediano y largo plazo, donde no solamente debe considerarse el aspecto sanitario, sino también el social. Esto, debido a que los nuevos asentamientos determinarán exclusión y un sin número de necesidades básicas insatisfechas, que determinarán el establecimiento de ciclos de transmisión doméstico o peri doméstico, por la adaptación de los vectores y reservorios hacia este nuevo medio ambiente construido por el ser humano (Ashford R 2000). Es conocido que la leishmaniasis se encuentra dentro de un grupo de enfermedades que afectan más



a sectores excluidos de la sociedad y que viven en condiciones de pobreza (Chavez y Cols 2008).

4. DENGUE

4.1. Generalidades del Dengue

El dengue está producido por el virus dengue, el cual es transmitido al ser humano a través de la picadura de un mosquito, el *Aedes aegypti*. La enfermedad se caracteriza por producir un cuadro febril inespecífico, que se acompaña de dolor de cabeza, articulaciones y algunos síntomas y signos hemorrágicos. La severidad de estos dependerá de la forma de presentación de la enfermedad, que puede ser catalogada como: dengue clásico, dengue hemorrágico y síndrome de choque por dengue. De ellas, las dos últimas suelen tener consecuencias fatales.

El *Aedes aegypti* es un insecto que para su desarrollo requiere de reservorios de agua, generalmente pequeños. Usualmente, son recipientes de uso doméstico u otros elementos en desuso (latas de conservas, botellas descartadas, etc.). Además, el agua contenida en estos debe de ser limpia; aspectos que son muy comunes en las viviendas. En base a los aspectos antes mencionados, se puede deducir que esta enfermedad se desarrolla en poblaciones concentradas.

Por otra parte, su radio de dispersión es pequeño, pues muy rara vez ha sido encontrado a una distancia mayor a 100 metros de los sitios habitados por el ser humano. A partir de ello, se podría indicar que su aparición es dependiente del grado de urbanización de una determinada comunidad, aunque se ha observado que el vector es capaz de invadir áreas rurales, a través de sus huevos, que son capaces de resistir la desecación por periodos prologados de tiempo (OPS 1995).

4.2 Incidencia y distribución del dengue

De manera histórica, la campaña continental de erradicación del dengue, iniciada a finales de la década de 1940, tuvo éxito en Bolivia en 1948, cuando se certificó la erradicación del vector del dengue, *Aedes aegypti*. Lamentablemente, este suceso fue seguido de un relajamiento de las acciones de vigilancia y control vectorial (OPS 1995), por lo que durante la década de 1970 el vector nuevamente re infestó el país. Entre 1987 y 1988, se presenta la primera epidemia de dengue en la ciudad de Santa Cruz. A partir de entonces se registran otras epidemias, y esta enfermedad se hace endémica desde de 1996.

En Bolivia, el dengue está restringido a ciudades de alto y mediano grado de urbanización. Inicialmente, las ciudades capitales y, posteriormente, las ciudades intermedias, siendo los departamentos de Pando y Santa Cruz

los que más casos reportan. Esta dispersión está fuertemente relacionada con el movimiento de grupos humanos. Ello es fácilmente demostrable si se observa su distribución en las ciudades intermedias, a lo largo de las carreteras. La urbanización descontrolada de estos asentamientos da como resultado viviendas precarias con sistemas de distribución de aguas inadecuados o inexistentes. Lo mismo que con el manejo de desechos, lo cual favorece el incremento en las densidades del *Aedes aegypti* y, por lo tanto, la incidencia de la enfermedad (Gubler y Clark 1995).

Tanto el control, como la prevención de esta enfermedad hacen énfasis en el control vectorial. Se debe proceder a la eliminación física de los recipientes que contienen agua y, por lo tanto, que son criaderos potenciales del vector, si es que se encuentran en la categoría de inservibles. O bien, al tratamiento con agentes químicos (insecticidas), si es que estos recipientes no se pueden eliminar porque prestan alguna utilidad.

Este control dirigido a las larvas del vector es el menos costoso y el que mayor eficacia presenta a largo plazo. Sin embargo, requiere de gran organización, tanto en los sistemas de salud como en la población. Además, la vigilancia debe ser constante por el peligro de re infestación existente y por la posibilidad que los vectores logren crear cierto grado de resistencia al Themephos (organofosforado), que es el larvívica químico que se utiliza en estos casos (Pereira y Cols 2003).

En casos en los que las altas densidades vectoriales hacen temer una posible emergencia de dengue o cuando las epidemias ya están declaradas, el control se dirige a los estados adultos del vector, realizando la fumigación espacial con insecticidas. Esta actividad, aparte de recursos humanos, requiere de ciertos equipos e insumos, lo cual eleva su costo. Además, es una medida temporal, pues los insecticidas aplicados de esta manera tienen corta duración, logran eliminar a los adultos transmisores, pero la densidad de estos se repone rápidamente. Por ello, debe aplicarse esta medida varias veces y, en general, es inefectiva para lograr un verdadero control del *Aedes aegypti* (Gubler y Clark 1995).

4.3 Efectos de la construcción de represas sobre el dengue

La construcción de las represas traerá consigo un grupo poblacional bastante grande, que estará en su mayoría compuesto por trabajadores del proyecto, los cuales se instalarán en las proximidades de la construcción. Esto desarrollará macro determinantes sociales para la transmisión del dengue, pues este contingente de personas se asentará de manera no planificada y carecerán de servicios básicos, lo que llevará al uso de recipientes para almacenamiento de agua. Además, los sistemas de recolección y almacenamiento de desechos serán inadecuados. Estos dos factores crearán focos de proliferación de larvas de *Aedes aegypti* (Gubler y Clark 1995).

Si bien no se han encontrado evidencias de circulación del virus ni del vector en el medio silvestre, la llegada del virus y el vector a estas nuevas poblaciones sucede de manera pasiva desde las zonas endémicas. El vector puede ser transportado en forma de huevos o larvas, en recipientes conteniendo agua. Mientras que el virus puede llegar en las personas que se encuentren cursando la enfermedad de forma asintomática.

A partir de este momento entran en juego los micro determinantes de la enfermedad, que incluyen el grado de susceptibilidad de las personas, los antecedentes de anteriores episodios de dengue en las personas y el tipo de virus que llega a la población. Estos dos últimos elementos juegan un papel decisivo en el tipo de enfermedad a presentarse. En efecto, las personas que jamás presentaron episodios de dengue son propensos a contraer el dengue clásico, mientras que las personas que ya tuvieron antecedentes tienen más riesgo de contraer dengue hemorrágico y desarrollar inclusive el síndrome de choque por dengue, con el consiguiente riesgo de morir (OPS 1995).

5. OTRAS ENFERMEDADES

5.1. Fiebre amarilla

Esta enfermedad es de origen viral y también es transmitida por mosquitos de los géneros *Sabethes* y *Haemagogus*, que se desarrollan en reservorios de agua que se encuentran en las copas de los árboles (insectos de hábitos dendrófilos). En Bolivia, su transmisión se remite únicamente a áreas silvestres.

Se debe tener en cuenta la alta letalidad de esta enfermedad, que sin embargo es fácilmente prevenible mediante inmunización. Los altos niveles de cobertura vacunal, tanto en la zona de influencia como a nivel nacional, hacen que esta enfermedad tenga pocas posibilidades de generar una emergencia epidemiológica en la población que reside en la zona de influencia. Sin embargo, la población que migre en busca de oportunidades de trabajo hacia estas zonas podría no estar vacunada, por lo cual se podrían generar casos esporádicos.

5.2. Filariasis

Es una parasitosis provocada por un grupo de parásitos nematodos (gusanos de cuerpo cilíndrico). En la actualidad, estos no han sido reportados en la zona, por lo que se presume que no existe peligro de transmisión. Sin embargo, existen endemias localizadas de este tipo de parasitosis, provocadas por *Manzonella ozzardi*, en los departamentos de Tarija, Chuquisaca, Cochabamba y La Paz, en Bolivia (Mercado y Cols 1961, Mollinedo y Cols 2001). Se registra la más alta prevalencia en la región del Chaco tarijeño, con el 26% de casos (Bartoloni y Cols. 1999).

También se registraron casos provocados por *Onchocerca volvulus*, en los estados del noreste del Brasil (Marchon y Cols. 2004)). *M. ozzardi* aparentemente produce una infección asintomática o con ligeras reacciones alérgicas, mientras que *O. volvulus* produce patología que afecta al tejido celular subcutáneo, piel y ojos. Esta última es la más grave, ya que puede determinar ceguera (Atias y Neghme 2000).

Los vectores implicados en su transmisión pertenecen a especies de los géneros *Culicoides* y *Simulium*. El último de estos tiene un desarrollo estrechamente ligado al agua, pues requiere aguas corrientes y con flujos relativamente rápidos, los cuales se desarrollarían río abajo. Después de la represa, actualmente, estos dos géneros mencionados arriba se desarrollan ampliamente en la zona de influencia, especialmente *Simulium*, que encuentra un hábitat ideal principalmente en las cachuelas existentes en los ríos Beni y Madera (Mollinedo y Cols 2001).

Con respecto a estas parasitosis, la población que migre hacia las zonas de construcción de las represas, atraídas por las fuentes de trabajo, podría actuar como reservorio de estas enfermedades. Una vez en el lugar, existiendo las condiciones necesarias, podrían diseminarse fácilmente.

5.3. Esquistosomiasis

Los agentes etiológicos de esta enfermedad son platelmintos (gusanos planos) del género *Schistosoma*; introducidos desde África en la población negra que trabajaba bajo el sistema de esclavitud. En Sudamérica se ha reportado a *S. mansoni*, el cual tiene un ciclo vital complejo, que comprende dos tipos de huéspedes. Uno es considerado como intermediario, que son pequeños caracoles acuáticos del género *Biomphalaria* (con amplia distribución a lo largo del continente). Y otro es el huésped definitivo, el humano; en este último tiene su hábitat en el torrente sanguíneo de los vasos vesicales y hemorroidales, donde produce severas lesiones, inicialmente localizadas y posteriormente sistémicas, que generalmente afectan hígado y pulmones (Atias y Neghme 2000).

Esta especie parasitaria, a la fecha, no ha sido reportada en Bolivia. Sin embargo, Brasil tiene focos muy bien localizados a lo largo de su costa atlántica. Se calcula que en esta región existen entre seis a ocho millones de personas afectadas (Atias y Neghme 2000).

El riesgo potencial para la ocurrencia de esta enfermedad, que podría ser considerada como emergente en Bolivia, está también ligado a la migración de trabajadores desde zonas endémicas del Brasil. Estos, en su calidad de portadores de la enfermedad, permitirían la diseminación del parásito hacia la región de la construcción de las represas.



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

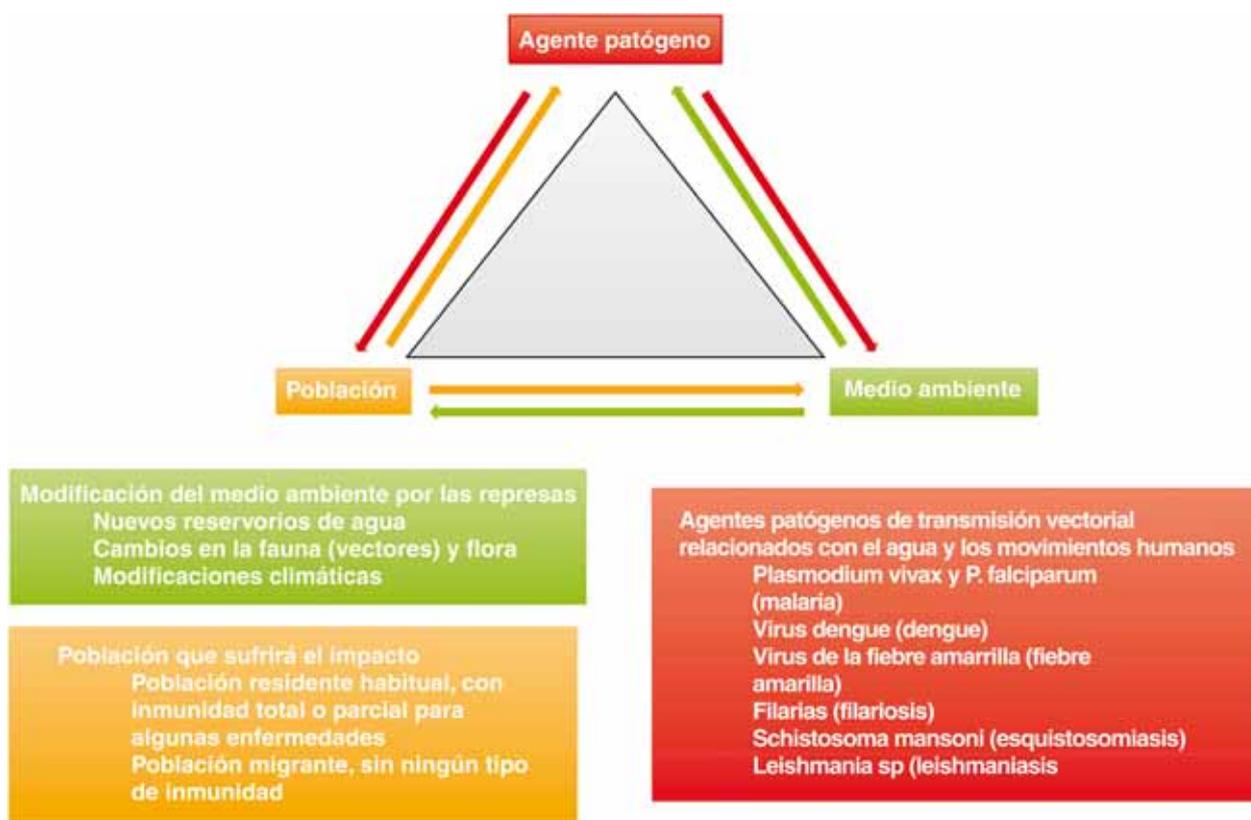
El enfoque curativo de la medicina —brindar atención y tratamiento a los pacientes— queda bastante alejado del tipo de visión que se le debe dar a la medicina en relación a las enfermedades infecciosas, el que además debe de ser preventivo. Se añade el concepto de control, para las enfermedades de transmisión vectorial. Esto en el sentido de que no solamente se ha de trabajar con el ser humano enfermo, para lograr su curación o en la prevención, cuando éste se encuentra en riesgo de enfermar. Además, el personal de salud debe enfrentar a otro tipo de ser vivo, altamente complejo y adaptable, tanto en sus factores biológicos, como en relación a sus hábitos.

En el caso particular que nos ocupa, se trata de evaluar el impacto que tendrá la construcción de represas sobre los elementos que hacen a la epidemiología (Gordis 1996). Así, las alteraciones en el medio ambiente,

producto de la construcción de las represas, será el detonante que logrará una ruptura en el equilibrio Salud - Enfermedad, afectando la totalidad del sistema climático de la región. Ello favorecerá a las condiciones de vida del vector y su dispersión, la cual tendrá estrecha relación con la dispersión de los agentes patógenos.

Es por demás conocido que estos cambios en la ecología de una determinada región, a causa de la intervención humana, favorecen grandemente al desarrollo de enfermedades como la malaria, leishmaniasis, oncocercosis y esquistosomiasis, además de otras enfermedades no transmitidas por vectores (Patz y Cols 2000). Dichos cambios, a su vez, tendrán un nexo con el tercer factor de la triada epidemiológica: el ser humano, que merced a estos cambios también modificará sus condiciones de vida, exponiéndose a mayores y nuevos riesgos de enfermar y, eventualmente, morir a causa de alguna de las enfermedades tratadas en este documento.

Gráfico 4. Alteraciones en la triada epidemiológica de algunas enfermedades transmitidas por vectores a causa de la construcción de represas.



Se debe tener en cuenta que los recursos —tanto de infraestructura como de personal de salud—, en la región son escasos; a esto se debe sumar el difícil acceso a la región. Son estos algunos factores determinantes por los que los indicadores de salud de esta zona, con respecto a las enfermedades

de transmisión vectorial, son algunos de los de mayor riesgo. Esta sucesión de eventos provocará un aumento en los niveles de pobreza y una disminución en los indicadores de salud, generando a su vez mayor cantidad de necesidades básicas insatisfechas.



Por otra parte, los costos tanto para el estado como para las familias que habitan esta región se incrementarían notablemente, pues las acciones de control y prevención de las enfermedades de transmisión vectorial son altas. Además de que, como se menciona en los documentos técnicos proporcionados por el Brasil, las obras deben tener su acompañamiento en relación al desarrollo de infraestructura sanitaria, recursos humanos y recursos financieros, que estén destinados a atender a la población residente habitual, como a la migrante.

Las acciones antes mencionadas deberían ser llevadas a cabo con carácter de urgencia y de manera inmediata. La creación de un sistema de vigilancia epidemiológica mucho más eficaz y de un sistema de salud local con capacidad de respuesta inmediata son también tareas a encarar. Todos estos elementos han sido construidos por nuestro sistema de salud durante años de trabajo continuo, y aún así no se ha llegado a grados de desarrollo que puedan ser considerados como adecuados. Ante esta situación, desde ya difícil, la construcción de las represas no haría otra cosa que agravarla aún más.

En relación a todo lo expuesto, debemos mencionar que el costo social y, en especial, el costo para la salud de la población, que serán consecuencia de la destrucción de nichos ecológicos de flora y fauna, y del estilo de vida de los habitantes de la región, harán que esta población esté aún más excluida y postergada en sus necesidades básicas. Estos costos son de seguro muchísimo más altos que el beneficio ofrecido por la construcción de las hidroeléctricas, pues sus impactos estarán presentes desde el inicio de la construcción y continuarán hasta mucho después de finalizadas. En este sentido, podemos concluir que es potencialmente peligroso continuar con este tipo de proyectos, mientras que deberían buscarse otras alternativas más creativas que permitan el desarrollo humano armónico y sostenible en las poblaciones que se encuentran dentro del área de influencia de estos proyectos.

La Paz, noviembre de 2008

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ashford (2000) The leishmaniasis as emerging and reemerging zoonoses. *International Journal for Parasitology* 30: 1269 - 1281
- Atias A, Neghme A (2000). *Parasitología médica*. Ed. Mediterráneo 2da Edición. Pp 615
- Barrientos A (2002) Impacto socioeconómico a nivel familiar de la malaria en Bolivia. Ministerio de Salud y Previsión Social, Dirección General de Control y Prevención de Enfermedades, Programa Nacional de Malaria. Pp 29
- Bartoloni A, Cancrini G, Bartalesi F, Marcolin D, Roselli M, Caceres C, Hall A. (1999). *Manzonia ozzardi* infection in Bolivia: Prevalence and clinical association in the Chaco region. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 61 (5) 830 – 833
- Bermudez H, Torrico F, Rojas E, Balderrama F, Le Ray D, Guerra H, Arevalo J (1993). *Leishmaniasis in the lowlands of Bolivia, prevalence of the disease in two groups of localities with different settlement ages in Carrasco Tropical, Cochabamba*. *Archs. Inst. Pasteur Tunis* 70 (3-4): 443 – 453
- Cambell-Lendrum D, Dujardin JP, Martinez E, Feliciangelli D, Perez E, Passerat de Silans LNM, Desjeux P (2001) Domestic and peridomestic transmission of american cutaneous leishmaniasis: Changing epidemiological patterns present new control opportunities. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 96 (2): 159 – 162
- Chavez LF, Cohen JM, Pascual M, Wilson ML (2008) Social exclusion modifies climate and deforestation impacts on a vector borne diseases. *PLoS Negl Trop Dis*. 2 (2); e176, doi: 10.1371/journal.pntd.0000176
- Dedet JP, Melogno R, Cardenas F, Valda L, David C, Fernandez V, Torrez M, Dimier-David L, Lyevre P, Villareal M (1995) Rural campaign to diagnose and treat mucocutaneous leishmaniasis in Bolivia. *Bulletin of the World Health Organization* 73 (3): 339 – 345
- Desjeux P (2004) Leishmaniasis: current situation and new perspectives. *Comparative Immunology, Microbiology & Infectious diseases* 27: 305 – 318
- Escobar J, Lopez Y, Osorio L, Gonzales M, Wolff M (1999) Manual para la vigilancia y control de vectores de la malaria, dengue, fiebre amarilla leishmaniasis, enfermedad de Chagas y encefalitis equina venezolana desde el nivel municipal. Dirección seccional de salud de Antioquia. Pp 150
- Ghebreyesus T, Haile M, Witten K, Getachew A, Yohannes A, Yohannes M, Teklehaimanot H, Lindsay S, Byass P. (1999) Incidence of malaria among children living near dams in northern Ethiopia: community based incidence survey. *BMJ*; 319: 663 – 666
- Gil E. (2000). *Paludismo/Malaria en los países amazónicos. Una revisión*. Documentos técnicos OPS. Pp 41
- Gordis L. (1996) *Epidemiology*. W.B. Saunders Co; Philadelphia. Pp 327
- Gubler D, Clark G. (1995) Dengue / dengue hemorrhagic fever: The emergence of a global health problema. *Emerging Infectious Diseases* 1(2): 55 – 57
- Handschemacher P, Herve J P, Hebrard, G. (1992). Des aménagements hydro-agricoles dans la vallée du fleuve Sénégal ou le risque de maladies hydriques en milieu sahelien. *Secheresse*, 4, 219–226
- Hunter J, Rey L, Chu K, Adekolu E, Mott E. (1994). Enfermedades parasitarias y desarrollo hidráulico. Necesidad de una negociación intersectorial. Organización Mundial de la Salud. Pp. 62



- Keiser J, Caldas de Castro M, Maltese M, Bos R, Tanner M, Singer H, Utzinger J. (2005) Effect of irrigation and large dams on the burden of malaria on a global and regional scale *Am J Trop Med Hyg* 72 (4): 392 – 406
- Lautze J, McCartney M, Kirshen P, Olana D, Jayasinghe G, Spielman A. (2007) Effect of a large dam on malaria risk: the Koka reservoir in Ethiopia. *Trop Med Int Health* 12 (8): 982 – 989
- Le Pont F, Breniere SF, Mouchet J, Desjeux P. (1988) Leishmaniose en Bolivie III. *Psychodopygus carrerai carrerai* (Barreto 1946) Nouveau vector de *Leishmania braziliensis* Vianna, 1911, en milieu sylvatique de región subandine base. *C. R. Acad. Sc. Paris* 307 (3): 279 – 282
- Le Pont F, Caillard T, Tibayrenc M, Desjeux P (1986) Bolivian phlebotomine II. *Psychodopygus yucumensis* N.SP., a new man biting phlebotomine sand fly from subandean region (Diptera: Psychodidae). *Mem Inst Oswaldo Cruz* 81 (1): 79 – 85
- Le Pont F, Desjeux P, Torrez JM, Fournet A, Mouchet J. (1992) Leishmanioses et phlebotomes en Bolivie. ORSTOM Editions. Pp 116
- Le Pont F, Desjeux P. (1985) Leishmaniasis in Bolivia I. *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva 1912) as the vector of visceral leishmaniasis in Los Yungas. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 79: 227 – 231
- Le Pont F, Mouchet J, Desjeux P, Torrez M, Richard A. (1989) Epidemiologie de la leishmaniose tegumentaire en Bolivie 2. Modalites de la transmission. *Annales de la Societé Belge de Medecine Tropicale.* 69: 307 – 312
- Marchon V, Caer JC, Post RJ, Maia – Herzog M, Fernandez O. (2004) Detection of *Onchocerca volvulus* (Nematoda: Onchocercidae) infections in vectors from amazonian Brazil following mass Mectizan distribution. *Mem. Inst Oswaldo Cruz* 99 (3): 1 – 6
- Martinez E, Le Pont F, Torrez M, Telleria J, Vargas F, Dujardin JC, Dujardin JP (2000) *Lutzomyia nuneztovari anglesi* (Le Pont & Desjeux, 1984) as a vector of *Leishmania amazonensis* in a sub andean leishmaniasis focus of Bolivia. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 61 (5): 846 – 849
- Mercado R, Lara A, Diez de Medina E, Hernández C. (1961) Filariasis en Bolivia. *Revista de salud pública boliviana* 2 (5) 49 – 56
- Ministerio de Salud y Deportes (2006). Situación de salud: Bolivia 2004. Serie: Documentos de divulgación científica. Pp 164
- Ministerio de Salud y Deportes (2007). Leishmaniasis: Guía operativa para el control en Bolivia. Documentos técnico normativos. Pp 70
- Mollinedo S, De la Cruz L, Chavez T, Holguin E, Girona W. (2001) *Manzonella ozardi*: Un potencial parásito emergente en Bolivia. *Anuario Epidemiológico* 2000. Ministerio de provisión social, Dirección general de epidemiología. 191 – 193
- Mouchet J, Carnevale P, Coosemans M Julvez J, Manguin S, Lenoble D, Sircoulon M. (1989) Demography and vector borne diseases. Boca Raton, FL. CRC Press. Pp 325.
- Mouchet J, Carnevale P, Coosemans M, Julvez J, Manguin S, Lenoble D, Sircoulon J (2004) Biodiversite du paludisme dans le monde. Jhon Libbey Eurotex Editors. Pp 428
- Navarro G, Maldonado M. (2004) Geografía ecológica de Bolivia. Vegetación y ambientes acuaticos. Ed. Simon I Patiño, Segunda edición. Pp 719
- OMS (1991) Principios de epidemiología para el control de la malaria. Modulo 1 El proceso infeccioso de la malaria. Programa de enfermedades transmisibles. Unidad de epidemiología. Washington D.C. Pp 82
- OMS (2006) Bolivia: Índice de salud municipal 2005. Ministerio de Salud y Deportes. Pp 12
- OPS (1995). Dengue y dengue hemorrágico en las Américas: guías para la prevención y control. Publicación científica 548. Pp 110
- OPS (2002) Principios de epidemiología para el control de enfermedades. Modulo 2. Segunda edición. Pp 46
- Patz J, Graczyk T, Geller N, Vittor A. (2000). Effects of environmental change on emerging parasitic diseases. *International Journal for Parasitology* 30: 1395 – 1405
- Pereira JB, Pereira M, Carneiro R, Ribeiro AK, Silva S, Braga IA, Pimentel R, Valle D. (2003) Resistance of *Aedes aegypti* to organophosphates in several municipalities in the state of Rio de Janeiro and Espirito Santo, Brazil. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 68 (3): 329 – 333
- Peters W, Killik – Kendrick R. (1986) The leishmaniasis in biology and medicine. Academic Press Vol I Pp 550
- PNUD (2007) Informe nacional sobre desarrollo humano 2007. El estado del estado en Bolivia Pp 521
- Telleria J, Bosseno MF, Tarifa T, Buitrago R, Martinez E, Torrez M, Le Pont F, Breniere SF. (1999). Putative reservoirs of *Leishmania amazonensis* in a sub andean focus of Bolivia identified by kDNA polimerase chain reaction. *Memorias Instituto Oswaldo Cruz* 94 (1): 5 – 6
- Tetteh I, Frempong E, Awuah E. (2004) An analysis of the environmental health impact of the Barekese Dam in Kumasi, Ghana *Journal of Environ-*



mental Management 72 189–194

Torrez M, Le Pont F, Mouchet J, Desjeux P, Richard A. (1989) Epidemiologie de la leishmaniose tegumentaire en Bolivie 1. Descripción des zones de etude et frequency de la maladi. Annales de la societ  belgue de medecine tropicale. 69: 297 – 306

Torrez M, Lopez M, Le Pont F, Martinez E, Mu oz M, Hervas D, Yacsic N, Arevalo J, Sossa D, Dedet JP, Dujardin JP. (1999). *Lutzomyia nuneztovari anglesi* (Diptera: Pychodidae) as a probable vector of *Leishmania braziliensis* in the Yungas, Bolivia. *Acta Tropica*, 71: 311 – 316

Tubaki R, Menezes R, Cardoso R, Bergo E. (2004). *Studies on entomological*

monitoring: mosquito species frequency in riverine habitats of the Igarapava dam, southern region, Brazil. *Revista Instituto Medicina Tropical Sao Paulo* 46 (4): 223 – 229

UDAPE (2006) Cuarto informe de progreso de los objetivos de desarrollo del milenio. Unidad de análisis de políticas sociales y económicas (UDAPE), Comité interinstitucional de las metas de desarrollo del milenio (CIMDM) Pp. 86

Van der Hoek W, Konradsen F, Amerasinghe P, Perera D, Piyaratne M, Amerasinghe F, (2003) Towards a risk map of malaria for Sri Lanka: the importance of house location relative to vector breeding sites. *International Journal of Epidemiology*; 32: 280 – 285



Estudio del río
Madera:
Remanso
hidráulico y
sedimentación



*Jorge Molina Carpio
Fabiola Ledezma
Philippe Vauchel*



Estudio del río Madera: Remanso hidráulico y sedimentación



Jorge Molina Carpio
Fabiola Ledezma
Philippe Vauchel

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes y objetivos

Se estima que el río Madera transporta la mitad de los sedimentos de toda la cuenca amazónica, por lo que un análisis del transporte y deposición de sedimentos es indispensable para todo proyecto de represas en ese río. Los estudios de ingeniería (2004) y Evaluación de Impacto Ambiental (EIA, 2005) de las represas de Jirau y Santo Antonio, realizados por las empresas Furnas y Odebrecht, incluyeron ese tipo de análisis. Sin embargo, los resultados fueron muy diferentes y hasta contradictorios. Los estudios de ingeniería, que usaron el método preliminar de la curva de Brune, estimaron que se perdería solamente 50% del volumen de los embalses y que después de cierto tiempo, ya no habría sedimentación. En cambio, el EIA, que usó un modelo unidimensional de transporte-deposición, estimó que la sedimentación continuaría después de 50 años de operación y que la sedimentación en el embalse de Jirau, se extendería más allá de Brasil, afectando el tramo binacional del río Madera y por tanto territorio boliviano. Esa sedimentación incrementaría los niveles de agua y por tanto el área de inundación.

Ante el problema de que las represas tuviesen impactos transfronterizos, Furnas y Odebrecht rechazaron los resultados de sus propios estudios, apoyándose en la opinión de algunos consultores contratados por ellos. En particular, descartaron los resultados del modelo unidimensional con el argumento de que faltaba información, especialmente en el tramo binacional del río Madera. Pese a sus contradicciones y por la fuerte presión política, el IBAMA, organismo ambiental del Gobierno brasileño, aceptó la posición de Furnas y Odebrecht y otorgó la licencia ambiental.

En ese marco y por medio de Internacional Rivers Network (IRN), se propuso realizar un análisis independiente del transporte, deposición, sedimentos y del efecto de remanso hidráulico, en el tramo de río Madera a ser afectado por los embalses. En noviembre de 2007, la Fundación Blue Moon aceptó financiar parte de los costos de ese análisis, dentro de un grupo de acciones más amplio sobre el Proyecto Hidroeléctrico del río Madera.

El análisis se realizó en base a la información existente en los estudios de Furnas-Odebrecht, la información proporcionada por el Gobierno brasileño al Gobierno boliviano y los datos de la Agencia Nacional de Aguas (ANA), para el sector brasileño de la cuenca. Para Bolivia se recopilaron y procesaron datos hidrometeorológicos, sedimentológicos y topobatimétricos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y del Institut du Recherche pour Développement (IRD), instituciones que manejan las estaciones del norte amazónico de Bolivia, en el marco del programa ORE-Hybam.

Los objetivos del presente estudio son:

- Evaluar los efectos que las represas de Jirau y Santo Antonio tendrán sobre el funcionamiento hidráulico (niveles, velocidades, etc.) del tramo del río Madera entre Porto Velho y la confluencia del río Beni, mediante un análisis de remanso hidráulico.
- Evaluar la posible sedimentación inducida por los embalses, con énfasis en el tramo binacional entre Abuná y la confluencia del río Beni.

1.2 Metodología

La simulación del comportamiento hidráulico (niveles de agua, velocidades, etc) se realizó mediante el modelo HEC-RAS versión 4.0 (2008), desarrollado por el US Army Corps of Engineers. El HEC-RAS es un modelo unidimensional que permite calcular perfiles hidráulicos de cursos de agua para condiciones naturales y artificiales, como es el caso de las condiciones inducidas por represas. Requiere información menos detallada que los modelos bi y tridimensionales, lo que fue un factor que se tomó en cuenta al seleccionarlo.

Se usó el módulo de flujo permanente de HEC-RAS, que usa las ecuaciones de conservación de la masa y energía. Los datos de secciones transversales fueron obtenidos de los levantamientos topobatimétricos realizados



por FURNAS-ODEBRECHT, en Brasil, y por SENAMHI-ENDE, en Bolivia. Los datos de caudal líquido y sólido fueron obtenidos de un análisis hidrológico realizado en base a los registros de las estaciones hidrométricas de Porto Velho, en Brasil, y Cachuela Esperanza y Guayaramerín, en Bolivia.

La simulación del transporte y deposición de sedimentos se realizó con el módulo Sediment Transport Analyses (STA) de la versión 4.0 del HEC-RAS. Este módulo, derivado del modelo HEC-6, fue incorporado recientemente al HEC-RAS. Es un modelo unidimensional de transporte-deposición de sedimentos, que puede trabajar sobre los datos disponibles y permite evaluar el comportamiento sobre un periodo de simulación extenso.

Se realizó también un análisis de sensibilidad de las principales variables de incertidumbre, que se identificaron en base a un análisis de los estudios previos y las limitaciones de información.

1.3 El Proyecto

En 1971 el Ministerio de Minas y Energía de Brasil identificó las cachuelas de Jirau, Santo Antônio y Teotônio como posibles sitios para la construcción de centrales hidroeléctricas. La ELETRONORTE realizó en 1983 estudios de inventario de la cuenca del Madera, profundizando los estudios en algunos afluentes del Bajo Madera. Estos estudios dieron origen posteriormente a estudios de factibilidad de algunas centrales de tamaño medio, como las del río Jiparana, un afluente de la margen derecha. Paralelamente, la Em-

presa Nacional de Electricidad (ENDE, 1985) de Bolivia identificó y realizó el estudio de diseño final de la central hidroeléctrica de Cachuela Esperanza (35 MW) en el río Beni, con el propósito de abastecer de energía a las ciudades de Riberalta y Guayaramerín.

Las crecientes necesidades de energía del Brasil (se estima un crecimiento de la demanda de 83,000 MW el 2002 a 124,000 MW el 2012) plantean la necesidad de nuevos proyectos. Así, durante los años 2001 y 2002, se realizaron los Estudios de Inventario Hidroeléctrico del río Madera, en forma conjunta con las empresas Furnas Centrais Elétricas SA y CNO-Constructora Noberto Odebrecht SA, que tienen la licencia de la Agencia Nacional de Electricidad del Brasil (ANEEL). Las actividades de ingeniería consultora fueron desarrolladas por PCE-Projetos e Consultorias de Engenharia Ltda y Furnas Centrais Elétricas SA. Las mismas empresas concluyeron el estudio de factibilidad en 2004, y junto con Leme Engenharia, los estudios de impacto ambiental en 2005.

Los estudios proponen la construcción de las centrales hidroeléctricas de Jirau y Santo Antonio en el tramo brasileño Abuná-Porto Velho, que fueron seleccionadas como la combinación más conveniente desde el punto de vista técnico-económico. Se ha propuesto una tercera central (Ribeirão), que aprovecharía el desnivel de algo más de 20 m que existe en el tramo binacional Abuná-Guayaramerín, y posiblemente, una cuarta en Cachuela Esperanza sobre el río Beni, situada íntegramente en territorio boliviano. La Figura 1.1 muestra la ubicación de esas cuatro centrales.

Figura 1.1: Ubicación de las centrales hidroeléctricas del río Madera



Fuente: Complejo hidreléctrico do rio Madeira, estudos de viabilidade, 2004.



La Tabla 1.1 resume las principales características técnicas y de costos de las centrales Jirau y Santo Antonio. En el caso de la central de Jirau, la necesidad de evitar la inundación de territorio boliviano obligó a considerar un nivel

variable durante el año, lo que marca una diferencia importante con los estudios de inventario.

Tabla 1.1: Características generales de las centrales de Jirau y Santo Antonio

| | SANTO ANTÔNIO | JIRAU |
|------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| Potencia instalada (MW) | 3150 | 3300 |
| Energía media, p. histórico (MW med) - cota constante | 2196 | 2225 |
| Cota variable | | 1964 |
| Caída bruta media (m) | 16.8 | 17.10 |
| Caída líquida de referencia (m) | 13.9 | 15.2 |
| Nivel de agua normal en el embalse (msnm) | 70.0 | 90.0 |
| Nivel de agua normal aguas abajo (msnm) | 55.29 | 74.23 |
| Superficie normal del embalse (km ²) | 271 | 258 |
| Vida útil del embalse (años) | >100 | >50 |
| Caudal de diseño del vertedero, T=10000 años (m ³ /s) | 84000 | 82600 |
| Altura máxima de la presa (m) | 60.0 | 35.5 |
| Número y tipo de turbina | 44, Bulbo | 44, Bulbo |
| Potencia unitaria de cada turbina (MW) | 73 | 75 |
| Factor de capacidad de las plantas - cota constante | 0.68 | 0.66 |
| Cota variable | | 0.58 |
| Costo de la energía generada (US\$/MWh) | 44.3 | 43.2 |
| Población directamente afectada | 2046 | 953 |

Fuente: Furnas-Odebrecht, 2004

Los costos de la energía generada no incluyen los costos de transmisión. La vida útil de los embalses fue estimada bajo el supuesto de que los embalses tienen una capacidad de retención de sedimentos muy baja: 20% al inicio del proyecto, en el caso de Jirau, que se va reduciendo a 1% al cabo de 15 años, para ser virtualmente 0% a partir de los 30 años. Esta estimación se basa en la gran longitud y modesto volumen de los embalses en relación al caudal líquido del río Madera.

Los proyectos de Jirau y Santo Antonio registran un considerable avance, que se ha visto facilitado por la falta de reacción del Gobierno boliviano. En diciembre de 2007, Santo Antonio fue adjudicado al consorcio Madeira Energia, formado las empresas Odebrecht, Andrade Gutierrez, Cemig y Furnas. En mayo de 2008, Jirau fue adjudicado al consorcio Energia Sustentable de Brasil, encabezado por la empresa francesa Suez. Los proyectos se adjudicaron al consorcio que ofreció el precio más bajo (en reales: 78.87 para Santo Antonio y 71.4 para Jirau) por la energía a generar. En la Tabla 1.1 figura ese precio en dólares, según el tipo de cambio en la fecha de adjudicación.

La presión del Gobierno brasileño jugó un rol decisivo en todo el proceso de licenciamiento. En marzo de 2007, el Informe Técnico del IBAMA (Instituto Brasileño de Medio Ambiente, responsable de otorgar las licencias ambientales) N° 014/2007 concluyó que: "el análisis de los impactos ambientales identificados demostró la fragilidad de los mecanismos y propuestas de mitigación. El equipo técnico concluyó que no es posible verificar la viabilidad ambiental de los aprovechamientos hidroeléctricos Santo Antonio y Jirau, siendo imperiosa la realización de un nuevo Estudio de Impacto Ambiental, más amplio, tanto en territorio nacional como en territorios transfronterizos, incluyendo la realización de nuevas audiencias públicas. Por tanto, se recomienda la no emisión de la Licencia Previa". Meses después (julio 2007), el IBAMA otorgó la licencia ambiental previa, después de la renuncia de su Director y de que fuese cambiado el equipo técnico que emitió el Informe 014/2007. Con esa licencia se realizaron las licitaciones. A la fecha (junio 2008) se tramita la Licencia de Instalación que permitiría iniciar las obras de Santo Antonio.



En abril de 2004, la empresa Constructora Noberto Odebrecht solicitó a la Superintendencia de Electricidad de Bolivia dos licencias provisionales, para realizar estudios de factibilidad para la implementación de centrales hidroeléctricas en los ríos Mamoré/Maderá, tramo Guayaramerín-Abuná y en el río Beni. La solicitud fue rechazada por la Superintendencia en base a las observaciones realizadas por varias instituciones, con la recomendación de que se tramite en el marco de un acuerdo binacional. Paralelamente, el consorcio Furnas-Odebrecht solicitó a la ANEEL autorización para realizar estudios de factibilidad de la central hidroeléctrica de Guajará-Mirim (revista Brasil Energia, enero 2005), ubicada en el tramo fronterizo del río Madera, entre Abuná y Guayaramerín (ver Figura 1.1). Según el director de contratos de Odebrecht, Jose Bonifacio Pinto Junior, la potencia instalada de esta hidroeléctrica deberá estar alrededor de 3000 MW y la inversión sería compartida entre Brasil y Bolivia.

Hay razones para suponer que la construcción de la presa binacional en el tramo Guayaramerín-Abuná es excluyente con la represa de Cachuela Esperanza. Los datos que maneja el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Bolivia (SENAMHI) muestran que el nivel del cero de la regla limnimétrica de Guayaramerín es de 112.51 msnm, más de 11 m por encima del cero de la regla de Cachuela Esperanza. El nivel normal del agua en el futuro embalse debería alcanzar el de Guayaramerín para eliminar el obstáculo a la navegación que representa la cachuela próxima a esta población. Si ese es el caso y sólo se construye una presa en ese tramo, Cachuela Esperanza sería sumergida por el nuevo embalse. Considerando que el nivel normal del embalse de Jirau será de 90.0, lo más probable es que entre Guayaramerín y Abuná se proyecte una presa única. El nuevo embalse inundaría territorio boliviano a lo largo de los ríos Madera, Mamoré y Beni.

La navegación es otro componente importante del proyecto. Mediante la construcción de esclusas a un costo razonable, se posibilitaría la navegación de más de 4000 km de vías fluviales aguas arriba de las presas, inte-

grando grandes regiones de Brasil, Bolivia y Perú. La apertura a la navegación de los ríos Madera e Iténez es la única manera de hacer realidad el eje Norte-Sur (Orinoco-Amazonas-Plata) de la IIRSA. Sin embargo, las esclusas fueron excluidas del proyecto presentado al IBAMA, para facilitar la obtención de la licencia ambiental.

En el Brasil, los beneficios de la nueva vía navegable alcanzarían directamente a los estados de Rondônia y Mato Grosso, al norte de Cuiabá hasta la carretera BR-163 a la altura de Lucas de Rio Verde, cubriendo una región de cerca de 350,000 Km², con potencial de producir 28 millones de toneladas/año de granos en 7 millones de hectáreas (PCE, Furnas, Odebrecht, 2002). Esta región produce actualmente cerca de 3 millones de toneladas/año. Considerando los insumos necesarios de fertilizantes y combustibles a ser transportados por esta hidrovía, se estima que la carga total potencial a ser transportada por la hidrovía Madera-Iténez será de 35 millones de toneladas/año. Se propone además ampliar las facilidades del puerto de Itacoatiara, en la confluencia de los ríos Madera y Amazonas, para facilitar el transporte de carga de Brasil, Perú, Bolivia, Colombia y Ecuador. La nueva instalación se denominaría Puerto Bolívar.

El análisis del componente de navegación ha estado centrado en el transporte aguas abajo en dirección al Amazonas y al Atlántico. Según la concepción de la iniciativa de Integración de la Infraestructura Regional de Sudamérica (IIRSA), la dirección podría ser la opuesta: el transporte multimodal de carga brasileña hacia los puertos del Pacífico. Por ejemplo, la nueva vía fluvial se conectaría en Puerto Maldonado (Perú), sobre el río Madre de Dios, a la carretera que forma parte del eje Perú-Brasil y en Puerto Villaroel (Bolivia), sobre el río Mamoré, al eje interoceánico. Debe destacarse que para hacer realidad la navegación del Madera debe construirse la represa de Ribeirao en el tramo Abuná-Guayaramerín, además de las presas de Jirau y Santo Antonio; es decir un mínimo de tres presas.



Capítulo 2
HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

2.1 Régimen hidrológico

El río Madera es el principal afluente del río Amazonas, tanto por caudal como por longitud. Se forma por la unión de los ríos Beni y Ma-

moré en las proximidades de la población de Villa Bella. Se acostumbra denominar Alto Madera al curso (y cuenca) del río aguas arriba de esa población y Bajo Madera al curso aguas abajo de Porto Velho. Entre los dos se encuentra el tramo de cachuelas (cascadas de baja altura) y rápidos, donde se proyecta construir las represas (ver Figura 2.1).

Figura 2.1: El río Madera y la zona del proyecto



La Tabla 2.1 muestra las estimaciones más recientes de Furnas-Odebrecht (2007) de los caudales medios mensuales del río Madera, en las estaciones hidrométricas de Porto Velho y Abuná y del Mamoré en Guayaramerín, para diferentes periodos. Como la estación de Porto Velho comenzó a funcionar en 1967, los caudales medios del periodo 1931-1967 fueron estimados según la metodología descrita en la nota ANA 91/2007 (2007), que modificó significativamente los caudales estimados previamente para ese periodo (Furnas-Odebrecht, 2004).

La estación de Abuná (Abuna-Vila) está situada 8 Km aguas arriba de la confluencia con el río Abuná y drena una cuenca de 932,000 Km². En Por-

to Velho, el río Madera drena una cuenca de una superficie estimada en 988,000 Km². La superficie de la cuenca del Mamoré en Guayaramerín ha sido estimada en 589,000 Km².

El caudal máximo medio mensual se produce en marzo y el mínimo en septiembre (Figura 2.2). El caudal medio del mes más húmedo (marzo) fue de 35700 m³/s durante el periodo 1967-01. Este comportamiento es resultado de la combinación de los regímenes hidrológicos de sus dos principales formadores: los ríos Mamoré y Beni, cuyos máximos se producen en marzo-abril y febrero, respectivamente.



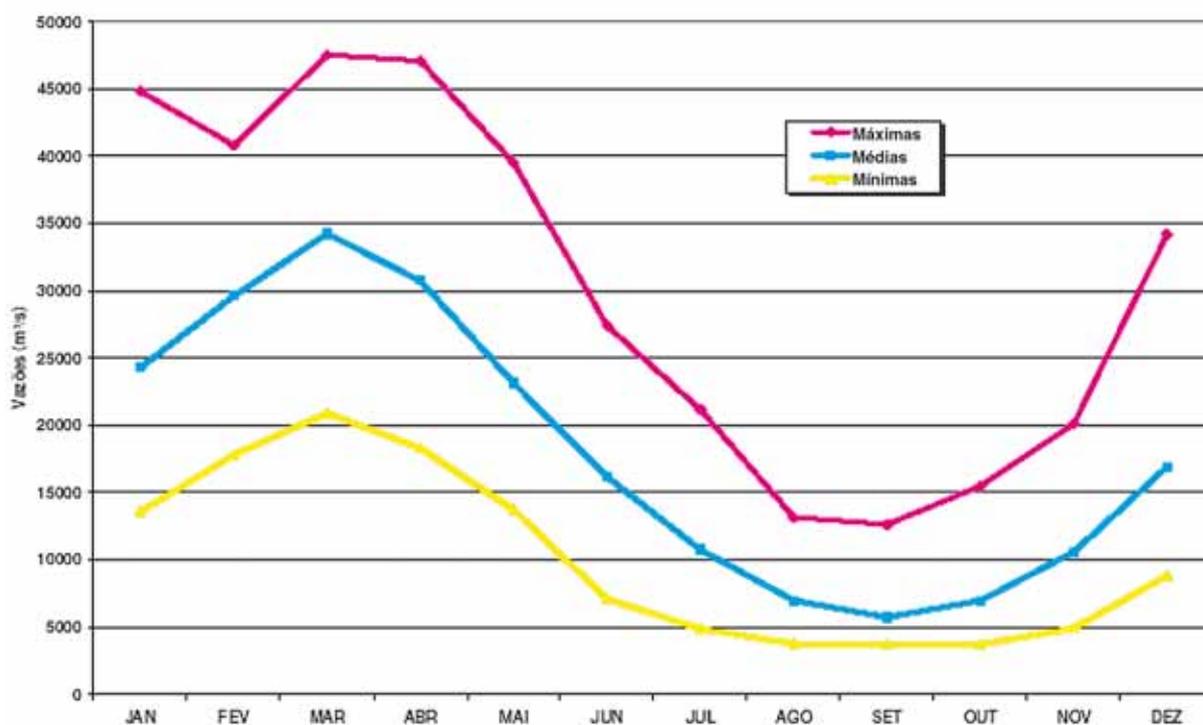
Tabla 2.1: Caudales medios mensuales de los ríos Mamoré y Madera

| Río/estac | Periodo | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Año |
|-----------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Madera en Porto Velho | 1967-01 | 23968 | 30761 | 35659 | 34502 | 26665 | 18659 | 11939 | 7161 | 5712 | 6855 | 10459 | 16651 | 19083 |
| | 1931-05* | 23734 | 30535 | 35135 | 34017 | 26155 | 18308 | 11751 | 7266 | 5481 | 6566 | 10302 | 16420 | 18806 |
| | 1977-97 | 25209 | 31728 | 36449 | 36314 | 29370 | 20830 | 13419 | 7894 | 5958 | 7100 | 11202 | 17325 | 20233 |
| Madera en Abuná | 1977-97 | 24064 | 29749 | 33091 | 31942 | 26278 | 18906 | 11859 | 6655 | 4948 | 6243 | 10183 | 16140 | 18338 |
| Mamoré en Guayar. | 1971-01 | 8294 | 11104 | 15737 | 15251 | 13199 | 9959 | 4987 | 2757 | 1817 | 2022 | 2780 | 6186 | 7841 |
| | 1977-97 | 9293 | 12162 | 18820 | 15987 | 13733 | 11496 | 5656 | 3154 | 1880 | 2162 | 3000 | 6376 | 8643 |

Fuente: Furnas, Odebrecht, 2007

*Observado y estimado

Figura 2.2: Caudales medios mensuales en Porto Velho, 1931-97



Fuente: Estudio de Viabilidad (Furnas-Odebrecht, 2004)

Para poder estimar el caudal al inicio (Villa Bella) y final (Porto Velho) del tramo de estudio y así estimar el aporte de la intercuenca, la Tabla 2.1 muestra los caudales en cada una de las tres estaciones para el periodo común de 1977-97. Durante este periodo, relativamente húmedo, el aporte medio de la intercuenca entre Abuná y Porto Velho sería 1895 m³/s (20233-18338). Como entre Abuná y Villa Bella, la intercuenca tiene una superficie de solamente 4100 Km², se puede asumir que los caudales en Villa Bella corresponden a los de Abuná.

Sin embargo, un análisis más reciente (Vauchel, 2008), de los registros de la estación brasileña de Porto Velho y de las estaciones bolivianas de Cachuela Esperanza, sobre el río Beni, y Guayaramerín, sobre el Mamoré,

identifica algunos problemas en el análisis de Furnas-Odebrecht (2007). En particular en la metodología y relaciones utilizadas para el relleno de los caudales del periodo 1908-1967, en Porto Velho, y en el cálculo de los caudales de los periodos 1967-70 y 1971-74, en esa estación.

Como resultado de ese análisis, se decidió utilizar para las simulaciones solamente la serie de caudales mensuales del periodo 1967-07, que se muestra en la Tabla 2.2. La serie de la Tabla 2.2 no se diferencia mucho de la serie obtenida por Furnas-Odebrecht (2007), excepto en los periodos 1967 a 1970 y 16/06/1971 a 21/02/1974, en que se modificaron en forma significativa las curvas de descarga.

Tabla 2.2: Caudales mensuales (m³/s) en Porto Velho, 1967-2007

| Año | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Media |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1967 | | | | 23570 | 16320 | 11790 | 6838 | 5269 | 3964 | 4186 | 7705 | 9795 | |
| 1968 | 13240 | 23080 | 30730 | 24480 | 13380 | 7089 | 4962 | 3880 | 5058 | 5028 | 7344 | 11590 | 12450 |
| 1969 | 21550 | 24200 | 24200 | 23360 | 15010 | 11880 | 7756 | 4643 | 3845 | 4001 | 6617 | 13280 | 13290 |
| 1970 | 16120 | 21370 | 26670 | 26650 | 22550 | 16660 | 9694 | 5629 | 4989 | 4975 | 6257 | 9509 | 14200 |
| 1971 | 19520 | 29370 | 32540 | 27090 | 18130 | 10580 | 7821 | 4883 | 4449 | 6589 | 9061 | 14450 | 15290 |
| 1972 | 19100 | 25860 | 32420 | 32340 | 21910 | 15960 | 8862 | 7654 | 9760 | 10300 | 9576 | 18960 | 17690 |
| 1973 | 23160 | 31310 | 35830 | 34510 | 26200 | 19880 | 12870 | 8841 | 6802 | 6919 | 12510 | 19660 | 19800 |
| 1974 | 27660 | 33280 | 40590 | 34960 | 28500 | 19370 | 11930 | 7640 | 5539 | 6110 | 10970 | 13860 | 19950 |
| 1975 | 21840 | 30870 | 35990 | 33600 | 24600 | 16710 | 12760 | 6773 | 4915 | 7551 | 8380 | 17640 | 18400 |
| 1976 | 26690 | 34860 | 37860 | 34680 | 26650 | 17790 | 9368 | 5296 | 4532 | 4827 | 8081 | 12490 | 18530 |
| 1977 | 24830 | 28890 | 38820 | 35070 | 28530 | 18980 | 11970 | 7475 | 5829 | 7427 | 12720 | 19210 | 19930 |
| 1978 | 26810 | 32600 | 38930 | 33360 | 24990 | 17610 | 12480 | 5941 | 3779 | 4595 | 8082 | 20320 | 19050 |
| 1979 | 29790 | 35150 | 37120 | 40130 | 33170 | 21380 | 11580 | 6390 | 5172 | 5278 | 6801 | 10920 | 20140 |
| 1980 | 20190 | 26190 | 33890 | 34680 | 27900 | 22600 | 13390 | 8080 | 7175 | 8137 | 8990 | 12210 | 18580 |
| 1981 | 18010 | 28500 | 35280 | 35240 | 28960 | 23620 | 11920 | 6122 | 4640 | 7013 | 12570 | 20120 | 19260 |
| 1982 | 32250 | 36390 | 41780 | 45600 | 37820 | 27370 | 19340 | 10720 | 6759 | 12070 | 18170 | 22580 | 25830 |
| 1983 | 25490 | 30680 | 34510 | 30900 | 30220 | 24310 | 20870 | 12910 | 6045 | 5656 | 8478 | 13020 | 20200 |
| 1984 | 26300 | 35460 | 41730 | 47370 | 39210 | 26650 | 16240 | 8022 | 5405 | 5664 | 15030 | 21000 | 23950 |
| 1985 | 29100 | 33810 | 34550 | 35140 | 33190 | 23610 | 14240 | 9916 | 6854 | 8120 | 11980 | 16120 | 21310 |
| 1986 | 25420 | 34990 | 41530 | 43850 | 34140 | 26570 | 17150 | 10590 | 8590 | 9640 | 8298 | 17280 | 23090 |
| 1987 | 26320 | 31360 | 28300 | 24020 | 22290 | 13740 | 7852 | 5337 | 3806 | 4725 | 10150 | 22400 | 16610 |
| 1988 | 27010 | 32240 | 34700 | 39620 | 31180 | 21920 | 12620 | 5725 | 3422 | 3800 | 5249 | 9396 | 18850 |
| 1989 | 21590 | 28790 | 32040 | 31190 | 24240 | 15170 | 10070 | 5617 | 5327 | 4670 | 5927 | 9752 | 16110 |
| 1990 | 21100 | 28170 | 29010 | 24790 | 22490 | 18660 | 12270 | 6116 | 4902 | 6554 | 14690 | 19460 | 17280 |
| 1991 | 27320 | 33930 | 35780 | 33940 | 26030 | 19930 | 11730 | 6986 | 4149 | 5032 | 8491 | 14790 | 18910 |
| 1992 | 25270 | 26840 | 37570 | 36160 | 32190 | 24530 | 20090 | 9783 | 12000 | 15000 | 14960 | 22780 | 23090 |
| 1993 | 30640 | 38750 | 42400 | 43230 | 32660 | 20110 | 10660 | 7045 | 6451 | 6305 | 11970 | 19120 | 22330 |
| 1994 | 25190 | 32440 | 33520 | 33690 | 25770 | 14780 | 8317 | 5458 | 3269 | 4982 | 13050 | 15740 | 17920 |
| 1995 | 26030 | 29060 | 36030 | 34550 | 24610 | 14860 | 8816 | 7032 | 3730 | 3745 | 5439 | 13680 | 17230 |
| 1996 | 19000 | 28620 | 29830 | 31460 | 20730 | 14090 | 8584 | 4665 | 4701 | 5769 | 11570 | 15520 | 16150 |
| 1997 | 24820 | 32420 | 43030 | 44870 | 33690 | 23320 | 14060 | 8020 | 4990 | 6734 | 9762 | 17050 | 21820 |
| 1998 | 21550 | 24280 | 33220 | 33920 | 21570 | 12130 | 7250 | 4680 | 4380 | 6070 | 13840 | 21020 | 16940 |
| 1999 | 26700 | 33710 | 34050 | 32990 | 22610 | 14350 | 10240 | 5297 | 3695 | 4251 | 5867 | 13540 | 17170 |
| 2000 | 19230 | 25850 | 30960 | 27670 | 18940 | 13770 | 8783 | 5598 | 6300 | 4547 | 9685 | 15690 | 15540 |
| 2001 | 23990 | 32670 | 40490 | 35200 | 25720 | 17950 | 10510 | 6556 | 4456 | 5502 | 11360 | 16820 | 19180 |
| 2002 | 23020 | 27860 | 35400 | 29980 | 22950 | 16800 | 9125 | 5697 | 4698 | 5839 | 8609 | 15070 | 17020 |
| 2003 | 21830 | 29260 | 32550 | 32760 | 21900 | 15210 | 8178 | 5061 | 3902 | 5968 | 7434 | 13350 | 16360 |
| 2004 | 26930 | 29750 | 27050 | 26590 | 20600 | 13200 | 8806 | 6249 | 4218 | 4623 | 8810 | 15080 | 15950 |
| 2005 | 21470 | 24500 | 29240 | 25740 | 15980 | 12430 | 6869 | 3517 | 2556 | 4027 | 8649 | 15240 | 14120 |
| 2006 | 25510 | 35900 | 37590 | 37070 | 23040 | 13950 | 8580 | 4936 | 3454 | 5614 | 11880 | 17650 | 18650 |
| 2007 | 24630 | 28560 | 36620 | 38860 | 31560 | 20060 | 10320 | 6494 | 3642 | 4812 | 11890 | 20140 | 19730 |
| 2008 | 27310 | 36380 | 39130 | 42480 | | | | | | | | | |
| Media | 23989 | 30444 | 34963 | 33747 | 25662 | 17838 | 11116 | 6647 | 5174 | 6162 | 9924 | 16032 | 18448 |

Fuente: Vauchel, 2008



El análisis de Vauchel parece mostrar que el caudal en la estación brasileña de Abuná fue ligeramente subestimado. Para el periodo común 1983-94 y 2002-07, la diferencia promedio de la suma de los caudales registrados en las dos estaciones bolivianas y Porto Velho es de 1431 m³/s. Si se usan los registros de la estación brasileña de Guayaramerín, la diferencia es aún menor. Además hay que tomar en cuenta que entre Guayaramerín y Villa Bella, el río Mamoré recibe un afluente de cierta importancia: el río Yata, y que el caudal promedio de 1983-94 y 2002-07 en Porto Velho (19147 m³/s) estuvo ligeramente por encima de la media.

En base a los datos anteriores, se puede estimar que la intercuenca

entre Villa Bella y Porto Velho aporta un caudal medio del orden de 900 a 1200 m³/s. De ese aporte, aproximadamente 500-600 m³/s provienen del río Abuná, el principal afluente de ese tramo, que drena una subcuenca de 31300 Km². La imprecisión de los resultados simplemente evidencia las dificultades de estimar el aporte de intercuenas relativamente pequeñas con los registros de estaciones que controlan cuencas mucho más grandes.

La Tabla 2.3 muestra la estadística de los caudales máximos anuales en Porto Velho. La crecida máxima media anual en Porto Velho está en el orden de 39000 m³/s y la máxima registrada fue de 48565 m³/s (abril 1984). Se muestran también valores para periodos de retorno TR de 25 y 100 años.

Tabla 2.3: Estadística de caudales máximos anuales en Porto Velho

| Variable | Valor |
|-----------------------------------------------------|-------|
| Nº Eventos | 35 |
| Caudal máximo anual registrado (m ³ /s) | 48565 |
| Caudal máximo anual más bajo (m ³ /s) | 28183 |
| Caudal máximo medio anual (m ³ /s) | 38719 |
| Caudal máximo diario (m ³ /s) TR=25 años | 48370 |
| TR=100 años | 53530 |
| Desviación Standard (m ³ /s) | 4722 |

Fuente: Estudio de Viabilidad, (Furnas-Odebrecht, 2004)

2.2 Caracterización física e hidráulica del tramo de estudio

Las cachuelas (Figuras 2.3 y 2.4) son la manifestación de un control geológico impuesto por las rocas duras del Escudo precámbrico. Como consecuencia, el tramo de cachuelas entre Guayaramerín y Porto Velho es hidráulica y morfológicamente diferente de los tramos situados aguas arriba y abajo. Entre Guayaramerín y Porto Velho, el río Madera fluye "encajonado", es decir en un cauce estable y bien definido, con niveles de base controlados estructuralmente y con muy poca libertad de moverse lateralmente. No se observan meandros ni las típicas lagunas "cuerno de buey" de los meandros cortados. Tampoco se observan las várzeas o lagunas de inundación, tan frecuentes en el Amazonas, y la superficie de la llanura de inundación del Madera es relativamente pequeña.

El río presenta un canal único (excepto donde algunas islas provocan bifurcaciones) y estable, con barrancas laterales de fuerte pendiente (ver Figuras 2.5, 2.6, 3.4, 3.5 y 3.6). El canal principal tiene capacidad suficiente para contener la crecida media anual (alrededor de 40000 m³/s). Las barrancas no presentan vegetación (o es estacional y muy baja) hasta ese nivel. Por encima empiezan a aparecer arbustos y luego árboles. En condiciones naturales, el bosque amazónico cubre todo el sector por encima de la barranca y las áreas inundables.

En todas las cachuelas la roca es aflorante. En el resto del tramo, existen tanto sectores rocosos como depósitos aluviales (Figura 2.6). Los sedimentos del fondo del cauce son predominantemente arena fina ($d_{50}=0.2$ mm), con presencia de arenas gruesas, gravas y un pequeño porcentaje de limo. El desnivel del tramo (60 m en 360 Km) es mucho mayor que el del río Mamoré entre Guayaramerín y Puerto Villaroel (80 m en 1317 Km). El Mamoré es un río típico de llanura, con amplios meandros, lagunas cuerno de buey y fuerte migración lateral del cauce. Forma una enorme llanura estacional de inundación (100000 Km²), de alta productividad pesquera.

El tramo de cachuelas se inicia inmediatamente aguas abajo de las ciudades gemelas de Guayaramerín y Guajará Mirim, sobre el río Mamoré, y termina en la Cachuela de Santo Antonio, 6 Km aguas arriba de Porto Velho. Este tramo presenta 18 cachuelas y rápidos, que se extienden a lo largo de una longitud de 360 Km. El desnivel estimado para este tramo por el estudio de inventario (PCE, Furnas, Odebrecht, 2002) es de 60 m. La Figura 2.7 muestra las cachuelas identificadas en el tramo Guayaramerín-Porto Velho. El subtramo Abuná-Cachuela de Santo Antonio, donde se proyecta construir las dos represas, tiene 222 Km de longitud. En este subtramo, el río Madera no recibe a ningún afluente importante.

Figura 2.3: Cachuela de Teotonio

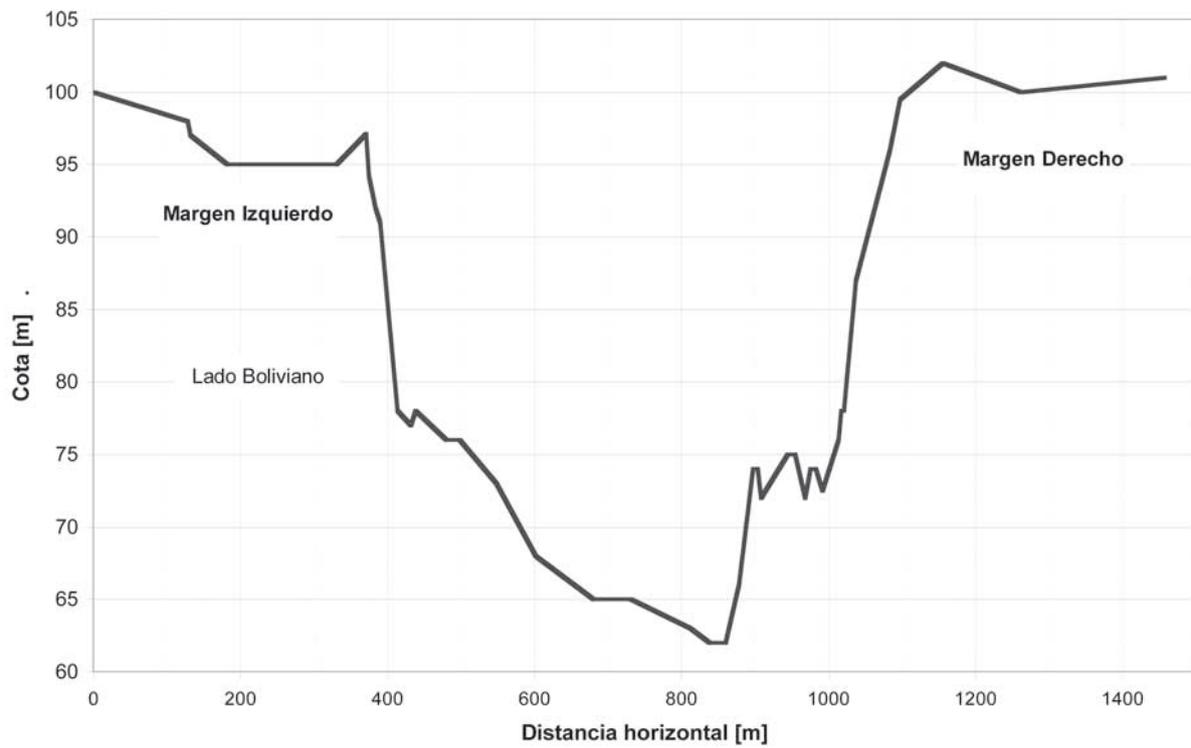


Fotos: J. Molina

Figura 2.4: Cachuela de Ribeirao



Figura 2.5: Sección transversal del río Madera en la estación de Abuná-Vila



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Furnas-Odebrecht (2005)

Figura 2.6: Orilla izquierda del río Madera cerca de la confluencia con el río Abuná



Foto: J. Molina

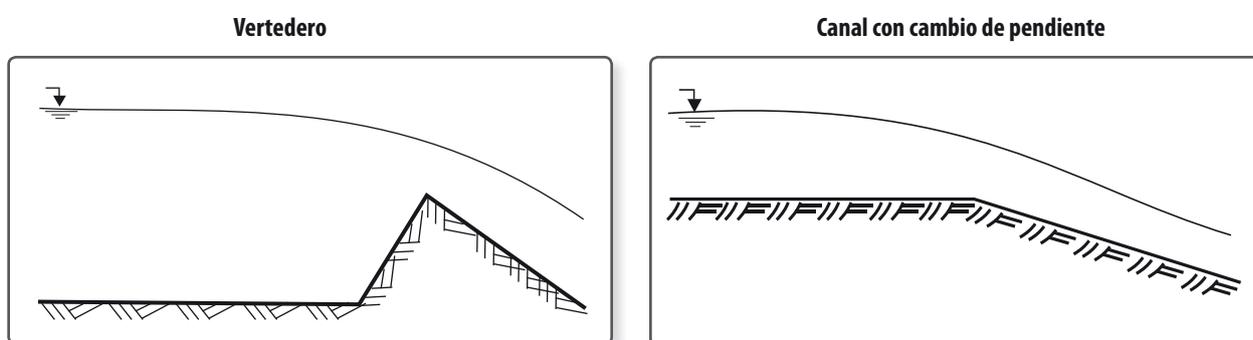


Las cuatro primeras cachuelas están situadas sobre el río Mamoré y no forman parte del presente estudio. De las trece restantes, las dos más importantes son los saltos de Jirau y Teotonio, que prácticamente en toda época del año tienen una caída hidráulica de 4 metros o más (ver Figura 2.3). Sigue un grupo de cachuelas de tamaño intermedio, como Ribeirao o Pederneira y al final se encuentran un grupo de cachuelas pequeñas que son apenas perceptibles en la estación seca, como Misericordia, Periquitos, Morrinhos o Macacos.

El análisis que se describe en el punto 3.3 muestra que existen al me-

nos dos tipos de comportamiento hidráulico: cachuelas tipo vertedero y cachuelas que se comportan como canal con flujo acelerado por cambio de pendiente. La Figura 2.8 ilustra esos dos tipos. En las cachuelas tipo vertedero, las secciones aguas arriba de la cachuela son considerablemente más profundas que la sección de control situada sobre la misma cachuela. Por esta razón a cierta distancia aguas arriba, el perfil hidráulico (superficie del agua) es casi horizontal para un rango amplio de caudales y las velocidades son más bajas. Este es el caso de la cachuela Ribeirao, situada en el tramo binacional y probablemente sea el caso de Teotonio.

Figura 2.8: Vertedero y canal con cambio de pendiente



El segundo tipo se presenta cuando las secciones aguas arriba tienen una profundidad similar o un poco mayor a la sección de la cachuela. En este caso, el perfil hidráulico aguas arriba tiene una pendiente y las velocidades son más próximas a las que se producen sobre la cachuela.

Las cachuelas no son uniformes en toda su longitud ni tampoco sobre todo el ancho del cauce del río. Puede observarse (ver Figuras 2.3 y 2.4) la presencia de saltos o cascadas sobre una parte de la sección, mientras que el resto puede comportarse como una rápida, con flujo muy turbulento y a alta velocidad, pero sin un salto claramente perceptible.

Capítulo 3

REMANSO HIDRÁULICO

El estudio de remanso tiene por objeto evaluar la influencia de los embalses sobre los niveles de agua en el río, así como sobre las velocidades de flujo, con énfasis en el tramo binacional. El estudio se realizó para diferentes caudales en el río y condiciones de operación de los embalses, usando el modelo HEC-RAS v.4.0. El principal uso del modelo fue simular condiciones hipotéticas que podrían presentarse en el futuro.

3.1 Información

3.1.1 Secciones transversales

Las Tablas A.1.1 y A.1.2 del Anexo 1 listan las secciones transversales que fueron incluidas en la modelación. La primera columna muestra el número de la sección, tal como aparece en el plano de secciones georeferenciado. Se adoptó la misma numeración de los estudios brasileños de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), donde el número representa aproximadamente la progresiva, contada a partir de la sección de San Carlos, situada río abajo de Porto Velho. Las secciones obtenidas por Furnas-Odebrecht (2004) tienen números enteros. Incluyen 9 secciones topobatimétricas, en el tramo entre Santo Antonio y Jirau, y 18, entre Jirau e Abuná. Adicionalmente se obtuvieron secciones obtenidas directamente de la restitución aerofotogramétrica, 10, en el tramo entre Santo Antonio y Jirau, y 3, entre Jirau y Abuná.

Para distinguirlas, las secciones bolivianas, obtenidas por SENAMHI-ENDE en noviembre 2007, tienen números decimales (por ejemplo 338.1). Las tablas incluyen también las distancias parciales y acumuladas a partir de la primera sección de cada tramo, así como su ubicación respecto a cachuelas, islas o estaciones hidrométricas.

Para mejorar la simulación, se incluyeron algunas secciones que son copias de secciones situadas arriba o abajo, como la 211 y la 405.5. Por la misma razón, se descartaron algunas secciones de topografía incompleta o dudosa. Éste es el caso de varias secciones brasileñas del tramo binacional, que comprendían solamente el denominado “canal de navegación”, situado al centro del cauce del río (Furnas-Odebrecht: EIA, 2005).

Las secciones topobatimétricas obtenidas por SENAMHI-ENDE, en noviembre 2007, no estaban referenciadas al sistema altimétrico boliviano. Todas las secciones comprendidas entre la 329.2 (confluencia río Abuná) y 397.6 (al pie de la cachuela de Ribeirao) fueron referenciadas al sistema altimétrico brasileño, mediante una nivelación que se realizó con la regla de la estación hidrométrica de Abuná-Vila (sección 338). Se hizo una referenciación altimétrica aproximada de las secciones bolivianas comprendidas entre la 406.6 y la 418.1, mediante comparación con las secciones brasileñas

próximas. Las secciones arriba de la 418.1 no pudieron ser referenciadas, por lo que finalmente no se usaron en el presente estudio. Esos datos podrán ser incorporados al análisis cuando se realice la nivelación respectiva. Por estas razones, el estudio se extiende solamente hasta la sección 418.1, situada al pie de la cachuela Madera y 7 Km río abajo de la confluencia con el río Beni.

En el Anexo 1 se muestran también en forma gráfica varias secciones representativas o de interés del tramo Jirau-Cachuela Madera, en forma de coordenadas X, Z. Los valores siguen el formato HEC-RAS, en que el valor X se calcula a partir de la margen izquierda de la sección.

3.1.2 Curvas de descarga en secciones de control

Para definir las condiciones de borde del modelo, se usaron las curvas nivel de agua-caudal descritas en los estudios de factibilidad y EIA (Furnas-Odebrecht, 2004), para los siguientes puntos: aguas arriba de Santo Antonio, abajo y arriba de Jirau y en la estación hidrométrica de Abuná-Vila.

La Figura 3.1 muestra la curva nivel de agua-caudal en condiciones naturales en la sección 210 (cachuela de Jirau, aguas arriba), que sirvió como sección de control en flujo subcrítico para el tramo Jirau-Abuná-Cachuela Madera.

3.1.3 Perfiles hidráulicos

Para calibrar el modelo se usaron cinco perfiles hidráulicos de la línea de agua a lo largo del río Madera, obtenidos por Furnas-Odebrecht el 22 de mayo de 2002, 16 y 18 de octubre de 2002, 31 de enero y 28 de febrero de 2003. Estos perfiles están descritos en detalle más adelante.

Para la simulación con represas, se usaron las curvas de operación de los niveles de agua de los embalses, definidas en los estudios de factibilidad.

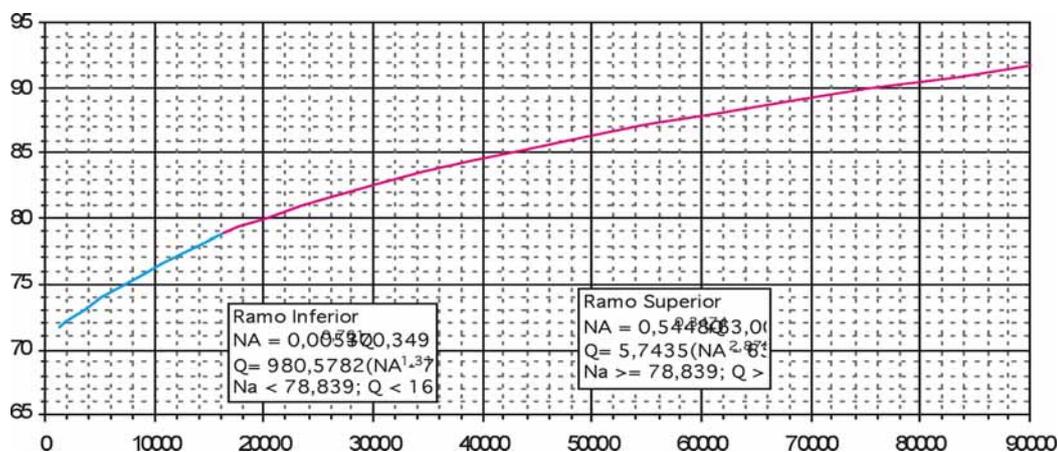
3.2 Calibración del modelo

Durante el proceso de calibración se comparan los valores calculados por el modelo con valores medidos o registrados, con el objeto de ajustar uno o más parámetros. En el caso del módulo de flujo permanente de HEC-RAS, el parámetro que se calibra es el coeficiente de rugosidad n de Manning, que a su vez determina las pérdidas de carga por fricción. Una adecuada determinación de los coeficientes de rugosidad en cada tramo de río es uno de los factores más importantes para obtener un modelo que represente el comportamiento hidráulico del río.

Los coeficientes de pérdida por contracción y expansión, que se introducen como datos para cada sección, se estimaron en base a los valores del



Figura 3.1: Curva Nivel de agua – Caudal en la sección 210
Caudal (m³/s)



Fuente: Estudio de viabilidad (Furnas-Odebrecht, 2004)

estudio de factibilidad, a las recomendaciones del manual de HEC-RAS y a la variación geométrica entre secciones consecutivas.

Como el coeficiente n varía con el caudal y la profundidad de flujo, es conveniente disponer de mediciones instantáneas de perfil hidráulico para un rango amplio de caudales. Los cinco perfiles disponibles cubren un rango de 4197 a 31026 m³/s. Por encima y debajo de esos valores se realizó una extrapolación. Como puede observarse en las Tablas 3.1 y 3.2, el nivel del agua se registró en algunas secciones donde se instaló reglas limnimétricas. Solamente los perfiles del 31 de enero y 28 de febrero de 2003 pudieron usarse para el tramo Santo Antonio-Jirau. Estos dos perfiles incluyen mediciones de nivel de agua hasta la estación hidrométrica de Abuná (sección 338). Para los otros tres se midieron niveles de agua hasta aguas arriba de la cachuela de Araras (sección 375).

La Tabla 3.1 muestra la comparación de perfiles para el tramo Santo Antonio-Jirau y la Tabla 3.2 para el tramo Jirau-Abuná-Araras. Se calculó el transporte (conveyance) y las pérdidas por fricción entre secciones aplicando las opciones por defecto de HEC-RAS. Las corridas se realizaron asumiendo flujo subcrítico con control en la última sección aguas abajo. Los resultados evidencian que ese supuesto es correcto, aunque en algunas de las cachuelas más importantes (Teotonio, Jirau y Ribeirao) se produce flujo crítico para caudales pequeños. En la cachuela de Jirau (sección 210) las diferencias entre niveles observados y simulados son nulas debido a que la curva de descarga H-Q en esa sección fue impuesta en el modelo, que es una opción que permite HEC-RAS. Al aplicar esta opción, la sección 210 se convierte en sección de control.

Tabla 3.1: Calibración del modelo: comparación entre niveles de agua (NA) observados y simulados, tramo Santo Antonio -Jirau

| Sección | 28/02/2003 - Q = 29869 m³/s | | | 31/01/2003 - Q = 31026 m³/s | | |
|---------|-----------------------------|-----------------|----------------|-----------------------------|-----------------|----------------|
| | NA Observado [m] | NA Simulado [m] | Diferencia [m] | NA Observado [m] | NA Simulado [m] | Diferencia [m] |
| 207 | 75.53 | 74.45 | 1.08 | 75.76 | 74.96 | 0.80 |
| 200 | | 73.95 | | | 74.44 | |
| 195 | | 73.77 | | | 74.26 | |
| 190 | | 73.58 | | | 74.07 | |
| 184 | | 73.28 | | | 73.76 | |
| 172 | | 72.51 | | | 72.96 | |
| 166 | | 72.18 | | | 72.62 | |
| 158 | | 71.75 | | | 72.17 | |
| 151 | | 71.36 | | | 71.79 | |
| 145 | | 70.79 | | | 71.22 | |
| 139 | | 70.14 | | | 70.59 | |
| 128 | | 69.24 | | | 69.7 | |
| 120 | | 68.11 | | | 68.55 | |
| 110 | | 65.51 | | | 65.88 | |
| 105 | 64.55 | 64.51 | 0.04 | 64.27 | 64.88 | -0.61 |
| 98 | | 59.47 | | | 59.99 | |
| 96 | 60.31 | 59.33 | 0.98 | 59.86 | 59.87 | -0.01 |
| 88 | 58.46 | 58.24 | 0.22 | 58.79 | 58.79 | 0.00 |
| 81 | 56.85 | 57.20 | -0.35 | 57.19 | 57.72 | -0.53 |

Fuente: Elaboración propia. Los niveles de agua observados se obtuvieron del Estudio de Viabilidad (Furnas-Odebrecht, 2004)

El subtramo alrededor de las secciones 329 y 329.2 (confluencia con el río Abuná) presentó algunas dificultades especiales debido a las pérdidas originadas por esa confluencia y, además, por el ingreso del caudal del río Abuná. Las corridas del modelo se realizaron con un caudal constante para todo el tramo del río Madera, lo que originó algunas inconsistencias, debido a que los perfiles hidráulicos observados (Furnas-Odebrecht, 2004) muestran que existía cierta variación de caudal a lo largo del tramo Jirau-Abuná. El afluente más importante de ese tramo es el río Abuná, cuyos niveles no se midieron simultáneamente, por lo que cabe esperar algún error en la calibración del perfil hidráulico inmediatamente arriba de la confluencia. Como consecuencia, tuvo que aumentarse el coeficiente de rugosidad de Manning en ese subtramo y adoptar el valor más alto (1.0) que permite el modelo HEC-RAS para los coeficientes de pérdidas por contracción/expansión.

Como resultado de la calibración se obtuvo tablas caudal Q – coeficiente de rugosidad n para cada sección. Estas tablas fueron convertidas a

tablas nivel de agua- rugosidad. Esto era necesario para la simulación de la situación con represa, en que los niveles varían con respecto a la condición natural del río. Es importante destacar que la calibración solamente permitió obtener el coeficiente de rugosidad n_c para el cauce principal del río, debido a que los perfiles hidráulicos medidos corresponden a caudales inferiores a 40000 m³/s.

La Tabla A.2.1 del Anexo 2 muestra los coeficientes de rugosidad obtenidos para el tramo Santo Antonio – Jirau en función de la cota (nivel) H. La Tabla A.2.2 de ese Anexo muestra los coeficientes de rugosidad n para cada sección del tramo Jirau-Abuná-Cachuela Madera, en función del caudal (para condiciones naturales) y del nivel/cota. Se realizó una extrapolación del valor de n hasta un caudal de 50000 m³/s para todas las secciones hasta la sección 341.1. No fue posible hacer eso para las secciones más arriba, debido a que los datos topobatimétricos sólo llegan hasta el nivel correspondiente al caudal de 40000 m³/s

Tabla 3.2: Calibración del modelo: comparación entre niveles de agua (NA) observados y simulados Tramo Jirau-Abuná-Araras

| Sección | 16/10/2002 - Q=4197 m ³ /s | | | 18/10/2002 - Q=5520 m ³ /s | | | 22/05/2002 - Q=18605 m ³ /s | | | 28/02/2003 - Q=29869 m ³ /s | | | 31/01/2003 - Q=31026 m ³ /s | | |
|---------|---------------------------------------|-----------------|------------|---------------------------------------|-----------------|------------|----------------------------------------|-----------------|------------|----------------------------------------|-----------------|------------|----------------------------------------|-----------------|------------|
| | NA Observ. [m] | NA Simulado [m] | Difer. [m] | NA Observ. [m] | NA Simulado [m] | Difer. [m] | NA Observ. [m] | NA Simulado [m] | Difer. [m] | NA Observ. [m] | NA Simulado [m] | Difer. [m] | NA Observ. [m] | NA Simulado [m] | Difer. [m] |
| 375 | 84.50 | 84.64 | -0.14 | 85.00 | 85.16 | -0.16 | 91.11 | 91.48 | 0.37 | | 95.15 | | | 95.69 | |
| 374.1 | | 84.36 | | | 84.86 | | | 91.37 | | | 95.08 | | | 95.62 | |
| 372 | | 83.45 | | | 84.02 | | | 91.15 | | | 94.88 | | | 95.43 | |
| 370.1 | | 83.12 | | | 83.69 | | | 91.01 | | | 94.74 | | | 95.30 | |
| 369 | 82.91 | 82.96 | -0.05 | 83.49 | 83.55 | -0.06 | 90.74 | 90.97 | 0.23 | | 94.71 | | | 95.28 | |
| 364.1 | | 82.57 | | | 83.19 | | | 90.65 | | | 94.39 | | | 94.97 | |
| 360.1 | | 82.20 | | | 82.86 | | | 90.43 | | | 94.20 | | | 94.79 | |
| 357.1 | | 82.15 | | | 82.81 | | | 90.30 | | | 94.04 | | | 94.64 | |
| 355.1 | | 82.12 | | | 82.77 | | | 90.20 | | | 93.88 | | | 94.48 | |
| 353.1 | | 82.05 | | | 82.70 | | | 90.09 | | | 93.76 | | | 94.37 | |
| 350.1 | | 81.96 | | | 82.60 | | | 89.91 | | | 93.52 | | | 94.13 | |
| 347.1 | | 81.87 | | | 82.51 | | | 89.80 | | | 93.40 | | | 94.02 | |
| 344.1 | | 81.83 | | | 82.47 | | | 89.72 | | | 93.29 | | | 93.91 | |
| 341.1 | | 81.79 | | | 82.43 | | | 89.60 | | | 93.12 | | | 93.76 | |
| 338.1 | | 81.75 | | | 82.38 | | | 89.48 | | | 92.96 | | | 93.59 | |
| 338 | 81.79 | 81.74 | 0.05 | 82.30 | 82.37 | -0.07 | 89.31 | 89.46 | 0.15 | 93.19 | 92.92 | -0.27 | 93.54 | 93.56 | -0.02 |
| 334.1 | | 81.71 | | | 82.32 | | | 89.32 | | | 92.70 | | | 93.34 | |
| 330.1 | | 81.65 | | | 82.24 | | | 89.14 | | | 92.44 | | | 93.09 | |
| 329.2 | | 81.64 | | | 82.22 | | | 89.11 | | | 92.39 | | | 93.04 | |
| 329 | | 81.64 | | | 82.22 | | | 89.10 | | | 92.38 | | | 93.02 | |
| 327 | 81.70 | 81.63 | 0.07 | 82.15 | 82.20 | -0.05 | 89.05 | 89.01 | -0.04 | 92.05 | 92.24 | 0.19 | 92.57 | 92.89 | -0.32 |
| 320 | 81.41 | 81.48 | -0.07 | 82.05 | 81.99 | 0.06 | 88.82 | 88.64 | -0.18 | 91.94 | 91.81 | -0.13 | 92.43 | 92.47 | -0.04 |
| 315 | | 81.46 | | | 81.95 | | | 88.51 | | | 91.64 | | | 92.31 | |
| 309 | 81.56 | 81.38 | 0.18 | 81.96 | 81.83 | 0.13 | 88.37 | 88.23 | -0.14 | 91.45 | 91.30 | -0.15 | 91.93 | 91.97 | -0.04 |
| 306 | | 80.37 | | | 80.85 | | | 87.72 | | | 90.79 | | | 91.47 | |
| 301 | | 78.95 | | | 79.38 | | | 86.94 | | | 90.00 | | | 90.69 | |
| 292 | 78.28 | 78.02 | 0.26 | 78.66 | 78.47 | 0.19 | 86.31 | 86.13 | -0.18 | 89.32 | 89.12 | -0.20 | 89.83 | 89.78 | 0.05 |
| 286 | | 77.70 | | | 78.16 | | | 85.65 | | | 88.60 | | | 89.21 | |
| 283 | | 77.43 | | | 77.90 | | | 85.20 | | | 88.12 | | | 88.70 | |
| 279 | | 77.02 | | | 77.52 | | | 84.71 | | | 87.67 | | | 88.22 | |
| 272 | | 76.25 | | | 76.80 | | | 83.62 | | | 86.58 | | | 87.05 | |
| 267 | 75.55 | 75.47 | 0.08 | 76.01 | 76.01 | 0.00 | 82.63 | 82.65 | 0.02 | 85.57 | 85.60 | 0.03 | 86.03 | 86.06 | -0.03 |
| 258 | | 75.06 | | | 75.55 | | | 81.96 | | | 84.88 | | | 85.38 | |
| 256 | | 74.94 | | | 75.40 | | | 81.84 | | | 84.79 | | | 85.30 | |
| 255 | | 74.72 | | | 75.17 | | | 81.72 | | | 84.70 | | | 85.23 | |
| 253 | | 74.49 | | | 74.91 | | | 81.53 | | | 84.52 | | | 85.05 | |
| 243 | 74.27 | 74.24 | 0.03 | 74.72 | 74.71 | 0.01 | 81.30 | 81.22 | -0.08 | 84.21 | 84.25 | 0.04 | 84.75 | 84.79 | -0.04 |

Fuente: Elaboración propia. Los niveles de agua observados se obtuvieron del Estudio de Viabilidad (Furnas-Odebrecht, 2004)



Los coeficientes n_i y n_d de los sectores izquierdo y derecho por encima de la barranca (overbank) fueron adoptados bajo el supuesto de que están cubiertos de vegetación. Estos coeficientes sólo se aplican cuando el nivel del agua supera la barranca (overbank flow). Por ejemplo, en la estación hidrométrica de Abuná-Vila (sección 338, Figura 2.5), esto ocurre aproximadamente para el nivel $H=96.0$ m en la orilla izquierda, para el cual los coeficientes n_i y n_d valen 0.080 según la Tabla A.2.2. Todos los n_i y n_d por debajo de 95.0 no se usaron en las simulaciones. Incluso podrían no figurar en la Tabla A.2.2 para la mayor parte de las secciones. Sin embargo, existen algunas secciones en que la planicie de inundación está a un nivel más bajo que la barranca, por lo que los coeficientes n_i y n_d se mantuvieron en la Tabla A.2.2 como referencia, al igual que hicieron los consultores brasileños (Furnas-Odebrecht, 2004).

En la Tabla A.2.2 se observa que el valor (0.070) de los coeficientes n_i y n_d es el mismo para todos los niveles H y para todas las secciones del tramo Santo Antonio – Jirau. Para este tramo se adoptaron los mismos valores de n_i y n_d que figuran en los estudios de factibilidad (Furnas-Odebrecht, 2004), debido tanto a la necesidad de comparar resultados, como a la falta de un criterio que permitiese definir otros valores diferentes a los usados en esos estudios.

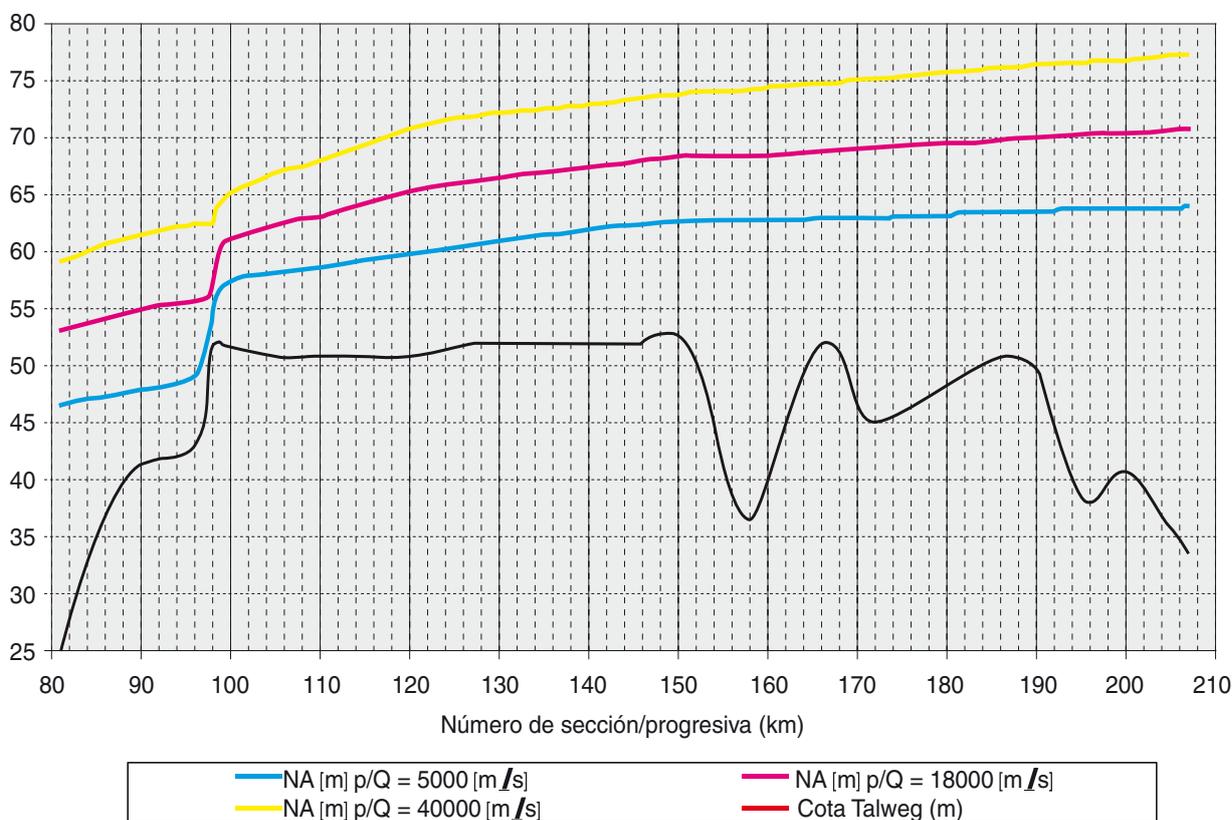
3.3 Remanso en condiciones naturales

3.3.1 Perfiles hidráulicos

La Figura 3.2 muestra los perfiles hidráulicos (niveles de agua) y del talweg (punto más bajo del cauce del río) para el tramo Santo Antonio-Jirau y la Figura 3.3 para el tramo Jirau-Cachuela Madera, en condiciones naturales y para tres caudales representativos: 5000, 18000 y 40000 m^3/s . El primero corresponde aproximadamente al caudal medio del mes más seco (septiembre) en Abuná, el segundo al caudal medio interanual y el caudal de 40000 m^3/s a la crecida máxima media anual.

En el tramo Santo Antonio Jirau (progresivas 81-207) destaca la cachuela de Teotonio, ubicada entre las secciones 96 y 105. Esta cachuela presenta una caída hidráulica (de la superficie del agua) de casi 9 metros entre las secciones 96 y 105 para el caudal más bajo (5000 m^3/s). La caída hidráulica se va reduciendo gradualmente a medida que aumenta el caudal. Para el caudal medio de 18000 m^3/s la caída se reduce a 6.5 m y para el caudal de 40000 m^3/s a un poco más de 4 metros. Además se observa que la pendiente hidráulica (de la superficie del agua) aumenta con el caudal. Las cachuelas de Morrinho y do Inferno son imperceptibles en los tres perfiles,

Figura 3.2: Perfil hidráulico y del lecho del río Madera entre Santo Antonio (81) y Jirau aguas abajo (207)

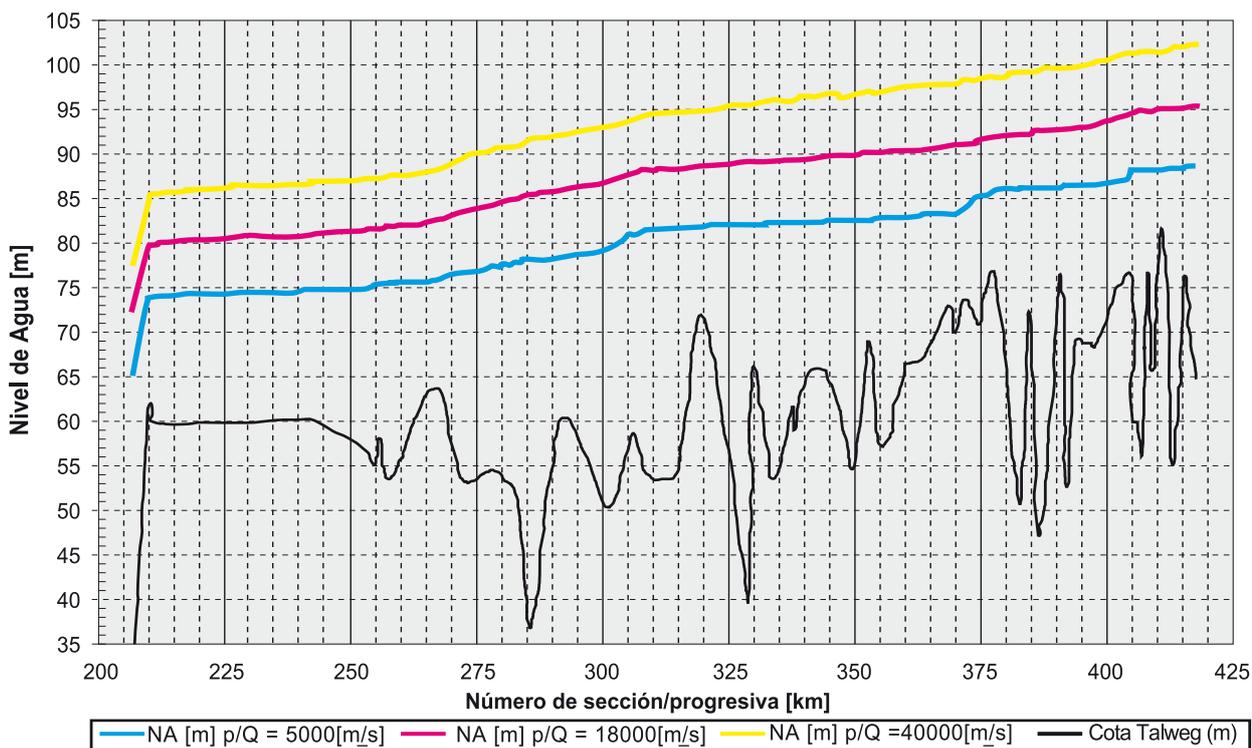


por ser muy pequeñas o por insuficiencia de datos topográficos (secciones) y la cachuela de Santo Antonio por falta de datos topográficos.

La diferencia promedio de niveles de agua entre los caudales de 5000 y

40000 m³/s, que corresponden aproximadamente a los niveles mínimo y máximo medio anuales, es de 11.4 m en el tramo Santo Antonio Jirau. En la sección 98 se produce la diferencia mínima (poco más de 8 metros) y en la sección 207 la diferencia máxima (13 metros).

Figura 3.3: Perfil hidráulico entre secciones de Jirau aguas abajo (207) y cachuela Madera aguas abajo (418.1)



NA= Nivel de la superficie del agua (m)

Fuente: Elaboración propia

Para el tramo Jirau-Cachuela Madera, se observa que la caída de la superficie del agua en la cachuela de Jirau es de más de 7 metros (entre las secciones 210 y 207) para los tres caudales y, por tanto, en cualquier estación del año. La caída hidráulica en las cachuelas de Tres Irmaos (256), Pederneira (309), Araras (375) y Ribeirao (405) se percibe claramente para el caudal de estiaje (5000 m³/s). Además se observa que el perfil hidráulico arriba de esas cachuelas es casi horizontal para ese caudal.

Para el caudal medio de 18000 m³/s, las cachuelas de Tres Irmaos y Araras son casi imperceptibles y la caída hidráulica se reduce considerablemente en Pederneira y Ribeirao. La pendiente hidráulica arriba de las cachuelas aumenta con respecto a la pendiente para el caudal de 5000 m³/s. Para el caudal de crecida de 40000 m³/s, todas las cachuelas (excepto Jirau) son casi imperceptibles en el perfil hidráulico. La pendiente del perfil de la superficie del agua aumenta con el caudal para casi todo el tramo Jirau-Cachuela Madera.

La diferencia promedio de niveles de agua entre los caudales de 5000 y 40000 m³/s, que corresponden aproximadamente a los niveles mínimo y máximo medio anuales, es de 13.4 m en el tramo Jirau-Cachuela Madera. Por tanto la variación estacional de esos niveles es mayor que en el tramo Santo Antonio-Jirau. Los niveles del agua varían más fuertemente en el tramo binacional (la variación se acerca a los 15 metros entre Abuná y Araras), mientras que inmediatamente aguas arriba de la cachuela de Jirau, la variación de niveles es de aproximadamente 11 metros. La simulación mostró que el perfil hidráulico en los sectores próximos a las cachuelas es sensible a la ubicación y número de las secciones topográficas. Por eso es recomendable obtener más secciones topobatemétricas en esos sectores.

Las Figuras 3.4 a 3.6 ilustran la fuerte variación estacional de los niveles de agua. Son fotografías que muestran la Capitania boliviana de Puerto Manoa (sección 338.1), situada frente a la estación hidrométrica brasileña de Abuná-Vila. La primera fotografía se tomó el 31/8/07, cuando el cau-



dal estimado del río Madera era de 4150 m³/s. La segunda fue tomada el 15/11/07 con un caudal estimado de 15600 m³/s y la tercera el 17/3/08 cuando el caudal era de aproximadamente 36900 m³/s. Entre la primera y última fotografías la variación del nivel del agua es de 13.4 m.

La Tabla 3.3 muestra los perfiles hidráulicos para diversos caudales en el tramo Jirau-Cachuela Madera. El caudal de 48800 m³/s corresponde a la crecida máxima registrada en Porto Velho, que tiene un periodo de retorno

de aproximadamente 25 años. El caudal de 55000 m³/s corresponde a la crecida máxima diaria con un periodo de retorno de 150 años.

Obsérvese que aguas arriba de la estación hidrométrica de Abuná-Vila, sólo se obtuvieron perfiles hasta el caudal de 40000 m³/s. Esto se debe a la falta de datos topográficos por encima de los niveles (cotas) correspondientes a ese caudal. En las Tablas 3.5 y 3.6 más adelante se muestran los valores numéricos de los perfiles hidráulicos y de velocidad para los dos tramos y para los tres caudales de las Figuras 3.2 y 3.3.

Figura 3.4: Río Madera en Capitanía de Puerto Manoa, 31/8/07



Fotos: SENAMHI

Figura 3.5: Río Madera en Capitanía de Puerto Manoa, 15/11/07



Figura 3.6: Río Madera en Capitanía de Puerto Manoa, 17/03/08



Tabla 3.3: Perfil de la línea de agua (m) en condiciones naturales en el tramo Cachuela Madera aguas abajo (418.1) – Jirau aguas abajo (207)

| Sección | Caudal (m ³ /s) | | | | | | | | | | | | | |
|---------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | 5600 | 6800 | 10600 | 15900 | 16600 | 22700 | 23900 | 29100 | 30200 | 33600 | 40000 | 48800 | 50000 | 55000 |
| 418.1 | 88.84 | 89.68 | 92.09 | 94.51 | 94.78 | 96.95 | 97.35 | 98.87 | 99.19 | 100.24 | 102.08 | | | |
| 416.8 | 88.82 | 89.66 | 92.04 | 94.45 | 94.72 | 96.89 | 97.28 | 98.80 | 99.12 | 100.17 | 102.00 | | | |
| 415.7 | 88.75 | 89.58 | 91.96 | 94.35 | 94.62 | 96.78 | 97.17 | 98.69 | 99.00 | 100.05 | 101.87 | | | |
| 414.8 | 88.64 | 89.46 | 91.81 | 94.19 | 94.46 | 96.61 | 97.00 | 98.51 | 98.82 | 99.88 | 101.70 | | | |
| 413.4 | 88.66 | 89.48 | 91.82 | 94.16 | 94.43 | 96.58 | 96.97 | 98.48 | 98.79 | 99.84 | 101.66 | | | |
| 412.6 | 88.63 | 89.44 | 91.77 | 94.09 | 94.36 | 96.50 | 96.89 | 98.39 | 98.70 | 99.75 | 101.56 | | | |
| 411.1 | 88.39 | 89.23 | 91.62 | 93.97 | 94.23 | 96.39 | 96.79 | 98.30 | 98.62 | 99.68 | 101.51 | | | |
| 409.4 | 88.41 | 89.23 | 91.58 | 93.93 | 94.20 | 96.36 | 96.76 | 98.28 | 98.60 | 99.66 | 101.50 | | | |
| 408.3 | 88.38 | 89.19 | 91.52 | 93.85 | 94.12 | 96.27 | 96.66 | 98.16 | 98.47 | 99.53 | 101.35 | | | |
| 407.1 | 88.39 | 89.20 | 91.53 | 93.88 | 94.14 | 96.30 | 96.69 | 98.21 | 98.52 | 99.59 | 101.42 | | | |
| 406.6 | 88.37 | 89.18 | 91.50 | 93.82 | 94.08 | 96.22 | 96.61 | 98.11 | 98.43 | 99.48 | 101.30 | | | |
| 405.5 | 88.36 | 89.16 | 91.48 | 93.79 | 94.06 | 96.19 | 96.58 | 98.08 | 98.39 | 99.45 | 101.27 | | | |
| 405 | 87.33 | 88.28 | 90.90 | 93.33 | 93.60 | 95.80 | 96.20 | 97.74 | 98.07 | 99.18 | 101.07 | | | |
| 398 | 86.76 | 87.55 | 89.73 | 92.27 | 92.57 | 94.97 | 95.40 | 96.98 | 97.31 | 98.52 | 100.42 | | | |
| 397.6 | 86.64 | 87.40 | 89.49 | 91.99 | 92.28 | 94.65 | 95.07 | 96.61 | 96.93 | 98.13 | 99.99 | | | |
| 396 | 86.63 | 87.40 | 89.51 | 92.01 | 92.31 | 94.69 | 95.12 | 96.68 | 97.01 | 98.22 | 100.09 | | | |
| 394.1 | 86.51 | 87.27 | 89.34 | 91.82 | 92.12 | 94.49 | 94.91 | 96.46 | 96.78 | 97.99 | 99.86 | | | |
| 392.1 | 86.50 | 87.26 | 89.32 | 91.79 | 92.08 | 94.44 | 94.86 | 96.40 | 96.72 | 97.93 | 99.79 | | | |
| 391.1 | 86.39 | 87.13 | 89.17 | 91.62 | 91.91 | 94.25 | 94.68 | 96.20 | 96.53 | 97.74 | 99.59 | | | |
| 387.1 | 86.39 | 87.12 | 89.13 | 91.53 | 91.82 | 94.15 | 94.58 | 96.09 | 96.42 | 97.63 | 99.48 | | | |
| 385.1 | 86.35 | 87.08 | 89.05 | 91.43 | 91.71 | 94.02 | 94.44 | 95.94 | 96.26 | 97.47 | 99.31 | | | |
| 383.1 | 86.26 | 86.97 | 88.91 | 91.25 | 91.53 | 93.83 | 94.24 | 95.72 | 96.04 | 97.25 | 99.07 | | | |
| 380.1 | 86.13 | 86.82 | 88.72 | 91.03 | 91.31 | 93.58 | 93.99 | 95.45 | 95.77 | 96.98 | 98.78 | | | |
| 378.1 | 85.99 | 86.67 | 88.55 | 90.86 | 91.13 | 93.42 | 93.83 | 95.30 | 95.62 | 96.84 | 98.65 | | | |
| 376.1 | 85.37 | 86.10 | 88.07 | 90.46 | 90.75 | 93.09 | 93.51 | 94.99 | 95.31 | 96.57 | 98.40 | | | |
| 375 | 85.21 | 85.97 | 87.99 | 90.41 | 90.70 | 93.05 | 93.47 | 94.96 | 95.28 | 96.55 | 98.38 | | | |
| 374.1 | 84.91 | 85.70 | 87.79 | 90.28 | 90.57 | 92.96 | 93.39 | 94.88 | 95.21 | 96.49 | 98.33 | | | |
| 372 | 84.09 | 85.06 | 87.38 | 90.02 | 90.32 | 92.75 | 93.18 | 94.68 | 95.01 | 96.30 | 98.14 | | | |
| 370.1 | 83.76 | 84.78 | 87.19 | 89.88 | 90.18 | 92.62 | 93.05 | 94.54 | 94.87 | 96.17 | 98.02 | | | |
| 369 | 83.63 | 84.67 | 87.12 | 89.83 | 90.14 | 92.59 | 93.02 | 94.51 | 94.85 | 96.15 | 98.00 | | | |
| 364.1 | 83.26 | 84.34 | 86.80 | 89.50 | 89.81 | 92.27 | 92.71 | 94.19 | 94.53 | 95.85 | 97.70 | | | |
| 360.1 | 82.94 | 84.08 | 86.56 | 89.27 | 89.59 | 92.08 | 92.52 | 94.00 | 94.34 | 95.67 | 97.52 | | | |
| 357.1 | 82.89 | 84.01 | 86.46 | 89.15 | 89.46 | 91.94 | 92.37 | 93.84 | 94.18 | 95.52 | 97.35 | | | |
| 355.1 | 82.85 | 83.97 | 86.39 | 89.06 | 89.37 | 91.81 | 92.25 | 93.69 | 94.02 | 95.35 | 97.16 | | | |
| 353.1 | 82.78 | 83.89 | 86.30 | 88.96 | 89.26 | 91.70 | 92.13 | 93.57 | 93.90 | 95.24 | 97.04 | | | |
| 350.1 | 82.68 | 83.79 | 86.18 | 88.80 | 89.10 | 91.51 | 91.93 | 93.33 | 93.66 | 94.99 | 96.76 | | | |
| 347.1 | 82.60 | 83.71 | 86.08 | 88.69 | 88.99 | 91.39 | 91.82 | 93.22 | 93.55 | 94.89 | 96.66 | | | |
| 344.1 | 82.56 | 83.66 | 86.03 | 88.62 | 88.91 | 91.30 | 91.72 | 93.11 | 93.43 | 94.77 | 96.54 | | | |
| 341.1 | 82.51 | 83.61 | 85.95 | 88.51 | 88.81 | 91.17 | 91.59 | 92.95 | 93.27 | 94.61 | 96.35 | 98.33 | 98.57 | 99.92 |
| 338.1 | 82.46 | 83.56 | 85.88 | 88.41 | 88.70 | 91.03 | 91.45 | 92.78 | 93.10 | 94.44 | 96.18 | 98.14 | 98.38 | 99.73 |
| 338 | 82.45 | 83.55 | 85.86 | 88.39 | 88.68 | 91.00 | 91.42 | 92.75 | 93.07 | 94.41 | 96.14 | 98.10 | 98.34 | 99.68 |
| 334.1 | 82.40 | 83.49 | 85.77 | 88.27 | 88.55 | 90.84 | 91.25 | 92.54 | 92.85 | 94.19 | 95.91 | 97.86 | 98.10 | 99.44 |
| 330.1 | 82.32 | 83.40 | 85.65 | 88.11 | 88.39 | 90.64 | 91.04 | 92.28 | 92.59 | 93.94 | 95.65 | 97.59 | 97.83 | 99.17 |
| 329.2 | 82.30 | 83.38 | 85.63 | 88.08 | 88.36 | 90.60 | 91.00 | 92.24 | 92.54 | 93.89 | 95.60 | 97.54 | 97.78 | 99.12 |
| 329 | 82.30 | 83.38 | 85.62 | 88.07 | 88.35 | 90.59 | 90.99 | 92.22 | 92.52 | 93.86 | 95.56 | 97.48 | 97.71 | 99.04 |
| 327 | 82.28 | 83.35 | 85.58 | 88.00 | 88.27 | 90.49 | 90.88 | 92.09 | 92.39 | 93.72 | 95.38 | 97.26 | 97.49 | 98.80 |
| 320 | 82.07 | 83.14 | 85.30 | 87.66 | 87.92 | 90.10 | 90.49 | 91.66 | 91.95 | 93.30 | 94.95 | 96.81 | 97.04 | 98.35 |
| 315 | 82.03 | 83.09 | 85.22 | 87.54 | 87.81 | 89.96 | 90.34 | 91.50 | 91.79 | 93.13 | 94.76 | 96.60 | 96.82 | 98.12 |
| 309 | 81.90 | 82.95 | 85.02 | 87.28 | 87.54 | 89.65 | 90.03 | 91.16 | 91.45 | 92.79 | 94.39 | 96.22 | 96.44 | 97.74 |
| 306 | 80.94 | 82.09 | 84.29 | 86.70 | 86.98 | 89.13 | 89.51 | 90.65 | 90.94 | 92.31 | 93.89 | 95.71 | 95.93 | 97.21 |

3.4 Efecto de remanso de los embalses

La construcción de una represa provoca la elevación de los niveles de agua con respecto a los niveles naturales y como consecuencia la disminución de la velocidad de flujo. Además de crear el embalse e inundar temporal o permanentemente áreas próximas al río, la elevación de niveles tiene múltiples efectos e impactos sobre el medio físico y biológico. En este

subcapítulo se presenta los cambios que provocarán las represas de Jirau y Santo Antonio sin considerar la posible sedimentación. Representan por tanto el límite inferior de posibles cambios, es decir los que provocarían los impactos de menor magnitud.

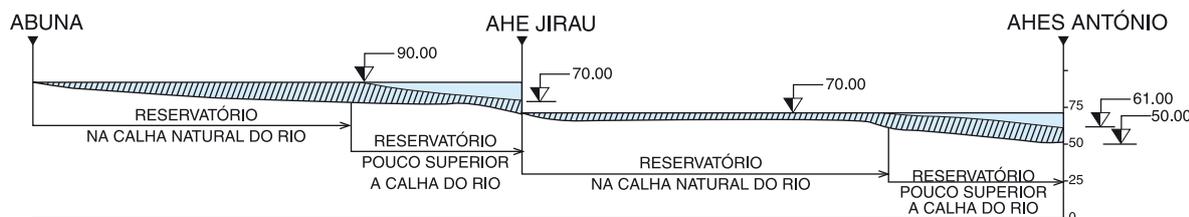
La Figura 3.7 es una representación simplificada de los niveles de operación de las represas de Jirau y Santo Antonio, según Furnas-Odebrecht

(2004). El efecto de remanso en el río Madera debido a la posible instalación de las centrales hidroeléctricas de Jirau y Santo Antonio, fue determinado por medio de simulaciones con el modelo HEC-RAS. En el caso de Jirau se

dio especial énfasis a la evaluación de los efectos sobre el tramo binacional del río Madera, considerando la curva guía de operación del embalse propuesta en el estudio de factibilidad (Furnas-Odebrecht, 2004).

Figura 3.7: Perfil esquemático de los proyectos

ALTERNATIVA COM DUAS USINAS DE BAIXA QUEDA = ALTERNATIVA SELECIONADA



Fuente: Complejo hidreléctrico do rio Madeira, estudos de viabilidade, 2004

Los impulsores del proyecto mencionan que “ante la posibilidad de que no se construyan los proyectos binacionales, se optó por la no inundación de territorio boliviano”, lo que obligó a considerar un régimen de operación con niveles variables a lo largo del año para el embalse de Jirau. Según los autores del estudio de factibilidad (Furnas et al, 2004), “los datos disponibles en la época de los Estudios de Inventario permitieron definir un nivel de agua normal constante de 90.0 m, para mantener inalterado el régimen fluvial del río Madera, aguas arriba de la localidad de Abuná (límite Brasil-Bolivia), y de sus afluentes bolivianos. Pero los levantamientos topográficos ejecutados en la etapa de factibilidad muestran que un nivel constante de

90 m influencia el régimen fluvial del río Madera aguas arriba de Abuná, “manteniendo inundadas todo el año áreas antes alcanzadas solamente durante el período de crecidas”. Para evitar eso, se definió una curva guía para operar el embalse Jirau con nivel de agua variable a lo largo del año. La Tabla 3.4 muestra esa curva guía y los niveles de agua correspondientes a cada caudal en condiciones naturales. La curva guía es una curva de referencia. Como enfatizan los consultores brasileños (Furnas-Odebrecht, 2006), puede ser modificada con las condiciones en tiempo real, cuando ya esté operando el embalse.

Tabla 3.4: Niveles de agua (m) junto a la represa de Jirau

| Variable | Unidad | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|----------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Caudal | (Milm ³ /s) | 23.9 | 29.1 | 33.6 | 30.2 | 22.7 | 15.9 | 10.6 | 6.8 | 5.6 | 6.8 | 10.4 | 16.6 |
| CG | (m) | 90.0 | 90.0 | 90.0 | 90.0 | 89.5 | 87.0 | 85.0 | 83.0 | 82.5 | 83.0 | 85.0 | 87.5 |
| CN 210 | (m) | 81.1 | 82.4 | 83.4 | 82.6 | 80.8 | 78.7 | 76.5 | 74.7 | 74.1 | 74.7 | 76.4 | 78.9 |
| CN 207 | (m) | 74.0 | 75.4 | 76.3 | 75.6 | 73.6 | 71.3 | 68.7 | 66.3 | 65.4 | 66.3 | 68.6 | 71.6 |

CG=Curva guía, CN 210=Nivel de agua en condiciones naturales en la sección 210 (cachuela Jirau aguas arriba), CN 207= Nivel de agua en condiciones naturales en la sección 207 (cachuela Jirau aguas abajo)

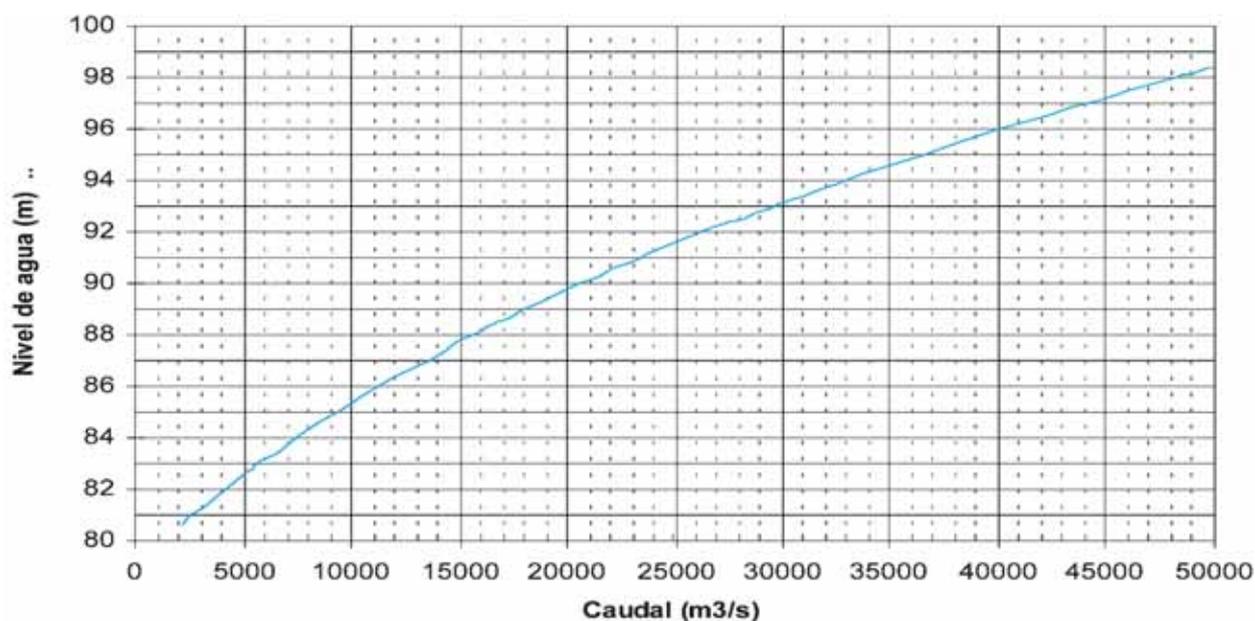
Fuente: Complejo hidreléctrico do rio Madeira, estudos de viabilidade, 2004

Todo lo anterior se convirtió en una norma de cumplimiento obligatorio a partir de la resolución ANA 555 (19/12/06) de la Agencia Nacional del Agua de Brasil, que en su artículo 4o. define lo siguiente: “IV - o nível d’água normal do reservatório deverá variar acompanhando as condições naturais do rio Madeira, observando a curva-guia abaixo, avaliada anualmente, e respeitando os níveis d’água necessários à garantia do transporte de balsas

em Abunã e à manutenção dos usos múltiplos da água”. La curva nivel de agua-caudal de la estación hidrométrica de Abuná-Vila (sección 338) en condiciones naturales, a la que hace referencia la resolución ANA 555, se muestra en la Figura 3.8. Esta curva es considerada estable en el tiempo por los consultores (Furnas-Odebrecht, 2006).



Figura 3.8: Curva Nivel de agua – Caudal en la estación hidrométrica de Abuná-Vila



Fuente: Furnas-Odebrecht, 2004

Los responsables del estudio de factibilidad mantuvieron la alternativa denominada por ellos de "aprovechamiento óptimo a nivel constante de 90.0 m", pensando en la posibilidad de llegar a un acuerdo con Bolivia, que permitiese inundar el tramo binacional del río Madera aguas arriba del Abuná.

Una consecuencia práctica de la operación con niveles variables de Jirau es la disminución de la energía a generar por esa central hidroeléctrica. La Tabla 1.1 muestra que la energía media generada disminuye de 2225 a 1964 MW, casi un 12%. Técnicamente esa diferencia puede interpretarse como energía potencial hidroeléctrica que está siendo devuelta al tramo binacional del río y, por tanto, a Bolivia.

En resumen, además de evaluar los efectos de remanso en todo el tramo afectado, en este subcapítulo se intenta responder explícitamente a dos preguntas:

a) ¿La curva guía de operación del embalse de Jirau, citada en la resolución ANA 555, permitiría evitar la modificación del nivel natural del agua en el tramo binacional del río Madera, para todo el rango de caudales presentes en el río?

b) Si la respuesta a la pregunta anterior es negativa, ¿existe alguna otra curva de operación del embalse de Jirau que permitiría evitar esa modificación?

3.4.1 Perfiles hidráulicos

Las simulaciones se realizaron manteniendo un nivel constante en el embalse de Santo Antonio y un nivel variable en el embalse de Jirau (Tabla

3.4). La Figura 3.9 muestra los perfiles hidráulicos (niveles de agua) para el tramo Santo Antonio-Jirau y la Figura 3.10 para el tramo Jirau-Cachuela Madera, en condiciones naturales y con represa, para tres caudales representativos: 5000, 18000 y 40000 m³/s, con los coeficientes de rugosidad de las Tablas A.2.1 y A.2.2. El primer caudal corresponde aproximadamente al caudal medio del mes más seco (septiembre) en Abuná, el segundo al caudal medio interanual y el caudal de 40000 m³/s a la crecida máxima media anual. Los datos correspondientes a la Figura 3.10 se muestran en el Tabla 3.6.

Se observa que la variación de niveles inducida por los embalses es más marcada en Santo Antonio que en Jirau. El nivel constante de 70.0 m en Santo Antonio hace desaparecer la cachuela/salto de Teotonio, entre las secciones 96 y 98. El cambio es mucho más fuerte para caudales bajos y en los sectores próximos a la represa. Para caudales de crecida el cambio es de pequeña magnitud arriba de la sección 130.

Una consecuencia adicional es la disminución de la variación estacional de niveles. Como ya se indicó, en condiciones naturales la diferencia promedio de niveles de agua entre los caudales de 5000 y 40000 m³/s, que corresponden aproximadamente a los niveles mínimo y máximo medio anuales, es de 11.4 m en el tramo Santo Antonio-Jirau. Esta diferencia se reduciría prácticamente a cero para todas las secciones próximas a la represa y a cerca de 8 m en la sección más alejada (207).

Figura 3.9: Perfil de la línea de agua entre Santo Antonio (81) y Jirau aguas abajo (207)

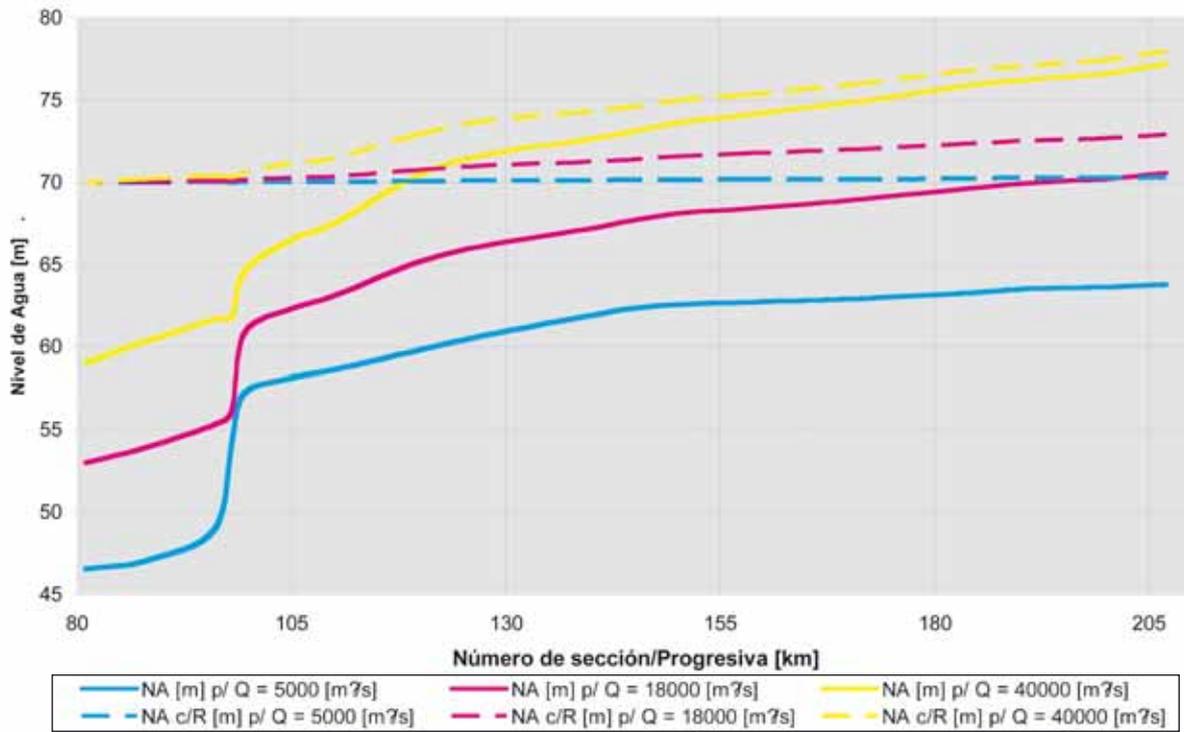
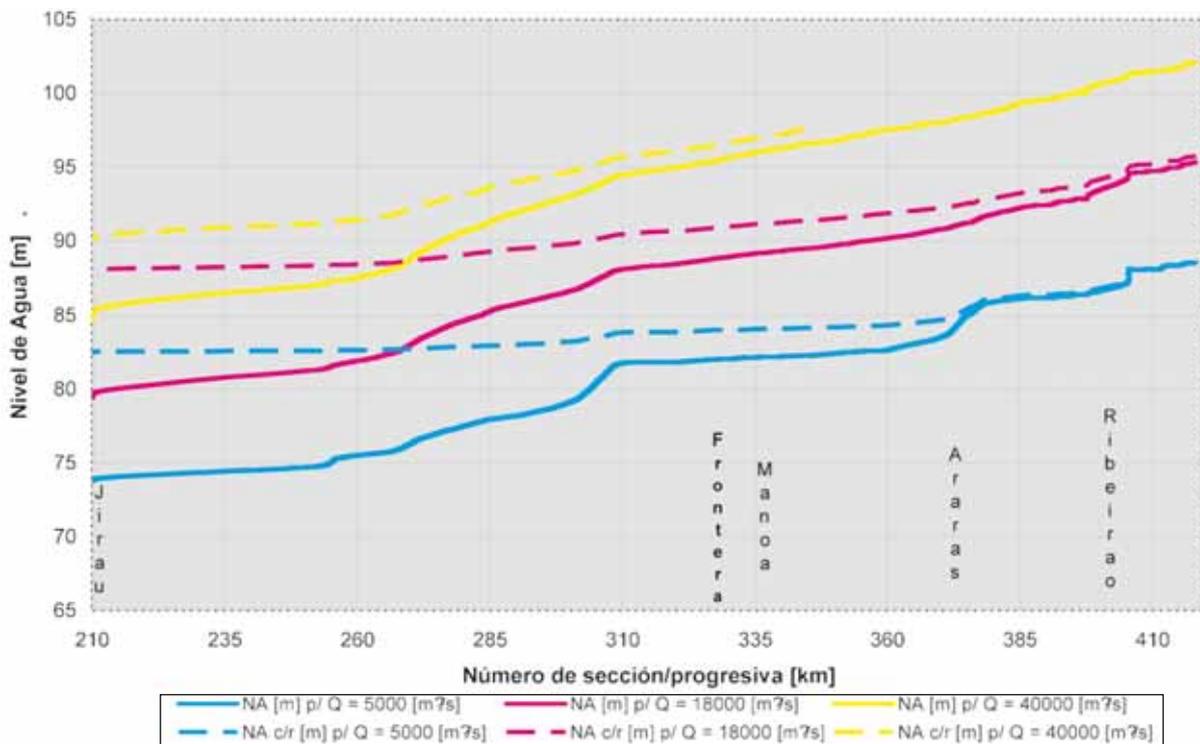


Figura 3.10: Perfil de la línea de agua entre Jirau (210) y cachuela Madera aguas abajo (418.1)



NA (m)=Nivel de agua en condición natural

NA c/r (m)= Nivel de agua con represa



La variación de niveles inducida por Jirau es de menor magnitud que en Santo Antonio, debido al régimen de operación variable del embalse. Para caudales bajos se observa el efecto del embalse llega hasta la cachuela de Araras y para caudales medios hasta la cachuela de Ribeirao, en territorio boliviano. La simulación para caudales altos sólo se pudo realizar hasta la sección 344, situada 6 Km aguas arriba de Puerto Manoa, por falta de datos topográficos de la parte superior de las secciones.

Aún con el régimen de operación variable, la variación estacional de niveles se ve afectada. La diferencia promedio de niveles de agua entre los

caudales de 5000 y 40000 m³/s, que corresponden aproximadamente a los niveles mínimo y máximo medio anuales, es de 13.4 m en el tramo Jirau-Cachuela Madera. Esta variación se reduciría a 7.5 m en el tramo próximo a la represa y a aproximadamente 12.65 m al inicio del tramo binacional.

La Tabla 3.5 muestra los cambios en niveles de agua y velocidades inducidos por la represa de Santo Antonio, en valores numéricos. La Tabla 3.6 muestra las mismas variables para la represa de Jirau. Las Figuras 3.11 y 3.12 muestran, respectivamente, las velocidades con y sin represa a lo largo de los tramos de los futuros embalses de Santo Antonio y Jirau.

Tabla 3.5: Niveles y velocidades de flujo en el embalse de Santo Antonio

| Seccion | Q = 5000 [m ³ /s] | | Q = 5000 [m ³ /s] | | Q = 18000 [m ³ /s] | | Q = 18000 [m ³ /s] | | Q = 40000 [m ³ /s] | | Q = 40000 [m ³ /s] | |
|---------|------------------------------|---------|------------------------------|-------------|-------------------------------|---------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|---------|-------------------------------|-------------|
| | NA [m] | V [m/s] | NA c/R [m] | V c/R [m/s] | NA [m] | V [m/s] | NA c/R [m] | V c/R [m/s] | NA [m] | V [m/s] | NA c/R [m] | V c/R [m/s] |
| 207 | 63.77 | 0.65 | 70.31 | 0.36 | 70.56 | 1.26 | 72.93 | 1.07 | 77.21 | 1.86 | 77.96 | 1.79 |
| 200 | 63.64 | 0.48 | 70.28 | 0.31 | 70.18 | 1.14 | 72.69 | 1.00 | 76.60 | 1.87 | 77.42 | 1.81 |
| 195 | 63.59 | 0.37 | 70.27 | 0.23 | 70.05 | 0.84 | 72.60 | 0.73 | 76.39 | 1.37 | 77.23 | 1.32 |
| 190 | 63.52 | 0.48 | 70.26 | 0.25 | 69.90 | 0.94 | 72.52 | 0.78 | 76.18 | 1.38 | 77.05 | 1.30 |
| 184 | 63.28 | 0.63 | 70.24 | 0.25 | 69.62 | 0.95 | 72.37 | 0.75 | 75.86 | 1.31 | 76.78 | 1.23 |
| 172 | 62.96 | 0.49 | 70.20 | 0.30 | 68.99 | 1.15 | 72.04 | 0.97 | 74.96 | 1.87 | 76.04 | 1.77 |
| 166 | 62.83 | 0.59 | 70.19 | 0.26 | 68.72 | 1.06 | 71.91 | 0.83 | 74.59 | 1.55 | 75.73 | 1.45 |
| 158 | 62.69 | 0.39 | 70.17 | 0.24 | 68.39 | 0.96 | 71.74 | 0.80 | 74.06 | 1.59 | 75.31 | 1.50 |
| 151 | 62.59 | 0.45 | 70.15 | 0.19 | 68.13 | 0.85 | 71.60 | 0.58 | 73.68 | 1.05 | 75.03 | 0.93 |
| 145 | 62.35 | 0.67 | 70.13 | 0.29 | 67.72 | 1.27 | 71.41 | 0.93 | 73.10 | 1.84 | 74.61 | 1.66 |
| 139 | 61.83 | 0.78 | 70.11 | 0.31 | 67.11 | 1.46 | 71.24 | 0.96 | 72.57 | 1.81 | 74.29 | 1.50 |
| 128 | 60.72 | 0.64 | 70.09 | 0.21 | 66.17 | 1.06 | 71.01 | 0.72 | 71.72 | 1.52 | 73.75 | 1.34 |
| 120 | 59.81 | 0.93 | 70.06 | 0.34 | 65.17 | 1.80 | 70.75 | 1.16 | 70.48 | 2.63 | 72.97 | 2.23 |
| 110 | 58.60 | 0.80 | 70.03 | 0.29 | 63.12 | 1.70 | 70.33 | 1.01 | 67.51 | 2.69 | 71.46 | 2.11 |
| 105 | 58.12 | 0.63 | 70.02 | 0.17 | 62.31 | 1.20 | 70.25 | 0.60 | 66.49 | 1.78 | 71.14 | 1.26 |
| 99.5 | 57.23 | 1.05 | 70.01 | 0.23 | 60.83 | 1.96 | 70.13 | 0.84 | 64.58 | 2.85 | 70.63 | 1.81 |
| 98 | 54.23 | 3.86 | 70.00 | 0.28 | 56.19 | 5.62 | 70.06 | 1.00 | 61.78 | 4.46 | 70.31 | 2.20 |
| 96 | 48.97 | 1.17 | 70.01 | 0.07 | 55.32 | 0.93 | 70.08 | 0.24 | 61.64 | 0.99 | 70.39 | 0.53 |
| 88 | 47.03 | 0.80 | 70.00 | 0.17 | 53.92 | 1.43 | 70.04 | 0.59 | 60.35 | 2.13 | 70.20 | 1.31 |
| 81 | 46.58 | 0.60 | 70.00 | 0.15 | 52.99 | 1.31 | 70.00 | 0.53 | 59.00 | 2.05 | 70.00 | 1.19 |

NA (m)=Nivel de agua en condición natural

V(m/s)= Velocidad de flujo en condición natural

NA c/R (m)= Nivel de agua con represa

V c/R (m/s)= Velocidad de flujo con represa

Como era de esperar, los cambios son muy grandes junto a las represas. En Santo Antonio, el nivel del agua sube 23.42 m (de 46.58 a 70.0) y la velocidad de flujo se reduce de 0.60 a 0.15 m/s para el caudal de 5000 m³/s. Para el caudal medio de 18000 m³/s el nivel sube 17.01 m (de 52.99 a 70.0)

y la velocidad se reduce de 1.31 a 0.53 m/s. Los cambios son mucho más grandes en la cachuela de Teontonio, donde la velocidad se reduce de 3.86 a 0.28 m/s para el caudal de 5000 m³/s y de 5.62 a 1.0 m/s para el caudal de 18000 m³/s.

Tabla 3.6: Niveles y velocidades de flujo inducidos por el embalse de Jirau

| Seccion | Q = 5000 [m ³ s] | | | | Q = 18000 [m ³ s] | | | | Q = 40000 [m ³ s] | | | |
|---------|-----------------------------|------------|---------|-------------|------------------------------|------------|---------|-------------|------------------------------|------------|---------|-------------|
| | NA [m] | NA c/R [m] | V [m/s] | V c/R [m/s] | NA [m] | NA c/R [m] | V [m/s] | V c/R [m/s] | NA [m] | NA c/R [m] | V [m/s] | V c/R [m/s] |
| 418.1 | 88.52 | 88.53 | 0.75 | 0.75 | 95.31 | 95.72 | 1.49 | 1.44 | 102.08 | | | 2.09 |
| 416.8 | 88.50 | 88.51 | 0.68 | 0.68 | 95.25 | 95.67 | 1.40 | 1.36 | 102.00 | | | 2.12 |
| 415.7 | 88.44 | 88.45 | 0.95 | 0.95 | 95.15 | 95.58 | 1.62 | 1.57 | 101.88 | | | 2.33 |
| 413.4 | 88.35 | 88.36 | 0.51 | 0.51 | 94.95 | 95.40 | 1.31 | 1.28 | 101.66 | | | 2.13 |
| 411.1 | 88.08 | 88.09 | 1.59 | 1.58 | 94.75 | 95.24 | 1.59 | 1.51 | 101.51 | | | 2.00 |
| 409.4 | 88.10 | 88.11 | 0.53 | 0.53 | 94.72 | 95.21 | 1.02 | 0.98 | 101.50 | | | 1.46 |
| 408.3 | 88.07 | 88.08 | 0.70 | 0.70 | 94.64 | 95.13 | 1.35 | 1.31 | 101.35 | | | 2.01 |
| 407.1 | 88.07 | 88.08 | 0.30 | 0.30 | 94.66 | 95.15 | 0.73 | 0.71 | 101.42 | | | 1.20 |
| 405 | 87.11 | 87.14 | 4.07 | 4.04 | 94.13 | 94.71 | 2.91 | 2.65 | 101.07 | | | 2.44 |
| 398 | 86.49 | 86.64 | 0.87 | 0.85 | 93.15 | 93.98 | 1.44 | 1.33 | 100.42 | | | 1.86 |
| 396 | 86.37 | 86.53 | 0.64 | 0.63 | 92.89 | 93.77 | 1.32 | 1.25 | 100.09 | | | 1.95 |
| 394.1 | 86.25 | 86.43 | 0.84 | 0.82 | 92.69 | 93.61 | 1.52 | 1.42 | 99.86 | | | 2.15 |
| 391.1 | 86.14 | 86.33 | 1.30 | 1.24 | 92.47 | 93.43 | 1.75 | 1.60 | 99.59 | | | 2.24 |
| 387.1 | 86.14 | 86.33 | 0.43 | 0.43 | 92.38 | 93.36 | 1.10 | 1.04 | 99.48 | | | 1.75 |
| 385.1 | 86.11 | 86.30 | 0.69 | 0.67 | 92.26 | 93.26 | 1.45 | 1.36 | 99.31 | | | 2.16 |
| 383.1 | 86.02 | 86.22 | 0.96 | 0.94 | 92.08 | 93.12 | 1.85 | 1.71 | 99.07 | | | 2.62 |
| 380.1 | 85.89 | 86.12 | 0.87 | 0.85 | 91.85 | 92.94 | 1.86 | 1.73 | 98.78 | | | 2.77 |
| 378.1 | 85.76 | 86.01 | 0.98 | 0.94 | 91.67 | 92.82 | 1.74 | 1.59 | 98.65 | | | 2.41 |
| 376.1 | 85.14 | 85.55 | 1.98 | 1.73 | 91.30 | 92.57 | 2.12 | 1.85 | 98.40 | | | 2.56 |
| 375 | 84.98 | 85.45 | 0.83 | 0.77 | 91.25 | 92.54 | 1.48 | 1.34 | 98.38 | | | 2.07 |
| 374.1 | 84.68 | 85.25 | 1.63 | 1.40 | 91.14 | 92.47 | 1.69 | 1.45 | 98.33 | | | 1.98 |
| 372 | 83.82 | 84.84 | 1.00 | 0.83 | 90.91 | 92.33 | 1.43 | 1.27 | 98.15 | | | 1.93 |
| 370.1 | 83.49 | 84.68 | 1.22 | 0.99 | 90.77 | 92.24 | 1.59 | 1.40 | 98.02 | | | 2.09 |
| 369 | 83.34 | 84.62 | 0.83 | 0.67 | 90.73 | 92.21 | 1.22 | 1.08 | 98.00 | | | 1.68 |
| 364.1 | 82.97 | 84.44 | 0.89 | 0.74 | 90.40 | 92.00 | 1.46 | 1.28 | 97.70 | | | 1.96 |
| 360.1 | 82.63 | 84.31 | 1.11 | 0.79 | 90.19 | 91.87 | 1.42 | 1.24 | 97.52 | | | 1.92 |
| 357.1 | 82.57 | 84.27 | 0.54 | 0.48 | 90.06 | 91.78 | 1.22 | 1.12 | 97.35 | | | 1.95 |
| 355.1 | 82.54 | 84.25 | 0.70 | 0.60 | 89.96 | 91.70 | 1.50 | 1.37 | 97.16 | | | 2.37 |
| 353.1 | 82.46 | 84.22 | 0.78 | 0.65 | 89.85 | 91.63 | 1.51 | 1.35 | 97.04 | | | 2.28 |
| 350.1 | 82.37 | 84.17 | 0.90 | 0.75 | 89.68 | 91.50 | 1.79 | 1.60 | 96.76 | | | 2.74 |
| 347.1 | 82.28 | 84.13 | 0.67 | 0.57 | 89.57 | 91.43 | 1.39 | 1.25 | 96.66 | | | 2.16 |
| 344.1 | 82.24 | 84.11 | 0.58 | 0.51 | 89.48 | 91.37 | 1.33 | 1.21 | 96.54 | 97.61 | 2.17 | 2.08 |
| 341.1 | 82.20 | 84.08 | 0.65 | 0.56 | 89.37 | 91.29 | 1.45 | 1.31 | 96.35 | 97.27 | 2.33 | 2.24 |
| 338 | 82.15 | 84.05 | 0.66 | 0.57 | 89.23 | 91.19 | 1.49 | 1.34 | 96.14 | 97.09 | 2.38 | 2.28 |
| 334.1 | 82.10 | 84.02 | 0.45 | 0.40 | 89.10 | 91.09 | 1.09 | 1.00 | 95.91 | 96.90 | 1.82 | 1.76 |
| 330.1 | 82.03 | 83.98 | 0.65 | 0.53 | 88.92 | 90.97 | 1.31 | 1.15 | 95.65 | 96.69 | 2.01 | 1.91 |
| 329.2 | 82.02 | 83.97 | 0.44 | 0.38 | 88.89 | 90.95 | 0.99 | 0.89 | 95.60 | 96.65 | 1.57 | 1.49 |
| 327 | 81.99 | 83.96 | 0.48 | 0.42 | 88.80 | 90.88 | 1.17 | 1.06 | 95.38 | 96.45 | 1.96 | 1.88 |
| 320 | 81.81 | 83.86 | 0.90 | 0.64 | 88.43 | 90.67 | 1.41 | 1.18 | 94.95 | 96.10 | 1.99 | 1.86 |
| 315 | 81.78 | 83.84 | 0.42 | 0.37 | 88.31 | 90.59 | 1.06 | 0.96 | 94.76 | 95.94 | 1.80 | 1.72 |
| 309 | 81.67 | 83.78 | 0.44 | 0.37 | 88.03 | 90.43 | 1.02 | 0.89 | 94.39 | 95.65 | 1.63 | 1.52 |
| 306 | 80.69 | 83.51 | 0.49 | 0.40 | 87.50 | 90.18 | 1.16 | 1.01 | 93.89 | 95.27 | 1.90 | 1.79 |
| 301 | 79.23 | 83.19 | 0.52 | 0.39 | 86.70 | 89.85 | 1.14 | 0.97 | 93.14 | 94.73 | 1.87 | 1.75 |
| 292 | 78.32 | 83.02 | 0.34 | 0.25 | 85.87 | 89.52 | 0.78 | 0.66 | 92.15 | 94.13 | 1.23 | 1.10 |
| 286 | 78.00 | 82.95 | 0.40 | 0.29 | 85.40 | 89.34 | 0.91 | 0.74 | 91.49 | 93.73 | 1.49 | 1.35 |
| 283 | 77.74 | 82.89 | 0.55 | 0.39 | 84.95 | 89.18 | 1.25 | 1.02 | 90.93 | 93.35 | 2.10 | 1.91 |
| 279 | 77.35 | 82.83 | 0.41 | 0.29 | 84.46 | 89.04 | 0.97 | 0.79 | 90.47 | 93.09 | 1.65 | 1.50 |
| 272 | 76.61 | 82.72 | 0.55 | 0.39 | 83.39 | 88.74 | 1.34 | 1.06 | 89.24 | 92.37 | 2.31 | 2.05 |
| 267 | 75.82 | 82.65 | 1.03 | 0.52 | 82.42 | 88.52 | 1.89 | 1.29 | 88.17 | 91.79 | 2.91 | 2.43 |
| 258 | 75.38 | 82.60 | 0.50 | 0.32 | 81.74 | 88.39 | 1.22 | 0.90 | 87.39 | 91.36 | 2.09 | 1.79 |
| 256 | 75.24 | 82.60 | 0.87 | 0.28 | 81.61 | 88.38 | 1.12 | 0.63 | 87.32 | 91.35 | 1.51 | 1.12 |
| 255 | 75.01 | 82.59 | 0.85 | 0.29 | 81.49 | 88.37 | 1.18 | 0.62 | 87.25 | 91.32 | 1.50 | 1.09 |
| 253 | 74.76 | 82.58 | 0.64 | 0.29 | 81.30 | 88.33 | 1.15 | 0.74 | 87.05 | 91.21 | 1.76 | 1.43 |
| 243 | 74.54 | 82.56 | 0.43 | 0.27 | 80.99 | 88.28 | 1.05 | 0.76 | 86.72 | 91.02 | 1.80 | 1.50 |
| 228 | 74.31 | 82.54 | 0.54 | 0.32 | 80.55 | 88.21 | 1.29 | 0.80 | 86.24 | 90.78 | 1.99 | 1.53 |
| 211 | 73.93 | 82.52 | 0.56 | 0.32 | 79.78 | 88.11 | 1.35 | 0.80 | 85.44 | 90.44 | 2.09 | 1.56 |
| 210 | 73.81 | 82.50 | 1.23 | 0.58 | 79.39 | 88.00 | 2.62 | 1.50 | 84.63 | 90.00 | 4.04 | 3.03 |

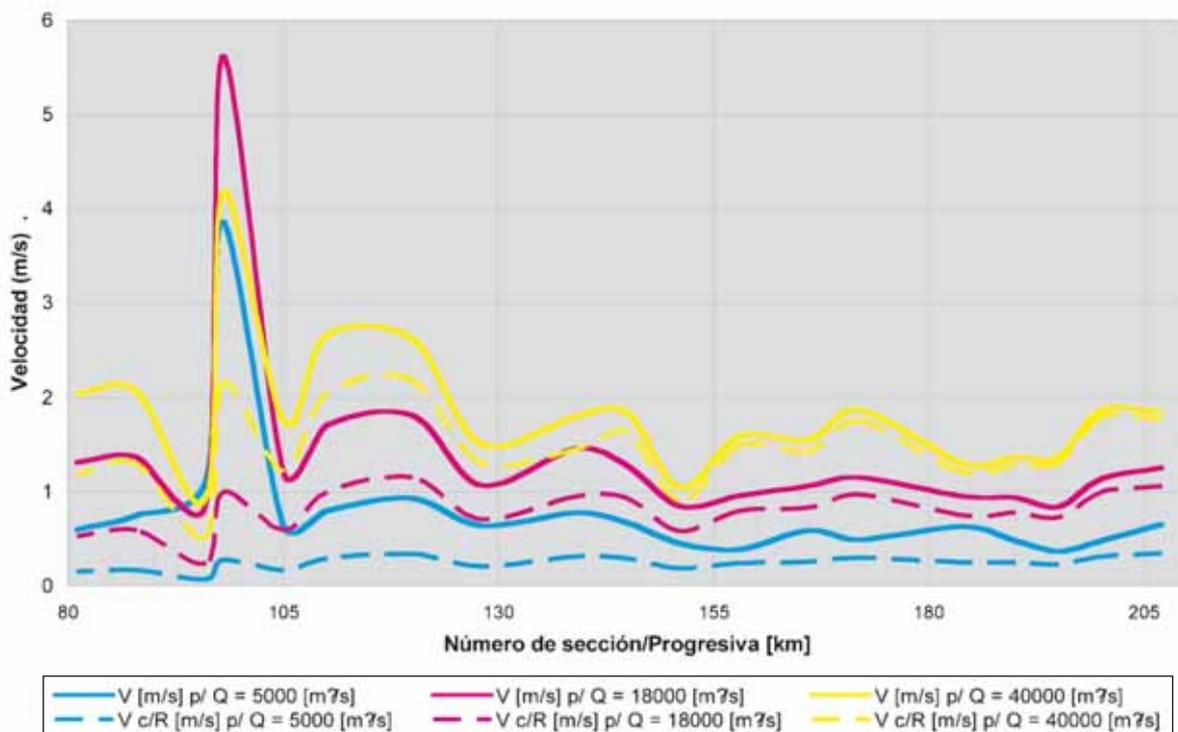
NA (m)=Nivel de agua en condición natural NA c/R (m)= Nivel de agua con represa

V(m/s)= Velocidad de flujo en condición natural

V c/R (m/s)= Velocidad de flujo con represa

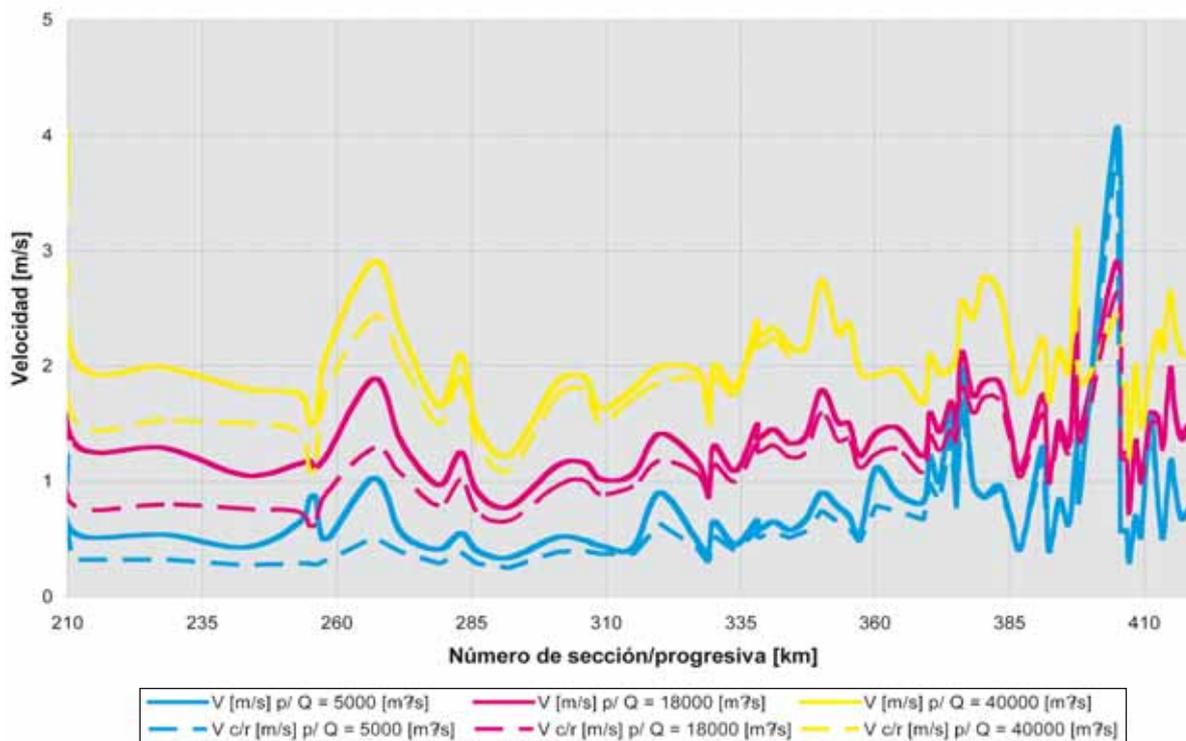


Figura 3.11: Velocidad de flujo (m/s) entre Santo Antonio (81) y Jirau aguas abajo (207), con y sin represa



V (m/s)= Velocidad de flujo en condición natural, V c/R (m/s)= Velocidad de flujo con represa

Figura 3.12: Velocidad (m/s) entre Jirau (210) y Cachuela Madera (418.1)



Las Tablas 3.7 y 3.8 muestran, respectivamente, los perfiles hidráulicos para diversos caudales en los tramos Santo Antonio-Jirau y Jirau-Cachuela Madera, para la condición con embalse. Obsérvese que aguas arriba de la estación hidrométrica de Abuná-Vila, sólo se obtuvieron perfiles hasta el caudal de 33600 m³/s. Esto se debe a la falta de datos topográficos por encima de los niveles (cotas) correspondientes a ese caudal, para la condición con embalse.

3.4.2 Efectos de remanso en el tramo binacional

La Figura 3.10 y la Tabla 3.6 evidencian que los niveles de agua en el tramo binacional serán afectados, aún considerando un régimen de niveles variables en el embalse de Jirau. En la sección 329.2, donde se inicia el tramo binacional y por tanto territorio boliviano, el nivel del agua subiría cerca de 2 m para caudales bajos y medios y un poco más de 1 m para el caudal de 40000 m³/s.

Los perfiles que se muestran en las Tablas 3.3 (condiciones naturales) y 3.8 (con represa) permiten describir los cambios sobre un rango más amplio de caudales. Para un caudal bajo de 6800m³/s en la sección 329.2, el nivel del agua con represa subiría 1.48 m (de 83.54 a 85.02). El cambio del nivel de agua se incrementa con el caudal hasta alcanzar un valor máximo de 2.35 m (de 91.04 a 93.39) para el caudal de 23900 m³/s. A partir de allí

disminuye: es de 1.01 m para el caudal de 40000 m³/s, de 0.91 m (de 97.58 a 98.49) para el caudal máximo diario de 48800 m³/s registrado en Porto Velho y de 0.76 m para el caudal de 55000 m³/s. De todas maneras, los resultados indican que habría efectos de remanso en el tramo binacional para todo el rango de caudales registrados, incluso los de crecida, si se aplicase la curva guía de operación de Jirau. Para el caudal de 33600 m³/s y caudales menores, habría efecto de remanso hasta la cachuela Madera aguas abajo (sección 418.1).

Sin embargo, según los estudios de factibilidad (Furnas-Odebrecht, 2004) solamente existiría sobre-elevación de los niveles de agua (efecto de remanso) en la estación hidrométrica de Abuná-Vila (sección 338) para caudales de hasta 36000 m³/s, si se aplica la curva guía de Jirau. Esa estación está situada casi 9 Km más arriba de la sección 329.2. Para caudales medios y bajos la sobre-elevación estaría en el orden de 1.50 a 2.0 m (ver Tabla 3.9), es decir en el mismo orden que las estimaciones del presente estudio.

Ante la consulta realizada por el Gobierno boliviano sobre este tema, el Gobierno brasileño respondió (octubre 2007) con el mismo argumento de Furnas-Odebrecht: que aún con las sobre-elevaciones de la Tabla 3.9 para caudales medios y bajos, el nivel del agua se mantiene dentro del canal principal del río Madera, sin provocar desbordes.

Tabla 3.7: Perfil de la línea de agua (m) con represa en el tramo Santo Antonio (418.1) – Jirau aguas abajo (207)

| Sección | Caudal (m ³ /s) | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 5000 | 6800 | 10600 | 15900 | 16600 | 22700 | 23900 | 29100 | 30200 | 33600 | 40000 | 48800 | 50000 | 55000 |
| | Nivel junto a represa San Antonio 70.0 m | | | | | | | | | | | | | |
| 207 | 63.77 | 65.08 | 67.32 | 69.73 | 70.01 | 72.27 | 72.67 | 74.39 | 74.70 | 75.62 | 77.22 | 79.14 | 79.35 | 80.19 |
| 200 | 63.64 | 64.90 | 67.06 | 69.39 | 69.66 | 71.83 | 72.22 | 73.88 | 74.18 | 75.08 | 76.61 | 78.46 | 78.68 | 79.50 |
| 195 | 63.59 | 64.83 | 66.97 | 69.27 | 69.54 | 71.68 | 72.07 | 73.71 | 74.00 | 74.89 | 76.40 | 78.23 | 78.45 | 79.29 |
| 190 | 63.52 | 64.75 | 66.86 | 69.13 | 69.39 | 71.51 | 71.89 | 73.52 | 73.82 | 74.69 | 76.19 | 78.01 | 78.23 | 79.08 |
| 184 | 63.28 | 64.50 | 66.59 | 68.85 | 69.11 | 71.21 | 71.59 | 73.22 | 73.51 | 74.37 | 75.87 | 77.68 | 77.91 | 78.78 |
| 172 | 62.96 | 64.12 | 66.11 | 68.26 | 68.51 | 70.52 | 70.88 | 72.45 | 72.73 | 73.55 | 74.98 | 76.72 | 76.94 | 77.83 |
| 166 | 62.83 | 63.96 | 65.90 | 68.01 | 68.25 | 70.21 | 70.57 | 72.12 | 72.39 | 73.19 | 74.60 | 76.32 | 76.53 | 77.42 |
| 158 | 62.69 | 63.79 | 65.68 | 67.71 | 67.94 | 69.84 | 70.18 | 71.69 | 71.95 | 72.73 | 74.08 | 75.73 | 75.94 | 76.79 |
| 151 | 62.59 | 63.66 | 65.50 | 67.46 | 67.69 | 69.53 | 69.87 | 71.31 | 71.56 | 72.34 | 73.69 | 75.34 | 75.56 | 76.41 |
| 145 | 62.35 | 63.39 | 65.17 | 67.07 | 67.29 | 69.08 | 69.41 | 70.74 | 70.99 | 71.77 | 73.12 | 74.75 | 74.96 | 75.81 |
| 139 | 61.83 | 62.84 | 64.58 | 66.46 | 66.68 | 68.46 | 68.78 | 70.09 | 70.36 | 71.18 | 72.59 | 74.28 | 74.50 | 75.37 |
| 128 | 60.72 | 61.79 | 63.58 | 65.51 | 65.73 | 67.53 | 67.86 | 69.18 | 69.46 | 70.30 | 71.74 | 73.45 | 73.67 | 74.53 |
| 120 | 59.81 | 60.88 | 62.65 | 64.52 | 64.74 | 66.47 | 66.78 | 68.06 | 68.32 | 69.13 | 70.52 | 72.14 | 72.34 | 73.16 |
| 110 | 58.61 | 59.51 | 61.02 | 62.58 | 62.76 | 64.15 | 64.40 | 65.47 | 65.68 | 66.38 | 67.58 | 69.00 | 69.17 | 69.86 |
| 105 | 58.13 | 58.96 | 60.35 | 61.80 | 61.97 | 63.24 | 63.47 | 64.48 | 64.69 | 65.39 | 66.58 | 67.99 | 68.16 | 68.88 |
| 98 | 54.23 | 54.79 | 55.24 | 55.95 | 56.03 | 57.60 | 57.97 | 59.47 | 59.76 | 60.87 | 62.22 | 63.87 | 64.09 | 64.93 |
| 96 | 49.28 | 50.50 | 52.45 | 54.87 | 55.18 | 57.37 | 57.76 | 59.33 | 59.64 | 60.65 | 62.14 | 63.96 | 64.19 | 65.11 |
| 88 | 47.92 | 48.68 | 50.96 | 53.65 | 53.95 | 56.26 | 56.66 | 58.25 | 58.56 | 59.47 | 61.02 | 62.90 | 63.14 | 64.08 |
| 81 | 70.00 | 70.00 | 70.00 | 70.00 | 70.00 | 70.00 | 70.00 | 70.00 | 70.00 | 70.00 | 70.00 | 70.00 | 70.00 | 70.00 |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 3.8: Perfil de la línea de agua (m) con represa en el tramo Cachuela Madera aguas abajo (418.1) – Jirau (210)

| Sección | Caudal (m ³ /s) | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| | 5600 | 6800 | 10600 | 15900 | 16600 | 22700 | 23900 | 29100 | 30200 | 33600 | 40000 | 48800 | 50000 | 55000 |
| | Nivel del Agua en el Reservorio AHE Jirau | | | | | | | | | | | | | |
| | 82.5 | 83 | 85 | 87 | 87.5 | 89.5 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| 418.1 | 88.92 | 89.79 | 92.26 | 94.82 | 95.15 | 97.52 | 97.98 | 99.47 | 99.78 | 100.72 | | | | |
| 416.8 | 88.90 | 89.77 | 92.22 | 94.77 | 95.10 | 97.47 | 97.92 | 99.41 | 99.72 | 100.66 | | | | |
| 415.7 | 88.84 | 89.70 | 92.13 | 94.68 | 95.00 | 97.37 | 97.83 | 99.31 | 99.61 | 100.55 | | | | |
| 413.4 | 88.75 | 89.60 | 92.00 | 94.50 | 94.83 | 97.20 | 97.66 | 99.13 | 99.43 | 100.35 | | | | |
| 412.6 | 88.72 | 89.56 | 91.95 | 94.44 | 94.77 | 97.13 | 97.58 | 99.05 | 99.35 | 100.27 | | | | |
| 411.1 | 88.50 | 89.37 | 91.82 | 94.33 | 94.66 | 97.04 | 97.51 | 98.98 | 99.29 | 100.21 | | | | |
| 409.4 | 88.51 | 89.36 | 91.78 | 94.30 | 94.63 | 97.02 | 97.49 | 98.97 | 99.28 | 100.20 | | | | |
| 408.3 | 88.48 | 89.32 | 91.72 | 94.23 | 94.56 | 96.93 | 97.40 | 98.86 | 99.16 | 100.08 | | | | |
| 407.1 | 88.49 | 89.33 | 91.74 | 94.25 | 94.58 | 96.97 | 97.43 | 98.91 | 99.21 | 100.13 | | | | |
| 406.6 | 88.47 | 89.30 | 91.70 | 94.19 | 94.53 | 96.90 | 97.36 | 98.82 | 99.12 | 100.04 | | | | |
| 405.5 | 88.46 | 89.29 | 91.68 | 94.17 | 94.50 | 96.87 | 97.33 | 98.79 | 99.10 | 100.01 | | | | |
| 405 | 87.57 | 88.51 | 91.18 | 93.78 | 94.12 | 96.56 | 97.04 | 98.54 | 98.85 | 99.78 | | | | |
| 398 | 87.04 | 87.88 | 90.25 | 92.96 | 93.34 | 95.96 | 96.45 | 97.96 | 98.28 | 99.23 | | | | |
| 396 | 86.93 | 87.74 | 90.07 | 92.75 | 93.13 | 95.74 | 96.23 | 97.72 | 98.03 | 98.96 | | | | |
| 394.1 | 86.81 | 87.62 | 89.93 | 92.59 | 92.97 | 95.57 | 96.07 | 97.54 | 97.84 | 98.77 | | | | |
| 392.1 | 86.81 | 87.61 | 89.91 | 92.55 | 92.94 | 95.53 | 96.03 | 97.49 | 97.79 | 98.71 | | | | |
| 391.1 | 86.71 | 87.50 | 89.78 | 92.42 | 92.80 | 95.39 | 95.88 | 97.33 | 97.63 | 98.54 | | | | |
| 387.1 | 86.71 | 87.49 | 89.74 | 92.34 | 92.73 | 95.31 | 95.81 | 97.25 | 97.55 | 98.45 | | | | |
| 385.1 | 86.67 | 87.44 | 89.67 | 92.25 | 92.64 | 95.21 | 95.70 | 97.12 | 97.42 | 98.31 | | | | |
| 383.1 | 86.59 | 87.35 | 89.56 | 92.11 | 92.50 | 95.05 | 95.55 | 96.95 | 97.24 | 98.11 | | | | |
| 380.1 | 86.48 | 87.22 | 89.40 | 91.93 | 92.32 | 94.87 | 95.36 | 96.74 | 97.02 | 97.88 | | | | |
| 378.1 | 86.36 | 87.09 | 89.27 | 91.80 | 92.20 | 94.76 | 95.25 | 96.63 | 96.91 | 97.77 | | | | |
| 376.1 | 85.91 | 86.68 | 88.95 | 91.53 | 91.94 | 94.54 | 95.03 | 96.42 | 96.70 | 97.55 | | | | |
| 375 | 85.81 | 86.59 | 88.89 | 91.50 | 91.91 | 94.52 | 95.03 | 96.40 | 96.68 | 97.54 | | | | |
| 374.1 | 85.61 | 86.41 | 88.78 | 91.42 | 91.84 | 94.47 | 94.98 | 96.35 | 96.63 | 97.49 | | | | |
| 372 | 85.20 | 86.05 | 88.56 | 91.26 | 91.68 | 94.33 | 94.85 | 96.21 | 96.49 | 97.34 | | | | |
| 370.1 | 85.03 | 85.90 | 88.45 | 91.17 | 91.59 | 94.25 | 94.76 | 96.11 | 96.39 | 97.24 | | | | |
| 369 | 84.96 | 85.84 | 88.41 | 91.14 | 91.57 | 94.23 | 94.75 | 96.09 | 96.37 | 97.22 | | | | |
| 364.1 | 84.78 | 85.64 | 88.19 | 90.92 | 91.35 | 94.02 | 94.54 | 95.87 | 96.14 | 96.98 | | | | |
| 360.1 | 84.64 | 85.50 | 88.05 | 90.78 | 91.22 | 93.90 | 94.43 | 95.74 | 96.01 | 96.84 | | | | |
| 357.1 | 84.59 | 85.44 | 87.98 | 90.69 | 91.13 | 93.80 | 94.33 | 95.62 | 95.89 | 96.70 | | | | |
| 355.1 | 84.57 | 85.41 | 87.93 | 90.62 | 91.06 | 93.71 | 94.24 | 95.50 | 95.76 | 96.56 | | | | |
| 353.1 | 84.53 | 85.36 | 87.87 | 90.55 | 90.99 | 93.64 | 94.16 | 95.42 | 95.68 | 96.47 | | | | |
| 350.1 | 84.47 | 85.30 | 87.79 | 90.43 | 90.87 | 93.50 | 94.02 | 95.24 | 95.49 | 96.26 | | | | |
| 347.1 | 84.43 | 85.24 | 87.72 | 90.36 | 90.80 | 93.43 | 93.96 | 95.17 | 95.42 | 96.18 | | | | |
| 344.1 | 84.40 | 85.22 | 87.68 | 90.30 | 90.74 | 93.37 | 93.89 | 95.08 | 95.33 | 96.09 | | | | |
| 341.1 | 84.37 | 85.18 | 87.63 | 90.23 | 90.67 | 93.28 | 93.80 | 94.97 | 95.21 | 95.95 | 97.27 | | | |
| 338 | 84.34 | 85.14 | 87.57 | 90.13 | 90.57 | 93.16 | 93.68 | 94.83 | 95.06 | 95.79 | 97.09 | 98.97 | 99.23 | 100.31 |
| 334.1 | 84.30 | 85.09 | 87.50 | 90.04 | 90.48 | 93.04 | 93.56 | 94.68 | 94.91 | 95.62 | 96.90 | 98.76 | 99.02 | 100.08 |
| 330.1 | 84.26 | 85.04 | 87.42 | 89.93 | 90.37 | 92.90 | 93.42 | 94.51 | 94.74 | 95.44 | 96.69 | 98.53 | 98.79 | 99.84 |
| 329.2 | 84.25 | 85.02 | 87.41 | 89.91 | 90.35 | 92.88 | 93.39 | 94.47 | 94.70 | 95.40 | 96.65 | 98.49 | 98.75 | 99.80 |
| 329 | 84.24 | 85.02 | 87.40 | 89.90 | 90.34 | 92.87 | 93.38 | 94.45 | 94.68 | 95.37 | 96.60 | 98.42 | 98.68 | 99.71 |
| 327 | 84.23 | 85.00 | 87.37 | 89.85 | 90.28 | 92.80 | 93.30 | 94.35 | 94.57 | 95.24 | 96.45 | 98.22 | 98.47 | 99.48 |
| 320 | 84.12 | 84.87 | 87.20 | 89.63 | 90.07 | 92.58 | 93.08 | 94.08 | 94.29 | 94.93 | 96.10 | 97.84 | 98.08 | 99.09 |
| 315 | 84.09 | 84.84 | 87.14 | 89.56 | 90.00 | 92.49 | 92.99 | 93.97 | 94.17 | 94.80 | 95.94 | 97.65 | 97.89 | 98.88 |
| 309 | 84.02 | 84.75 | 87.02 | 89.39 | 89.83 | 92.32 | 92.82 | 93.75 | 93.94 | 94.54 | 95.65 | 97.33 | 97.56 | 98.53 |
| 306 | 83.71 | 84.43 | 86.75 | 89.13 | 89.58 | 92.08 | 92.58 | 93.45 | 93.64 | 94.21 | 95.27 | 96.90 | 97.12 | 98.05 |
| 301 | 83.34 | 84.05 | 86.40 | 88.77 | 89.23 | 91.74 | 92.24 | 93.04 | 93.20 | 93.73 | 94.73 | 96.28 | 96.49 | 97.37 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.9: Sobrelevación en la sección 338 (42.6), según Furnas-Odebrecht (2004)

Perfis da Linha d'Água em **Condições Naturais** Fonte: EIA-Tomo B 7/8, p. 4.14

| Seção | Vazão (m³/s) | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 5.600 | 6.800 | 10.600 | 10.400 | 15.900 | 16.600 | 22.700 | 23.900 | 29.100 | 30.200 | 33.600 | 48.800 | 60.200 | 71.400 | 82.600 |
| 28 | 74,11 | 74,71 | 76,46 | 76,37 | 78,63 | 78,88 | 80,77 | 81,10 | 82,41 | 82,67 | 83,41 | 86,18 | 87,93 | 89,45 | 90,83 |
| 42.3 | 81,96 | 82,86 | 84,85 | 84,76 | 87,38 | 87,68 | 90,30 | 90,76 | 92,31 | 92,56 | 93,41 | 97,26 | 99,93 | 102,25 | 104,45 |
| 42.6 | 82,10 | 83,00 | 85,01 | 84,92 | 87,56 | 87,87 | 90,55 | 91,01 | 92,61 | 92,87 | 93,74 | 97,69 | 100,39 | 102,73 | 104,95 |

Perfis da Linha d'Água **Com o Reservatório** do AHE Jirau. Fonte: EIA-Tomo B 7/8, p.4.14

| Seção | Vazão (m³/s) | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | 5600 | 6800 | 10600 | 10400 | 15900 | 16600 | 22700 | 23900 | 29100 | 30200 | 33600 | 48800 | 60200 | 71400 | 82600 |
| | Nível d'água no Reservatório do AHE Jirau | | | | | | | | | | | | | | |
| | 82,5 | 83 | 85 | 85 | 87 | 87,5 | 89,5 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 92 |
| 42.3 | 83,66 | 84,40 | 86,78 | 86,73 | 89,37 | 89,82 | 91,95 | 92,42 | 93,25 | 93,43 | 94,00 | 97,26 | 99,93 | 102,25 | 104,45 |
| 42.6 | 83,71 | 84,46 | 86,84 | 86,79 | 89,46 | 89,91 | 92,07 | 92,54 | 93,41 | 93,60 | 94,20 | 97,69 | 100,39 | 102,73 | 104,95 |

Tabla 3.10: Sobre-elevación dNA (m) media mensual en la sección 338 - Abuná-Vila

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| dNA(m) | 2.26 | 2.06 | 1.38 | 1.38 | 2.26 | 1.91 | 1.71 | 1.59 | 1.89 | 1.89 | 1.71 | 1.74 |

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la tabla 3.9

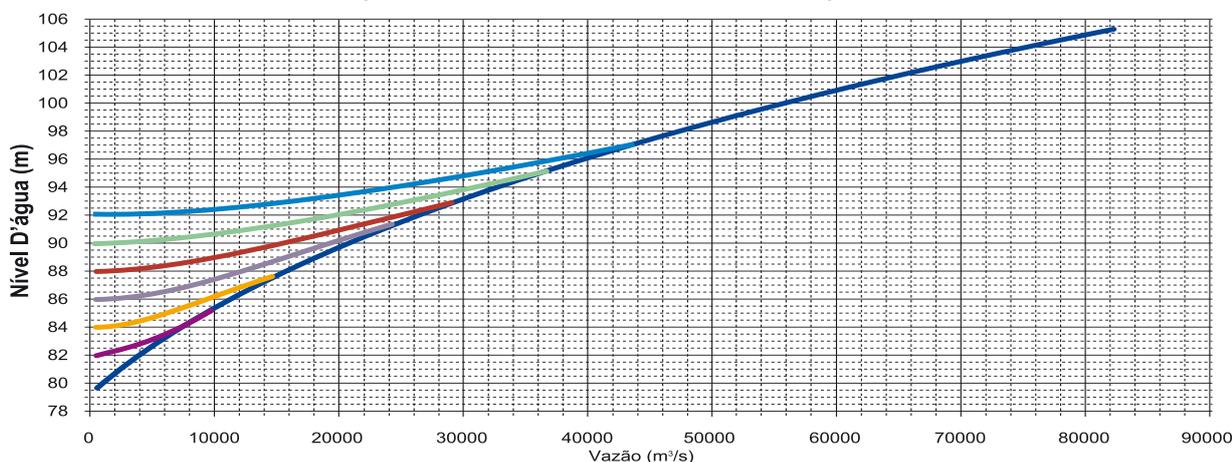
La Figura 3.13 muestra los niveles de agua que se producirían en la estación hidrométrica de Abuná-Vila según Furnas-Odebrecht (2004), considerando diversos niveles de operación de Jirau (entre 80 y 92 m) y diversos caudales. Según la Figura 3.13, para un nivel de agua junto a la represa de 90.0 m, los niveles de agua en Abuná-Vila serían afectados solamente hasta un caudal de 36000 m³/s. Para un nivel máximo extraordinario de 92.0 junto a la represa, los niveles en Abuná-Vila serían afectados hasta un caudal de 44000 m³/s.

Para ilustrar mejor las diferencias entre el presente estudio y los estudios de factibilidad (Viabilidade en portugués), se construyó curvas equi-

valentes en la sección 338 (estación de Abuná-Vila) con los resultados del presente estudio, que se muestran en la Figura 3.14.

Como se observa en las Figuras 3.13 y 3.14, las diferencias son significativas. Un análisis de los estudios brasileños mostró que esa diferencia se debe principalmente a la disminución del coeficiente de rugosidad n (ver Figura 3.15), en un valor casi constante de 0.005-0.006 para todas las secciones del tramo Jirau-Abuná y para todos los niveles/cotas de cada sección, en la situación con embalse. Según los consultores brasileños (página 7.22, Estudio de Viabilidad), esa modificación se realizó en función del análisis de las características fisiográficas del embalse a ser formado. La pregunta es: ¿se puede sustentar técnicamente esa reducción del coeficiente n para el caso con embalse?

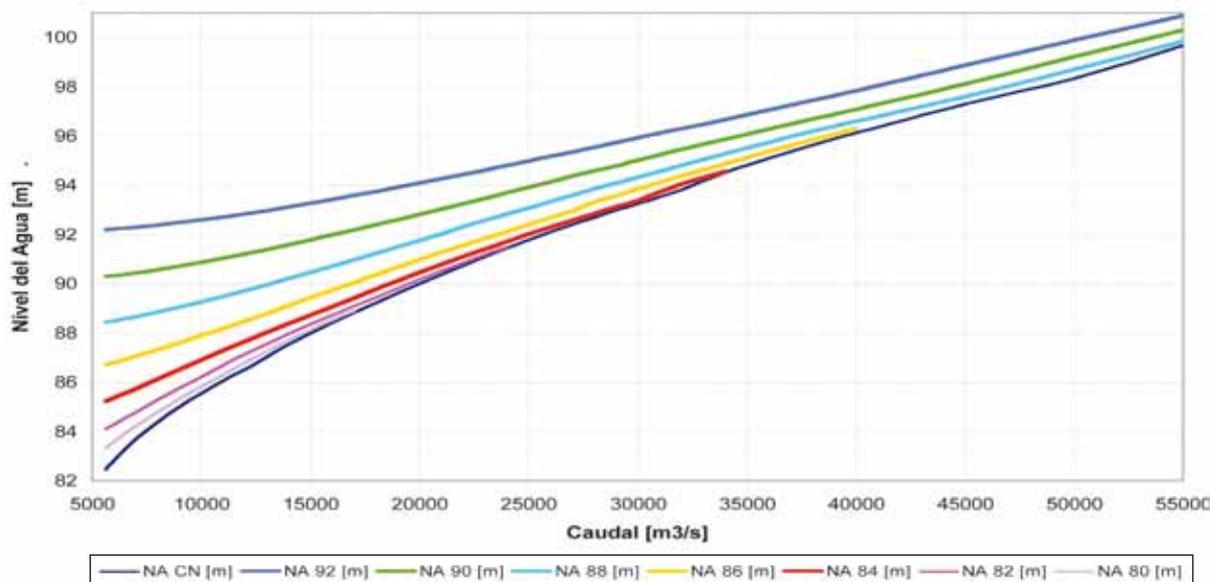
**Figura 3.13: Río Madera en Abuná-Vila (sección 338)
Curva Nivel de agua-Caudal con influencia del embalse de Jirau, según Furnas-Odebrecht**



Fuente: Estudios de Viabilidad (Furnas-Odebrecht, 2004)



Figura 3.14: Río Madera en Abuná-Vila (sección 338)
Curva Nivel de agua-Caudal con influencia del embalse de Jirau, según el presente estudio



Fuente: Elaboración propia

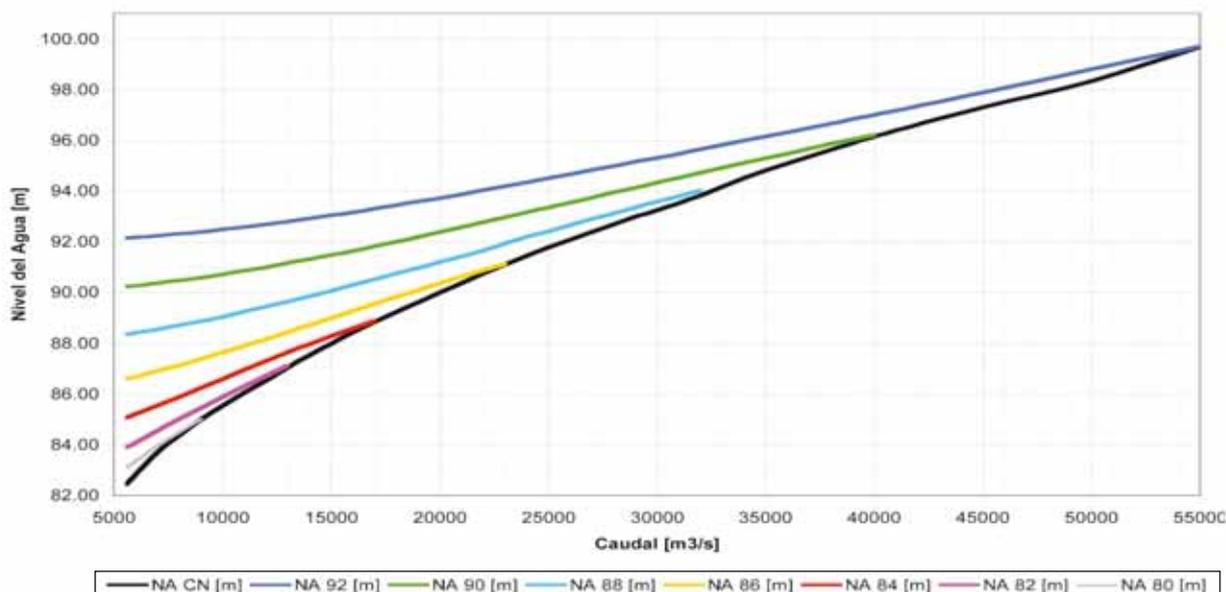
Si una reducción del coeficiente de Manning podría justificarse debido al incremento de la profundidad de flujo relativa a la rugosidad del lecho, el valor establecido por los consultores brasileños es probablemente arbitrario. Más aún, no es posible justificar la misma reducción de n en las secciones junto a la represa, donde la profundidad de flujo aumentará en 10-20 m, que en las secciones más alejadas (como la 338), donde la profundidad aumentará solamente 1 a 2 m, según los cálculos de los propios consultores.

Las características del lecho del río Madera, predominantemente rocoso, con sedimentos en el orden de arenas finas ($d_{50}=0.2$ mm), sugieren que predomina la rugosidad de forma sobre la rugosidad del grano. La rugosidad de forma decrece al aumentar la profundidad, pero esto se ve reflejado al correr el modelo HEC-RAS con la opción "Vertical variation in n -values",

que fue la usada tanto en los estudios brasileños como en el presente estudio (ver Tablas A.2.1 y A.2.2). Para una profundidad de flujo más grande, como es la situación con embalse, el modelo usa la rugosidad correspondiente a esa profundidad, que será menor a la rugosidad en condiciones naturales. Solamente se requeriría extrapolar los coeficientes de rugosidad obtenidos para condiciones naturales hacia los niveles/cotas más altos que se producirían para la situación con embalse. Ésta es la opción que se eligió en el presente estudio y con la que se construyó la Figura 3.14.

La Figura 3.15 muestra los mismos resultados que la Figura 3.14, pero disminuyendo el valor de n en 0.005 para todas las secciones del tramo Jirau-Abuná. La similitud con las curvas de Furnas-Odebrecht (Figura 3.13) evidencia que la arbitraria disminución del coeficiente de rugosidad n es la principal razón de las diferencias entre las Figuras 3.13 y 3.14.

Figura 3.15: Nivel de agua NA versus caudal en la sección 338, con influencia del embalse de Jirau y coeficiente n reducido en 0.005



En resumen, la respuesta a la primera pregunta planteada al inicio del subcapítulo 3.4 es que la curva guía de operación del embalse de Jirau con niveles variables, citada en la resolución ANA 555, modificará el nivel natural del agua en el tramo binacional del río Madera, para todo el rango de caudales registrados en el río.

La Tabla 3.11 muestra la sobre-elevación que se produciría en la sección 338 sobre el tramo binacional, para los caudales medios mensuales del periodo 1967-07. La Tabla 3.11 muestra también la pérdida en energía

media mensual que resulta de esa sobre-elevación, calculada con la ecuación de potencia, considerando la misma eficiencia turbina-generator estimada por los consultores brasileños (93%) y un factor potencia-energía de 96.5%. Se estimó así que la pérdida de energía media anual en la sección 338 del tramo binacional del río Madera es de 2411000 MWh/año. Al precio de generación que fue adjudicada la central de Jirau (43.2 U\$/MWh), **esa pérdida de energía equivale en términos monetarios a 104 millones U\$/año.** La pérdida de energía sería aún mayor si se incluyese la sobre-elevación que se produce en el tramo binacional del río Abuná.

Tabla 3.11: Pérdida de energía por efecto de remanso en el tramo binacional, sección 338

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Año |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|
| Q (m ³ /s) | 22633 | 28723 | 32986 | 31839 | 24211 | 16829 | 10487 | 6271 | 4881 | 5814 | 9363 | 15126 | 17405 |
| dNA(m) | 2.26 | 2.06 | 1.38 | 1.38 | 2.26 | 1.91 | 1.71 | 1.59 | 1.89 | 1.89 | 1.71 | 1.74 | |
| Pot (Mw) | 467 | 540 | 415 | 401 | 499 | 293 | 164 | 91 | 84 | 100 | 146 | 240 | |
| E (MWh) | 335040 | 350059 | 298170 | 278515 | 358405 | 203758 | 117468 | 65313 | 58482 | 71971 | 101489 | 172390 | 2411060 |

Q=caudal, dNA=sobre-elevación con respecto al nivel natural del agua, Pot=Potencia neta, E=Pérdida de energía

Incluso si se usan las sobre-elevaciones medias mensuales estimadas por Furnas-Odebrecht (Tabla 3.10), existiría una pérdida de energía en el tramo binacional (sección 338) de 1690000 MWh/año, que equivale a 73 millones de dólares/año.

La otra pregunta, consecuencia de la anterior, es si existe alguna otra curva de operación del embalse de Jirau que permitiría evitar ese efecto de remanso. La curva guía de la Tabla 3.4 propone un nivel de operación de 82.5 m junto a la represa para el caudal medio mínimo de 5600 m³/s en septiembre. La Figura 3.14 muestra que con un nivel de operación de 78.0 (de 80.0 con las curvas de la Figura 3.13) ya no habría efecto de remanso en la estación de Abuná para ese caudal. Un nivel de operación de 80.0 evitaría el efecto de remanso para caudales iguales o superiores a 15000 m³/s, según la Figura 3.14. Un nivel de operación de 82.0 evitaría ese efecto para caudales iguales o superiores a 23000 m³/s, un nivel de 84.0 para caudales iguales o superiores a 33000 m³/s y un nivel de 86.0 no produciría remanso para caudales iguales o superiores a 40000 m³/s.

Por tanto, es posible construir una curva de operación del embalse de Jirau, que no produzca efecto de remanso hidráulico en el tramo binacional. El problema es que la nueva curva estaría 4 a 5 metros por debajo de la curva guía de la Tabla 3.4, lo que reduciría mucho la energía generada por la central hidroeléctrica. Más aún, para evitar el efecto de remanso el nivel de operación máximo normal del embalse debería limitarse a 86.0 y no a los 90.0 propuestos. Con toda probabilidad, la nueva curva haría económicamente inviable a la central hidroeléctrica de Jirau.

3.4.3 Análisis de sensibilidad

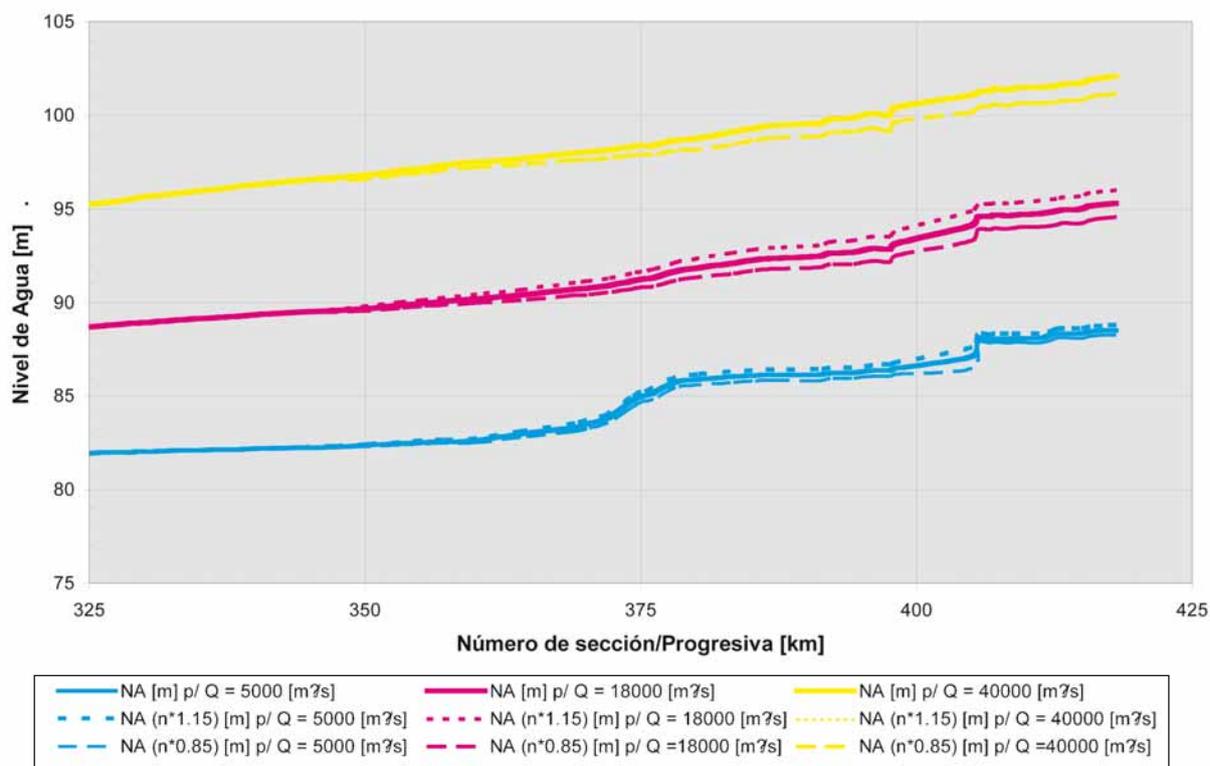
Generalmente el análisis de sensibilidad se realiza para uno o más de los parámetros de calibración de un modelo. Como se vio en el subcapítulo 3.2, el principal parámetro de calibración del módulo de flujo permanente de HEC-RAS es el coeficiente de rugosidad n. En un sentido amplio, el inciso 3.4.2 ya incluyó un análisis de sensibilidad preliminar, al analizar el efecto de la reducción de n sobre los niveles de agua en el tramo binacional.

La Figura 3.16 muestra los perfiles hidráulicos del tramo Jirau-Abuná-Cachuela en condiciones naturales, para una variación de ±15% en el coeficiente n estimado por calibración en las secciones situadas aguas arriba de la estación hidrométrica de Abuná-Vila (sección 338). Como era de esperar, los niveles de agua calculados con n modificado se alejan más del perfil original a medida que aumenta la distancia a la sección 338: en la sección 418.1 el cambio es de ±0.7 m para el caudal de 18000 m³/s. El cambio de niveles aumenta también con el caudal, por el aumento de velocidad y, por tanto con las pérdidas de energía.

No tiene mucho interés variar el coeficiente n en tramos donde la calibración se ha podido realizar para un rango amplio de caudales/perfiles. Es por eso que el análisis de sensibilidad se realizó solamente para el subtramo arriba de la sección 338, para el que solamente se dispuso de dos perfiles hasta la cachuela de Araras (sección 375).



Figura 3.16: Perfiles hidráulicos con variación del coeficiente n ($\pm 15\%$), tramo Abuná-Cachuela Madera



Un análisis de los resultados obtenidos durante el proceso de calibración mostró que el cálculo de los niveles de agua en las proximidades de las cachuelas es sensible con respecto al número y distancia entre las secciones transversales a lo largo, arriba y abajo de la cachuela. Esto está asociado a su comportamiento hidráulico (ver Figura 2.8). El problema es que en general, las secciones topobatómicas disponibles son insuficientes para describir adecuadamente ese comportamiento. Por esa razón, se realizó un análisis aumentando el número de secciones en los sectores de cachuela, usando las opciones disponibles en HEC-RAS para copiar e interpolar secciones. Se probaron varias alternativas, como por ejemplo:

Aumentar una sección inmediatamente aguas arriba del extremo su-

perior de la cachuela, copiando una sección aguas arriba. Éste es el caso de la sección 405.5 de la cachuela Ribeirao, que es una copia de la sección 406.6.

Colocar una sección intermedia, interpolando entre las secciones arriba y abajo de la cachuela, o copiando la más próxima.

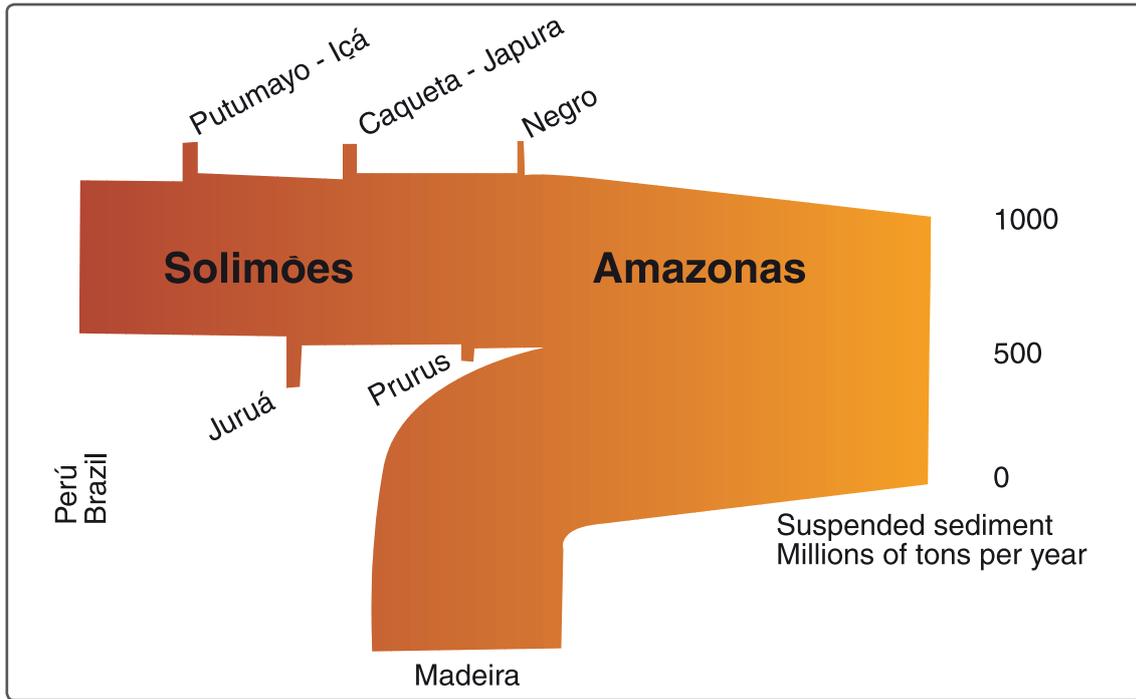
Los resultados fueron evaluados en base a los perfiles hidráulicos medidos o al comportamiento medido o descrito en algunos informes (SENA-MHI-ENDE, 2007). Como consecuencia, algunas de las secciones así creadas fueron usadas en las simulaciones, como la sección 405.5 en la cachuela de Ribeirao o la sección 211 en Jirau, que ya había sido usada en los estudios de factibilidad.

Capítulo 4
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

Una evaluación de la carga y tamaño de los sedimentos transportados por el río Madera es esencial para cualquier estudio que pretenda analizar la posible deposición de sedimentos que provocarían las represas de Jirau

y Santo Antonio. Esa evaluación es especialmente relevante en el presente caso, debido a que el río Madera es la fuente principal de sedimentos en suspensión y sólidos disueltos de la cuenca amazónica (Figura 4.1).

Figura 4.1: Caudal sólido en la Cuenca Amazónica



Fuente: Meade, citado en Estudios de impacto ambiental, río Madera, 2004

Para ello se realizó un análisis de los datos hidrosedimentológicos que se pudo obtener en Bolivia y Brasil. Las principales fuentes de información fueron:

- a) El programa HIBAM (Hidrogeodinámica actual de la Cuenca Amazónica, www.mpl.ird.fr/hybam) que agrupa a 5 países bajo coordinación del IRD de Francia.
- b) Los estudios complementarios de EIA del Complejo hidroeléctrico Madera (Furnas-Odebrecht, 2006) y las Respuestas del Gobierno brasileño (2007) al Gobierno de Bolivia.
- c) Los datos proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) de Bolivia.

Se usaron principalmente (pero no exclusivamente) los datos de tres estaciones: Cachuela Esperanza sobre el río Beni, Guayaramerín sobre el Matorré y Porto Velho sobre el Madera, intentando integrar, hasta donde fue posible, la información proveniente de las tres. Las dos primeras son bolivianas y la tercera brasileña. Estas estaciones están situadas en los extremos de

arriba y abajo del tramo de estudio, como se muestra en la Figura 4.2.

El análisis tuvo por objeto definir, de la mejor manera posible, los siguientes parámetros que requiere el modelo de simulación:

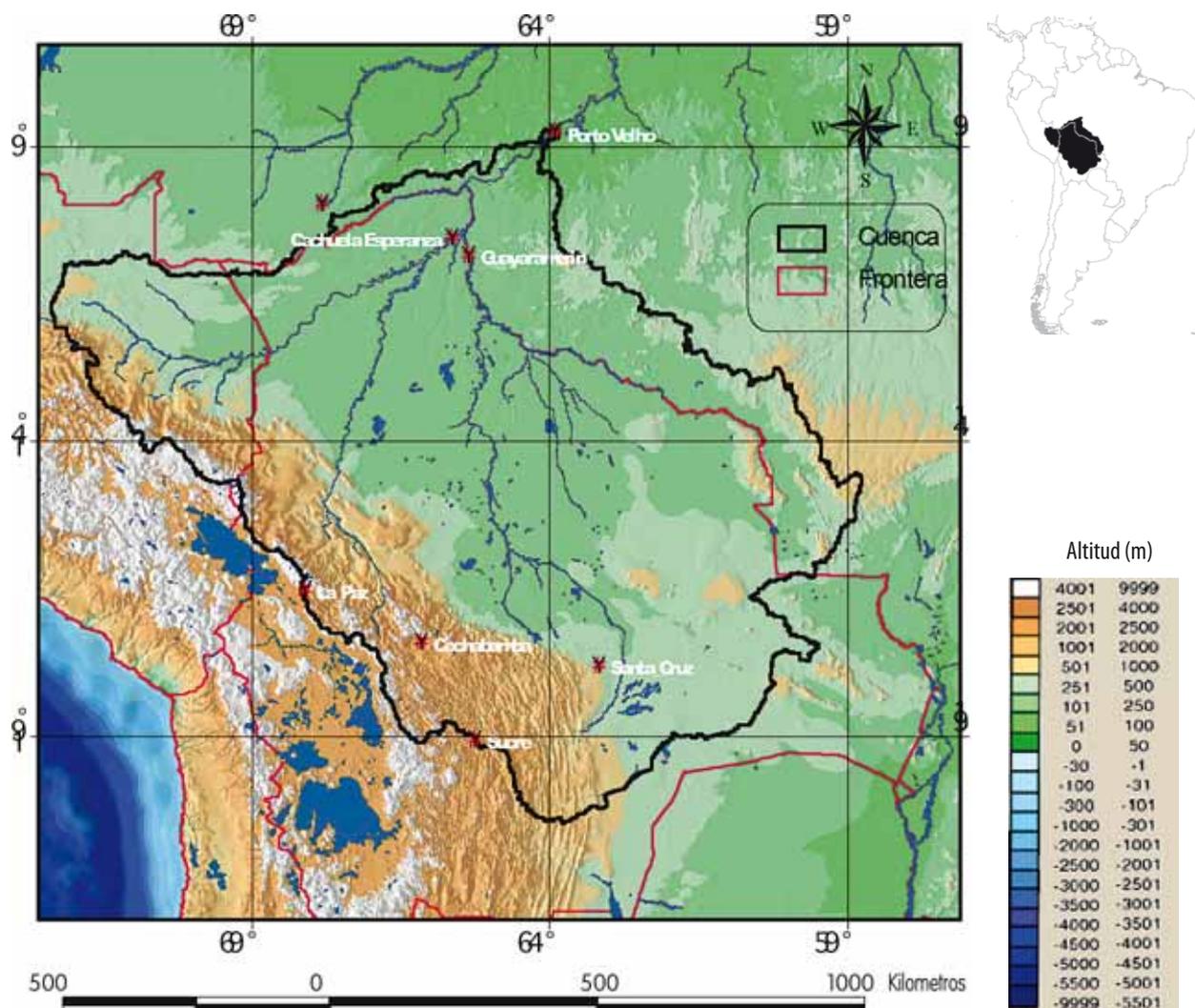
- a) Caudal sólido y su variación en el tiempo.
- b) Tamaño del material del lecho del río.
- c) Tamaño del material transportado.

4.1 Caudal sólido

El río Madera es el único afluente de la margen derecha del Amazonas que nace en la cordillera de Los Andes. La Figura 4.2 muestra la cuenca hasta Porto Velho, los ríos principales y algunas poblaciones, como Porto Velho, Cachuela Esperanza y Guayaramerín. Tres de los cuatro ríos principales de su cuenca (Figura 4.2) nacen en esa cordillera, pero la mayor parte del sedimento proviene de uno de ellos, el río Beni (Guyot, 1992).



Figura 4.2: Relieve de la cuenca y ríos principales



*Fuente: Elaboración propia. El MDE que sirve de fondo se lo obtuvo de Hearn et al (2000)

Es mucho más complejo medir el caudal sólido Q_s que el caudal líquido Q . Más aún, en el caso de grandes ríos de las características del río Madera, la medición directa del transporte de fondo puede ser muy riesgosa o simplemente imposible. Bajo estas condiciones, no es extraño que las estimaciones de transporte de material sólido para un mismo río y lugar varíen mucho (Guyot, 1995). Influyen además el método de cálculo y el criterio utilizado.

La Tabla 4.1 ilustra esas diferencias. Usando los mismos datos y el mismo método de cálculo, las estimaciones de Furnas-Odebrecht (2006) superan en 17.5% a las de Vauchel (2008), para el promedio anual del periodo común 1967-07 (se usó el año hidrológico septiembre-agosto). En los meses de marzo y abril la diferencia es de más del 40%.

Tabla 4.1: Caudal sólido medio en suspensión (miles ton/día), río Madera en Porto Velho

| Fuente | Periodo | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Año |
|-----------|----------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Furnas | 1931-01* | 1872 | 3022 | 5398 | 3896 | 1661 | 712 | 314 | 127 | 86 | 133 | 310 | 820 | 1529 |
| Odebrecht | 1967-07* | 1518 | 3111 | 5517 | 5271 | 2204 | 862 | 361 | 128 | 82 | 124 | 287 | 708 | 1681 |
| Vauchel | 1967-07 | 1761 | 2885 | 3915 | 3729 | 2157 | 995 | 371 | 118 | 70 | 107 | 288 | 784 | 1432 |

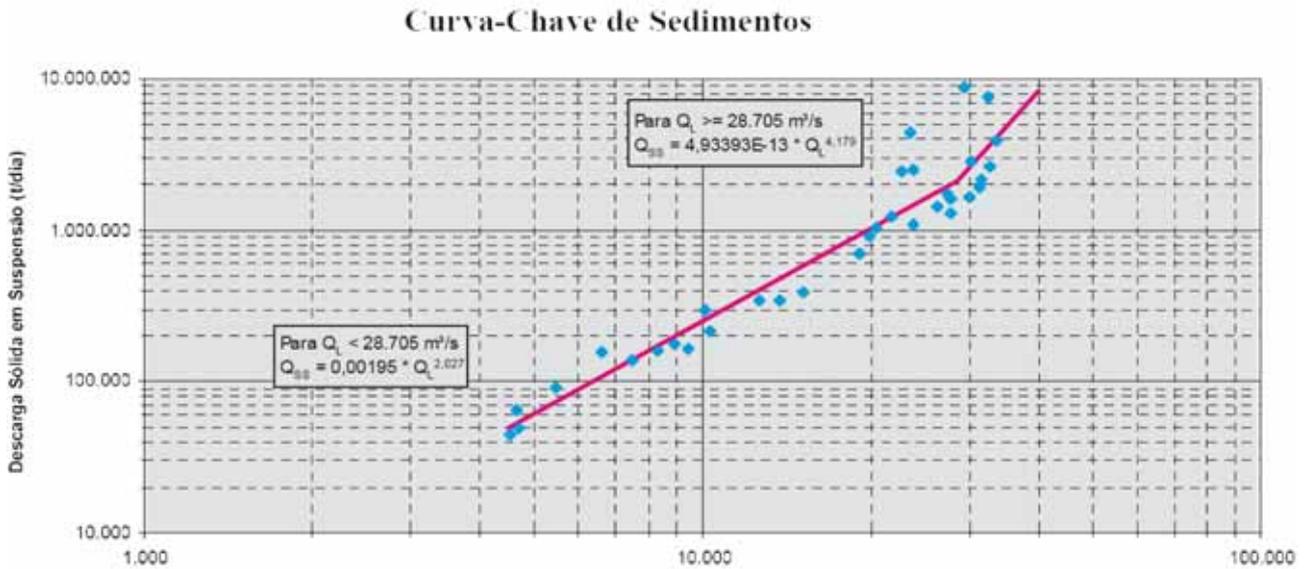
*Los datos de Furnas-Odebrecht (2006) de transporte total se dividieron por un factor de 1.06 para obtener sedimentos en suspensión



Furnas-Odebrecht (2005, 2006) usaron una relación $Q_s=f(Q)$ (Q_s =caudal sólido, Q =caudal líquido) para calcular el transporte de sedimentos del río Madera en Porto Velho. La Figura 4.3 muestra esa relación, formada por dos tramos de pendiente diferente, para caudales líquidos por encima y debajo de $28.705 \text{ m}^3/\text{s}$. Esta forma de cálculo se usa con frecuencia por la falta de registros continuos de sedimentos, ya que permite extender

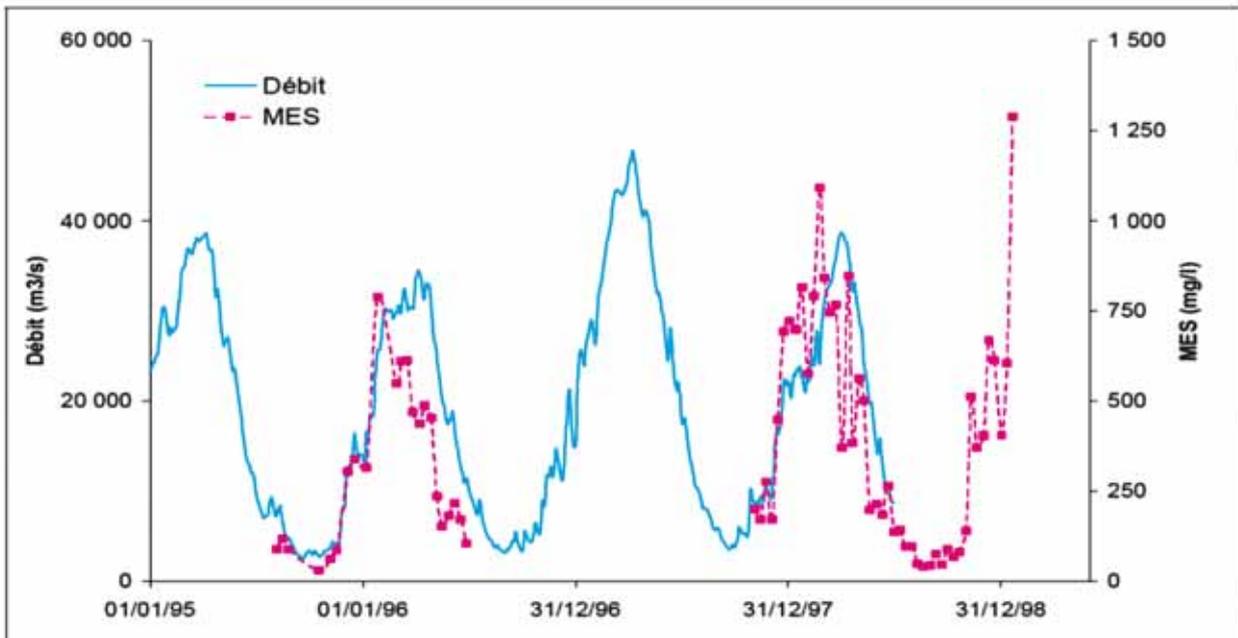
las series de caudal sólido si se tienen series continuas y extensas de caudal líquido. Sin embargo, sus limitaciones e imprecisión han sido puestas en evidencia por varios autores. Una de esas limitaciones es que lleva a que los máximos de Q y Q_s coincidan forzosamente. Por el contrario, Guyot et al (1999a) mostraron que en el río Madera las concentraciones máximas se producen dos meses antes que el caudal máximo anual (Figura 4.4).

Figura 4.3: Curva $Q_s=f(Q)$ en Porto Velho, según Furnas-Odebrecht (2004)



Fuente: Furnas-Odebrecht (2005, 2006)

Figura 4.4: Variación temporal del caudal líquido (débit) y la concentración de sedimentos en suspensión (MES), río Madera en Porto Velho



Fuente: Guyot et al (1999a)



Existen otras opciones para calcular Q_s . La relación $Q_s=Q \cdot C$ (C =concentración media en la sección de flujo) puede usarse si se dispone de mediciones continuas y periódicas de C . Otra opción fue propuesta por Dunne (citado por Filizola et al, 1999): aplicar la relación $Q_s=f(Q, dQ/dt)$, donde dQ/dt es la variación de caudal con el tiempo.

Las Figuras 4.5 y 4.6 muestran el caudal Q y el caudal sólido en suspensión Q_{ss} calculados por Vauchel (2008) en Cachuela Esperanza sobre el río Beni y Guayaramerín sobre el río Mamoré, para el periodo 2002-07. El cálculo se realizó con las opciones $Q_{ss}=f(Q)$ y $Q_{ss}=Q \cdot C$ para la serie de caudales diarios. Se midieron concentraciones superficiales una vez por semana y se realizaron tres aforos sólidos por año, tal como se describe más adelante.

Las Figuras 4.5 y 4.6 muestran valores mensuales resultado de promediar los valores diarios. En el caso de Cachuela Esperanza, se observa que

los máximos de caudal líquido y sólido coinciden, incluso si este último se calcula mediante $Q_{ss}=Q \cdot C$. La curva $Q_{ss}=f(Q)$ lleva a sobrestimar las descargas sólidas para caudales altos, lo que está muy relacionado con el hecho de que las concentraciones máximas no se producen para los caudales máximos (ver Figura 4.7). En promedio el cálculo con $Q_{ss}=f(Q)$ dio valores 5% más altos que con el otro método.

En Guayaramerín, el máximo (pico) de caudal sólido calculado con $Q_{ss}=Q \cdot C$ precedió en promedio dos meses al caudal líquido en cuatro de los cinco años del periodo. La excepción notable a este comportamiento fue el año hidrológico 2004-05, que fue también un año hidrológicamente seco. Esto se debe a que las concentraciones máximas se presentan generalmente en la rama de subida del hidrograma anual. En promedio la relación $Q_{ss}=f(Q)$ dio valores 12.5% inferiores a los estimados por el método $Q_{ss}=Q \cdot C$.

Figura 4.5: Caudal Q (m³/s) y caudal sólido en suspensión (ton/s), río Beni en Cachuela Esperanza

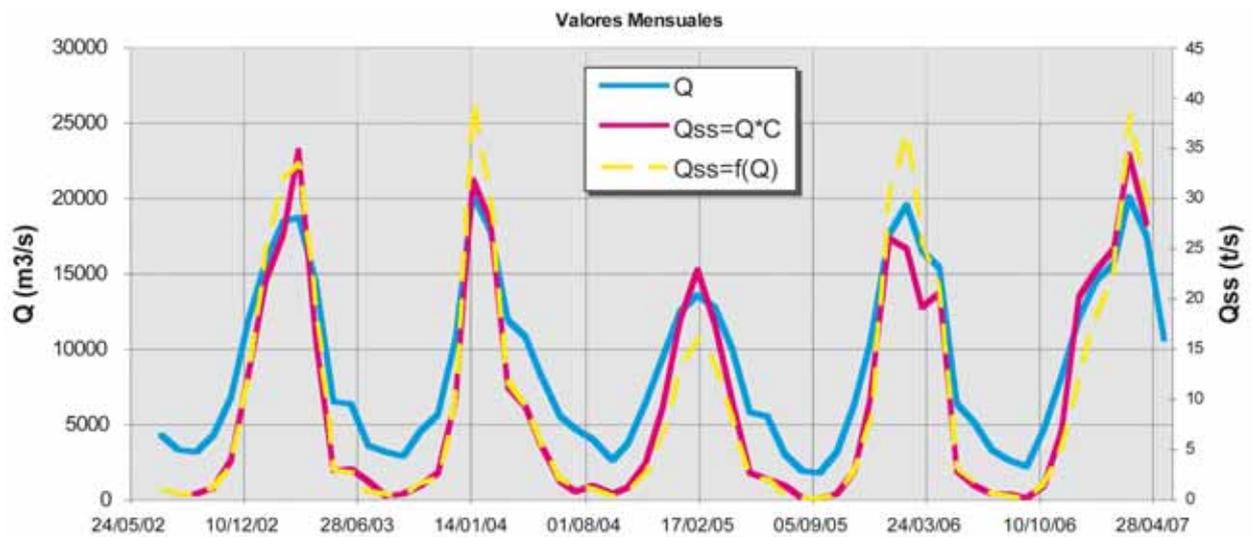
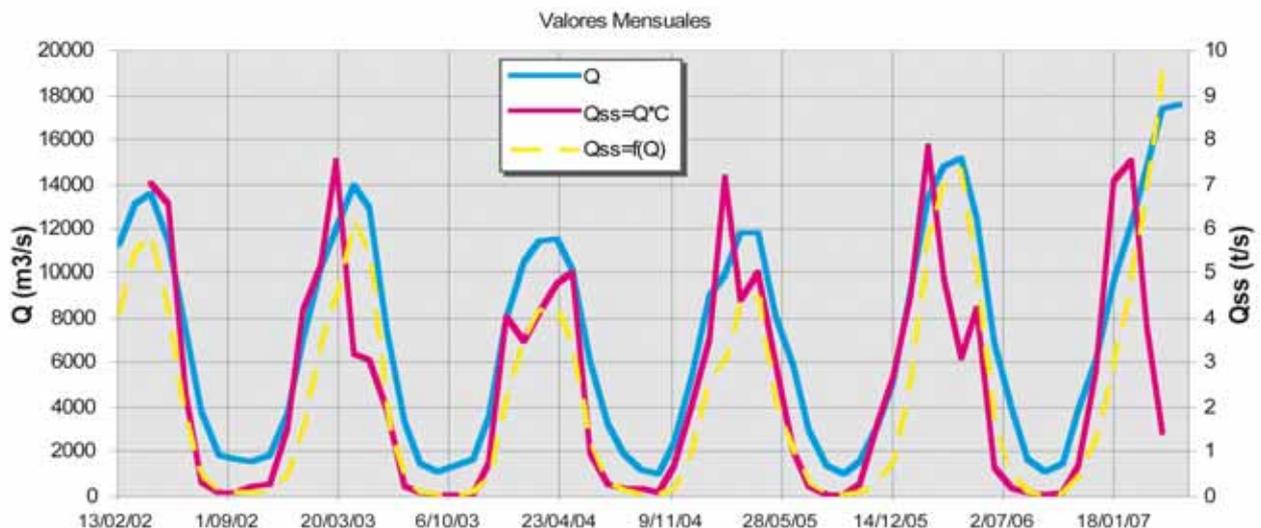


Figura 4.6: Caudal Q (m³/s) y caudal sólido en suspensión (ton/s), río Mamoré en Guayaramerín



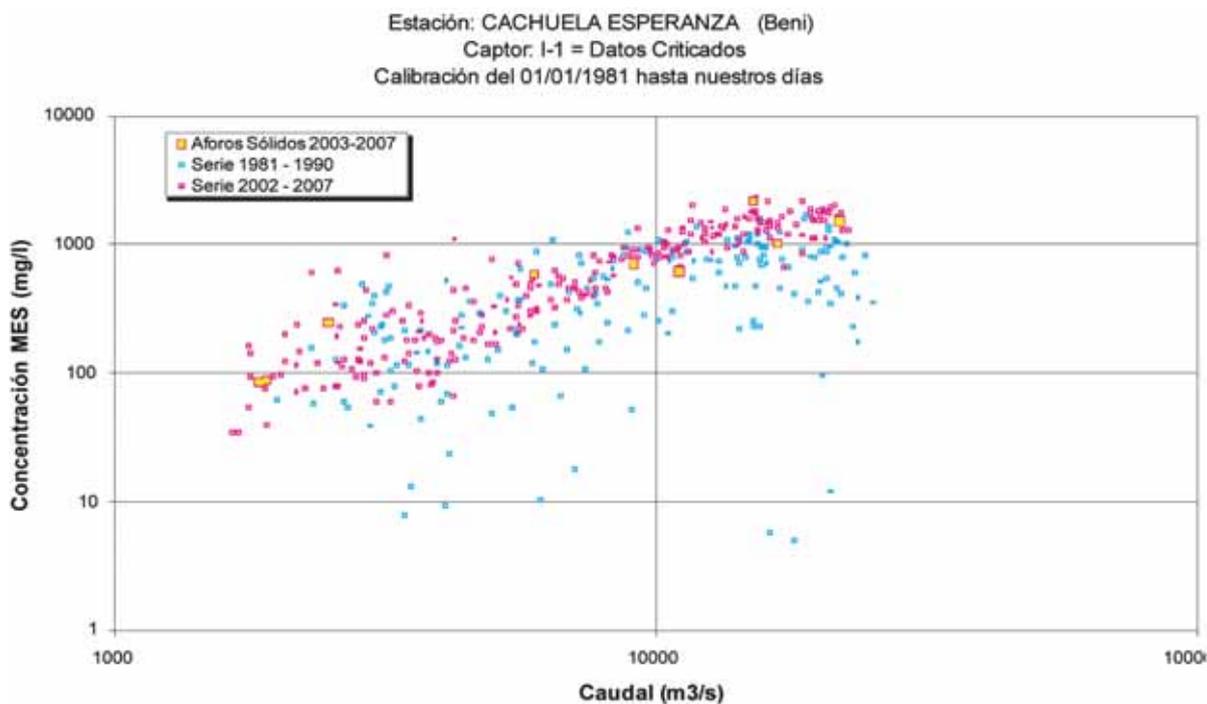
Fuente: Vauchel (2008)



La Figura 4.7 muestra la concentración de sedimentos en suspensión (MES) en función del caudal Q en Cachuela Esperanza. La serie de MES 2002-2007 y los aforos sólidos del mismo periodo forman una nube de puntos bastante homogénea, pero los valores de MES de 1981-1990 son más dispersos y tienden a ubicarse por debajo de la serie anterior. Vauchel (2008) pone en duda la validez de la serie antigua 1981-90, sin poder esta-

blecer claramente la causa de esas diferencias. Los datos de concentración C y los aforos sólidos del periodo 2002-07 (en color rojo en la Figura 4.7) sugieren que la concentración permanece constante o decrece ligeramente a partir de un cierto valor del caudal Q. Esta tendencia es aún más marcada en Guayaramerín, donde la concentración parece incluso disminuir a partir de un cierto Q.

Figura 4.7: Concentración media en la sección (MES) según caudal, río Beni en Cachuela Esperanza



Fuente: Vauchel (2008)

La estimación de la concentración media en la sección C introduce otra fuente de incertidumbre. Con frecuencia C debe ser estimada de valores puntuales medidos en la superficie, ya sea en el centro del río o en una orilla. Para convertir estos valores de superficie a valores de C se requieren de aforos sólidos que, por el esfuerzo y tiempo que requieren, son mucho menos frecuentes. En los aforos sólidos se mide la concentración en varias verticales ubicadas sobre todo el ancho de la sección. Se grafica la concentración media así obtenida frente a la concentración de superficie, buscando establecer una relación aceptable. Si esa relación existe, se la puede usar para convertir los valores de superficie a concentraciones medias en la sección. Si no es así, solamente podrían utilizarse los aforos sólidos.

4.1.1 Caudal sólido en suspensión

La falta de registros continuos en número y frecuencia suficientes en Porto Velho, obligó a usar el método $Q_{ss}=f(Q)$ como primera opción. En Porto Velho se dispuso de dos series de datos de concentración C (materias en suspensión). La primera serie fue obtenida de la base de datos de la ANA en

HIDROWEB. Tiene 106 valores de concentración de 1978 a 2007. No está claro si todos esos datos corresponden a valores medios en la sección. La única referencia de los estudios de EIA (2005) es que las mediciones de descarga sólida fueron realizadas y procesadas en conformidad con las normas de la DNAEE (1970) y la OMM y con la Guía de Prácticas Sedimentométricas.

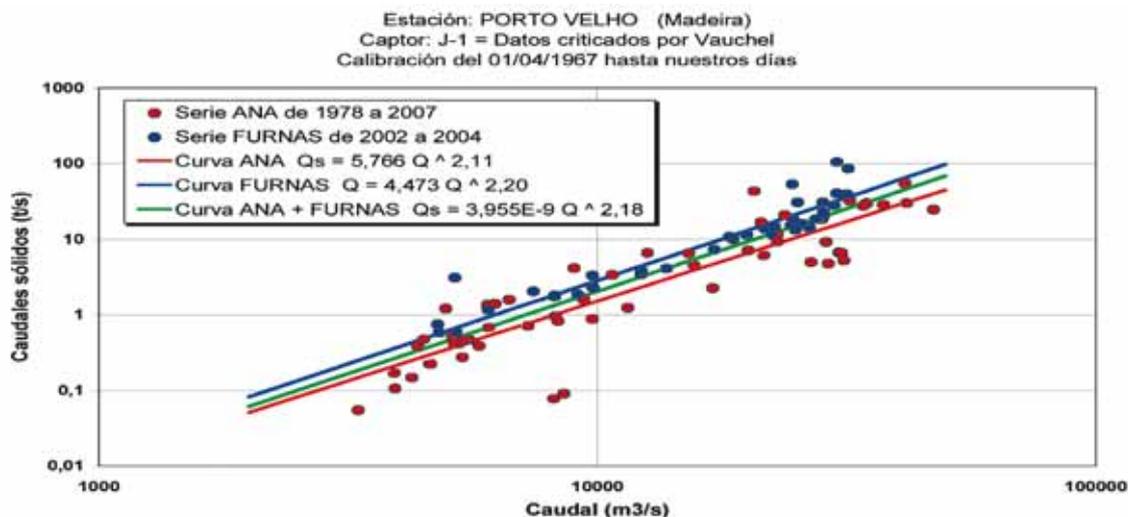
La segunda serie proviene de los estudios sobre el Complejo hidroeléctrico del Río Madeira (Furnas-Odebrecht, 2005). Comprende 3 valores en el 2002, un valor en el 2003 y 34 valores en el 2004. No se tuvo acceso a los datos mencionados en la Tabla 3.10 de los Estudios complementarios (2006), que menciona un número de muestras mucho más grande.

La Figura 4.8 muestra las dos series de C en función del caudal líquido Q y las respectivas curvas de tendencia. La curva de tendencia de la serie FURNAS se ubica significativamente por encima de la serie ANA. Más aún, los datos ANA parecen indicar que a partir de un cierto valor de caudal, la concentración no aumenta, lo que está en correspondencia con los registros de las estaciones bolivianas de Cachuela Esperanza y Guayaramerín (Figura



4.7). La serie FURNAS incluye algunos valores de C muy altos para caudales del orden de 25000 a 30000 m³/s. La concentración más alta, de 3500 mg/l (ver Tabla A.3.1 del Anexo 1), corresponde a un caudal de 29350 m³/s registrado el 16/02/2004, durante la subida del hidrograma anual.

Figura 4.8: Concentración de sedimentos en suspensión en Porto Velho



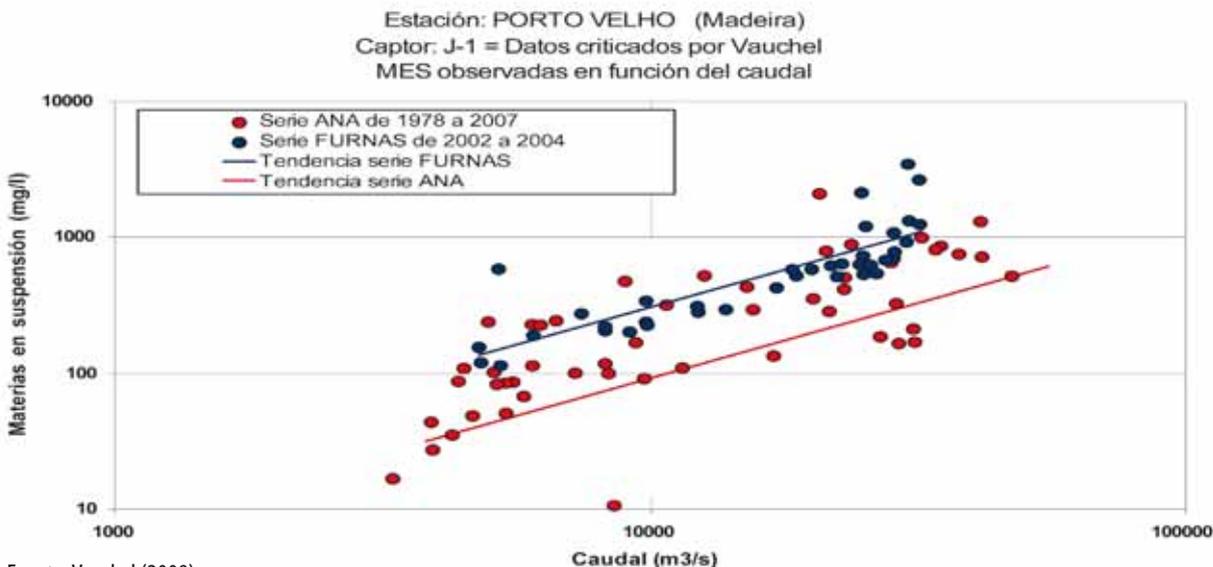
Fuente: Vauchel (2008)

Los datos presentados hasta aquí y las conclusiones de varios especialistas indican que la curva $Q_s=f(Q)$ utilizada por FURNAS (Figura 4.3) para estimar las series de caudal sólido no tiene sustento técnico. Para aplicar una relación $Q_s=f(Q)$ con un exponente superior a 4 se requiere disponer de un gran número de registros confiables. Intentar establecer una relación de ese tipo con solamente algunos puntos (que no corresponden a caudales altos), significa atribuir una validez general a datos que no tienen valor estadístico. Más aún, los datos de la ANA, así como los de las estaciones bolivianas de Cachuela Esperanza y Guayaramerín (Figuras 4.5, 4.6 y 4.7), muestran una tendencia inversa: la concentración parece disminuir para los caudales más altos. Esto se traduce en que la pendiente de la función

$Q_s=f(Q)$, que en gráficos en escala logarítmica representa el exponente de la función, disminuye para caudales altos. Es decir que la extrapolación de FURNAS va en contra de la tendencia estadística de las series y sobre lo que se conoce sobre el transporte de sedimentos en el río Madera.

La Figura 4.9 muestra el caudal sólido en suspensión Q_{ss} calculado con los registros de concentración C de la Figura 4.8. Se muestran también tres curvas de tendencia del caudal sólido en función del caudal líquido Q: una para la serie ANA, una para la serie FURNAS, y una intermedia que combina los datos de ANA y FURNAS.

Figura 4.9: Caudal sólido en suspensión y caudal líquido en Porto Velho



Fuente: Vauchel (2008)

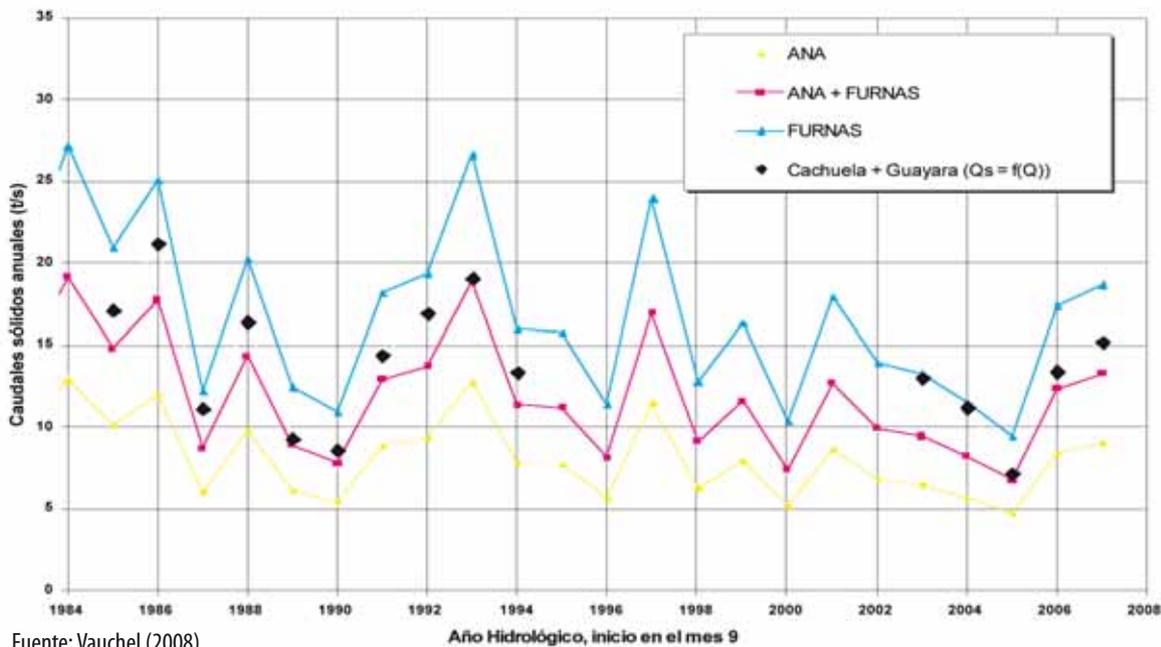


Para evaluar las tres curvas de la Figura 4.9, se calcularon los caudales sólidos en suspensión en las estaciones de Cachuela Esperanza y Guayaramerín, también mediante relaciones $Q_{ss}=f(Q)$ establecidas con los registros del periodo 2002-2007. La Figura 4.10 muestra los caudales sólidos anuales obtenidos para Porto Velho, con las 3 curvas de calibración y con la suma de los caudales anuales de Cachuela Esperanza más Guayaramerín, sobre el periodo común de funcionamiento. La suma de Cachuela Esperanza más Guayaramerín está comprendida entre las curvas FURNAS y ANA + FURNAS, acercándose un poco más a ésta última que a la primera.

La serie calculada únicamente a partir de las concentraciones del banco

de datos de la ANA tiende a subestimar los caudales sólidos. El estudio de factibilidad (Furnas-Odebrecht, 2004) menciona diferencias de metodología, sin describir la metodología empleada por la ANA. Se debe destacar que el uso de los datos de concentración del periodo 1981-90 en Cachuela Esperanza y Guayaramerín también lleva a calcular caudales sólidos Q_{ss} muy inferiores a los calculados con una curva $Q_s=f(Q)$, establecida sobre el periodo 2002-07. Vauchel (2008) considera probable que la causa de esas diferencias sea las diferencias en los métodos de muestreo y de aforo de caudales sólidos. ¿Es está también la razón de las diferencias entre los muestreos de la ANA y de FURNAS?

Figura 4.10: Comparación de los caudales sólidos anuales en Porto Velho y la suma de las estaciones de Cachuela Esperanza y Guayaramerín



Fuente: Vauchel (2008)

Para evitar el riesgo de subestimar los caudales sólidos en Porto Velho, se decidió usar la relación $Q_{ss}=4.473 \cdot 10^{-9} \cdot Q^{2.20}$ (Q en m³/s, Q_{ss} en ton/s) establecida a partir de los muestreos de FURNAS. Para caudales altos, esta curva da resultados netamente inferiores a los estimados por Furnas-Odebrecht (2004) con la curva de la Figura 4.3. Las diferencias a nivel medio mensual y anual se mostraron en la Tabla 4.1.

La relativa imprecisión de una relación $Q_s=f(Q)$ fue puesta en evidencia por Filizola et al (1999) usando los registros de la estación de Fazenda Alegre, situada en el curso inferior del río Madera cerca de la confluencia con el río Amazonas. El caudal sólido estimado con la relación $Q_{ss}=f(Q)$ era muy similar al calculado con la relación $Q_{ss}=Q \cdot C$. En cambio, la relación $Q_{ss}=f(Q, dQ/dt)$ llevó a estimar un caudal sólido 50% más grande que el estimado con los otros dos métodos. Esta relación generalmente describe

mejor la variación temporal de Q_s , incluyendo el desfase observado entre los máximos anuales de caudal sólido y líquido. Por tanto, su aplicación se justifica si se dispone de los datos necesarios.

En resumen, se generó una serie de caudales sólidos en suspensión con una relación $Q_{ss}=f(Q)$, que dio valores inferiores a la relación de Furnas-Odebrecht (2005). Se realizó una evaluación preliminar del grado de incertidumbre de los datos, que permitirá definir más adelante las condiciones del análisis de sensibilidad/incertidumbre del modelo.

4.1.2 Transporte de fondo y caudal sólido total

Existe muy poca información que permita evaluar el transporte de fondo. El Anexo 3 muestra los datos de Furnas-Odebrecht (2006), sintetizados



en la Tabla A.3.1 que muestra mediciones de caudal sólido en suspensión Q_{ss} y estimaciones del caudal sólido total Q_{st}, así como la relación Q_{ss}/Q_{st}. El promedio de Q_{st}/Q_{ss} para los datos de la Tabla es de 1.06, lo que equivale a decir que el transporte de fondo representa un 6% del caudal sólido en suspensión. Este valor fue usado por Furnas-Odebrecht para calcular las se-

ries de caudal sólido total. Como no se dispuso de más datos, se usó el mismo valor en el presente estudio. Como consecuencia, el caudal sólido total se calculó con la relación $Q_{st}=1.06*4.473*10^{-9}*Q^{2.20}$ (Q en m³/s, Q_{st} en ton/s). La serie resultante de aplicar a los caudales diarios (la Tabla 2.2 muestra Q mensuales) de Porto Velho, en miles ton/día, se muestra en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2: Serie de caudal sólido total (miles ton/día) en Porto Velho

| Año | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Media |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|-------|
| 1967 | | | | 1722 | 778 | 377 | 115 | 66 | 34 | 39 | 151 | 259 | |
| 1968 | 503 | 1663 | 3065 | 1896 | 529 | 124 | 56 | 33 | 60 | 60 | 136 | 408 | 711 |
| 1969 | 1418 | 1822 | 1818 | 1697 | 665 | 381 | 158 | 49 | 32 | 35 | 119 | 515 | 726 |
| 1970 | 753 | 1413 | 2267 | 2250 | 1559 | 811 | 259 | 77 | 58 | 57 | 99 | 313 | 826 |
| 1971 | 1138 | 2810 | 3480 | 2335 | 1014 | 307 | 159 | 55 | 45 | 111 | 211 | 611 | 1023 |
| 1972 | 1105 | 2134 | 3452 | 3450 | 1494 | 733 | 209 | 151 | 255 | 282 | 275 | 1094 | 1219 |
| 1973 | 1669 | 3204 | 4297 | 3970 | 2182 | 1185 | 463 | 200 | 114 | 121 | 444 | 1161 | 1584 |
| 1974 | 2451 | 3681 | 5669 | 4074 | 2653 | 1137 | 396 | 147 | 72 | 95 | 322 | 555 | 1771 |
| 1975 | 1480 | 3107 | 4339 | 3764 | 1900 | 828 | 450 | 115 | 55 | 142 | 192 | 912 | 1440 |
| 1976 | 2301 | 4057 | 4849 | 4023 | 2251 | 965 | 239 | 65 | 46 | 52 | 171 | 453 | 1623 |
| 1977 | 1950 | 2700 | 5140 | 4147 | 2650 | 1080 | 395 | 139 | 80 | 137 | 503 | 1102 | 1669 |
| 1978 | 2286 | 3491 | 5161 | 3712 | 1978 | 930 | 432 | 89 | 30 | 49 | 164 | 1337 | 1638 |
| 1979 | 2867 | 4126 | 4680 | 5534 | 3662 | 1435 | 369 | 100 | 63 | 64 | 125 | 341 | 1947 |
| 1980 | 1239 | 2164 | 3811 | 4019 | 2486 | 1570 | 521 | 163 | 131 | 177 | 207 | 408 | 1408 |
| 1981 | 1057 | 2631 | 4152 | 4147 | 2698 | 1747 | 412 | 90 | 49 | 139 | 434 | 1268 | 1569 |
| 1982 | 3481 | 4449 | 6055 | 7308 | 4892 | 2407 | 1122 | 313 | 113 | 418 | 1003 | 1567 | 2761 |
| 1983 | 2042 | 3067 | 3961 | 3106 | 2956 | 1845 | 1317 | 495 | 87 | 75 | 190 | 472 | 1634 |
| 1984 | 2319 | 4216 | 6023 | 7960 | 5355 | 2292 | 787 | 165 | 69 | 82 | 699 | 1334 | 2608 |
| 1985 | 2780 | 3782 | 3967 | 4119 | 3662 | 1762 | 592 | 265 | 115 | 165 | 426 | 765 | 1867 |
| 1986 | 2051 | 4093 | 5986 | 6750 | 3879 | 2291 | 880 | 302 | 188 | 241 | 175 | 898 | 2311 |
| 1987 | 2230 | 3226 | 2584 | 1790 | 1525 | 532 | 159 | 67 | 31 | 63 | 276 | 1599 | 1173 |
| 1988 | 2314 | 3410 | 4028 | 5357 | 3226 | 1518 | 451 | 81 | 25 | 31 | 64 | 234 | 1728 |
| 1989 | 1425 | 2658 | 3361 | 3169 | 1871 | 657 | 277 | 75 | 70 | 49 | 84 | 284 | 1165 |
| 1990 | 1385 | 2548 | 2718 | 1916 | 1547 | 1031 | 439 | 93 | 54 | 119 | 647 | 1128 | 1135 |
| 1991 | 2433 | 3813 | 4291 | 3849 | 2141 | 1208 | 391 | 121 | 38 | 60 | 204 | 653 | 1600 |
| 1992 | 2023 | 2299 | 4783 | 4401 | 3433 | 1879 | 1238 | 270 | 408 | 639 | 639 | 1598 | 1968 |
| 1993 | 3068 | 5120 | 6239 | 6510 | 3583 | 1268 | 307 | 122 | 101 | 95 | 419 | 1129 | 2330 |
| 1994 | 1984 | 3471 | 3738 | 3760 | 2142 | 644 | 181 | 71 | 22 | 59 | 486 | 781 | 1445 |
| 1995 | 2154 | 2738 | 4350 | 3997 | 1899 | 647 | 199 | 126 | 30 | 30 | 75 | 526 | 1398 |
| 1996 | 1123 | 2624 | 2873 | 3236 | 1329 | 573 | 190 | 49 | 50 | 80 | 373 | 714 | 1101 |
| 1997 | 1946 | 3515 | 6446 | 7111 | 3819 | 1700 | 575 | 164 | 58 | 119 | 248 | 892 | 2216 |
| 1998 | 1409 | 1843 | 3662 | 3842 | 1472 | 415 | 135 | 49 | 43 | 102 | 544 | 1341 | 1238 |
| 1999 | 2301 | 3784 | 3846 | 3624 | 1579 | 593 | 284 | 70 | 31 | 41 | 88 | 563 | 1400 |
| 2000 | 1112 | 2100 | 3159 | 2464 | 1096 | 536 | 200 | 74 | 98 | 46 | 256 | 726 | 989 |
| 2001 | 1897 | 3515 | 5644 | 4200 | 2109 | 962 | 294 | 108 | 45 | 73 | 360 | 838 | 1670 |
| 2002 | 1643 | 2549 | 4184 | 2931 | 1672 | 823 | 217 | 78 | 49 | 85 | 196 | 687 | 1260 |
| 2003 | 1517 | 2753 | 3502 | 3542 | 1500 | 659 | 180 | 59 | 33 | 100 | 141 | 552 | 1212 |
| 2004 | 2366 | 2880 | 2333 | 2239 | 1309 | 496 | 200 | 98 | 40 | 53 | 208 | 654 | 1073 |
| 2005 | 1407 | 1899 | 2748 | 2131 | 753 | 421 | 123 | 27 | 13 | 41 | 194 | 660 | 868 |
| 2006 | 2157 | 4343 | 4801 | 4641 | 1717 | 548 | 197 | 58 | 26 | 89 | 396 | 945 | 1660 |
| 2007 | 1895 | 2634 | 4519 | 5160 | 3289 | 1260 | 294 | 114 | 28 | 63 | 398 | 1244 | 1741 |
| 2008 | 2405 | 4457 | 5218 | 6273 | | | | | | | | | |
| Media | 1859 | 3036 | 4123 | 3903 | 2276 | 1063 | 401 | 127 | 76 | 115 | 300 | 818 | 1508 |

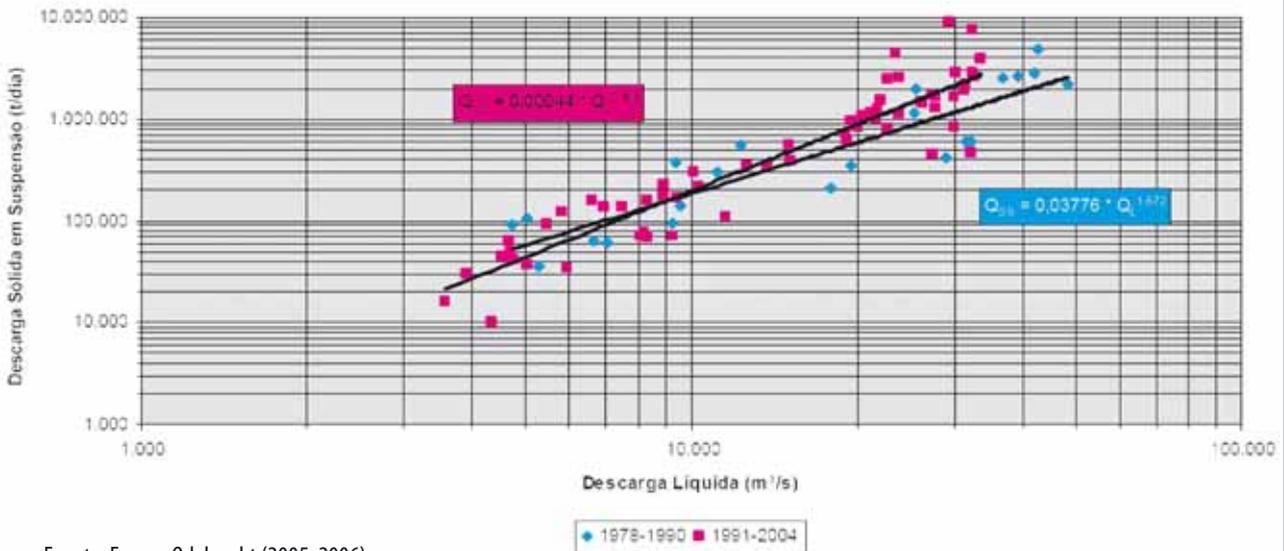
Fuente: Vauchel (2008)

4.1.3 Tendencia de las series de caudal sólido

Los estudios sedimentológicos que forman parte del EIA (Furnas-Odebrecht, 2005) hallaron una tasa de aumento con el tiempo del transporte de sedimentos en el río Madera, atribuida a la acción antrópica en la cuenca. Debido al importante efecto que tiene ese hallazgo en los resultados de la modelación, se analizará el tema en este subcapítulo.

Los autores de esos estudios separaron las mediciones en Porto Velho en dos grupos: el primero con los datos de 1978 a 1990 (en color violeta en la Figura 4.11) y el segundo con los datos de 1991 a 2004 (en azul). El primer grupo está formado exclusivamente por datos del banco de datos de la ANA, mientras que el segundo incluye datos más recientes de FURNAS. Estos dos grupos dieron origen a dos relaciones $Q_{ss}=f(Q)$ diferentes, que se muestran en la Figura 4.11. La relación en color violeta tiene una pendiente más grande que la otra, por lo que predice caudales sólidos más altos.

Figura 4.11: Relaciones $Q_{ss}=f(Q)$ en Porto Velho, según Furnas

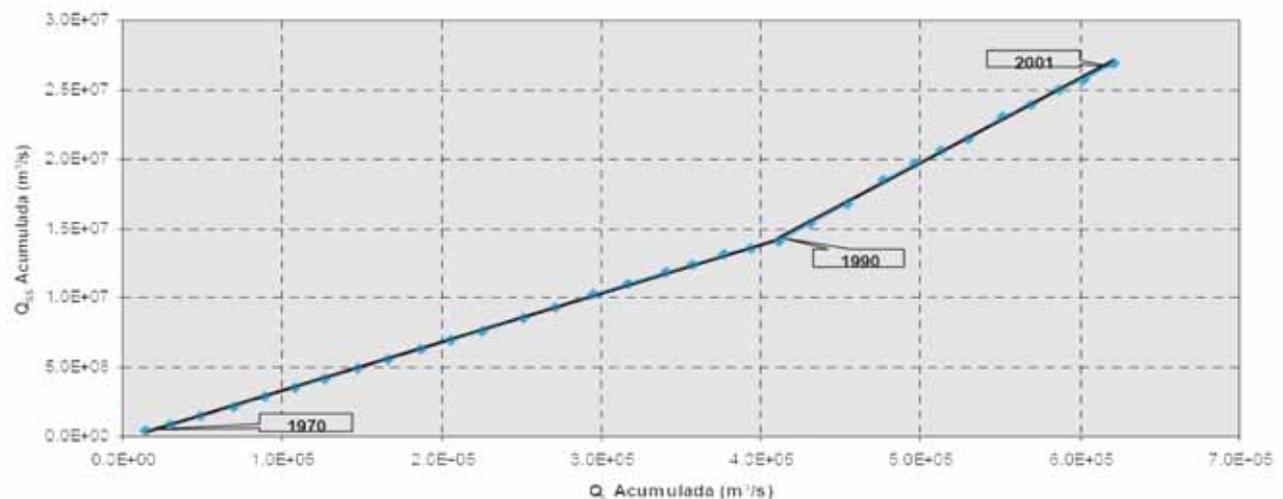


Fuente: Furnas-Odebrecht (2005, 2006)

Usando esas dos relaciones, los consultores calcularon series de caudal sólido Q_{ss} en Porto Velho para el periodo 1970-2001 y con esas series se construyó una curva doble acumulada de caudales sólidos y líquidos, que se muestra en la Figura 4.12. Esta curva muestra un quiebre a partir del

año 1990, que indicaría un aumento de la producción de sedimentos de la cuenca que son transportados por el río Madera. La tasa media anual de aumento fue estimada en 1.83% a partir de 1991, por lo que fue “adoptado conservadoramente un valor de 2%”.

Figura 4.12: Curva de doble masa del río Madera en Porto Velho, según Furnas



Fuente: Furnas-Odebrecht (2005, 2006)



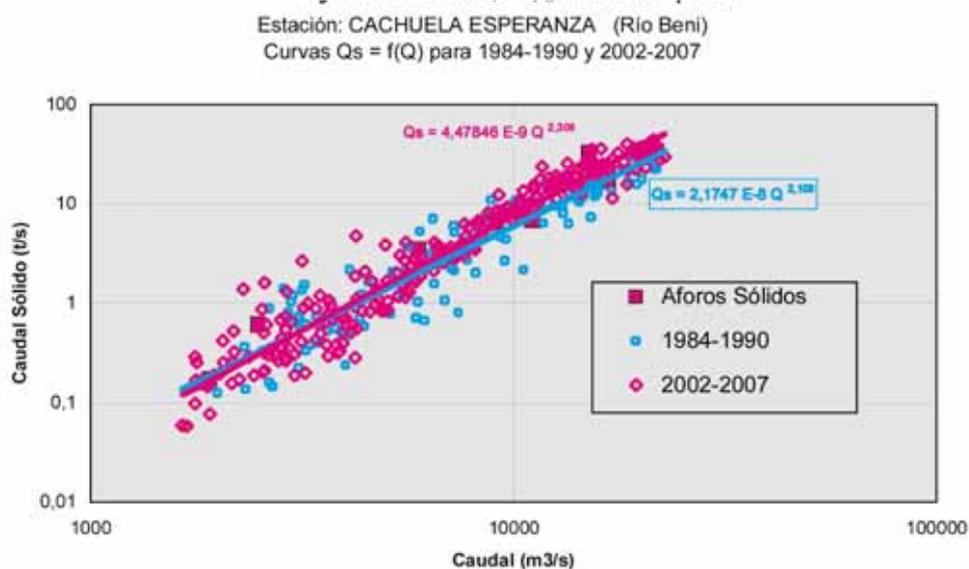
¿Puede atribuirse ese aparente cambio a la acción del hombre en la cuenca, que estaría provocando un aumento de la tasa de erosión? La respuesta inicial de los consultores brasileños fue otra: *“As medições realizadas por FURNAS na campanha mais recente de medição apresentaram valores de concentração superiores ao restante para uma mesma faixa de descarga líquida. Como já exposto no item 7.11.2.1, isto se deve principalmente a diferença de metodologia de amostragem utilizada na campanha”* (Estúdio de viabilidade AHE Jirau, p. 151).

Lo que se observa en primer lugar es que la metodología empleada es muy cuestionable, ya que mezcla las series de concentraciones obtenidas por la ANA durante el periodo 1978-2005, con las concentraciones obtenidas por FURNAS durante sus campañas del 2002-2003 y sobre todo del 2004, para luego sacar conclusiones sobre una tendencia a largo plazo. La inclusión de los valores más altos de FURNAS tiende a elevar la pendiente de la curva de calibración del periodo 1991-2004 y por tanto, a mostrar

un aumento de los caudales sólidos en el periodo reciente. Finalmente, el cálculo de la tendencia está basado en las relaciones $Q_{ss}=f(Q)$ y no en las mediciones, lo que debilita aún más una conclusión.

Si bien la metodología es cuestionable, ¿existen otros argumentos que sustenten la hipótesis de un aumento de los caudales sólidos con el curso del tiempo? Los datos de las estaciones bolivianas de Cachuela Esperanza y Guayaramerín, que se muestran en las Figuras 4.13 y 4.14, parecen sustentarla. Se observa que la curva del periodo 2002-2007 tiene una pendiente ligeramente más fuerte que la de 1984-1990 en Cachuela Esperanza y marcadamente más fuerte en Guayaramerín. No hubo mediciones de caudal sólido en el periodo 1991-2001. En los dos casos es difícil saber si se debe a un cambio del método de muestreo y de cálculo entre los dos periodos (que sí existió) o a un aumento efectivo de las concentraciones en el periodo 2002-07 para caudal igual.

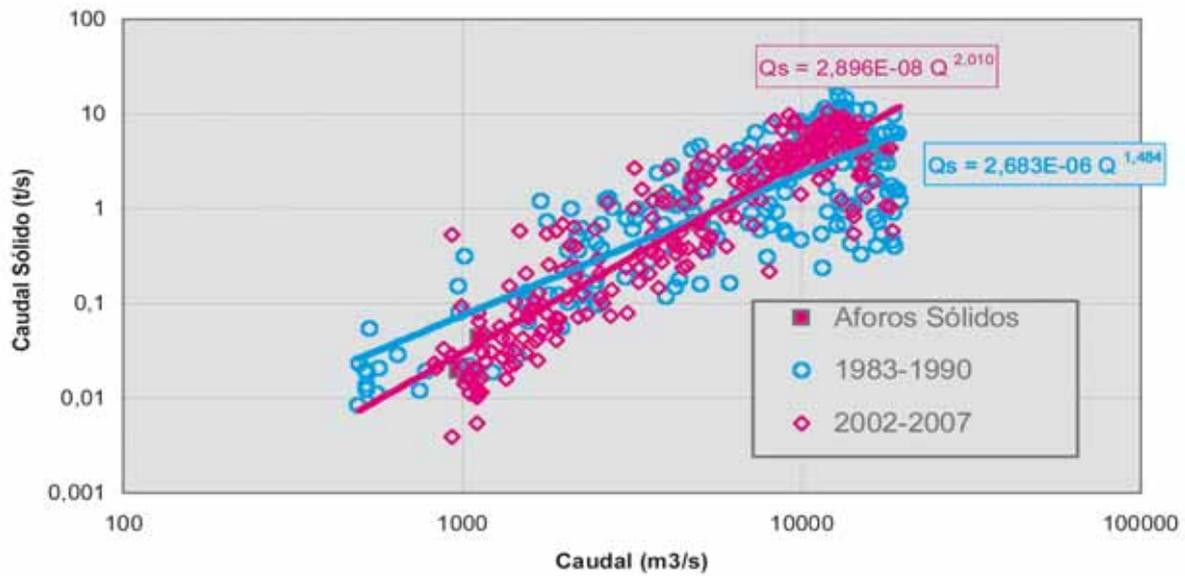
Figura 4.13: Relaciones $Q_{ss}=f(Q)$ en Cachuela Esperanza



Fuente: Vauchel (2008)

Figura 4.14: Relaciones $Q_s=f(Q)$ en Guayaramerín

Estación: GUAYARA MERIN (Río Mamoré)
Curvas $Q_s = f(Q)$ para 1983-1990 y 2002-2007

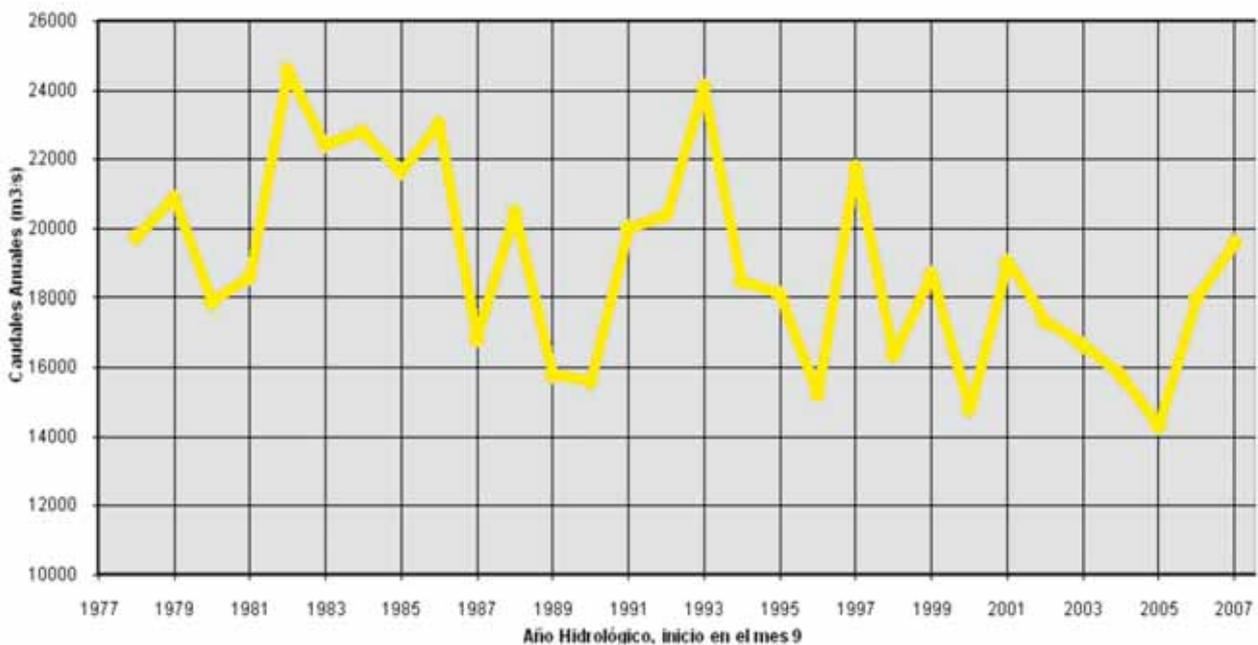


La Figura 4.15 muestra los caudales líquidos medios anuales en Porto Velho durante el periodo 1978-2007. Se observa una clara tendencia al decrecimiento. En particular, en el periodo 1998-2007 se presentaron caudales bajos. Esto llevaría a pensar que las concentraciones aumentaron

en años recientes: para caudales iguales, son más altas que las del periodo 1978-1990. Sin embargo, debe recordarse que las concentraciones tienden a disminuir para los caudales más altos tanto en el río Beni como en el Mamoré, especialmente este último.

Figura 4.15: Caudales medios anuales en Porto Velho, 1978-2007

Caudales Anuales en Porto Velho



Fuente: Vauchel (2008)



¿Qué pasó en la parte andina de la cuenca, de donde se supone que viene casi todo el sedimento? La Figura 4.16 muestra más de 1400 mediciones de caudal sólido en Rurrenabaque, donde el río Beni sale de Los Andes e ingresa a la llanura amazónica. Los datos están agrupados según cuatro periodos distintos, cada uno correspondientes a diferentes estudios, con métodos de muestreo y cálculo que variaron ligeramente: 1969 a 1984, 1985 a 1990, 1991 a 2001 y 2002 a 2007. La curva 1969-1984 (azul) está ligeramente por encima de las curvas 1985-1990 (amarillo) y 2002-2007 (verde) que son casi iguales. La curva 1991-2001 (roja) tiene una pendiente marcadamente inferior a las demás curvas, con mediciones que presentan

más dispersión que las otras y tiene pocas mediciones de aguas bajas.

En Puerto Villarroel, sobre el río Ichilo (uno de los dos ríos que da origen al Mamoré) y al pie de Los Andes, se tienen 94 valores de concentración en superficie antes de 1990 y 270 valores después de 2002. Como se quiere evaluar tendencias, se usaron directamente esos valores, sin convertirlos a concentraciones medias en la sección. La Figura 4.17 muestra que en Puerto Villarroel, la curva del periodo 1986-1990 se ubica ligeramente por encima de la curva 2002-07, especialmente en aguas bajas.

Figura 4.16: Relaciones caudal líquido –caudal sólido en Rurrenabaque

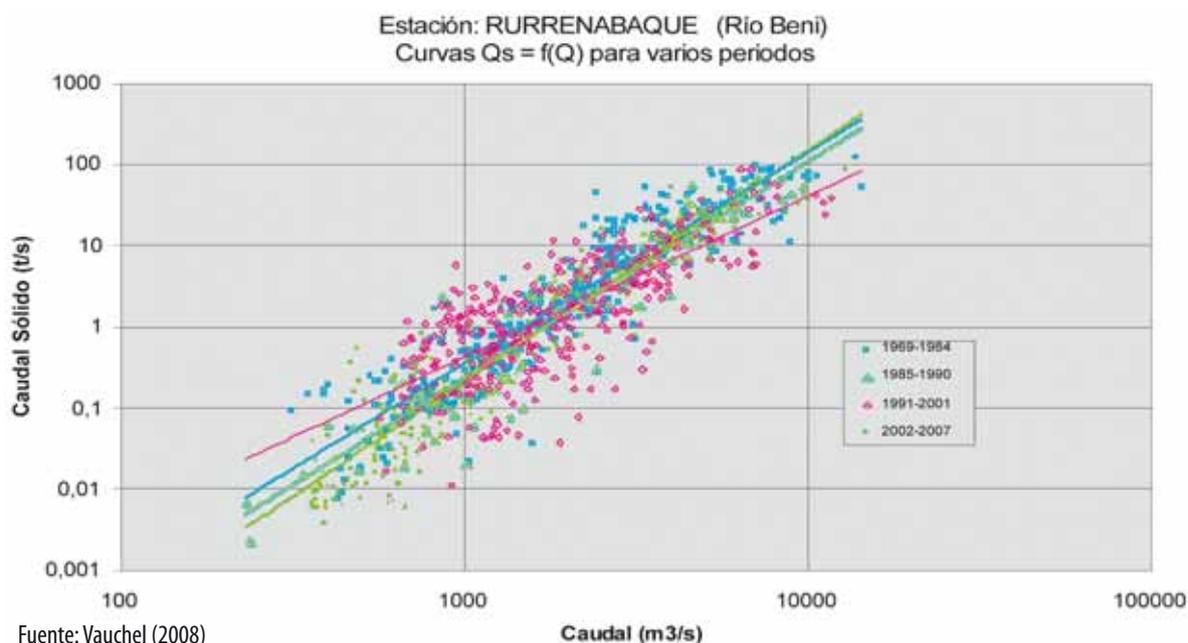
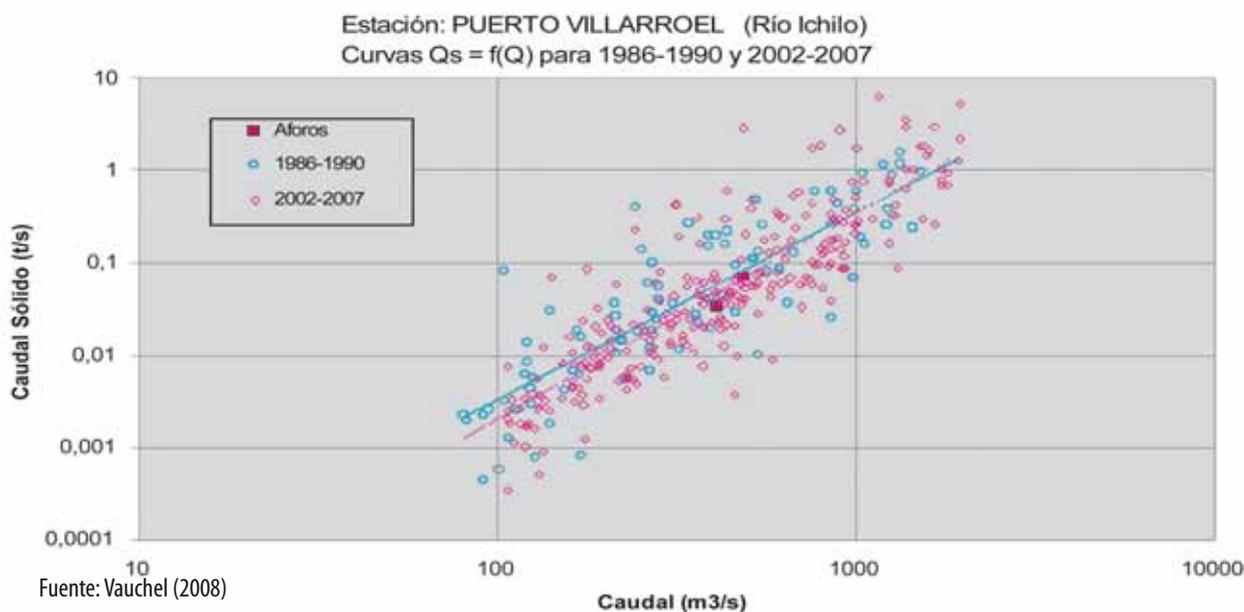


Figura 4.17: Relaciones caudal líquido –caudal sólido em Puerto Villarroel



En resumen, las estaciones de Puerto Villarroel y de Rurrenabaque no muestran un punto de quiebre alrededor de 1990 y tampoco una tendencia al aumento de las concentraciones con el tiempo, para caudales similares. Como estas dos estaciones son representativas de los aportes de sedimentos andinos al río Madeira y como tienen mediciones numerosas y relativamente confiables, es posible concluir que una posible tendencia al aumento de las concentraciones en Cachuela Esperanza, Guayaramerín y Porto Velho después de 1990, no se debe a un incremento de la erosión andina. Si es que el aumento de las concentraciones existe (la falta de la serie de datos y el desconocimiento de la metodología usada en Porto Velho impiden probarlo), ese aumento estaría asociado al comportamiento hidrológico e hidrodinámico de la zona de llanura de los ríos Beni y Mamoré.

4.2 Tamaño del sedimento

4.2.1 Tamaño del sedimento del lecho

Furnas-Odebrecht (2005) calcularon una curva granulométrica de los sedimentos del lecho del río Madera, promediando aritméticamente un grupo de muestras, que se incluyen en la Tabla A.3.2 del Anexo 3. Todas las muestras provienen de Porto Velho. Esa curva, que se muestra en color azul en la Figura 4.18, fue la que usaron los consultores brasileños como dato de entrada del modelo HEC-6. El diámetro mediano correspondiente a esa curva es $d_{50}=0.18$ mm, que está en el rango de las arenas finas (fine sand). Merter (citado por Guyot, 1995) obtuvo un $d_{50}=0.17$ mm cerca de la confluencia del río Madera con el Amazonas. Estos valores son más bajos que los de otros grandes ríos de la región: 0.25 mm para el Amazonas y 0.4 mm para el Orinoco.

Por otro lado, la Tabla A.3.1 muestra la composición de los sedimentos en suspensión y del material del lecho para otro grupo de muestras, parte de las cuales corresponden a las de la Tabla A.3.2. Se siguió la clasificación usada en HEC-6: arcilla para granos menores a 0.004 mm, limo para granos

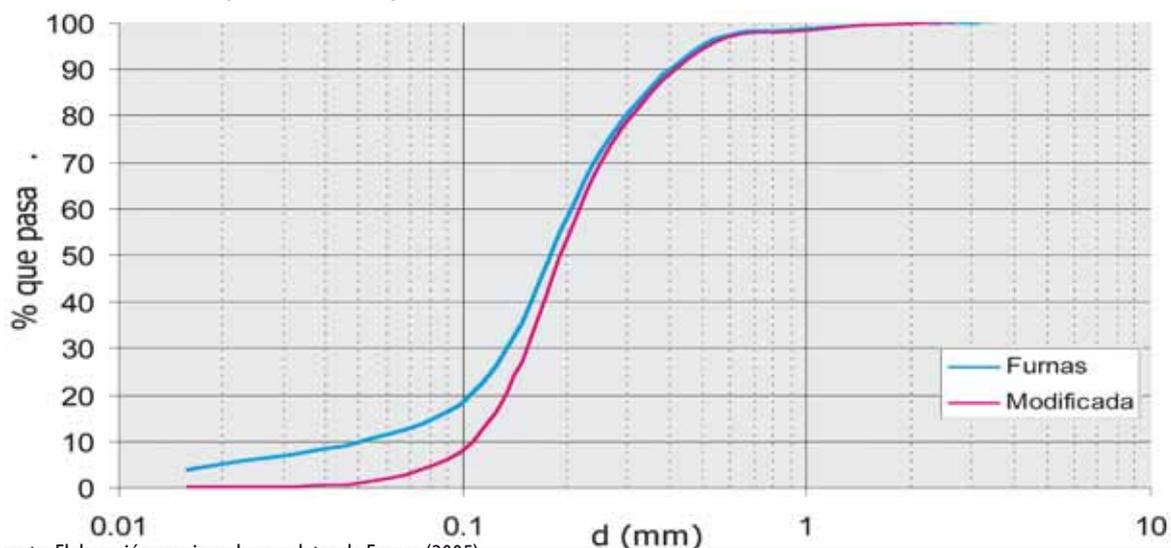
entre 0.004 y 0.063 mm, arena para granos entre 0.063 y 2 mm y grava para tamaños mayores a 2 mm.

Según la tabla A.3.2 el porcentaje promedio de material fino (limo más arcilla) en el lecho del río Madera es de 11.48%. Éste es un valor considerablemente más alto que el estimado por otros investigadores para los formadores del río Madera. Guyot (1992) halló que el porcentaje de granos menores a 0.063 mm en el lecho del curso inferior del río Beni, que es el principal aportante de sedimentos al Madera, oscilaba entre 1 y 4%, con un valor medio de 2%. Según Taborga (citado por Guyot, 1992) en el lecho del río Guaporé o Iténez, que lleva poco sedimento en suspensión por su origen en el Escudo precámbrico, no se detecta arcilla. En el lecho de este río predominan las arenas finas y medias, con un $d_{50}=0.34$ mm.

La Tabla A.3.1 indica que en promedio, la cantidad de material fino en el lecho es de 9% (arcilla=1.2%, limo=7.8%). Un nuevo cálculo de los datos de la Tabla A.3.1, usando un promedio ponderado por el caudal sólido de fondo correspondiente a cada muestreo, indica que el material fino presente en el lecho representa solamente 4.8% (0.6% arcilla y 4.2% limo). Se obtiene el mismo valor para los datos de la Tabla A.3.2 que cuentan con datos de caudal sólido.

Tomando en cuenta lo anterior y que en el modelo STA-HECRAS el tamaño del sedimento del lecho y del transporte de fondo son correspondientes, se decidió construir una nueva curva granulométrica para Porto Velho, usando solamente el promedio de las muestras de la Tabla A.3.2 en que no se detectó sedimento inferior a 0.016 mm. Esa curva modificada se muestra en color rojo en la Figura 4.18. Tiene un $d_{50}=0.196$ mm, ligeramente mayor a la curva de Furnas, pero es casi idéntica a esta última en su parte superior. Se diferencia en su parte inferior, debido a que el contenido de material fino es de solamente 1.7%. La Tabla 4.3 muestra los valores correspondientes a la curva modificada de la Figura 4.18, según la clasificación de tamaños que se usa en HEC-6 y en STA-HECRAS.

Figura 4.18: Curvas granulométricas medias del lecho del río Madera en Porto Velho



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Furnas (2005)

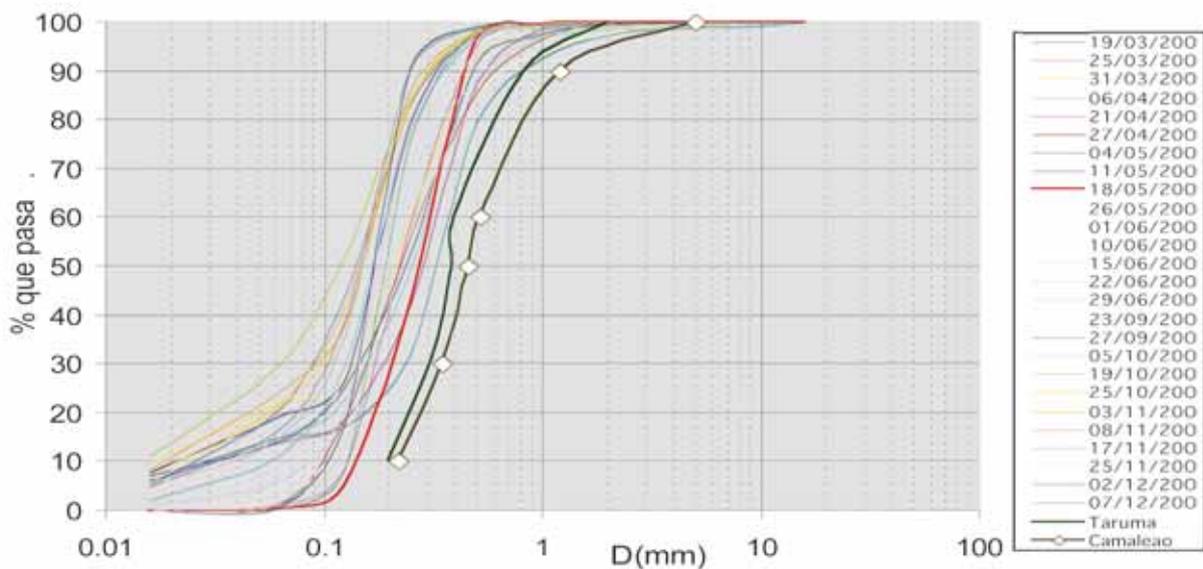


| Diámetro (mm) | % que pasa |
|---------------|------------|
| 16 | 100.0 |
| 8 | 100.0 |
| 4 | 99.90 |
| 2 | 99.51 |
| 1 | 98.34 |
| 0.5 | 94.14 |
| 0.25 | 68.63 |
| 0.125 | 15.82 |
| 0.062 | 1.69 |
| 0.016 | 0.00 |

El uso de una sola curva granulométrica del lecho para representar todo el tramo de estudio es fuente de incertidumbre y de posibles errores en la modelación. Esto es de especial relevancia en el caso del río Madera, cuyas condiciones hidrodinámicas varían fuertemente a lo largo del tramo de estudio (ver capítulo 3). Las escasas muestras en otros puntos de ese

tramo, como las tomadas por Alam (2007) junto a las islas de Taruma y Camaleao, parecen indicar que el tamaño del sedimento del lecho también varía significativamente. El sedimento junto a esas islas (líneas negras en la Figura 4.19) es considerablemente más grueso que en Porto Velho y no presenta arcilla ni limo.

Figura 4.19: Curvas granulométricas del lecho en Porto Velho, Taruma y Camaleao



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Furnas (2005) y Alam (2007)

Por otro lado, la Figura 4.19 muestra que las curvas granulométricas del material de fondo en Porto Velho varían en el tiempo. Por ejemplo la línea roja, que representa la muestra tomada el 18/5/04, tiene un $d_{50}=0.275$ mm. Esta muestra está formada por arenas finas y medias, sin presencia de arcilla o limo. Fue utilizada en el análisis de sensibilidad (capítulo 5).

4.2.2 Tamaño del sedimento en suspensión y total

El promedio aritmético de los datos de la Tabla A.3.1 indica que 26.5% del sedimento en suspensión es arcilla y 63.7% es limo. Combinando con los promedios del transporte de fondo que figuran en esa misma tabla, ponde-

rados por la relación $Q_{sf}=0.06*Q_{ss}$, Furnas-Odebrecht (2005) obtuvieron los valores de la Tabla 4.4 para el caudal sólido total.

Sin embargo, recalculando los datos de la Tabla A.3.1 mediante el promedio ponderado según el caudal sólido, la arcilla compone solamente 23.9% del sedimento en suspensión. Por otro lado, los datos de Guyot (1995) indican que la arcilla representa entre 17 y 18% de las muestras en suspensión tomadas en los ríos Beni, Mamoré y Guaporé/Iténez, formadores del Madera. Tomando en cuenta esa información y la curva modificada del material de fondo (Figura 4.18), en el presente estudio se usó una curva granulométrica (ver capítulo 5) del caudal sólido total, compuesta de 18% de arcilla, 66% de limo y 16% de arena.

Tabla 4.4: Porcentajes ponderados de arcilla, limo y arena en las muestras de Furnas

| Material | % Arcilla | % Limo | % Arena |
|--------------------------------|-----------|--------|---------|
| Suspensión Q _{ss} | 25.0 | 60.1 | 9.3 |
| Carga de Fondo Q _{sf} | 0.1 | 0.4 | 5.2 |
| Total Q _{st} | 25.0 | 60.6 | 14.4 |

Furnas-Odebrecht (2005)

Guyot (1992) no encontró una relación entre el tamaño del sedimento transportado en suspensión y el caudal líquido para el río Beni. Esto debe

tomarse en cuenta en la tabla granulométrica de caudal sólido total que se proporciona al modelo como información de entrada.



Capítulo 5 SEDIMENTACIÓN EN EL EMBALSE DE JIRAU

El segundo objetivo del presente estudio era el de evaluar la posible sedimentación inducida por los embalses, especialmente en el tramo binacional entre Abuná y la confluencia del río Beni. Para ello se usó un modelo matemático de transporte y deposición de sedimentos: el módulo Sediment Transport Analyses (STA) de la versión 4.0 del HEC-RAS. Este módulo, derivado del modelo HEC-6, fue incorporado recientemente (2008) al HEC-RAS. Es un modelo unidimensional dirigido a evaluar el comportamiento de la erosión y deposición de sedimentos en un río o canal, sobre un periodo extenso, típicamente años.

Los modelos unidimensionales requieren menos información que los modelos bi o tridimensionales. Son los más usados para predecir el comportamiento a largo plazo en tramos de río o canal de gran longitud. Se recomiendan especialmente para aquellos casos en que habrá una modificación de las condiciones hidráulicas o hidrológicas del tramo, en particular de la frecuencia o duración de los niveles de agua y caudales. Este es el caso de las represas y embalses. Este tipo de modelo permite caracterizar la erosión/deposición de sedimentos a lo largo de todo el tramo, ubicando sitios de deposición de sedimentos, su magnitud, variación estacional y el tamaño de los granos, todo en una dimensión.

En cambio, los modelos bidimensionales se usan para tramos cortos que tengan especial interés, por ejemplo arriba o abajo de los vertederos, tomas o en curvas muy pronunciadas donde puedan presentarse problemas de deposición o erosión. Los modelos reducidos o a escala se usan sobre todo para simular el comportamiento de obras hidráulicas, identificar los puntos de riesgo y mejorar el diseño de esas obras.

La insuficiencia de datos topográficos y la incertidumbre sobre la magnitud del caudal sólido y del tamaño de los sedimentos transportados justificó un análisis de sensibilidad de algunas variables, identificadas en el capítulo 4 y en estudios previos. Los resultados de STA se llevaron al módulo de flujo permanente de HEC-RAS para calcular los perfiles hidráulicos y niveles de agua para los nuevos niveles del lecho del río Madera.

5.1 El modelo Hecras-STA

La base conceptual del módulo STA de HEC-RAS tiene mucho en común con el antiguo modelo HEC-6 – Scour and Deposition in Rivers and Reservoirs. STA usa la ecuación de continuidad o balance del sedimento en una dimensión (ecuación de Exner). Esta ecuación establece que la diferencia entre las cargas de entrada y salida es igual al cambio (erosión o sedimentación) en un subtramo de río o volumen de control. Para resolverla se necesita calcular la capacidad de transporte de sedimentos del subtramo,

mediante una ecuación que debe ser elegida por el usuario, de las siete que incluye el modelo. Los resultados son muy sensibles a esa elección, por lo que se requiere de cuidado y criterio.

Para calcular la capacidad de transporte, se debe determinar previamente el funcionamiento hidráulico del río. STA usa una simplificación para abordar el problema: aproxima el hidrograma de caudales, que varía continuamente en el tiempo, a una serie de caudales discretos, que se mantienen constantes durante un intervalo de tiempo definido. Para cada uno de esos caudales se calcula el perfil hidráulico por el método Standard por pasos. Esta aproximación se denomina de “flujo casi no permanente” (en inglés, quasi-unsteady flow). Para mejorar el cálculo, ese intervalo puede ser subdividido en tiempos más cortos. El modelo es sensible a la duración de ese intervalo. Por esas razones, STA no es adecuado para analizar situaciones en que las variables hidrodinámicas o el caudal sólido varíen muy rápidamente en el tiempo. Para esas situaciones es mejor recurrir a un modelo que trabaje plenamente en flujo no permanente.

STA divide al rango de sedimentos transportables en 20 clases según su tamaño. El modelo calcula la capacidad de transporte para cada clase. La capacidad de transporte total es la suma de la capacidad de transporte de cada clase multiplicada por el porcentaje que representa cada clase en el sedimento del cauce. Esos porcentajes se determinan a partir de la curva granulométrica del sedimento, que se obtiene a partir de muestreos. Los resultados del modelo son también sensibles a esa granulometría.

La mayor parte de las ecuaciones de transporte fueron desarrolladas para partículas del tamaño de la arena y mayores. Esas ecuaciones no son directamente aplicables a partículas finas del tamaño del limo y arcilla, que con frecuencia se transportan como carga de lavado proveniente de toda la cuenca, sin depositarse en el lecho del río. El módulo STA puede estimar la deposición de partículas finas por el método de Krone y la erosión por el método de Parthenaides (citados por USACE, 2008). Estos métodos son particularmente útiles en el caso de embalses donde se produzcan velocidades muy bajas, pero requieren de valores de tensiones de corte límites, que deberían ser definidas o medidas para el tramo a ser simulado. Por esa razón no se pudo aplicar esos métodos y se usó la opción alternativa de las ecuaciones de transporte. Esto generalmente significa que las partículas finas pasarán el tramo de estudio sin depositarse, incluso para la condición con represa. Representaría una condición de mínima deposición, que es razonable para el río Madera, cuyo lecho tiene muy poco sedimento fino (ver capítulo 4).

STA tiene algunas opciones que no existían en el modelo HEC-6. Por ejemplo, puede trabajar con niveles de agua variables en el tiempo, en la

sección de control aguas abajo. Esta opción se aplicó al embalse de Jirau, para el que se ha propuesto una curva guía de operación con niveles variables según la época y el caudal (Tabla 3.4). Además STA tiene algunas opciones de cálculo que permiten mejorar la estabilidad de los resultados amortiguando los cambios abruptos entre secciones.

Los resultados del modelo incluyen los perfiles del lecho del río y de la línea de agua para cada intervalo de tiempo definido por el usuario, las secciones transversales modificadas por la sedimentación o erosión, el balance de sedimentos a lo largo del tramo para cada intervalo de tiempo, el tamaño del sedimento a ser depositado en el lecho, etc. El modelo, al ser unidimensional, estima una sola altura de sedimentación o erosión para cada sección. Es decir, el volumen de sedimentación o erosión es distribuido uniformemente dentro de los límites de la parte móvil de la sección, definidos por el usuario. En STA el nivel de la información de salida es definida por el usuario. Mientras más alto sea ese nivel, más información será grabada en los archivos de salida, que ocuparán más espacio. También el tiempo de computación será más grande.

5.2 Datos de entrada al modelo

5.2.1. Topografía y parámetros hidráulicos

Se usaron las secciones topobatómetricas y las distancias mostradas en la Tabla A.1.2 del Anexo. Para evitar los cambios bruscos y mejorar la estabilidad de la simulación, se suprimieron 3 secciones que estaban muy próximas a otras: 329.2, 338.1 y 374.1. Las simulaciones se realizaron hasta la cachuela de Ribeirão (sección 405), por las limitaciones de datos topográficos que se mencionaron en el capítulo 3: falta topografía de la parte superior de varias secciones del tramo binacional, por lo que no es posible simular caudales líquidos por encima de 40000 m³/s. Se tuvo que completar la parte superior de varias secciones entre la 341.1 y la 405 mediante comparación con secciones próximas, el modelo SRTM ajustado y el criterio de los autores del estudio.

Se usaron los mismos coeficientes de Manning y de contracción/expansión que se emplearon en el estudio de remanso (capítulo 3, Tabla A.2.2 del Anexo 2). La condición de contorno aguas abajo (sección 210) fue la misma curva nivel-caudal líquido que se utilizó en el capítulo 3 (Figura 3.1) para la condición natural sin represa. Se simularon dos condiciones con represa: a) nivel variable del embalse, según la curva guía de operación (Tabla 3.4) y nivel constante de 90.0 m, ambos en la sección 210.

En todos los casos, el área de erosión/deposición fue restringida al canal principal, siendo igual o menor que el ancho de ese canal.

5.2.2 Datos hidrológicos y sedimentológicos

Caudal líquido

Se usó la serie de caudal líquido en Porto Velho determinada por Vau-chel (Tabla 2.2) para el periodo 1967-07, de 40 años de duración.

Caudal sólido

Se usó la serie de caudal sólido total 1967-07 establecida en el capítulo 4 (Tabla 4.2) para Porto Velho, con el mismo factor de 1.06 que Furnas-Odebrecht (2005) aplicó al caudal sólido en suspensión. No se usó ningún factor de reducción por relación áreas de aporte Jirau/Porto Velho, porque el capítulo 4 muestra que el sedimento proviene de la cuenca aguas arriba de Jirau y que el aporte neto de sedimentos de la intercuenca entre Jirau y Porto Velho es nulo o despreciable. Las series de caudal sólido y líquido fueron introducidas como condiciones de contorno en el extremo superior del tramo (sección 405). Para las simulaciones sobre un periodo de 80 años se repitió la serie 1967-07.

Tamaño del sedimento

Se usó la granulometría del material del lecho presentada en la Tabla 4.3, para todo el tramo del río Madera entre Ribeirão y Jirau. La corrida de ajuste del modelo modificó localmente esa granulometría.

El modelo requiere del tamaño del sedimento correspondiente al caudal sólido total, que se puede introducir como curvas granulométricas en función del caudal líquido. Basándose en el análisis realizado en 4.2.2, se aplicaron los datos de la Tabla 5.1. Obsérvese que las curvas son idénticas para todos los caudales por encima de 10000 m³/s.

5.3 Ajuste del modelo

Como se vio en el capítulo 4, existe cierta incertidumbre en los datos de caudal sólido y de tamaño del sedimento. Además, el número de secciones topobatómetricas es probablemente insuficiente, especialmente en el tramo Jirau-Abuná. Por otro lado, no existen datos topobatómetricos tomados en años diferentes que, junto a las mediciones de caudal sólido, hubiesen permitido algún tipo de calibración del modelo.

Bajo estas condiciones y para superar las posibles inconsistencias entre el perfil y secciones del río y la carga sólida, se realizó una simulación con el modelo STA en condiciones naturales y con los datos del periodo 1967-07. Esta simulación representa un análisis de estabilidad del lecho del río Madera con la información de entrada descrita en 5.2 y las condiciones impuestas en el modelo.



Esas condiciones fueron las siguientes:

a) Se usó la ecuación de transporte de Toffaletti, recomendada por Reid y Dunne (1996) como la más confiable para grandes ríos de lecho arenoso, y la ecuación de Rubey para la velocidad de caída de las partículas.

b) Para la mayor parte del tramo de estudio el lecho fue dejado libre, es decir que podía ser erosionado sin límites. Se impuso la condición de erosión nula (erosion depth=0) en las cachuelas (Tabla A.1.2), donde se supone que el lecho es rocoso. El estudio de Furnas-Odebrecht (2005) menciona algunas secciones adicionales donde se observaron afloramientos rocosos, pero sin identificarlas explícitamente en el informe, por lo que a las seis cachuelas del tramo solamente se añadieron las secciones 279, 272 y 267. Después de una corrida inicial, se decidió imponer una profundidad máxima

de erosión de 10 m a las secciones 243, 253 y 258 y de 5 m a la sección 211 y 255, basada en el criterio de los autores.

c) Se priorizó la estabilidad espacial de los resultados. Los cálculos de transporte de sedimentos son muy sensitivos a los cambios locales de la hidráulica del canal. Para amortiguar ese efecto se usó las opciones de cálculo de la pendiente de energía y de fricción que daban los perfiles más estables.

d) La corrida se realizó para un periodo de 40 años, verificando que el perfil del lecho se estabilizaba al cabo de ese tiempo (estabilidad temporal).

e) Se usó un intervalo mensual para los datos de caudal sólido y líquido. Para efectos de cálculo, se subdividió en tres pasos por mes.

Tabla 5.1: Granulometría del material transportado proporcionada al HECRAS-STA (en fracción del total)

| Tamaño(mm) | | Clasific. HEC-STA | Caudal líquido (m3/s) | | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|----------------------|-----------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| de | a | | 2500 | 5000 | 7500 | 10000 | 12500 | 15000 | 20000 | 25000 | 30000 | 35000 | 40000 | 45000 | 47500 |
| 0 | 0.004 | CLAY | 0.2791 | 0.2791 | 0.2500 | 0.2500 | 0.1800 | 0.1800 | 0.1800 | 0.1800 | 0.1800 | 0.1800 | 0.1800 | 0.1800 | 0.1800 |
| 0.004 | 0.008 | SILT1 | 0.2300 | 0.2300 | 0.2296 | 0.2296 | 0.1600 | 0.1600 | 0.1600 | 0.1600 | 0.1600 | 0.1600 | 0.1600 | 0.1600 | 0.1600 |
| 0.008 | 0.016 | SILT2 | 0.2000 | 0.2000 | 0.1600 | 0.1600 | 0.1600 | 0.1600 | 0.1600 | 0.1600 | 0.1600 | 0.1600 | 0.1600 | 0.1600 | 0.1600 |
| 0.016 | 0.031 | SILT3 | 0.1685 | 0.1685 | 0.1404 | 0.1404 | 0.1900 | 0.1900 | 0.1900 | 0.1900 | 0.1900 | 0.1900 | 0.1900 | 0.1900 | 0.1900 |
| 0.031 | 0.063 | SILT4 | 0.1000 | 0.1000 | 0.1100 | 0.1100 | 0.1500 | 0.1500 | 0.1500 | 0.1500 | 0.1500 | 0.1500 | 0.1500 | 0.1500 | 0.1500 |
| 0.062 | 0.125 | VFS | 0.0054 | 0.0054 | 0.0586 | 0.0586 | 0.0910 | 0.0910 | 0.0910 | 0.0910 | 0.0910 | 0.0910 | 0.0910 | 0.0910 | 0.0910 |
| 0.125 | 0.25 | FS | 0.0150 | 0.0150 | 0.0411 | 0.0411 | 0.0450 | 0.0450 | 0.0450 | 0.0450 | 0.0450 | 0.0450 | 0.0450 | 0.0450 | 0.0450 |
| 0.25 | 0.5 | MS | 0.0020 | 0.0020 | 0.0080 | 0.0080 | 0.0205 | 0.0205 | 0.0205 | 0.0205 | 0.0205 | 0.0205 | 0.0205 | 0.0205 | 0.0205 |
| 0.5 | 1 | CS | | | 0.0019 | 0.0019 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 |
| 1 | 2 | VCS | | | 0.0003 | 0.0003 | 0.0007 | 0.0007 | 0.0007 | 0.0007 | 0.0007 | 0.0007 | 0.0007 | 0.0007 | 0.0007 |
| 2 | 4 | VFG | | | 0.0001 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 |
| 4 | 8 | FG | | | | | 0.00006 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00006 |
| 8 | 16 | MG | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Furnas-Odebrecht (2005) y Guyot (1992)

La Figura 5.1 muestra el perfil actual del lecho del río Madera entre Jirau (210) y Ribeirao (405) y el perfil estabilizado que resulta de la corrida descrita. Las cotas correspondientes se muestran en la Tabla 5.4. Se identificó cierta inestabilidad a la entrada, entre las secciones 394.1 y 405 (línea segmentada), por lo que se decidió mantener el perfil actual entre esas dos secciones.

No se observa una tendencia a la sedimentación para el conjunto del tramo. El balance acumulado de material sólido en toneladas para el perfil estabilizado y la sección al final del tramo (210) es ligeramente negativo, como se muestra en la Tabla 5.2. Un valor negativo indica que predomina la

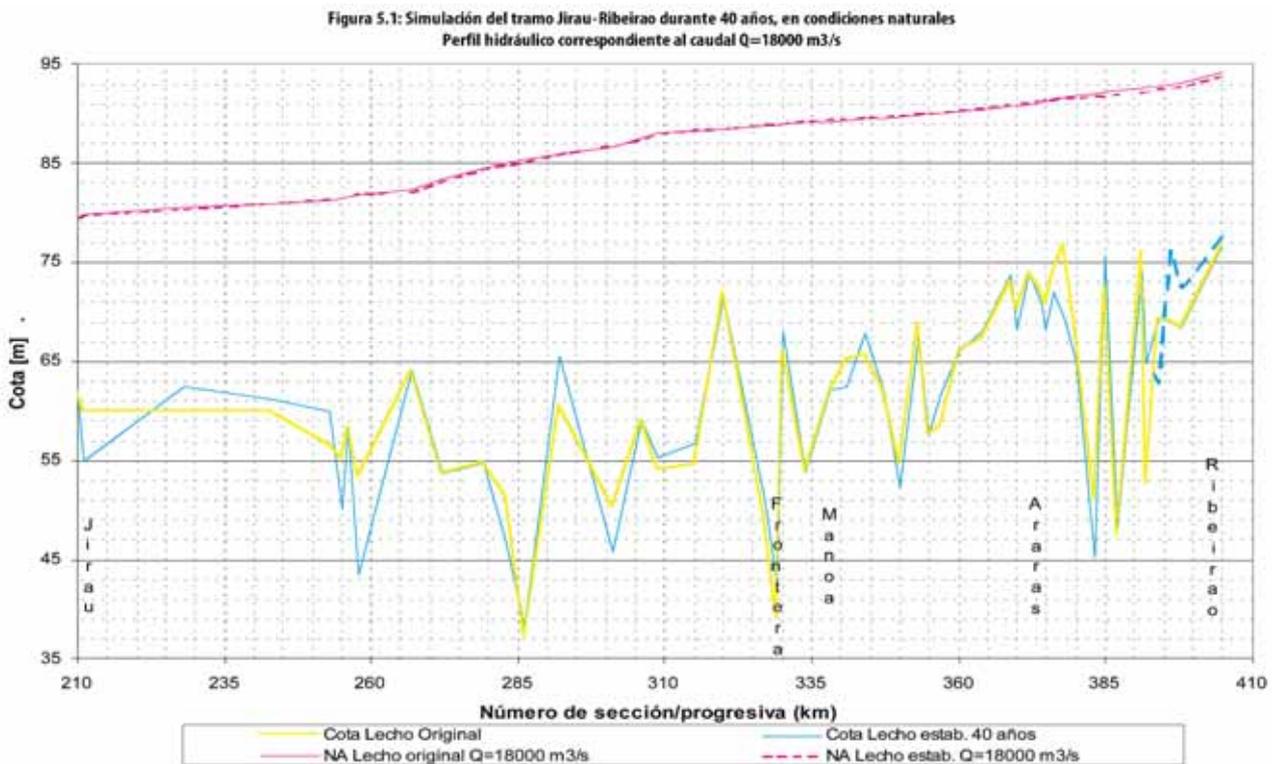
socavación sobre la sedimentación. Una de las secciones donde el modelo predice socavación es la 211, situada inmediatamente aguas arriba de la cachuela de Jirau. Esta sección es una copia de la 228, introducida por requerimientos de cálculo del remanso hidráulico. Es posible que la socavación que predice el modelo en la sección 211 sea simplemente una corrección a la copia topobatimétrica, por lo que se mantuvo en el perfil estabilizado. Se decidió también mantener la socavación en las secciones 255 y 258, pero limitándola a 10 m, como se mencionó antes. Por otro lado, se observa una ligera tendencia a la sedimentación entre las secciones 228 y 253 y entre las secciones 309 y 315, así como en la sección 391.1.



**Tabla 5.2: Balance acumulado de material sólido en el lecho del río Madera (10° ton)
Perfil estabilizado respecto a perfil actual**

| Sección | Balance acum. (mill. ton) |
|---------|---------------------------|
| 405 | 0.0 |
| 394.1 | 0.0 |
| 392.1 | 142.2 |
| 385.1 | 147.4 |
| 380.1 | 40.0 |
| 378.1 | -72.3 |
| 370.1 | -154.5 |
| 357.1 | -42.3 |
| 350.1 | -97.0 |
| 341.1 | -112.9 |
| 338 | -109.4 |
| 329 | -44.7 |
| 320 | -4.8 |
| 315 | 67.9 |
| 306 | 110.7 |
| 301 | -127.4 |
| 286 | 221.7 |
| 267 | 105.3 |
| 255 | -272.8 |
| 243 | 6.6 |
| 228 | 346.9 |
| 211 | -23.2 |
| 210 | -393.3 |

**Figura 5.1: Simulación del tramo Jirau-Ribeirao durante 40 años, en condiciones naturales
Perfil hidráulico correspondiente al caudal Q=18000 m3/s**



La Figura 5.1 muestra también los perfiles hidráulicos (niveles de agua) para el caudal de 18000 m³/s, calculados con HEC-RAS. La diferencia entre el perfil hidráulico actual y el calculado para el lecho estabilizado es pequeña, en el orden de centímetros. Entre las secciones 210 y 380.1 el perfil hidráulico estabilizado oscila alrededor del actual, con diferencias casi siempre menores a 20 cm. A partir de la sección 380.1 el perfil hidráulico estabilizado cae por debajo del actual hasta alcanzar una diferencia máxima de -45 cm. Para el conjunto del tramo, la diferencia promedio de -0.01 m (un valor negativo indica que el perfil estabilizado está por debajo del actual). Las diferencias son aún más pequeñas para el caudal de 40000 m³/s.

El perfil del lecho estabilizado fue asumido como la geometría inicial para el resto de las corridas con represa.

5.4 Simulación con represa de Jirau

El modelo STA se usó para estimar los efectos que la represa de Jirau tendría sobre los procesos de erosión/sedimentación en el tramo entre Jirau (sección 210) y Ribeirao (sección 405). Se consideró dos alternativas para

los niveles de operación del embalse de Jirau: a) nivel variable según la curva guía de la Tabla 3.4, b) nivel constante a 90.0 m.

Una corrida inicial mostró que el proceso de sedimentación no se detiene al cabo de 40 años, por lo que se decidió simular un periodo de 80 años, repitiendo los datos del periodo 1967-07. Para visualizar la evolución del lecho del río Madera, se muestran los resultados a los 20, 40 y 80 años. El año 0 corresponde al inicio del periodo de funcionamiento de la represa, con el perfil estabilizado descrito anteriormente.

Se realizó también un análisis de sensibilidad para dos variables: caudal sólido y tamaño del sedimento (transportado y del lecho). Para cada variable se consideró dos situaciones posibles, una por encima y otra por debajo de los valores mostrados en el capítulo 4 y subcapítulo 5.2. El análisis de sensibilidad y las simulaciones correspondientes se describen en el subcapítulo 5.5. Por las razones expuestas en el capítulo 4, no se simuló una hipótesis de aumento con el tiempo de la carga de sedimentos del río Madera. La Tabla 5.3 resume los casos simulados.

Tabla 5.3: Casos simulados con modelo STA

| Condición | Caso | Descripción | Nivel agua Jirau | Tabla | Figura |
|--------------------------|-------|-------------------------------------|----------------------|-------------|------------------|
| Natural | 0 | Sin embalse, perfil estabilizado | | 5.2 | 5.1 |
| Con embalse | N-NV | Datos de entrada descritos en 5.2.2 | Variable, curva guía | 5.3,A,4.1-2 | 5.2,5.3,5.4, 5.5 |
| | N-N90 | Datos de entrada descritos en 5.2.2 | 90.0 | | 5.2 |
| Análisis de sensibilidad | S-Qs+ | Mayor caudal sólido | Variable, curva guía | | 5.9,5.10 |
| | S-Qs- | Menor caudal sólido | Variable, curva guía | | 5.9 |
| | S-G+ | Granulometría más grande | Variable, curva guía | | 5.11 |
| | S-G- | Granulometría más pequeña | Variable, curva guía | | 5.11 |

La modelación con STA permite, entre otras cosas, la obtención de nuevos perfiles de lecho del río y nuevas secciones transversales, con sedimentación o no. Para evaluar la influencia de la sedimentación sobre los niveles de agua, se volvió a realizar cálculos de remanso hidráulico con el modelo HEC-RAS, usando los perfiles del lecho que son resultado de la modelación con STA. Esos perfiles hidráulicos se presentan junto con los perfiles del lecho en las figuras siguientes.

5.4.1 Variación del lecho

La Figura 5.2 muestra el perfil del lecho del río Madera, al cabo de una simulación de 80 años, con el embalse de Jirau funcionando a: a) nivel variable según la curva guía de la Tabla 3.4; b) nivel constante de 90.0 m. Las diferencias son muy pequeñas y solamente se aprecian en algunas secciones como la 374.1 o la 376.1. Probablemente esto se debe a que la curva guía establece un nivel de 90.0 m durante los meses de enero a abril y de 89.5 m en mayo. En estos cinco meses el río transporta en promedio 84% de

la carga anual de sedimentos, según la Tabla 4.2. Debido a esas diferencias tan pequeñas, las simulaciones que se presentan en el resto del informe corresponden únicamente al embalse con nivel variable, que es la condición establecida en los estudios de factibilidad (Furnas-Odebrecht, 2004).

La Figura 5.3 muestra la evolución del lecho del río Madera con el embalse de Jirau operando a nivel variable, para tiempos de 20, 40 y 80 años. Se puede observar que el proceso de sedimentación es relativamente lento, pero no se detiene al cabo de 40 años. Entre los años 40 y 80, la tasa de sedimentación es solamente algo menor que entre los 0 y 40 años. Por otro lado, la sedimentación no se produce en todo el tramo: en varias secciones no se producen cambios en los niveles del lecho, ni aún para 80 años. La Tabla 5.4 muestra esa evolución en valores numéricos.

5.4.2 Nivel de agua debido a la sedimentación

Como ya se indicó, los perfiles del lecho calculados con STA fueron lle-

vados a HEC-RAS para calcular los perfiles hidráulicos correspondientes. La Tabla 5.4 muestra, para un caudal de 18000 m³/s, los niveles del talweg (punto más bajo del lecho de un río) para 0, 20, 40 y 80 años y los perfiles hidráulicos (niveles del agua NA) correspondientes. Para el año 0, los niveles de agua corresponden a las condiciones naturales sin embalse y lecho estabilizado. Se muestra también el lecho original. Las Tablas A.4.1 y A.4.2 del Anexo 4 muestran los niveles del agua para caudales de 5000 y 40000 m³/s, respectivamente.

La Figura 5.4 muestra los niveles del lecho y del agua al cabo de 80 años, para el embalse operando a nivel variable y tres caudales: 5000, 18000 y 40000 m³/s. Se incluyeron también los niveles de agua estimados en el capítulo 3 sin considerar sedimentación. Se observa que los niveles de agua con sedimentación (líneas segmentadas) están por encima de los niveles de agua con embalse pero sin sedimentación. La diferencia es mayor para caudales medios y altos que para caudales bajos.

Figura 5.2: Simulación del tramo Jirau-Ribeirao para T= 80 años, casos N-NV y N-NC Embalse con nivel variable (curva guía) y nivel constante a 90.0 m

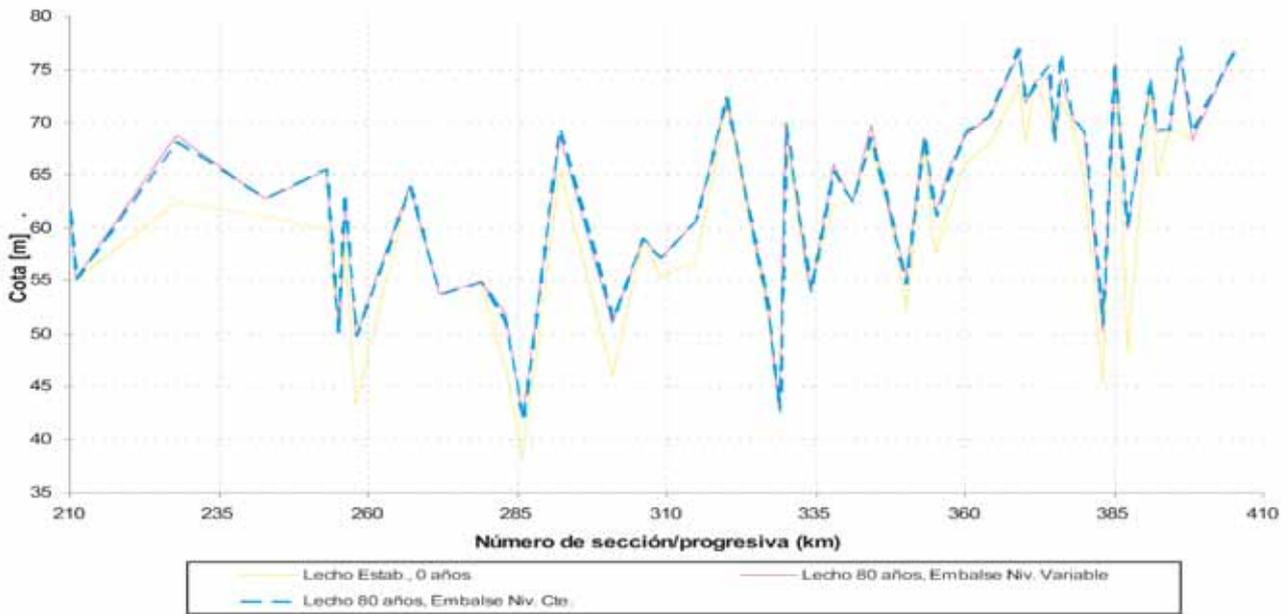


Figura 5.3: Nivel del lecho del tramo Jirau-Ribeirao para diferentes periodos, caso N-NV Embalse con nivel variable (curva guía)

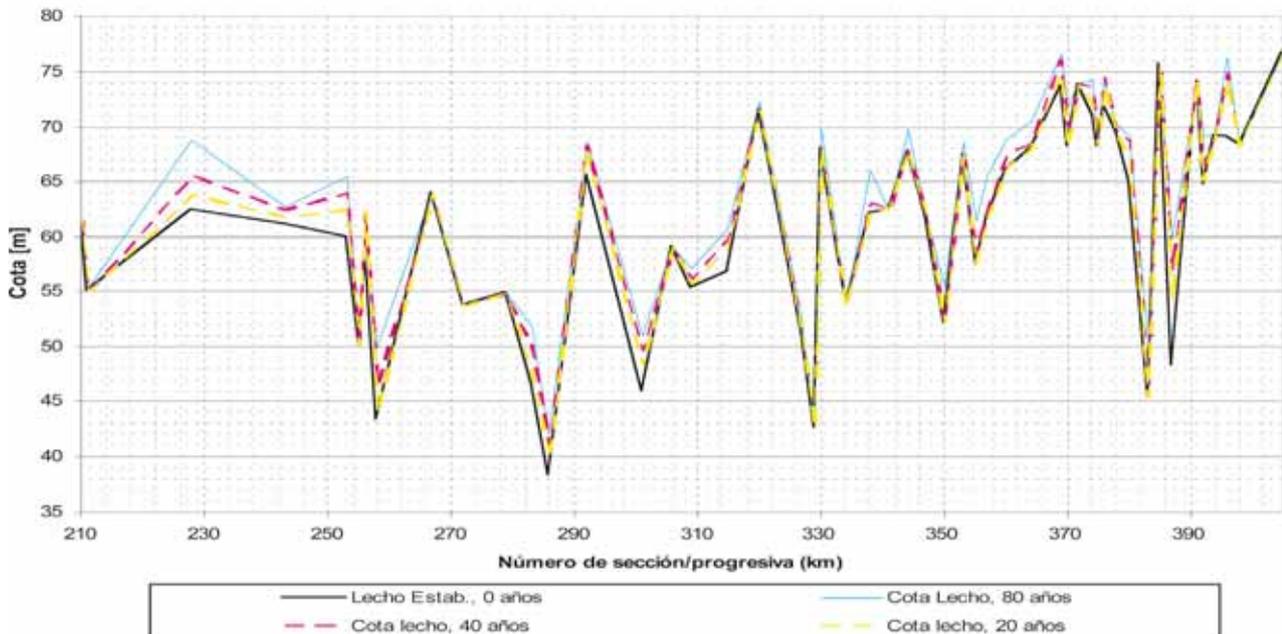


Tabla 5.4: Evolución del lecho del río Madera y niveles de agua para Q=18000 m3/s

| Sección | Lecho original | 0 años, L. estab. | | 20 años | | 40 años | | 80 años | |
|---------|----------------|-------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | | Lecho | NA-SE | Lecho | NA-NV | Lecho | NA-NV | Lecho | NA-NV |
| 405 | 76.70 | 76.70 | 93.84 | 76.71 | 94.90 | 76.71 | 95.28 | 76.70 | 95.94 |
| 398 | 68.30 | 68.30 | 92.70 | 68.31 | 94.23 | 68.33 | 94.70 | 68.41 | 95.45 |
| 396 | 69.00 | 69.00 | 92.60 | 74.21 | 93.98 | 74.98 | 94.43 | 76.27 | 95.17 |
| 394.1 | 69.26 | 69.26 | 92.48 | 69.28 | 93.92 | 69.28 | 94.39 | 69.29 | 95.15 |
| 392.1 | 52.56 | 64.73 | 92.24 | 65.08 | 93.73 | 66.51 | 94.17 | 69.12 | 94.91 |
| 391.1 | 76.14 | 74.11 | 92.16 | 74.20 | 93.68 | 74.18 | 94.14 | 74.13 | 94.89 |
| 387.1 | 47.46 | 48.26 | 92.04 | 54.42 | 93.48 | 57.03 | 93.89 | 59.80 | 94.58 |
| 385.1 | 72.68 | 75.65 | 91.82 | 75.66 | 93.33 | 75.66 | 93.77 | 75.66 | 94.48 |
| 383.1 | 50.99 | 45.33 | 91.80 | 45.38 | 93.32 | 46.30 | 93.75 | 50.28 | 94.41 |
| 380.1 | 67.45 | 65.01 | 91.65 | 66.97 | 93.17 | 68.83 | 93.55 | 69.09 | 94.22 |
| 378.1 | 76.79 | 69.46 | 91.64 | 69.46 | 93.17 | 69.46 | 93.58 | 70.23 | 94.24 |
| 376.1 | 74.04 | 72.02 | 91.45 | 73.62 | 92.99 | 74.60 | 93.35 | 74.06 | 93.99 |
| 375 | 70.70 | 68.17 | 91.44 | 68.20 | 93.01 | 68.21 | 93.39 | 68.21 | 94.05 |
| 374.1 | 72.10 | 70.87 | 91.36 | 71.99 | 92.93 | 73.60 | 93.27 | 74.23 | 93.90 |
| 372 | 73.90 | 73.90 | 91.13 | 73.90 | 92.77 | 73.91 | 93.11 | 73.92 | 93.76 |
| 370.1 | 70.25 | 68.16 | 91.05 | 68.22 | 92.72 | 69.87 | 93.03 | 71.87 | 93.65 |
| 369 | 73.00 | 73.67 | 90.98 | 74.83 | 92.66 | 76.17 | 92.96 | 76.53 | 93.58 |
| 364.1 | 67.32 | 68.02 | 90.56 | 68.05 | 92.38 | 68.54 | 92.64 | 70.50 | 93.20 |
| 360.1 | 66.00 | 66.02 | 90.33 | 66.27 | 92.25 | 67.51 | 92.47 | 68.75 | 93.00 |
| 357.1 | 58.49 | 61.70 | 90.13 | 61.83 | 92.11 | 62.56 | 92.33 | 65.44 | 92.79 |
| 355.1 | 57.58 | 57.57 | 90.04 | 57.63 | 92.05 | 58.42 | 92.26 | 61.40 | 92.69 |
| 353.1 | 68.86 | 67.41 | 89.96 | 67.44 | 92.00 | 67.44 | 92.21 | 68.57 | 92.64 |
| 350.1 | 54.58 | 52.20 | 89.85 | 52.22 | 91.92 | 52.22 | 92.14 | 55.42 | 92.52 |
| 347.1 | 62.11 | 62.15 | 89.75 | 62.16 | 91.86 | 62.16 | 92.08 | 62.20 | 92.47 |
| 344.1 | 65.76 | 67.77 | 89.63 | 67.81 | 91.77 | 67.80 | 92.00 | 69.86 | 92.36 |
| 341.1 | 65.16 | 62.45 | 89.56 | 62.62 | 91.73 | 62.48 | 91.96 | 62.47 | 92.33 |
| 338 | 62.00 | 62.17 | 89.42 | 62.29 | 91.63 | 63.11 | 91.85 | 65.96 | 92.18 |
| 334.1 | 53.86 | 53.89 | 89.29 | 53.90 | 91.53 | 53.90 | 91.75 | 53.90 | 92.07 |
| 330.1 | 66.29 | 68.10 | 89.05 | 68.15 | 91.38 | 68.23 | 91.60 | 69.94 | 91.87 |
| 329 | 39.00 | 42.62 | 89.00 | 42.70 | 91.34 | 42.65 | 91.56 | 42.66 | 91.84 |
| 327 | 49.12 | 51.23 | 88.90 | 51.30 | 91.27 | 51.43 | 91.49 | 52.50 | 91.75 |
| 320 | 72.00 | 71.49 | 88.52 | 71.61 | 91.06 | 71.75 | 91.29 | 72.25 | 91.54 |
| 315 | 54.67 | 56.80 | 88.36 | 59.05 | 90.94 | 59.83 | 91.16 | 60.69 | 91.40 |
| 309 | 54.00 | 55.30 | 87.98 | 55.70 | 90.70 | 56.20 | 90.91 | 57.06 | 91.12 |
| 306 | 59.05 | 59.05 | 87.38 | 59.07 | 90.45 | 59.06 | 90.68 | 59.07 | 90.90 |
| 301 | 50.28 | 45.88 | 86.85 | 48.31 | 90.20 | 49.64 | 90.41 | 50.96 | 90.61 |
| 292 | 60.50 | 65.53 | 85.91 | 67.83 | 89.73 | 68.39 | 89.88 | 68.63 | 90.04 |
| 286 | 37.12 | 38.31 | 85.11 | 39.98 | 89.40 | 41.07 | 89.51 | 42.07 | 89.65 |
| 283 | 51.27 | 46.65 | 84.77 | 47.94 | 89.26 | 50.17 | 89.35 | 51.81 | 89.45 |
| 279 | 54.83 | 54.83 | 84.37 | 54.83 | 89.14 | 54.86 | 89.20 | 54.86 | 89.30 |
| 272 | 53.72 | 53.72 | 83.15 | 53.73 | 88.80 | 53.73 | 88.88 | 53.72 | 88.98 |
| 267 | 64.00 | 64.00 | 82.09 | 64.00 | 88.59 | 64.00 | 88.66 | 64.01 | 88.77 |
| 258 | 53.40 | 43.40 | 81.91 | 44.09 | 88.54 | 46.56 | 88.60 | 49.80 | 88.68 |
| 256 | 58.40 | 58.41 | 81.63 | 62.30 | 88.42 | 62.14 | 88.48 | 62.08 | 88.55 |
| 255 | 55.08 | 50.14 | 81.66 | 50.15 | 88.46 | 50.14 | 88.52 | 50.15 | 88.59 |
| 253 | 56.60 | 59.92 | 81.41 | 62.46 | 88.38 | 64.02 | 88.42 | 65.47 | 88.47 |
| 243 | 60.00 | 61.15 | 80.97 | 61.78 | 88.31 | 62.46 | 88.34 | 62.72 | 88.39 |
| 228 | 60.00 | 62.40 | 80.35 | 63.79 | 88.19 | 65.55 | 88.19 | 68.78 | 88.18 |
| 211 | 60.00 | 55.01 | 79.80 | 55.02 | 88.12 | 55.02 | 88.12 | 55.13 | 88.12 |
| 210 | 62.00 | 62.00 | 79.39 | 62.00 | 88.00 | 62.00 | 88.00 | 62.00 | 88.00 |

NA-SE= Nivel del agua sin embalse, NA-NV=NA con embalse operando a nivel variable



Otra característica a destacar en la Figura 5.4 es que la sobre-elevación del nivel del agua atribuible a la sedimentación es casi uniforme a lo largo del tramo binacional, entre la frontera y Ribeirao. Por ejemplo, en la sección 338 (Manoa/Abuná Vila) los niveles del agua para el caudal medio de 18000 m³/s son 89.42 (natural con lecho estabilizado), 91.19 (embalse sin sedimentos) y 92.18 m (embalse con sedimentos). En la sección 398 al pie de la cachuela de Jirau, los niveles correspondientes son 92.70, 93.98 y 95.45 m. Para embalse con sedimentos, la sobre-elevación es de 2.76 m en la sección 338 (92.18-89.42) y de 2.75 m en la sección 398 (95.45-92.70).

Las Figuras A.4.1 y A.4.2 del Anexo 4 muestran los niveles del lecho y del agua para periodos de 20 y 40 años y los mismos caudales de 5000, 18000 y 40000 m³/s. Como era de esperar, la sobre-elevación del nivel del agua es menor que para el periodo de 80 años.

Debido a las observaciones anteriores se calculó los perfiles hidráulicos para el caudal máximo mensual de 47370 m³/s de la serie 1967-07. La Figura 5.5 muestra esos resultados para el lecho de 80 años. La sobre-elevación del nivel de agua en la sección 338 es de 2.47 m (100.48-98.01) y en la sección 398 es de 2.40 m (104.54 -102.14). Para comparación se incluye los perfiles para el caudal de 18000 m³/s.

Según el modelo STA, el sedimento que se depositaría en el lecho del río Madera al entrar en operación la represa de Jirau está formado ante todo por arenas del mismo orden de tamaño que el lecho original. El tamaño varía de una sección a otra, lo que es razonable por la variación en las condiciones hidráulicas. En el subtramo inferior más cercano a la represa, entre

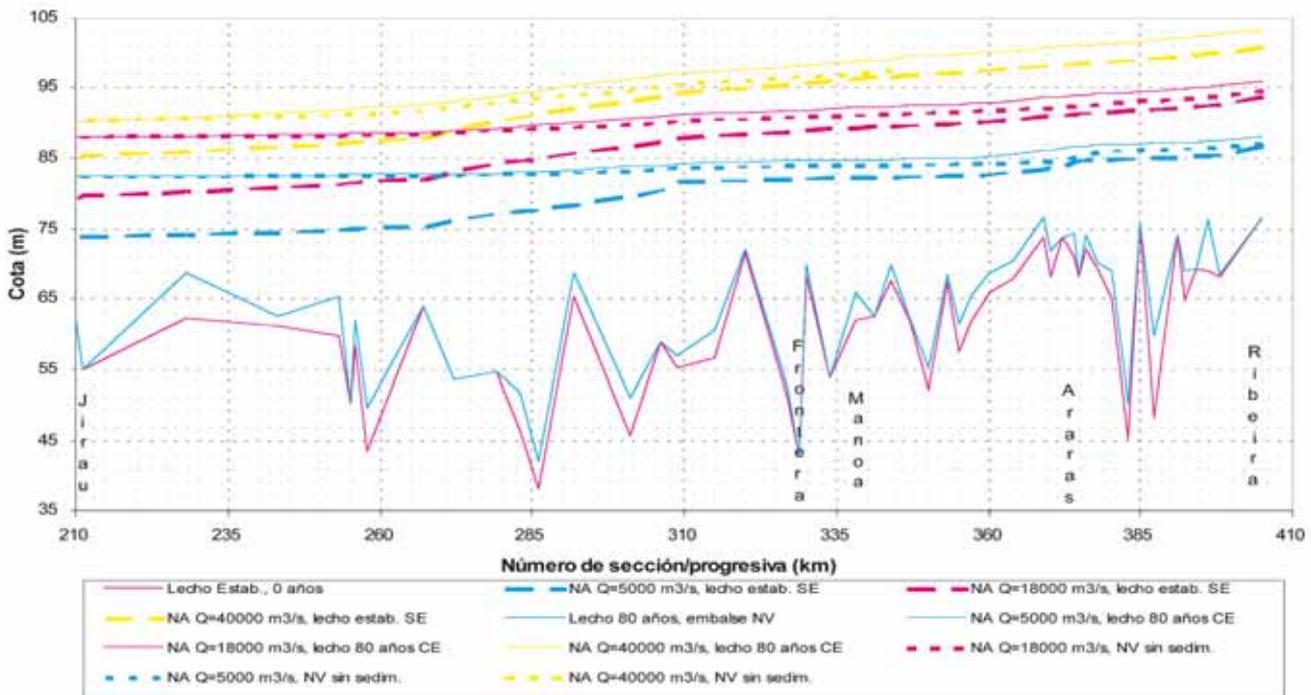
las secciones 211 y 309, el sedimento depositado es más fino ($d_{50}=0.12$ mm) que en el subtramo superior ($d_{50}=0.24$ mm). Todo el material transportado grueso (arenas gruesas y gravas finas) se deposita en este último.

5.4.3 Análisis de los resultados

Las Figuras 5.6, 5.7 y A.4.3 (anexo 4) muestran la variación de los niveles de agua con el tiempo en tres secciones del tramo binacional entre Abuná y Ribeirao, para cuatro caudales entre 5000 y 47370 m³/s. La sección 338 corresponde a la estación de Abuná-Vila, la 375 a la cachuela de Araras y la sección 398 está al pie de la cachuela de Ribeirao. El incremento brusco que se observa el primer año corresponde a la entrada en operación de la represa, por efecto del remanso hidráulico estudiado en el capítulo 3. Esa sobre-elevación inicial es más importante para caudales bajos y medios.

Lo destacable es que la sedimentación inducida por el embalse afecta más a los niveles de agua que se producen para caudales altos. Por ejemplo, en la sección 338 la sobre-elevación atribuible al remanso hidráulico sin sedimentos era de menos de 1 m para el caudal de 40000 m³/s (Tabla 3.6), mientras que estaba cerca de 2.0 m para los caudales de 5000 y 18000 m³/s. La Figura 5.6 muestra que a partir del año 1, la sobre-elevación del nivel de agua para el caudal de 40000 m³/s se incrementa con el tiempo, hasta alcanzar en 80 años los 2.75 m descritos anteriormente. En cambio, para el caudal de 5000 m³/s el incremento con el tiempo del nivel de agua es mucho más modesto: de algo menos de 2 m el año 1 a un poco más de 2.5 m el año 80.

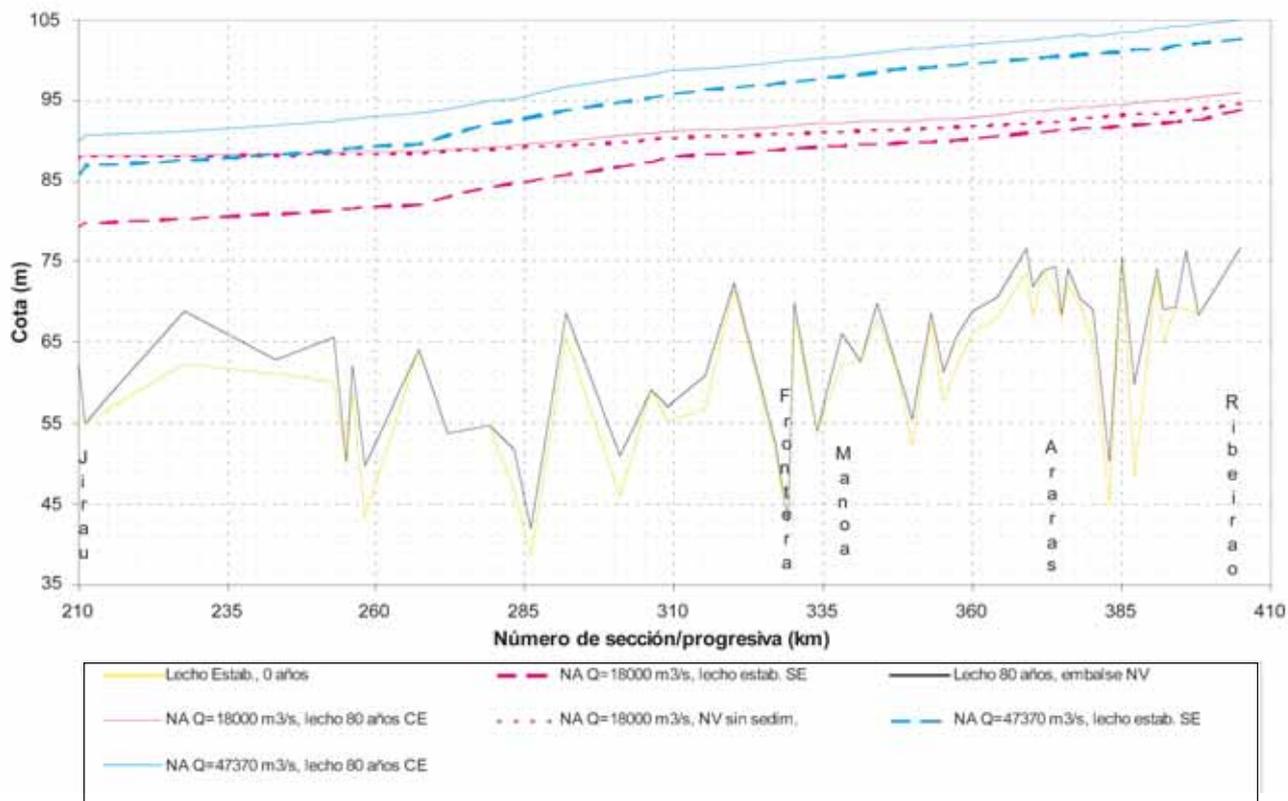
Figura 5.4: Nivel del lecho para 0 y 80 años y nivel del agua NA para diferentes caudales



SE=sin embalse, CE=con embalse, NV=nivel variable en el embalse

SE=sin embalse, CE=con embalse, NV=nivel variable en el embalse

Figura 5.5: Nivel del agua NA para 0 y 80 años y el caudal máximo mensual de 47370 m3/s



SE=sin embalse, CE=con embalse, NV=nivel variable en el embalse

Figura 5.6: Evolución del nivel de agua del río Madera en Abuná-Vila (sección 338) después de la instalación de la central de Jirau

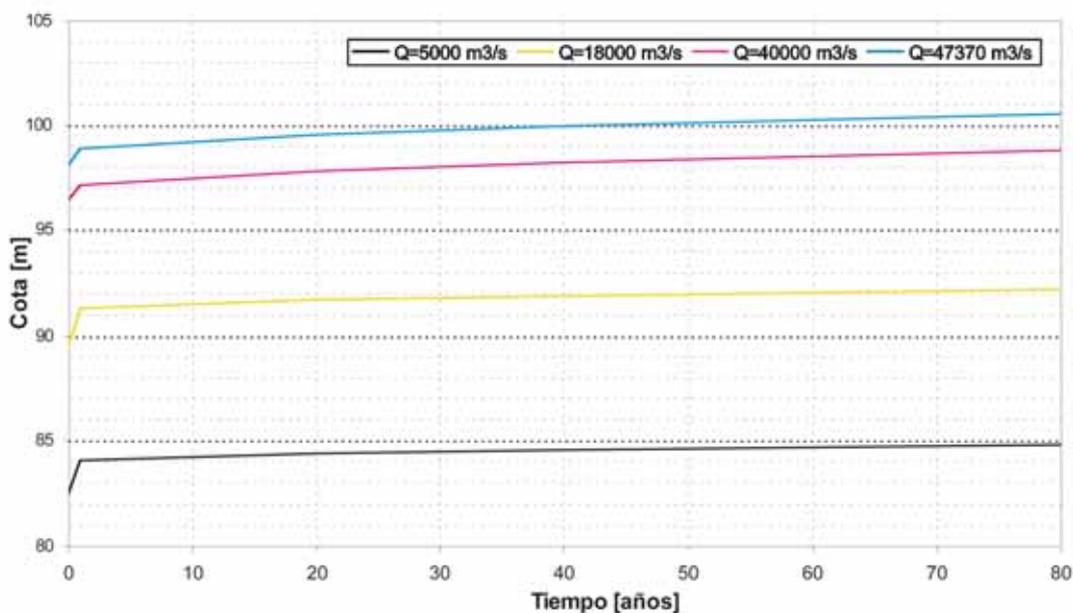
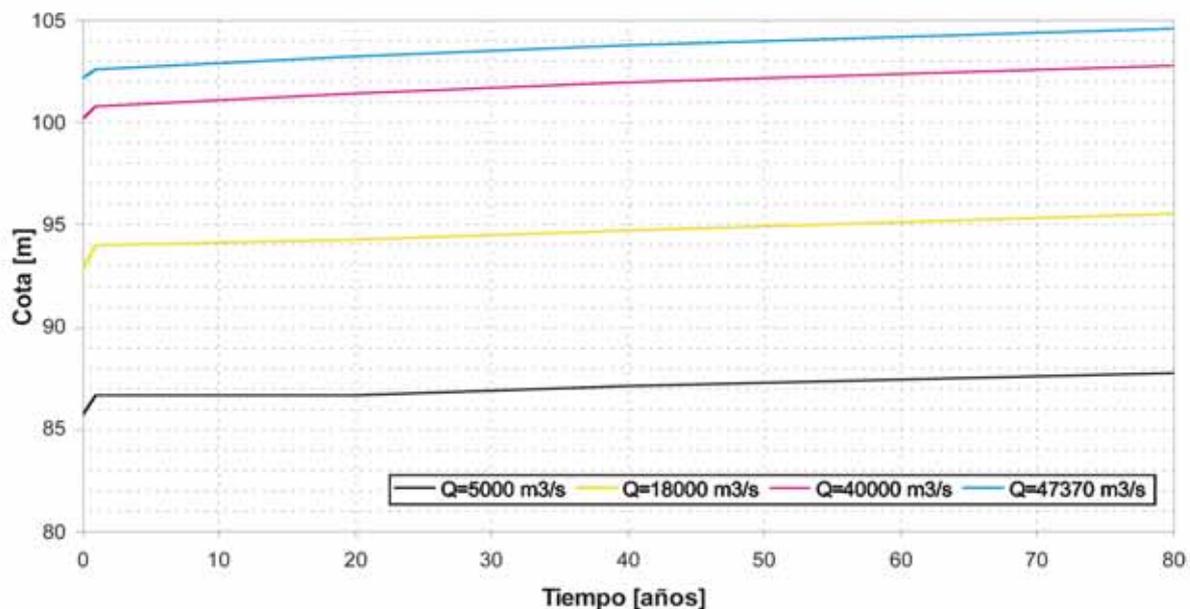


Figura 5.7: Evolución del nivel de agua del río Madera en Ribeirao aguas abajo (sección 398) después de la instalación de la central de Jirau



Como resultado del comportamiento descrito, la sobre-elevación atribuible al embalse de Jirau con sedimentos tiende a ser casi uniforme para todo el rango de caudales entre 5000 y 40000 m³/s. En cambio, la sobre-elevación del nivel del agua es más grande para caudales medios y bajos en el caso del embalse sin sedimentos, que se estudió en el capítulo 3.

La Tabla 5.5 muestra los niveles de la línea de agua para diferentes condiciones, desde la actual hasta el embalse sedimentado al cabo de 80 años, para el caudal de 40000 m³/s, próximo a la crecida media anual. El efecto de la sedimentación sobre los niveles de agua es imperceptible solamente en los 20 Km más cercanos a la represa. A partir de allí va aumentando gradualmente: en la sección 329 situada en la frontera, el incremento del nivel de agua pasa de 1.15 m sin sedimentos, a 1.74, 2.14 y 2.64 m a los 20, 40 y 80 años de operación del embalse, respectivamente. El efecto es más grande en el tramo binacional: en la sección 398 al pie de la cachuela de Ribeirao, el incremento del nivel de agua pasa de 0.32 m sin sedimentos, a 0.98, 1.49 y 2.28 m a los 20, 40 y 80 años de operación del embalse, respectivamente. Además se puede observar que si bien la tasa de sedimentación es lenta, el proceso no se detiene a los 40 u 80 años. En la Tabla A.4.3 se muestran los niveles de la línea de agua para diferentes condiciones, para el caudal de 18000 m³/s, próximo al caudal medio anual.

Una consecuencia de lo anterior es que los riesgos de desborde e inundación se incrementarán con el tiempo, a medida que el sedimento se deposite en el lecho del río. Para evaluar esos riesgos y el área sujeta a inundación en el tramo binacional, se necesita información topográfica detallada, que aún no está disponible.

5.5 Análisis de sensibilidad

5.5.1 Caudales sólidos

Como se vio en el capítulo 4, existe cierta incertidumbre sobre la magnitud del caudal sólido que transporta el río Madera. Por ello se realizó un análisis de sensibilidad preliminar para esta variable, mediante simulaciones para un caudal sólido inferior y otro superior a la serie de la Tabla 4.2.

El caudal sólido inferior se estimó mediante la curva ANA+Furnas para Porto Velho (Figura 4.9). Esta curva, resultado de combinar los datos de ANA y de Furnas, estima un caudal sólido en Porto Velho algo inferior a la suma de los caudales sólidos del río Beni en Cachuela Esperanza y del río Mamoré en Guayaramerín, como se observa en la Figura 4.10 (línea de color verde). La ecuación correspondiente para el caudal sólido total es $Q_{st}=1.06*3.955*10^{-9}*Q^{2.18}$ (Q en m³/s, Q_{st} en ton/s). Para la serie 1967-07, el caudal sólido estimado mediante esta ecuación es 22% inferior al caudal sólido "medio" de la Tabla 4.2.

El caudal sólido superior se estimó considerando un caudal sólido 50% más grande que el caudal sólido medio de la Tabla 4.2. Es decir se aplicó la relación $Q_{st}=1.50*1.06*4.473*10^{-9}*Q^{2.20}$ (Q en m³/s, Q_{st} en ton/s). El valor de 50% proviene de los resultados de Filizola et al (1999) para el río Madera en Fazenda Alegre, que fueron descritos en el capítulo 4. No es una tasa de incremento en el tiempo, pero casualmente la tasa de 2% anual estimada por Furnas-Odebrecht (2005), al ser aplicada a una serie de 40 años, da un valor mediano de 1.49 y un valor medio de 1.54.



Tabla 5.5: Perfil hidráulico e incremento del nivel de agua entre Jirau y Ribeirao, condición actual y con embalse de nivel variable, Q = 40000 m³/s

| Sección | NA actual | NA Embalse sin sediment. | Incremento NA Embalse sin sedimentos | NA con embalse sediment. a los 20 años | Incremento NA con embalse sedimen. a los 20 años | NA con embalse sediment. a los 40 años | Incremento NA con embalse sedimen. a los 40 años | NA con embalse sediment. a los 80 años | Incremento NA con embalse sedimen. a los 80 años |
|---------|-----------|--------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 405 | 101.07 | 101.35 | 0.28 | 101.93 | 0.86 | 102.40 | 1.33 | 103.15 | 2.08 |
| 398 | 100.42 | 100.74 | 0.32 | 101.40 | 0.98 | 101.91 | 1.49 | 102.70 | 2.28 |
| 396 | 100.09 | 100.65 | 0.56 | 101.16 | 1.07 | 101.68 | 1.59 | 102.47 | 2.38 |
| 394.1 | 99.86 | 100.52 | 0.66 | 101.09 | 1.23 | 101.62 | 1.76 | 102.42 | 2.56 |
| 392.1 | 99.79 | 100.21 | 0.42 | 100.81 | 1.02 | 101.33 | 1.54 | 102.12 | 2.33 |
| 391.1 | 99.59 | 100.20 | 0.61 | 100.80 | 1.21 | 101.33 | 1.74 | 102.15 | 2.56 |
| 387.1 | 99.48 | 100.07 | 0.59 | 100.50 | 1.02 | 100.96 | 1.48 | 101.72 | 2.24 |
| 385.1 | 99.31 | 99.81 | 0.50 | 100.31 | 1.00 | 100.81 | 1.50 | 101.61 | 2.30 |
| 383.1 | 99.07 | 99.80 | 0.73 | 100.30 | 1.23 | 100.79 | 1.72 | 101.53 | 2.46 |
| 380.1 | 98.78 | 99.57 | 0.79 | 100.02 | 1.24 | 100.48 | 1.70 | 101.27 | 2.49 |
| 378.1 | 98.65 | 99.60 | 0.95 | 100.08 | 1.43 | 100.55 | 1.90 | 101.33 | 2.68 |
| 376.1 | 98.40 | 99.41 | 1.01 | 99.84 | 1.44 | 100.26 | 1.86 | 101.05 | 2.65 |
| 375 | 98.38 | 99.45 | 1.07 | 99.90 | 1.52 | 100.35 | 1.97 | 101.15 | 2.77 |
| 374.1 | 98.33 | 99.37 | 1.04 | 99.80 | 1.47 | 100.21 | 1.88 | 100.98 | 2.65 |
| 372 | 98.15 | 99.19 | 1.04 | 99.63 | 1.48 | 100.04 | 1.89 | 100.87 | 2.72 |
| 370.1 | 98.02 | 99.11 | 1.09 | 99.55 | 1.53 | 99.93 | 1.91 | 100.70 | 2.68 |
| 369 | 98.00 | 99.07 | 1.07 | 99.50 | 1.50 | 99.86 | 1.86 | 100.66 | 2.66 |
| 364.1 | 97.70 | 98.78 | 1.08 | 99.23 | 1.53 | 99.58 | 1.88 | 100.30 | 2.60 |
| 360.1 | 97.52 | 98.65 | 1.13 | 99.10 | 1.58 | 99.43 | 1.91 | 100.14 | 2.62 |
| 357.1 | 97.35 | 98.43 | 1.08 | 98.89 | 1.54 | 99.23 | 1.88 | 99.94 | 2.59 |
| 355.1 | 97.16 | 98.34 | 1.18 | 98.81 | 1.65 | 99.14 | 1.98 | 99.81 | 2.65 |
| 353.1 | 97.04 | 98.24 | 1.20 | 98.72 | 1.68 | 99.06 | 2.02 | 99.72 | 2.68 |
| 350.1 | 96.76 | 98.08 | 1.32 | 98.56 | 1.80 | 98.91 | 2.15 | 99.52 | 2.76 |
| 347.1 | 96.66 | 97.99 | 1.33 | 98.48 | 1.82 | 98.84 | 2.18 | 99.47 | 2.81 |
| 344.1 | 96.54 | 97.67 | 1.13 | 98.19 | 1.65 | 98.56 | 2.02 | 99.16 | 2.62 |
| 341.1 | 96.18 | 97.46 | 1.28 | 97.99 | 1.81 | 98.37 | 2.19 | 99.01 | 2.83 |
| 338 | 96.14 | 97.25 | 1.11 | 97.80 | 1.66 | 98.17 | 2.03 | 98.74 | 2.60 |
| 334.1 | 95.91 | 97.07 | 1.16 | 97.63 | 1.72 | 98.01 | 2.10 | 98.57 | 2.66 |
| 330.1 | 95.65 | 96.78 | 1.13 | 97.37 | 1.72 | 97.76 | 2.11 | 98.26 | 2.61 |
| 329 | 95.56 | 96.71 | 1.15 | 97.30 | 1.74 | 97.70 | 2.14 | 98.20 | 2.64 |
| 327 | 95.38 | 96.52 | 1.14 | 97.13 | 1.75 | 97.53 | 2.15 | 98.00 | 2.62 |
| 320 | 94.95 | 96.17 | 1.22 | 96.81 | 1.86 | 97.23 | 2.28 | 97.69 | 2.74 |
| 315 | 94.76 | 95.97 | 1.21 | 96.57 | 1.81 | 96.98 | 2.22 | 97.43 | 2.67 |
| 309 | 94.39 | 95.62 | 1.23 | 96.21 | 1.82 | 96.61 | 2.22 | 97.05 | 2.66 |
| 306 | 93.89 | 95.22 | 1.33 | 95.85 | 1.96 | 96.28 | 2.39 | 96.73 | 2.84 |
| 301 | 93.14 | 94.84 | 1.70 | 95.45 | 2.31 | 95.86 | 2.72 | 96.29 | 3.15 |
| 292 | 92.15 | 94.16 | 2.01 | 94.58 | 2.43 | 94.91 | 2.76 | 95.30 | 3.15 |
| 286 | 91.49 | 93.62 | 2.13 | 93.91 | 2.42 | 94.18 | 2.69 | 94.54 | 3.05 |
| 283 | 90.93 | 93.36 | 2.43 | 93.61 | 2.68 | 93.82 | 2.89 | 94.14 | 3.21 |
| 279 | 90.47 | 93.09 | 2.62 | 93.34 | 2.87 | 93.54 | 3.07 | 93.85 | 3.38 |
| 272 | 89.24 | 92.28 | 3.04 | 92.55 | 3.31 | 92.76 | 3.52 | 93.10 | 3.86 |
| 267 | 88.17 | 91.67 | 3.50 | 91.96 | 3.79 | 92.20 | 4.03 | 92.56 | 4.39 |
| 258 | 87.39 | 91.52 | 4.13 | 91.81 | 4.42 | 91.99 | 4.60 | 92.27 | 4.88 |
| 256 | 87.32 | 91.43 | 4.11 | 91.52 | 4.20 | 91.70 | 4.38 | 91.98 | 4.66 |
| 255 | 87.25 | 91.45 | 4.20 | 91.62 | 4.37 | 91.80 | 4.55 | 92.09 | 4.84 |
| 253 | 87.05 | 91.27 | 4.22 | 91.37 | 4.32 | 91.51 | 4.46 | 91.74 | 4.69 |
| 243 | 86.72 | 91.05 | 4.33 | 91.13 | 4.41 | 91.24 | 4.52 | 91.48 | 4.76 |
| 228 | 86.24 | 90.72 | 4.48 | 90.74 | 4.50 | 90.75 | 4.51 | 90.76 | 4.52 |
| 211 | 85.44 | 90.48 | 5.04 | 90.48 | 5.04 | 90.48 | 5.04 | 90.48 | 5.04 |
| 210 | 84.63 | 90.00 | 5.37 | 90.00 | 5.37 | 90.00 | 5.37 | 90.00 | 5.37 |

La Figura 5.8 muestra los perfiles del lecho para los tres casos. Como era de esperar, la sedimentación disminuye o aumenta con el caudal sólido. Sin embargo, el comportamiento no es uniforme para todo el tramo. Para el caudal sólido superior, el incremento más grande del nivel del lecho (8.95 m) con respecto al perfil medio (línea roja) se presenta en la sección 378.1, mientras que en varias secciones no hay diferencias. Con respecto al perfil medio, el perfil superior del lecho (línea azul) está situado en promedio 1.92 m por encima y el perfil inferior 1.07 m por debajo.

El caso del caudal sólido superior merece un análisis más profundo por el efecto que tiene la sedimentación de subir los niveles del agua en crecida. Por eso el lecho calculado con el modelo STA para ese caudal se llevó a HEC-RAS para calcular los perfiles hidráulicos correspondientes. La Figura 5.9 muestra esos perfiles para caudales de 5000, 18000 y 40000 m³/s y el lecho del río a los 80 años. La tabla A.4.4 del anexo 4 muestra los niveles de agua para el caudal sólido superior para los caudales de 18000, 40000 y 47370 m³/s. Como ejemplo, en la sección 338 el incremento del nivel de agua con respecto al nivel de agua actual es de 3.76 m para Q=40000 m³/s, de 3.80 m para Q=18000 m³/s y de 3.67 m para el caudal de 47370 m³/s. Estos valores están alrededor de 1 m por encima de los niveles estimados para el caudal sólido medio (Tablas 5.5 y A.4.3).

5.5.2 Tamaño del sedimento

Existe también incertidumbre sobre el tamaño de los sedimentos del lecho del río Madera y del sedimento transportado. Por ello se hicieron dos simulaciones adicionales usando tamaños diferentes a los descritos en el subcapítulo 5.4, pero con el mismo caudal sólido. El tamaño usado en las simulaciones descritas en ese subcapítulo se denominará granulometría media.

La primera simulación se realizó usando los datos que figuran en los estudios de Furnas-Odebrecht (2005-2006), que se denominarán de granulometría inferior. El tamaño del sedimento del lecho para esta simulación corresponde a la curva granulométrica resultado del promedio aritmético que se muestra en la Tabla A.3.2 del Anexo 3. El diámetro mediano de esa curva es $d_{50}=0.18$ mm. La granulometría del sedimento transportado corresponde a los datos de la Tabla 5.10 de los Estudios complementarios al EIA (Furnas-Odebrecht, 2006).

La segunda simulación se realizó usando la curva de color rojo de la Figura 4.19, que corresponde a una muestra tomada el 18/5/04 en Porto Velho, que en este informe se denominará granulometría superior. Tiene un $d_{50}=0.275$ mm, que es mayor al $d_{50}=0.196$ mm que se usó en las simulaciones descritas en 5.4. La nueva curva granulométrica del lecho modifica la curva granulométrica del material transportado. Con respecto a la Tabla 5.1 y para caudales mayores a 10000 m³/s, la nueva curva del material transportado se muestra en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6: Granulometría superior del material transportado

| d < (mm) | 0.004 | 0.008 | 0.016 | 0.031 | 0.0625 | 0.125 | 0.25 | 0.5 | 1 | 2 | 4 | 8 |
|----------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| % | 18.00 | 16.00 | 16.00 | 18.95 | 14.97 | 8.57 | 3.62 | 3.79 | 0.092 | 0.009 | 0.014 | 0.0003 |

La Figura 5.10 muestra los niveles del lecho para las tres simulaciones. Como era de esperar, la deposición de sedimentos disminuye con el tamaño del sedimento. Sin embargo, para los dos tamaños las diferencias son relativamente más pequeñas que para los cambios de caudal sólido descritos en

5.5.1. Con respecto al perfil medio, el perfil para la granulometría superior (línea verde oscuro) está situado solamente 0.52 m por encima en promedio. Las diferencias en los niveles de agua atribuibles a esos cambios del lecho son aún más pequeñas.



Figura 5.8: Perfil del lecho entre Jirau-Ribeirao para diferentes caudales sólidos, casos S-Qs+ y S-Qs-, T=80 años

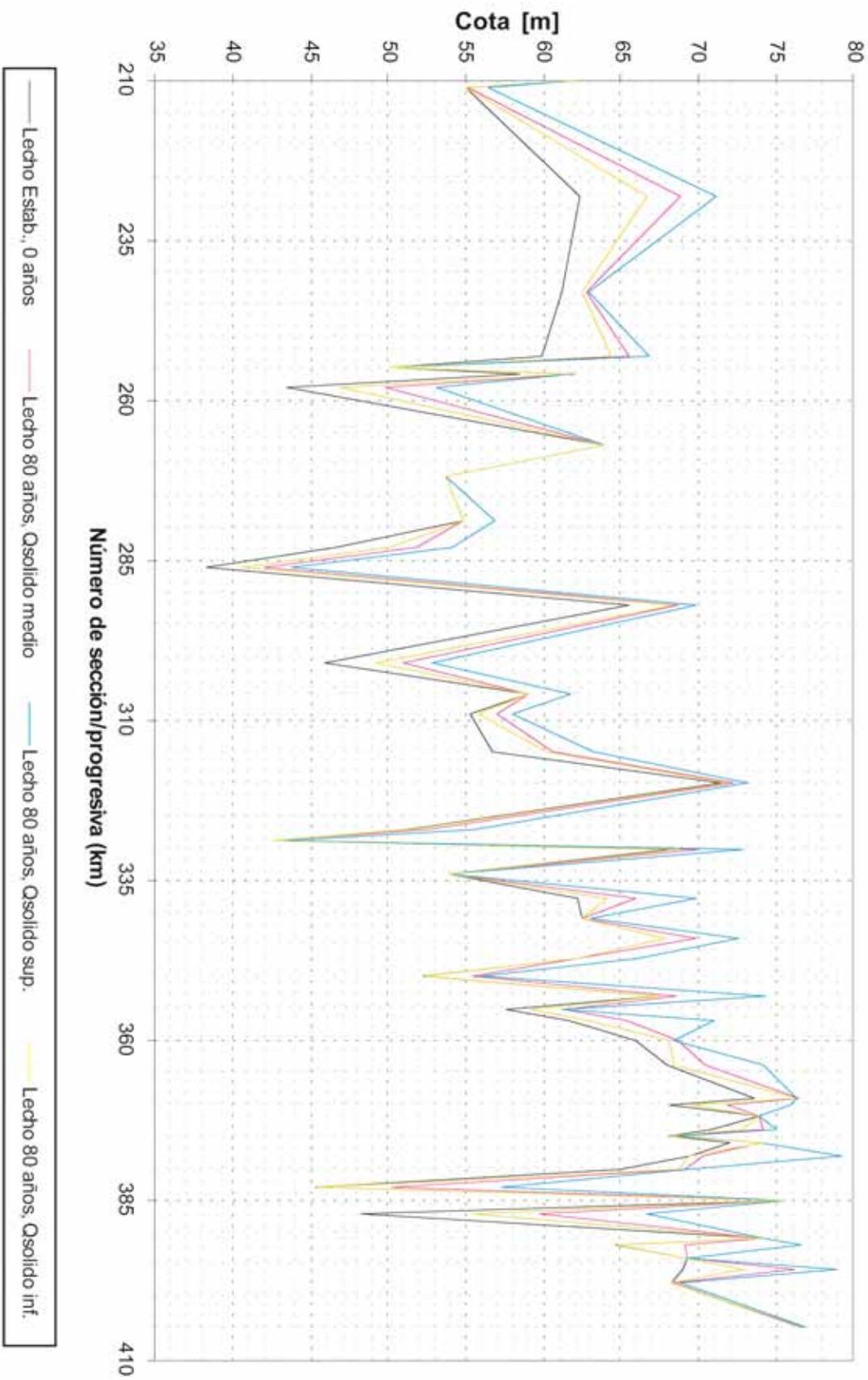
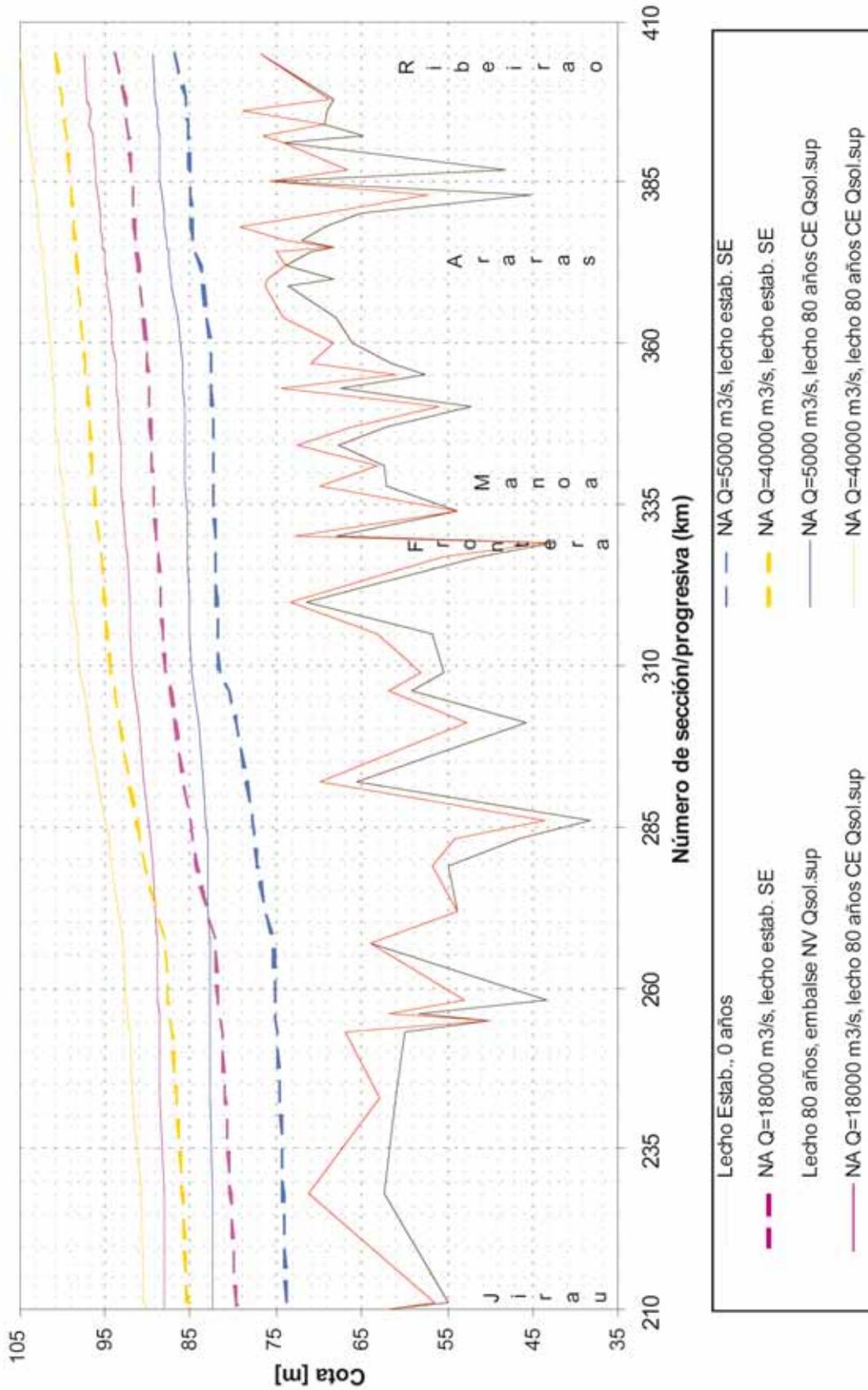


Figura 5.9: Nivel del agua NA para diferentes caudales y T= 80 años, caso S-Qs+, caudal sólido superior



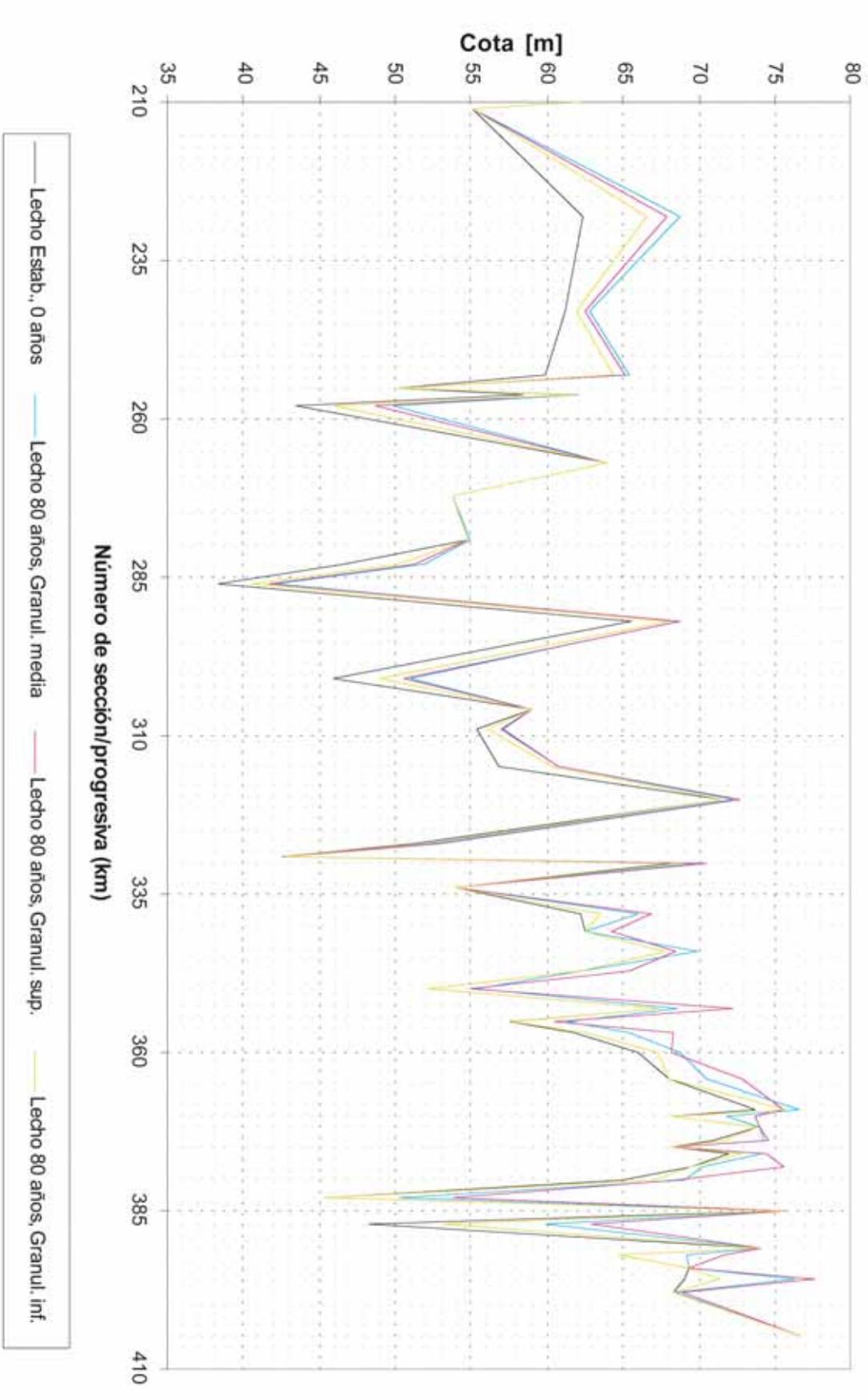


Figura 5.10: Perfil del lecho entre Jirau-Ribeirao para diferentes tamaños del sedimento, casos S-Gs+ y S-Gs-, T=80 años



Capítulo 6 CONCLUSIONES

Las características físicas y el régimen hidrológico e hidráulico del tramo del río Madera entre Guayaramerín y Porto Velho juegan un rol decisivo sobre los impactos que podría tener una represa. Las cachuelas de ese tramo son la manifestación de un control geológico impuesto por las rocas del Escudo precámbrico. Como consecuencia, el tramo de cachuelas entre Guayaramerín y Porto Velho es hidráulica y morfológicamente diferente de los tramos situados aguas arriba y abajo. Entre Guayaramerín y Porto Velho, el río Madera fluye “encajonado”, es decir en un cauce estable y bien definido, con niveles de base controlados estructuralmente y muy poca libertad de moverse lateralmente. No se observan meandros ni las típicas lagunas “cuerno de buey” de los meandros cortados. Tampoco se observan las várzeas o lagunas de inundación, tan frecuentes en el Amazonas, y la superficie de la llanura de inundación del Madera es relativamente pequeña.

El río presenta un canal único (excepto donde algunas islas provocan bifurcaciones) y estable, con barrancas laterales de fuerte pendiente. El canal principal tiene capacidad suficiente para contener la crecida media anual (alrededor de 40000 m³/s). En todas las cachuelas la roca es aflorante. En el resto del tramo existen tanto sectores rocosos como depósitos aluviales (Figura 2.6). Los sedimentos del fondo del cauce son predominantemente arena fina ($d_{50}=0.2$ mm), con presencia de arenas gruesas, gravas y un pequeño porcentaje de limo. La carga de sedimentos transportados por el río Madera se estima en 500 millones de toneladas por año, un valor que representa por sí solo el equivalente al sedimento transportado por el resto de los ríos de la cuenca amazónica.

El desnivel del tramo (60 m en 360 Km) es mucho mayor que el del río Mamoré entre Guayaramerín y Puerto Villaroel (80 m en 1317 Km), este último, un río típico de llanura, con amplios meandros, lagunas cuerno de buey y fuerte migración lateral del cauce. En contraste, el Mamoré forma una enorme llanura estacional de inundación (100000 Km²), de alta productividad pesquera.

Dos características hidrológico-hidrodinámicas merecen destacarse: la gran variación temporal de los niveles de agua y la gran variación espacial de la velocidad de flujo. El río presenta un régimen hidrológico monomodal, con una sola época húmeda y una época seca por año. La variación estacional de los caudales, entre 5000 m³/s (media del mes de septiembre) y 38000 m³/s (crecida media anual), combinada con las características morfológicas del río, provoca una gran variación de los niveles de agua máximo y mínimo anuales: entre 11 y 14 m en promedio, según el sitio. La diferencia entre máximos y mínimos extremos es generalmente mayor a los 16 m.

En el tramo de estudio se presenta también una gran variación espacial de la velocidad de flujo, como resultado de la alternancia de cachuelas

y rápidos con “pozas” de gran profundidad donde la velocidad se reduce mucho. Como consecuencia, para un mismo caudal, la velocidad media en la sección varía de 0.3 m/s en un sitio a más de 5 m/s en otro. Esto crea una gran variedad de ambientes acuáticos y condiciones de oxigenación del agua. Para el tramo en conjunto, la velocidad de flujo media anual es alta (alrededor de 1.5 m/s) para un río de “llanura”.

6.1 Sobre el efecto de remanso hidráulico de las represas

En el capítulo 3 se analizaron los efectos que las represas de Jirau y Santo Antonio tendrán sobre el funcionamiento hidráulico (niveles, velocidades, etc.) del tramo del río Madera entre Porto Velho y la confluencia del río Beni, mediante un análisis de remanso hidráulico. En esta parte no se consideró la posible sedimentación en los embalses. Las principales conclusiones de ese capítulo son:

- Los niveles de agua del río Madera y la profundidad de flujo aumentarán considerablemente en las cercanías de las dos represas, como consecuencia de los niveles de operación de los embalses. El aumento de la profundidad será particularmente grande (entre 12 y 25 m) en el embalse de Santo Antonio, debido a que este embalse operará con un nivel constante de 70 m durante todo el año.
- La variación estacional de niveles de agua será eliminada en el caso del tramo cercano a la represa de Santo Antonio y reducida considerablemente en el caso del tramo cercano a la represa de Jirau.
- Desaparecerán las cachuelas situadas en el tramo de río situado dentro de los futuros embalses, incluyendo las dos cachuelas más importantes: Teotonio y Jirau.
- Las velocidades naturales de flujo se reducirán mucho cerca de las presas y en las cachuelas. El cambio más dramático es el de la cachuela de Teotonio, donde las velocidades de flujo en época de aguas bajas se reducirán a menos de 10% de su valor natural.
- El embalse de Jirau, aún sin considerar sedimentación y aplicando la curva de operación con niveles variables, afectará los niveles de agua y velocidades en el tramo binacional, entre la confluencia con el río Abuná (sección 329.2) y la cachuela Ribeirao (sección 398), y muy probablemente hasta la cachuela Madera (sección 418.1).
- Debido al efecto de remanso hidráulico provocado por la represa, la sobre-elevación de los niveles de agua en el tramo binacional es más gran-



de para caudales bajos y medios que para caudales altos. En la confluencia con el río Abuná (sección 329), en el extremo aguas abajo de ese tramo, se estimó una sobre-elevación de 1.95 m para los caudales de 5000 m³/s (mínimo medio mensual) y 18000 m³/s (cercano al medio anual). En esa sección y para el caudal de 40000 m³/s (ligeramente mayor a la crecida media anual), la sobre-elevación estará en el orden de 1.15 m.

- Para caudales bajos y la curva de operación de niveles variables, el efecto de remanso hidráulico del embalse es perceptible solamente hasta la cachuela de Ribeirao (sección 405), es decir 75 km aguas arriba de la confluencia con el río Abuná. Para caudales medios y altos, la sobre-elevación del nivel de agua se extiende más allá, al menos hasta el pie de la cachuela Madera (sección 418.1), aunque es atenuada a partir de Ribeirao.

- La sobre-elevación de los niveles en el tramo binacional tendrá dos consecuencias directas:

- a) Disminuir la carga hidráulica y por tanto provocar la pérdida de energía potencial del tramo binacional. Un cálculo preliminar considerando un caudal medio de 17500 m³/s en la estación de Abuná-Vila muestra que cada metro de subida del nivel de agua significa una pérdida de energía potencial bruta del orden de 170 MW. Al aplicar los niveles inducidos por el embalse de Jirau (Tabla 3.4) a los caudales medios mensuales (Tabla 2.2), se puede estimar que la pérdida de energía potencial en el tramo binacional está en el orden de 250 MW medios. La Constitución brasileña, en su artículo 20, define a la energía potencial hidráulica como un "bien de la Unión", junto con las corrientes de agua en su territorio o que provengan o sirvan de límite con un territorio extranjero; por lo que la pérdida que sufrirá Bolivia viola la propia Constitución brasileña.

- b) Incrementar los riesgos de inundación en el tramo binacional. Esto se puede ilustrar con el caso de la Capitanía boliviana de Puerto Manoa (Figura 2.11), situada frente a la estación hidrométrica de Abuná-Vila (sección 338). El desborde en Puerto Manoa se inicia con un caudal de aproximadamente 40000 m³/s. La Figura 3.14, con la curva correspondiente a un nivel de operación de 90.0 m en el embalse de Jirau, muestra que el desborde se produciría con un caudal de solamente 35000 m³/s, que se presenta con más frecuencia (o que tiene una probabilidad de ocurrencia más alta).

En resumen, aún sin considerar sedimentación y aplicando un nivel de operación variable en el embalse de Jirau, las características hidrodinámicas del tramo entre Santo Antonio y Villa Bella cambiarán considerablemente. Habrá también una sobre-elevación del nivel del agua en el tramo binacional para todos los caudales, lo que quitará carga hidráulica e incrementará los riesgos de inundación en ese tramo.

6.2 Sobre el efecto de sedimentación inducido por el embalse de jirau

Para estudiar la posible sedimentación inducida por los embalses, se aplicaron criterios conservadores, que tienden a predecir una tasa de sedimentación relativamente baja. En primer lugar, la revisión y análisis de los datos de caudal sólido llevó a establecer una serie de caudales sólidos (Tabla 4.2) que es significativamente inferior (-17.5%) a la utilizada por los consultores brasileños (Furnas-Odebrecht, 2005, 2006). En segundo lugar, no se consideró una tasa de aumento de la erosión en la cuenca y por tanto, del sedimento transportado por el río Madera. En tercer lugar, se usaron las opciones del modelo STA-HEC-RAS que impiden la posibilidad de que el material fino (limo y arcilla) pueda depositarse en el embalse.

Para estimar el efecto de sedimentación inducido por el embalse de Jirau, se usó un modelo matemático de transporte y deposición de sedimentos: el módulo Sediment Transport Analyses (STA) de la versión 4.0 del HEC-RAS. Es un modelo unidimensional dirigido a evaluar el comportamiento de la erosión y deposición de sedimentos en un río o canal, sobre un periodo extenso, típicamente años. De los resultados obtenidos con el modelo se puede concluir lo siguiente:

- No se observa una tendencia a la sedimentación para el conjunto del tramo Jirau-Ribeirao en condiciones naturales. No es posible comparar o evaluar los resultados de los estudios de Furnas-Odebrecht (2005, 2006), que sí detectan esa tendencia, porque esos estudios no especifican condiciones fundamentales de la modelación, como por ejemplo la ecuación de transporte empleada.

- La represa de Jirau, operada según una curva guía que establece un régimen de nivel variable, favorecerá un proceso de sedimentación para el conjunto del tramo Jirau-Ribeirao. Ese proceso no es uniforme a lo largo del tramo, lo que se explica en primer lugar por la variación espacial de las condiciones hidrodinámicas que se presentan tanto en condiciones naturales como con represa. Habrá sectores donde existirá deposición de sedimentos y otros en que no.

- No se observó diferencias significativas en la magnitud de la sedimentación, entre la condición de embalse funcionando a nivel variable y la condición de funcionamiento a nivel constante de 90.0 m. Probablemente esto se debe a que la curva guía establece un nivel de 90.0 m durante los meses de enero a abril y de 89.5 m en mayo, meses en que el río transporta 84% de la carga anual de sedimentos.

- La modelación con STA predice una tasa de sedimentación relativamente baja en el embalse de Jirau, lo que significa que el proceso de sedimentación será relativamente lento. Se estimó una tasa considerablemente más baja que los estudios de Furnas-Odebrecht (2005, 2006), sin que sea posible una comparación por las mismas razones expuestas anteriormente.

- Debido en parte a esa baja tasa de sedimentación, el proceso de deposición inducido por el embalse no se detendría al cabo de 20 años, como lo estimaron inicialmente los estudios de factibilidad (2004). El proceso continuaría más allá de los 80 años del periodo de simulación de 80 años que se usó en el estudio. La tasa de sedimentación se reduce con el tiempo, pero a un ritmo lento.

- Por las condiciones impuestas al modelo y por las características morfológicas del lecho del río, el sedimento depositado está formado por arenas. El tamaño varía según la distancia a la represa. Las arenas más finas se depositarían cerca de la represa, mientras que en el extremo superior o "cola" del embalse predomina la deposición de arenas medias y del material más grueso que transporta el río. La cola del embalse de Jirau se extiende al tramo binacional, al menos hasta la cachuela de Ribeirao, donde habrá también deposición de sedimentos inducida por el embalse.

- Como consecuencia de la sedimentación, existirá una sobre-elevación de los niveles de agua, adicional a la que provoca el embalse no sedimentado. Esa sobre-elevación será especialmente notoria en el tramo binacional arriba de la confluencia con el río Abuná.

- La sobre-elevación de los niveles de agua atribuible a la sedimentación es gradual en el tiempo. Es decir el nivel del agua irá aumentando con el paso de los años a medida que aumenta el nivel del lecho del río como resultado de la deposición. Es probable que ese aumento sea casi imperceptible en los primeros años de funcionamiento del embalse.

- Por las características hidráulicas del río y del proceso de sedimentación, la sobre-elevación será más grande para caudales medios y altos que para caudales bajos. Por ejemplo, para un caudal de 40000 m³/s, próximo a la crecida media anual, el modelo predice una sobre-elevación del nivel del agua al pie de la cachuela de Ribeirao de 2.28 m, frente a los 0.32 m de sobre-elevación en el caso de embalse sin sedimentos.

- La sobre-elevación de los niveles de agua en el tramo binacional atribuible a la sedimentación, amplificará las dos consecuencias directas que fueron identificadas para el caso de embalse no sedimentado. Es decir provocará una pérdida más grande de energía potencial en el tramo bina-

cional, que podría superar el equivalente de 400 MW medios al cabo de 80 años. Por otro lado incrementará los riesgos de inundación en crecidas, al subir aún más los niveles de agua para caudales equivalentes. Para evaluar la magnitud de esos riesgos y ubicar las zonas más expuestas se necesitan datos topográficos más completos, que aún no están disponibles.

- Se realizó un análisis de sensibilidad para dos variables cuyos valores están sujetos a incertidumbre: caudal sólido y tamaño del sedimento del lecho y en transporte. Se simularon escenarios identificados en el capítulo 3, que definen un rango razonable de situaciones y por tanto, de posible variación en los niveles del lecho y del agua. Los resultados fueron consistentes: la tasa de sedimentación en el tramo disminuye o aumenta con el caudal sólido y con el tamaño del sedimento.

- El cambio más grande en el nivel del lecho y por tanto, en el nivel del agua, se dio para el caso del caudal sólido aumentado en un 50% con respecto a la serie de la Tabla 4.2. Para este caso, al cabo de 80 años los niveles del agua en el tramo binacional podrían superar en aproximadamente 1 m los niveles simulados con el caudal sólido medio. Esto equivale a decir que la sobre-elevación del nivel del agua en el tramo binacional podría alcanzar los 4 m en promedio.

Los resultados del análisis de remanso hidráulico para el caso de embalse no sedimentado pueden ser sustentados cuantitativa y cualitativamente. Es decir, su rango de incertidumbre es pequeño. Además debe destacarse que los efectos del embalse en este caso serán evidentes desde el primer año de operación de los embalses.

En cambio, los resultados del análisis de sedimentación en el embalse de Jirau tienen un grado de incertidumbre más grande, debido también a la incertidumbre en la información de entrada. Sin embargo, los resultados obtenidos con la modelación son consistentes, incluyendo las simulaciones realizadas para el análisis de sensibilidad. Es decir, existe una alta probabilidad de que las predicciones del análisis sean válidas, al menos cualitativamente. A diferencia del caso anterior, el efecto sobre los niveles de agua será gradual en el tiempo.

Julio de 2008



AGRADECIMIENTOS

Al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), en la persona de los Ingenieros Carlos Díaz y Luis Noriega, quienes proporcionaron la información topográfica del tramo binacional. A Glenn Switkes de Internacional Rivers Network (IRN) y al Foro Boliviano de Medio Ambiente y Desarrollo (FOBOMADE) cuyo apoyo fue fundamental para la realización del estudio. Al Instituto de Hidráulica e Hidrología y al IRD, que nos permitieron dedicar parte de nuestro tiempo a este trabajo.

REFERENCIAS

- Angulo, G., Al Mar por las Hidrovías de la Integración Sudamericana
- Guyot, J.L., 1992: Hydrogéochimie des fleuves de l'Amazonie bolivienne. Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux, Francia.
- Guyot, J.L., Quintanilla, J., Cortés, J & Filizola, N. 1995. Les flux de matières dissoutes et particulaires des Andes de Bolivie vers le río Madeira en Amazonie Brésilienne. En Memorias del Seminario Internacional de Aguas Glaciares y Cambios climáticos en los Andes Tropicales.
- Guyot, J.L., Filizola, N. Laraque, A. Seyler, P., 1999a. La variabilité saisonnière des flux sédimentaires dans le bassin de l'Amazonie. Proceedings of the Hydrological and Geochemical Processes in Large Scale River Basins, Manaus 99.
- Guyot, J.L., Jouanneaub, J.M., Wasson, J.G., 1999b. Characterisation of river bed and suspended sediments in the Rio Madeira drainage basin (Bolivian Amazonia). Journal of South American Earth Sciences 12 (1999), p401-410
- Filizola, N., Guyot, J.L., Boaventura, G. 1999. Fluxo de sedimentos em suspensão na Amazônia - uma análise a partir da base de dados da ANEEL. Proceedings of the Hydrological and Geochemical Processes in Large Scale River Basins, Manaus 99.
- Furnas Centrais Elétricas SA y CNO-Constructora Noberto Odebrecht SA, 2002. Inventário Hidrelétrico do rio Madeira, trecho Porto Velho – Abunã, relatório final. Noviembre 2002.
- Furnas, Odebrecht, 2004. Complexo hidrelétrico do rio Madeira, Estudos de Viabilidade do AHE Jirau, nov. 2004, Brasil.
- Furnas, Odebrecht, 2004. Complexo hidrelétrico do rio Madeira, Estudos de Viabilidade do AHE Santo Antônio, nov. 2004, Brasil.
- Furnas, Odebrecht, 2005. Estudos de Impacto Ambiental, Rio Madera – RO. Mayo 2005.
- Furnas, Odebrecht, 2006. Complementação e adequação dos estudos ambientais dos aproveitamentos hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, Rio Madeira, Rondônia, Tomo I: Meio Físico. Agosto 2006.
- Furnas, Odebrecht, 2007. Estudos de Viabilidade do AHE Jirau, Relatório Complementar. Marzo 2007.
- Furnas, Odebrecht, 2007. Estudos de Viabilidade do AHE Santo Antonio, Relatório Complementar. Marzo 2007.
- Hearn, P., Hare, T., Schruben, P., Sherrill, D., LaMar, C., Tsushima, P., 2000. Global GIS Database: Digital Atlas of Central and South America. USGS, Digital Data Series DDs-62-A.
- Reid, L.M y Dunne, T., 1996. Rapid Evaluation of Sediment Budgets, Geo-Ecology Texts, Catena-Verlag, Reiskirchen, Germany, 1996, pp 93-112.
- SENAMHI-ENDE, 2007. Secciones transversales en los ríos Madera y Abunã. Topografía y batimetría. Noviembre 2007.
- Vauchel, P., 2008. Estudio hidrológico de la confluencia del Río Madera, informe interno. Mayo 2008.

ANEXO 1: SECCIONES TRANSVERSALES

Tabla A.1.1: Secciones transversales entre Santo Antonio y Jirau

| Sección | Distancia entre secciones (m) | Distancia Acumulada (m) | Observaciones |
|---------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 81 | 0 | 0 | AHE Santo Antônio - Est. Lim. Cachuela Santo Antonio aguas arriba |
| 88 | 6777 | 6777 | |
| 96 | 7726 | 14503 | |
| 98 | 2650 | 17153 | Cachuela de Teotonio |
| 105 | 6500 | 23653 | |
| 110 | 4977 | 2863 | |
| 120 | 10312 | 38942 | |
| 128 | 7925 | 46867 | Cachuela Morrinho |
| 139 | 11047 | 57914 | |
| 145 | 6011 | 63925 | Ilha Liverpool |
| 151 | 5772 | 69697 | Ilha Sao Patricio |
| 158 | 7312 | 77009 | Ilha Niteroi |
| 166 | 7929 | 84938 | |
| 172 | 5416 | 90354 | Ilha Santana |
| 184 | 12103 | 102457 | Ilha da Pedra |
| 190 | 6198 | 108655 | |
| 195 | 4757 | 113412 | |
| 200 | 5083 | 118495 | Cachuela do Inferno |
| 207 | 7312 | 125807 | AHE Jirau - Est. Lim. Cachuela Jirau aguas abajo |

Tabla A.1.2: Secciones transversales entre Jirau y Villa Bella

| Sección | Distancia entre secciones (m) | Distancia acumulada (m) | Observaciones |
|---------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|
| 207 | 0 | 0 | AHE Jirau - Est. Lim. Cachuela Jirau aguas abajo |
| 210 | 2755 | 2755 | Cachuela Jirau - Aguas arriba |
| 211 | 1000 | 3755 | Copia de la sección 228 |
| 228 | 17331 | 21086 | |
| 243 | 15217 | 36303 | |
| 253 | 9420 | 45723 | |
| 255 | 2133 | 47856 | Ilha Tres Irmaos |
| 256 | 970 | 48826 | Cachuela Tres Irmaos |
| 258 | 1995 | 50821 | |
| 267 | 9373 | 60194 | |
| 272 | 4536 | 64730 | |
| 279 | 7232 | 71962 | |
| 283 | 3673 | 75635 | |
| 286 | 3292 | 78927 | Cachuela do Paredao |
| 292 | 6172 | 85099 | |
| 301 | 8421 | 93520 | |
| 306 | 4940 | 98460 | |
| 309 | 3331 | 101791 | Cachuela do Pedemeira |
| 315 | 6515 | 108306 | |
| 320 | 4169 | 112475 | |
| 327 | 7510 | 119985 | |
| 329 | 1747 | 121732 | Confluencia río Abuná |
| 329.2 | 686 | 122418 | Confluencia río Abuná |
| 330.1 | 956 | 123374 | |
| 334.1 | 3626 | 127000 | |
| 338 | 4057 | 131057 | Estación hidrométrica Abuná-Vila |
| 338.1 | 87 | 131144 | Puerto Manoa |
| 341.1 | 3282 | 134426 | |
| 344.1 | 3114 | 137540 | |
| 347.1 | 2813 | 140353 | |
| 350.1 | 3270 | 143623 | |
| 353.1 | 2146 | 145769 | |
| 355.1 | 2395 | 148164 | |
| 357.1 | 1967 | 150131 | |
| 360.1 | 4031 | 154162 | |
| 364.1 | 3404 | 157566 | |
| 369 | 5526 | 163092 | |
| 370.1 | 1311 | 164403 | |
| 372 | 1268 | 165671 | Cachuela das Araras |
| 374.1 | 2489 | 168160 | |
| 375 | 758 | 168918 | |
| 376.1 | 1142 | 170060 | |
| 378.1 | 2178 | 172238 | |
| 380.1 | 2191 | 174429 | |
| 383.1 | 2560 | 176989 | |
| 385.1 | 1617 | 178606 | |
| 387.1 | 2131 | 180737 | |
| 391.1 | 3911 | 184648 | |
| 392.1 | 1827 | 186475 | |

Fuente: Elaboración propia en base a datos de FURNAS-ODEBRECHT, SENAMHI-ENDE

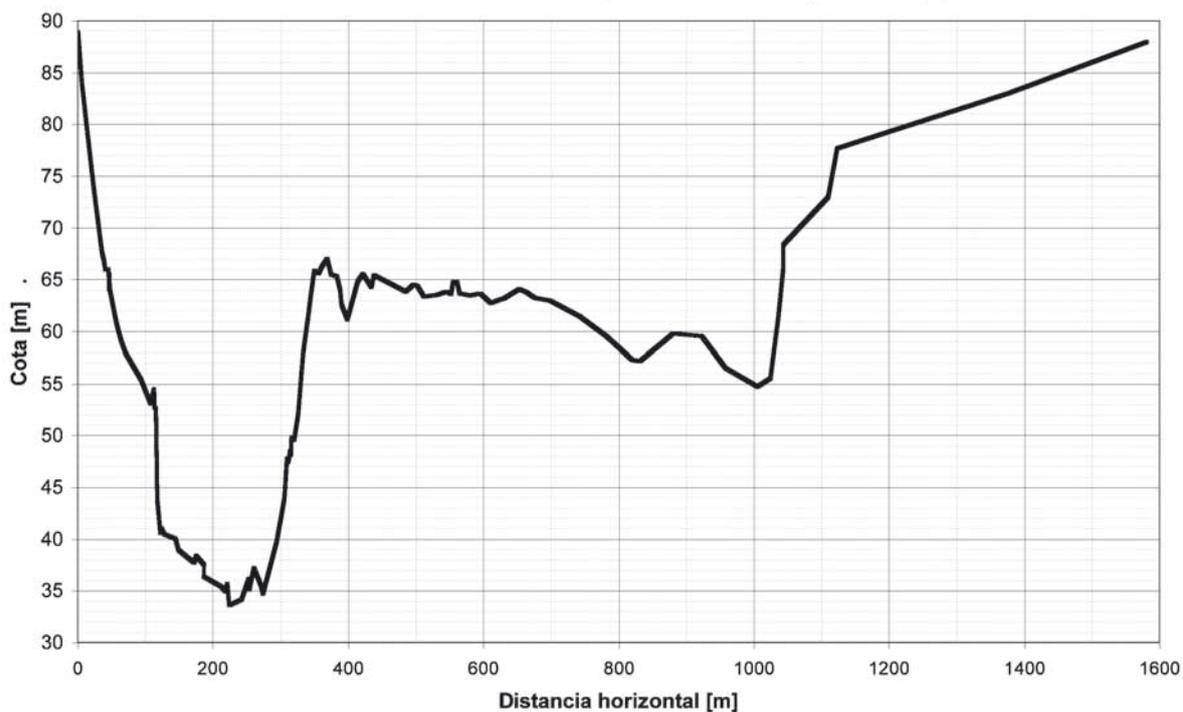


Secciones transversales: Tramo Jirau – Cachuela Madera

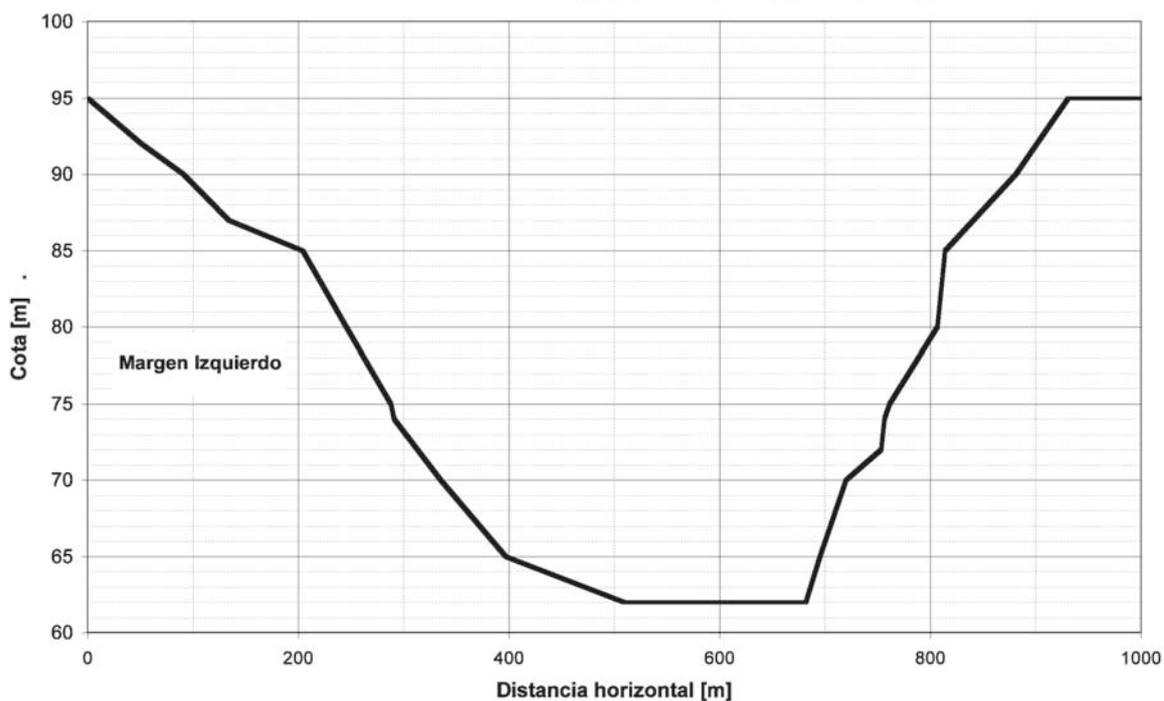
Notas

- Las cotas están referidas al sistema altitudinal brasileño
- En el tramo binacional, varias secciones fueron completadas con datos de la sección brasileña o boliviana más próxima

SECCIÓN TRANSVERSAL 207 (Cachuela Jirau aguas abajo)

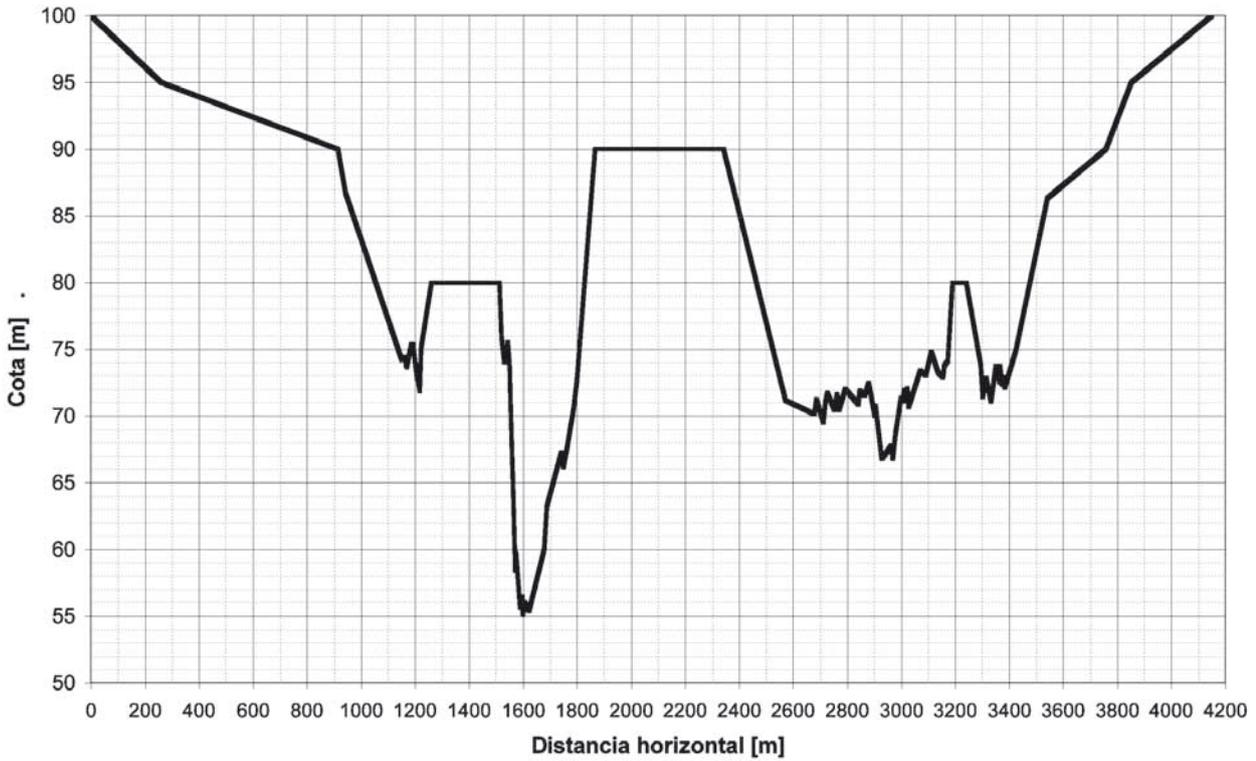


SECCIÓN TRANSVERSAL 210 (Cachuela Jirau aguas arriba)

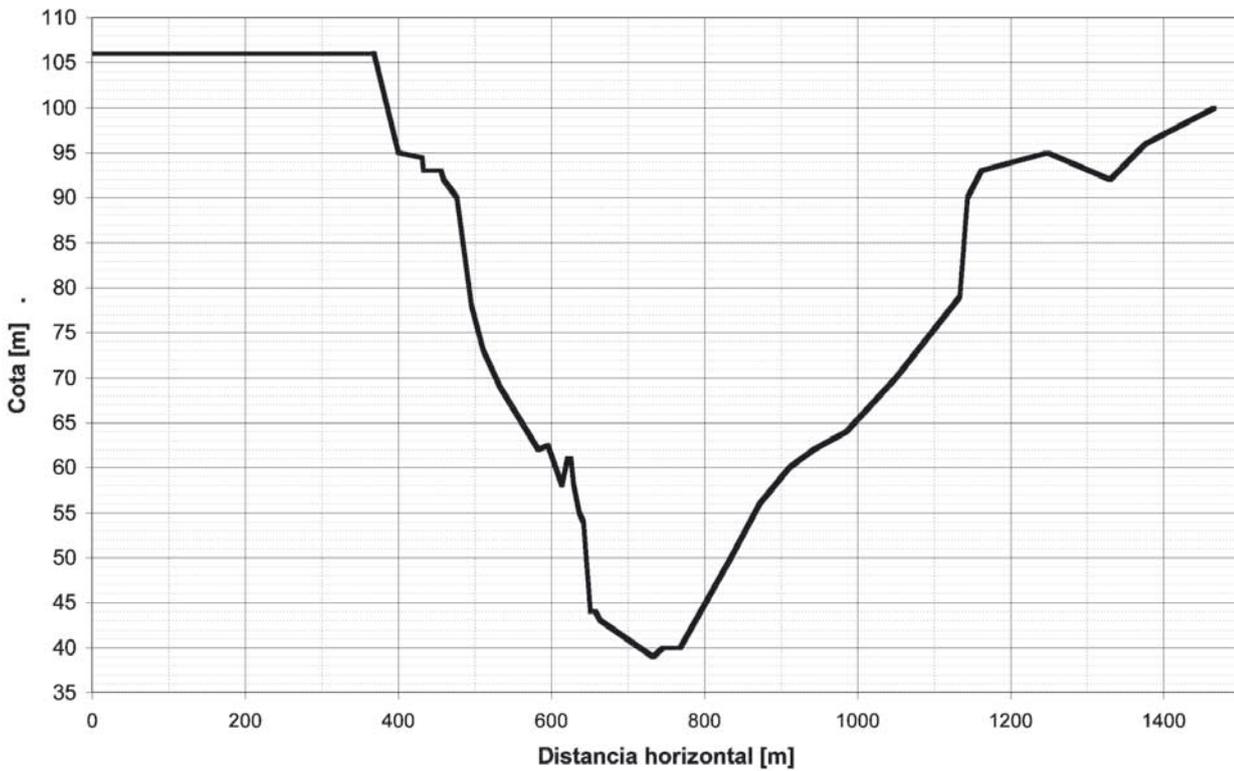


Fuente: Furnas-Odebrecht (2004) y SENAMHI-ENDE (2007)

SECCIÓN TRANSVERSAL 255 (Ilha Tres Irmaos)



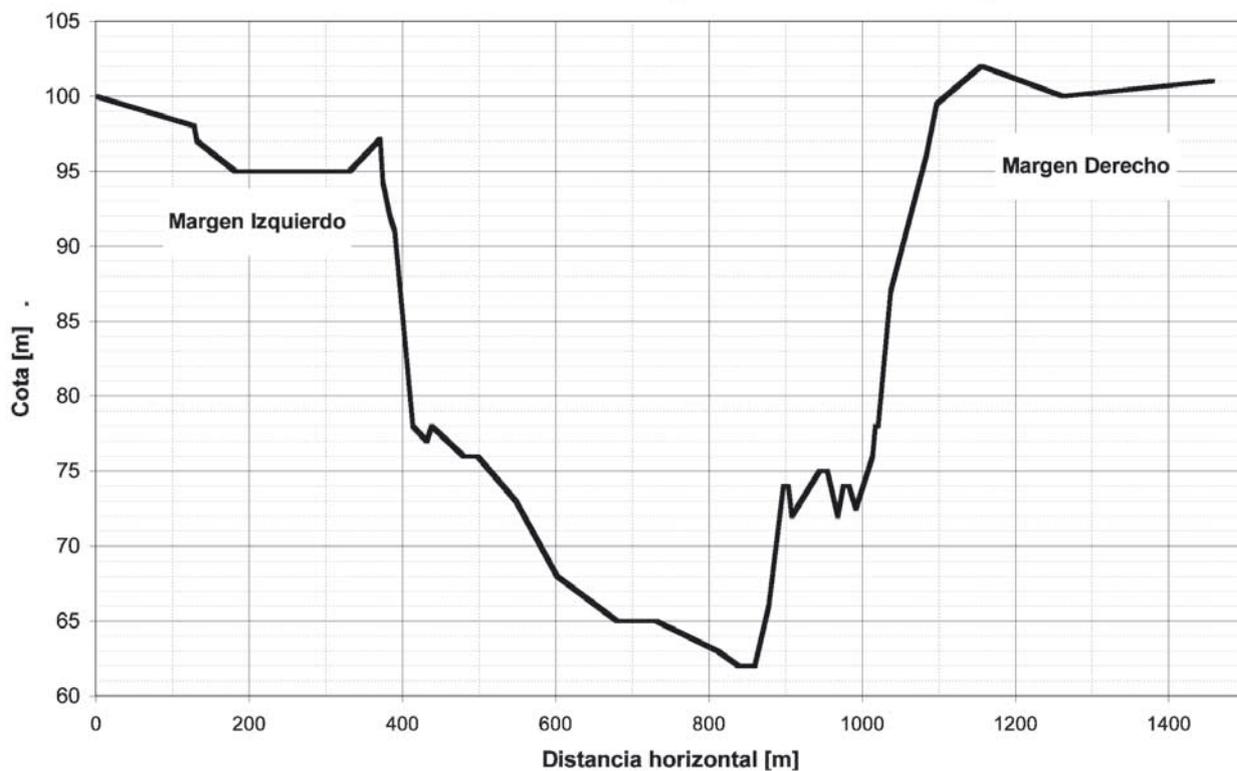
SECCIÓN TRANSVERSAL 329 (Abajo confluencia con río Abuná)



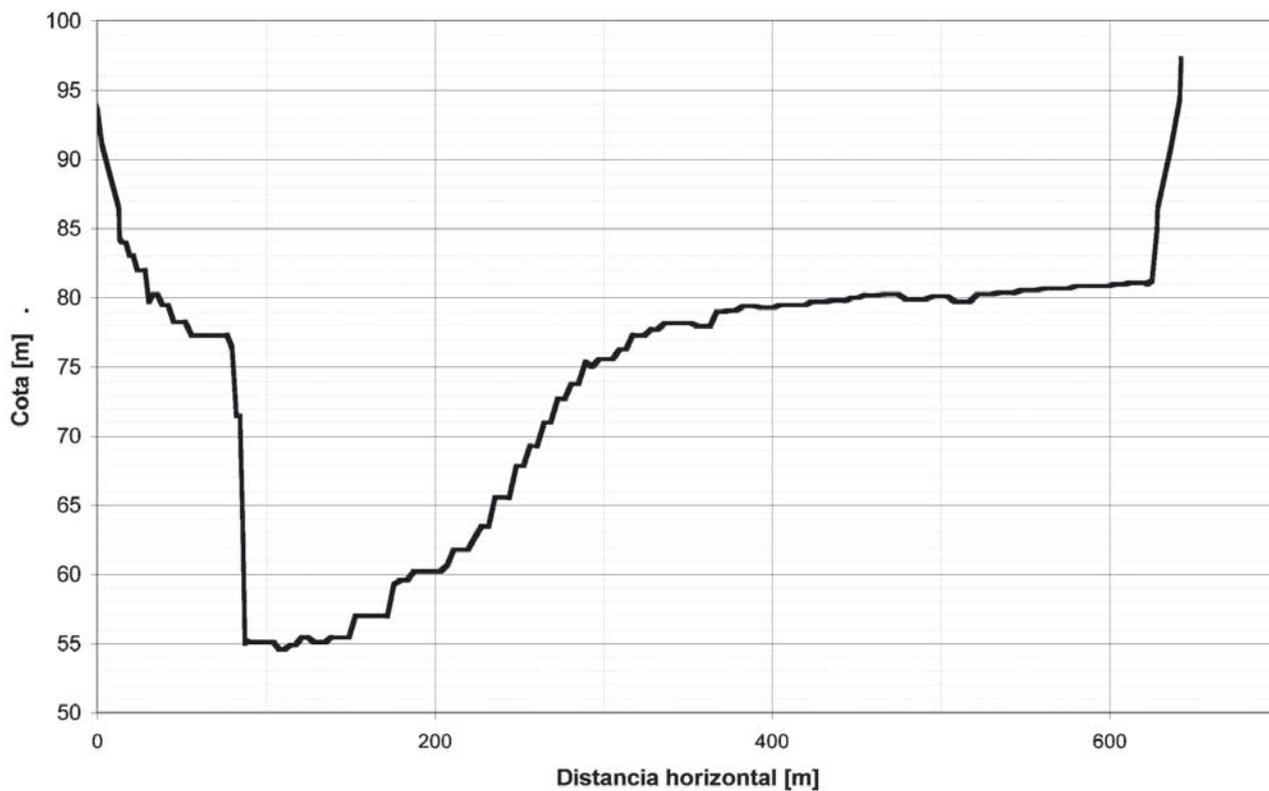
Fuente: Furnas-Odebrecht (2004) y SENAMHI-ENDE (2007)



SECCIÓN TRANSVERSAL 338 (Estación de Abuná-Vila)



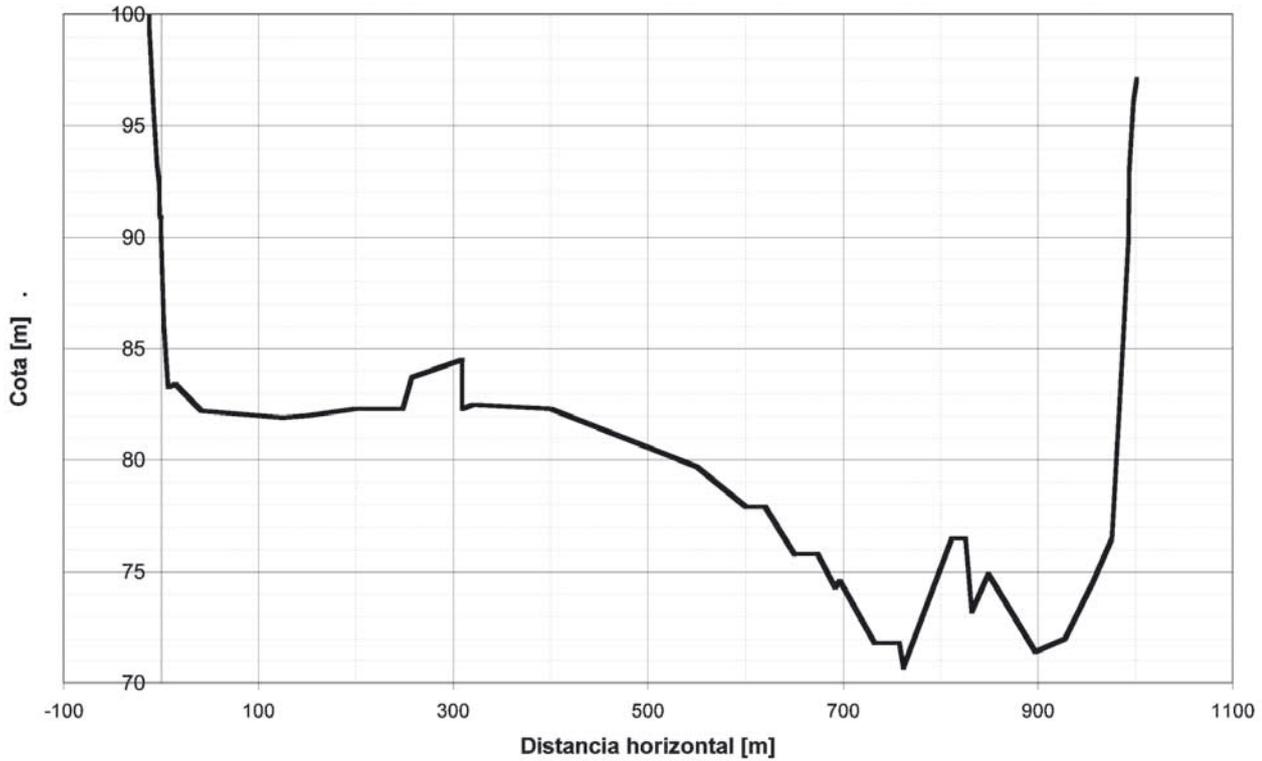
SECCIÓN TRANSVERSAL 350.1



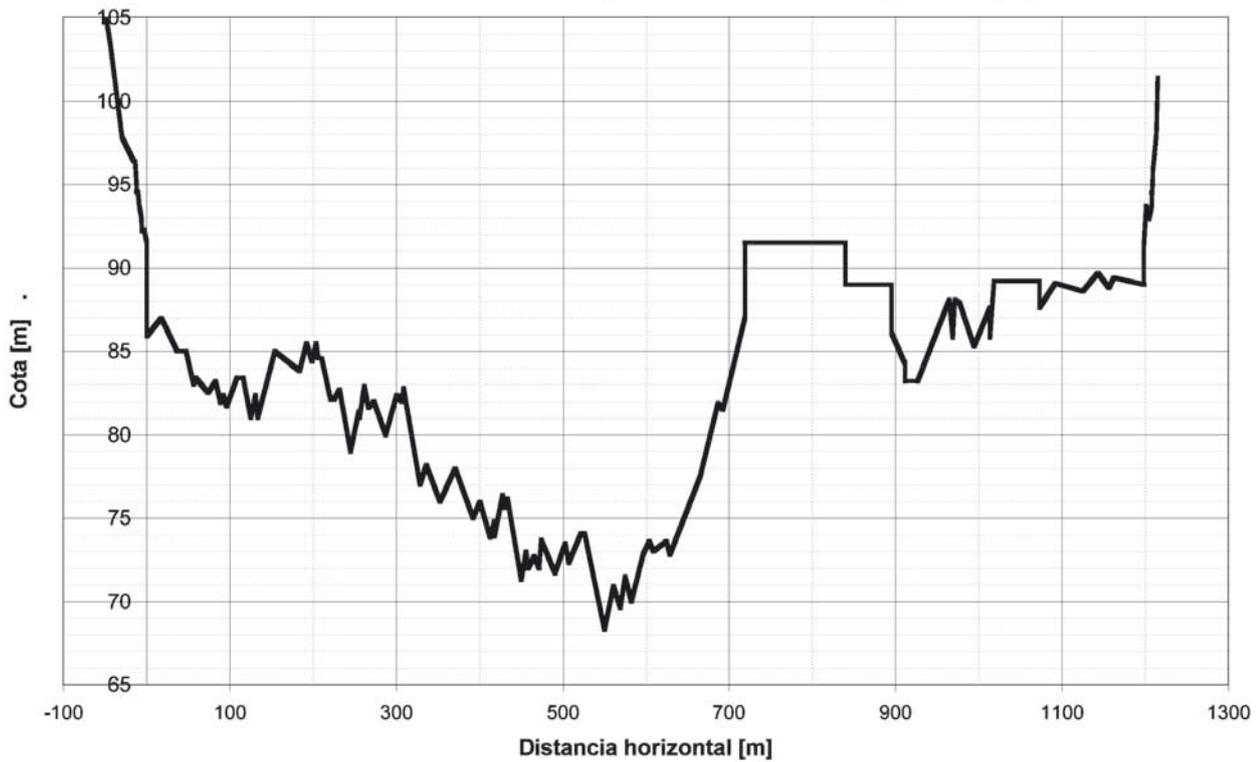
Fuente: Furnas-Odebrecht (2004) y SENAMHI-ENDE (2007)



SECCIÓN TRANSVERSAL 375 (Cachuela Araras - aguas arriba)



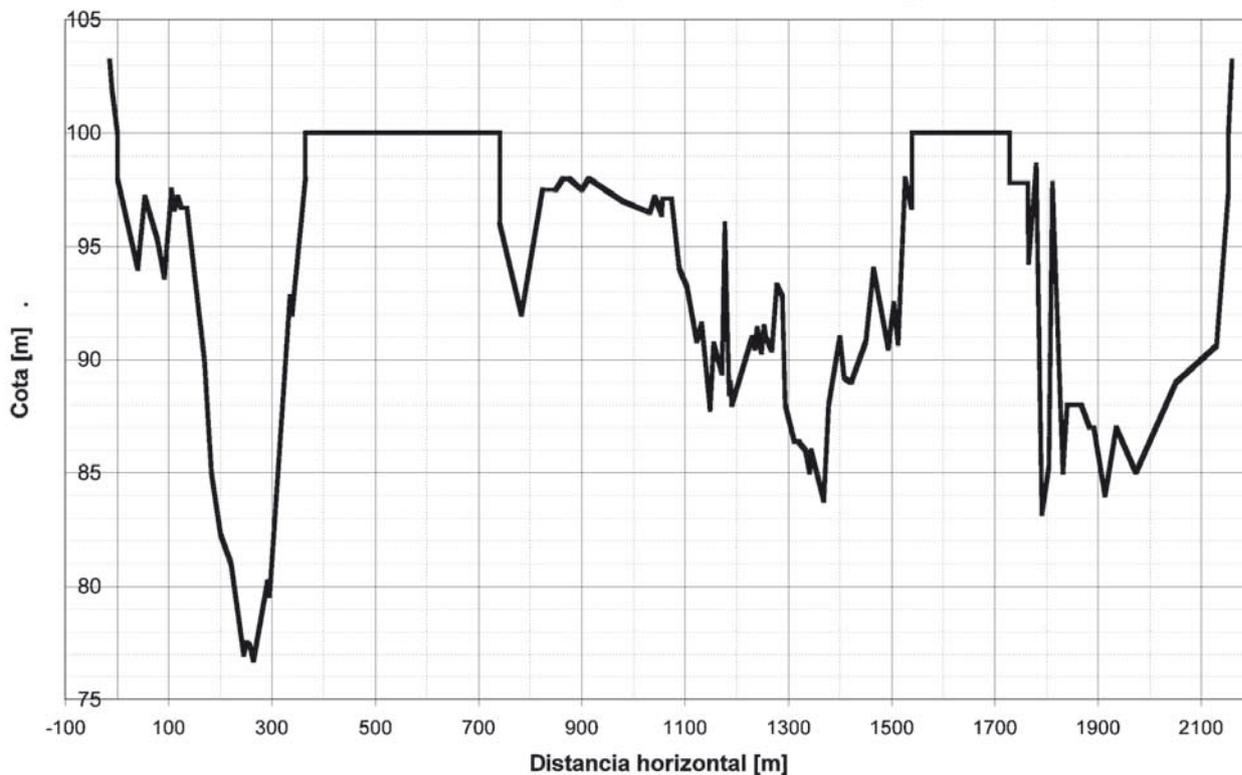
SECCIÓN TRANSVERSAL 398 (Cachuela Ribeirao - aguas abajo)



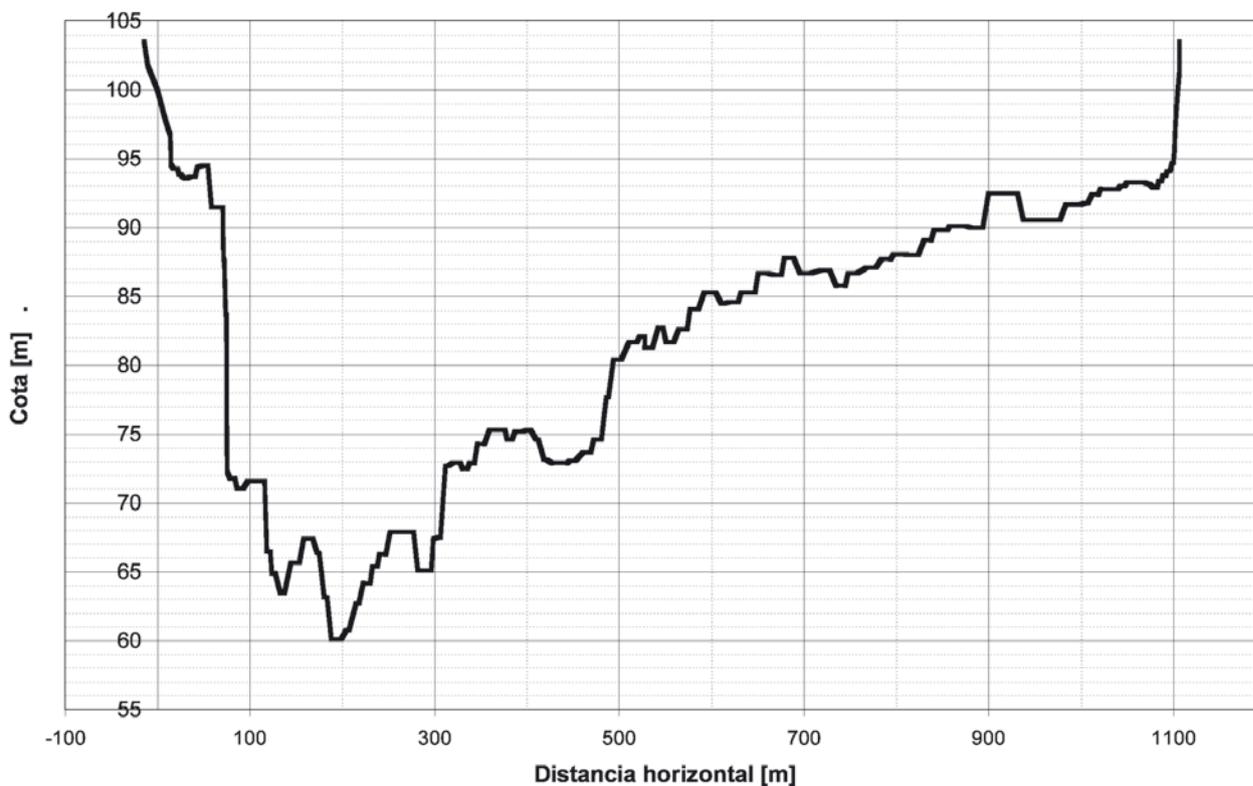
Fuente: Furnas-Odebrecht (2004) y SENAMHI-ENDE (2007)



SECCIÓN TRANSVERSAL 405 (Cachuela Ribeirao - aguas arriba)



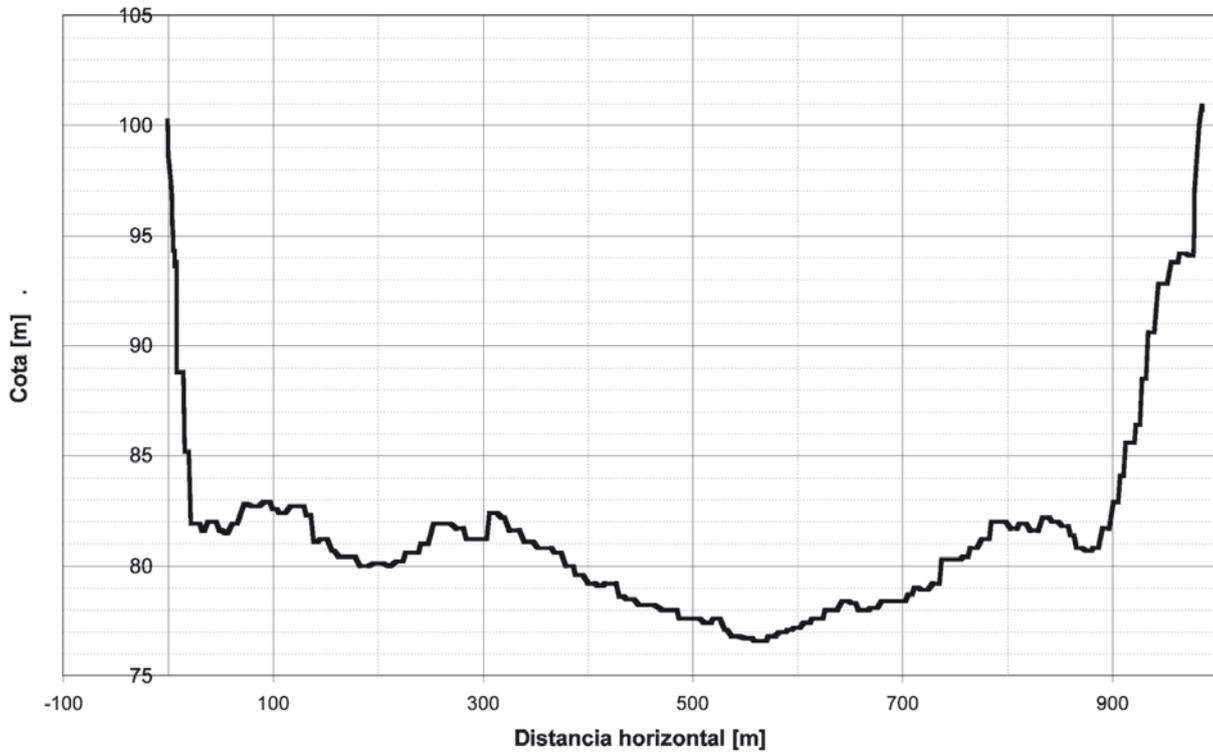
SECCIÓN TRANSVERSAL 406.6 (2 Km arriba de Cachuela Ribeirao)



Fuente: Furnas-Odebrecht (2004) y SENAMHI-ENDE (2007)



SECCIÓN TRANSVERSAL 408.3 (3.5 km arriba de Cachuela Ribeirao)



ANEXO 2: COEFICIENTES DE RUGOSIDAD

Tabla A.2.1: Coeficientes de rugosidad en el tramo Santo Antonio-Jirau

| Sección | H [m] | Coeficiente de Rugosidad | | |
|---------|-------|--------------------------|-------|-------|
| | | ni | nc | nd |
| 207 | 74.08 | 0.070 | 0.039 | 0.070 |
| | 79.58 | 0.070 | 0.038 | 0.070 |
| | 82.59 | 0.070 | 0.037 | 0.070 |
| | 85.00 | 0.070 | 0.036 | 0.070 |
| 200 | 63.81 | 0.070 | 0.039 | 0.070 |
| | 70.09 | 0.070 | 0.038 | 0.070 |
| | 78.14 | 0.070 | 0.037 | 0.070 |
| | 78.91 | 0.070 | 0.035 | 0.070 |
| | 79.86 | 0.070 | 0.033 | 0.070 |
| 195 | 63.77 | 0.070 | 0.039 | 0.070 |
| | 69.97 | 0.070 | 0.038 | 0.070 |
| | 78.06 | 0.070 | 0.037 | 0.070 |
| | 78.91 | 0.070 | 0.035 | 0.070 |
| 190 | 79.86 | 0.070 | 0.033 | 0.070 |
| | 63.77 | 0.070 | 0.039 | 0.070 |
| | 69.97 | 0.070 | 0.038 | 0.070 |
| | 78.06 | 0.070 | 0.037 | 0.070 |
| | 78.91 | 0.070 | 0.035 | 0.070 |
| 184 | 79.86 | 0.070 | 0.033 | 0.070 |
| | 63.49 | 0.070 | 0.039 | 0.070 |
| | 69.56 | 0.070 | 0.038 | 0.070 |
| | 77.88 | 0.070 | 0.037 | 0.070 |
| 172 | 78.91 | 0.070 | 0.035 | 0.070 |
| | 79.86 | 0.070 | 0.033 | 0.070 |
| | 63.20 | 0.070 | 0.039 | 0.070 |
| | 68.99 | 0.070 | 0.038 | 0.070 |
| | 77.58 | 0.070 | 0.037 | 0.070 |
| 166 | 78.91 | 0.070 | 0.035 | 0.070 |
| | 79.86 | 0.070 | 0.033 | 0.070 |
| | 63.08 | 0.070 | 0.039 | 0.070 |
| | 68.75 | 0.070 | 0.038 | 0.070 |
| | 77.47 | 0.070 | 0.037 | 0.070 |
| | 77.55 | 0.070 | 0.036 | 0.070 |
| 158 | 78.91 | 0.070 | 0.035 | 0.070 |
| | 79.86 | 0.070 | 0.033 | 0.070 |
| | 62.96 | 0.070 | 0.039 | 0.070 |
| | 68.46 | 0.070 | 0.038 | 0.070 |
| | 77.32 | 0.070 | 0.037 | 0.070 |
| | 77.55 | 0.070 | 0.036 | 0.070 |
| 151 | 78.91 | 0.070 | 0.035 | 0.070 |
| | 79.86 | 0.070 | 0.033 | 0.070 |
| | 62.87 | 0.070 | 0.039 | 0.070 |
| | 68.22 | 0.070 | 0.038 | 0.070 |
| | 71.34 | 0.070 | 0.037 | 0.070 |
| | 77.23 | 0.070 | 0.037 | 0.070 |



| | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 145 | 61.80 | 0.070 | 0.042 | 0.070 |
| | 62.65 | 0.070 | 0.042 | 0.070 |
| | 67.83 | 0.070 | 0.035 | 0.070 |
| | 70.76 | 0.070 | 0.034 | 0.070 |
| | 77.10 | 0.070 | 0.032 | 0.070 |
| 139 | 61.28 | 0.070 | 0.043 | 0.070 |
| | 62.11 | 0.070 | 0.042 | 0.070 |
| | 67.20 | 0.070 | 0.036 | 0.070 |
| | 70.10 | 0.070 | 0.034 | 0.070 |
| | 77.01 | 0.070 | 0.032 | 0.070 |
| 128 | 60.10 | 0.070 | 0.044 | 0.070 |
| | 60.97 | 0.070 | 0.043 | 0.070 |
| | 66.23 | 0.070 | 0.037 | 0.070 |
| | 69.19 | 0.070 | 0.034 | 0.070 |
| | 76.85 | 0.070 | 0.033 | 0.070 |
| 120 | 59.10 | 0.070 | 0.044 | 0.070 |
| | 60.00 | 0.070 | 0.044 | 0.070 |
| | 65.17 | 0.070 | 0.038 | 0.070 |
| | 68.02 | 0.070 | 0.037 | 0.070 |
| | 76.60 | 0.070 | 0.035 | 0.070 |
| 110 | 57.81 | 0.070 | 0.045 | 0.070 |
| | 58.59 | 0.070 | 0.045 | 0.070 |
| | 62.91 | 0.070 | 0.041 | 0.070 |
| | 65.32 | 0.070 | 0.040 | 0.070 |
| | 76.20 | 0.070 | 0.039 | 0.070 |
| 105 | 57.97 | 0.070 | 0.045 | 0.070 |
| | 61.93 | 0.070 | 0.042 | 0.070 |
| | 64.23 | 0.070 | 0.042 | 0.070 |
| | 65.94 | 0.070 | 0.040 | 0.070 |
| | 67.75 | 0.070 | 0.038 | 0.070 |
| | 69.31 | 0.070 | 0.035 | 0.070 |
| 99.5 | 57.97 | 0.070 | 0.045 | 0.070 |
| | 61.93 | 0.070 | 0.042 | 0.070 |
| | 64.23 | 0.070 | 0.042 | 0.070 |
| | 65.94 | 0.070 | 0.040 | 0.070 |
| | 67.75 | 0.070 | 0.038 | 0.070 |
| | 69.31 | 0.070 | 0.035 | 0.070 |
| 98 | 56.27 | 0.070 | 0.045 | 0.070 |
| | 59.95 | 0.070 | 0.042 | 0.070 |
| | 62.34 | 0.070 | 0.046 | 0.070 |
| | 64.08 | 0.070 | 0.043 | 0.070 |
| | 65.94 | 0.070 | 0.040 | 0.070 |
| | 67.75 | 0.070 | 0.038 | 0.070 |
| | 69.31 | 0.070 | 0.035 | 0.070 |
| 96 | 49.47 | 0.070 | 0.052 | 0.070 |
| | 55.89 | 0.070 | 0.050 | 0.070 |
| | 59.87 | 0.070 | 0.049 | 0.070 |
| | 62.34 | 0.070 | 0.046 | 0.070 |
| | 64.08 | 0.070 | 0.043 | 0.070 |
| | 65.94 | 0.070 | 0.040 | 0.070 |
| | 67.75 | 0.070 | 0.038 | 0.070 |
| 69.31 | 0.070 | 0.035 | 0.070 | |



| | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 88 | 47.82 | 0.070 | 0.052 | 0.070 |
| | 54.70 | 0.070 | 0.050 | 0.070 |
| | 58.88 | 0.070 | 0.049 | 0.070 |
| | 62.34 | 0.070 | 0.046 | 0.070 |
| | 64.08 | 0.070 | 0.043 | 0.070 |
| | 65.94 | 0.070 | 0.040 | 0.070 |
| | 67.75 | 0.070 | 0.038 | 0.070 |
| | 69.31 | 0.070 | 0.035 | 0.070 |
| 81 | 47.39 | 0.070 | 0.052 | 0.070 |
| | 53.88 | 0.070 | 0.050 | 0.070 |
| | 57.58 | 0.070 | 0.049 | 0.070 |
| | 57.93 | 0.070 | 0.049 | 0.070 |
| | 62.34 | 0.070 | 0.046 | 0.070 |
| | 64.08 | 0.070 | 0.043 | 0.070 |
| | 65.94 | 0.070 | 0.040 | 0.070 |
| | 67.75 | 0.070 | 0.038 | 0.070 |
| 69.31 | 0.070 | 0.035 | 0.070 | |

Tabla A.2.2: Coeficientes de rugosidad y de expansión/contracción en el tramo Jirau-Abuná-Cachuela Madera

| Sección | Q [m³/s] | H [m] | Coeficiente de Rugosidad | | | Coeficiente | |
|---------|----------|-------|--------------------------|-------|-------|-------------|-------------|
| | | | ni | nc | nd | Expansión | Contracción |
| 210 | 4197 | 73.38 | 0.108 | 0.058 | 0.108 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 74.08 | 0.089 | 0.039 | 0.089 | | |
| | 12000 | 77.09 | 0.080 | 0.033 | 0.080 | | |
| | 18605 | 79.58 | 0.080 | 0.030 | 0.080 | | |
| | 24500 | 81.24 | 0.071 | 0.025 | 0.071 | | |
| | 29869 | 82.59 | 0.071 | 0.021 | 0.071 | | |
| | 31026 | 83.13 | 0.071 | 0.021 | 0.071 | | |
| 50000 | 86.37 | 0.071 | 0.020 | 0.071 | | | |
| 211 | 4197 | 73.50 | 0.108 | 0.058 | 0.108 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 74.20 | 0.089 | 0.039 | 0.089 | | |
| | 12000 | 77.37 | 0.080 | 0.033 | 0.080 | | |
| | 18605 | 79.99 | 0.080 | 0.030 | 0.080 | | |
| | 24500 | 81.75 | 0.071 | 0.025 | 0.071 | | |
| | 29869 | 83.18 | 0.071 | 0.021 | 0.071 | | |
| | 31026 | 83.72 | 0.071 | 0.021 | 0.071 | | |
| 50000 | 87.40 | 0.071 | 0.020 | 0.071 | | | |
| 228 | 4197 | 73.96 | 0.108 | 0.058 | 0.108 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 74.51 | 0.089 | 0.039 | 0.089 | | |
| | 12000 | 78.00 | 0.080 | 0.033 | 0.080 | | |
| | 18605 | 80.76 | 0.080 | 0.030 | 0.080 | | |
| | 24500 | 82.54 | 0.071 | 0.025 | 0.071 | | |
| | 29869 | 83.85 | 0.071 | 0.021 | 0.071 | | |
| | 31026 | 84.39 | 0.071 | 0.021 | 0.071 | | |
| 50000 | 88.24 | 0.071 | 0.020 | 0.071 | | | |

| | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| 243 | 4197 | 74.24 | 0.108 | 0.058 | 0.108 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 74.71 | 0.089 | 0.039 | 0.089 | | |
| | 12000 | 78.36 | 0.080 | 0.033 | 0.080 | | |
| | 18605 | 81.22 | 0.080 | 0.030 | 0.080 | | |
| | 24500 | 83.00 | 0.071 | 0.025 | 0.071 | | |
| | 29869 | 84.25 | 0.071 | 0.021 | 0.071 | | |
| | 31026 | 84.79 | 0.071 | 0.021 | 0.071 | | |
| | 50000 | 88.77 | 0.071 | 0.020 | 0.071 | | |
| 253 | 4197 | 74.49 | 0.107 | 0.057 | 0.107 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 74.91 | 0.100 | 0.050 | 0.100 | | |
| | 12000 | 78.62 | 0.089 | 0.042 | 0.089 | | |
| | 18605 | 81.53 | 0.089 | 0.039 | 0.089 | | |
| | 24500 | 83.30 | 0.083 | 0.036 | 0.083 | | |
| | 29869 | 84.52 | 0.083 | 0.033 | 0.083 | | |
| | 31026 | 85.05 | 0.082 | 0.032 | 0.082 | | |
| | 50000 | 89.16 | 0.082 | 0.031 | 0.082 | | |
| 255 | 4197 | 74.72 | 0.107 | 0.057 | 0.107 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 75.17 | 0.100 | 0.050 | 0.100 | | |
| | 12000 | 78.83 | 0.089 | 0.042 | 0.089 | | |
| | 18605 | 81.72 | 0.089 | 0.039 | 0.089 | | |
| | 24500 | 83.48 | 0.083 | 0.036 | 0.083 | | |
| | 29869 | 84.70 | 0.083 | 0.033 | 0.083 | | |
| | 31026 | 85.23 | 0.082 | 0.032 | 0.082 | | |
| | 50000 | 89.39 | 0.082 | 0.031 | 0.082 | | |
| 256 | 4197 | 74.94 | 0.107 | 0.057 | 0.107 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 75.40 | 0.100 | 0.050 | 0.100 | | |
| | 12000 | 78.98 | 0.089 | 0.042 | 0.089 | | |
| | 18605 | 81.84 | 0.089 | 0.039 | 0.089 | | |
| | 24500 | 83.58 | 0.083 | 0.036 | 0.083 | | |
| | 29869 | 84.79 | 0.083 | 0.033 | 0.083 | | |
| | 31026 | 85.30 | 0.082 | 0.032 | 0.082 | | |
| | 50000 | 89.46 | 0.082 | 0.031 | 0.082 | | |
| 258 | 4197 | 75.06 | 0.107 | 0.057 | 0.107 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 75.55 | 0.100 | 0.050 | 0.100 | | |
| | 12000 | 79.12 | 0.089 | 0.042 | 0.089 | | |
| | 18605 | 81.96 | 0.089 | 0.039 | 0.089 | | |
| | 24500 | 83.69 | 0.083 | 0.036 | 0.083 | | |
| | 29869 | 84.88 | 0.083 | 0.033 | 0.083 | | |
| | 31026 | 85.38 | 0.082 | 0.032 | 0.082 | | |
| | 50000 | 89.51 | 0.082 | 0.031 | 0.082 | | |
| 267 | 4197 | 75.47 | 0.107 | 0.057 | 0.107 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 76.01 | 0.100 | 0.050 | 0.100 | | |
| | 12000 | 79.74 | 0.089 | 0.042 | 0.089 | | |
| | 18605 | 82.65 | 0.089 | 0.039 | 0.089 | | |
| | 24500 | 84.41 | 0.083 | 0.036 | 0.083 | | |
| | 29869 | 85.60 | 0.083 | 0.033 | 0.083 | | |
| | 31026 | 86.06 | 0.082 | 0.032 | 0.082 | | |
| | 50000 | 90.36 | 0.082 | 0.031 | 0.082 | | |



| | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| 272 | 4197 | 76.25 | 0.144 | 0.144 | 0.144 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 76.80 | 0.112 | 0.112 | 0.112 | | |
| | 12000 | 80.66 | 0.107 | 0.088 | 0.107 | | |
| | 18605 | 83.62 | 0.107 | 0.077 | 0.107 | | |
| | 24500 | 85.41 | 0.098 | 0.068 | 0.098 | | |
| | 29869 | 86.58 | 0.098 | 0.058 | 0.098 | | |
| | 31026 | 87.05 | 0.090 | 0.060 | 0.090 | | |
| | 50000 | 91.45 | 0.090 | 0.048 | 0.090 | | |
| 279 | 4197 | 77.02 | 0.144 | 0.144 | 0.144 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 77.52 | 0.112 | 0.112 | 0.112 | | |
| | 12000 | 81.61 | 0.107 | 0.088 | 0.107 | | |
| | 18605 | 84.71 | 0.107 | 0.077 | 0.107 | | |
| | 24500 | 86.54 | 0.098 | 0.068 | 0.098 | | |
| | 29869 | 87.67 | 0.098 | 0.058 | 0.098 | | |
| | 31026 | 88.22 | 0.090 | 0.060 | 0.090 | | |
| | 50000 | 92.67 | 0.090 | 0.048 | 0.090 | | |
| 283 | 4197 | 77.43 | 0.144 | 0.144 | 0.144 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 77.90 | 0.112 | 0.112 | 0.112 | | |
| | 12000 | 82.06 | 0.107 | 0.088 | 0.107 | | |
| | 18605 | 85.20 | 0.107 | 0.077 | 0.107 | | |
| | 24500 | 87.03 | 0.098 | 0.068 | 0.098 | | |
| | 29869 | 88.12 | 0.098 | 0.058 | 0.098 | | |
| | 31026 | 88.70 | 0.090 | 0.060 | 0.090 | | |
| | 50000 | 93.10 | 0.090 | 0.048 | 0.090 | | |
| 286 | 4197 | 77.70 | 0.144 | 0.144 | 0.144 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 78.16 | 0.112 | 0.112 | 0.112 | | |
| | 12000 | 82.44 | 0.107 | 0.088 | 0.107 | | |
| | 18605 | 85.65 | 0.107 | 0.077 | 0.107 | | |
| | 24500 | 87.51 | 0.098 | 0.068 | 0.098 | | |
| | 29869 | 88.60 | 0.098 | 0.058 | 0.098 | | |
| | 31026 | 89.21 | 0.090 | 0.060 | 0.090 | | |
| | 50000 | 93.69 | 0.090 | 0.048 | 0.090 | | |
| 292 | 4197 | 78.02 | 0.144 | 0.144 | 0.144 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 78.47 | 0.112 | 0.112 | 0.112 | | |
| | 12000 | 82.86 | 0.107 | 0.088 | 0.107 | | |
| | 18605 | 86.13 | 0.107 | 0.077 | 0.107 | | |
| | 24500 | 88.03 | 0.098 | 0.068 | 0.098 | | |
| | 29869 | 89.12 | 0.098 | 0.058 | 0.098 | | |
| | 31026 | 89.78 | 0.090 | 0.060 | 0.090 | | |
| | 50000 | 94.31 | 0.090 | 0.048 | 0.090 | | |
| 301 | 4197 | 78.95 | 0.228 | 0.228 | 0.228 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 79.38 | 0.181 | 0.181 | 0.181 | | |
| | 12000 | 83.78 | 0.105 | 0.107 | 0.105 | | |
| | 18605 | 86.94 | 0.105 | 0.075 | 0.105 | | |
| | 24500 | 88.90 | 0.100 | 0.067 | 0.100 | | |
| | 29869 | 90.00 | 0.100 | 0.060 | 0.100 | | |
| | 31026 | 90.69 | 0.100 | 0.060 | 0.100 | | |
| | 50000 | 95.18 | 0.100 | 0.048 | 0.100 | | |



| | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| 306 | 4197 | 80.37 | 0.228 | 0.228 | 0.228 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 80.85 | 0.181 | 0.181 | 0.181 | | |
| | 12000 | 84.90 | 0.105 | 0.107 | 0.105 | | |
| | 18605 | 87.72 | 0.105 | 0.075 | 0.105 | | |
| | 24500 | 89.69 | 0.100 | 0.067 | 0.100 | | |
| | 29869 | 90.79 | 0.100 | 0.060 | 0.100 | | |
| | 31026 | 91.47 | 0.100 | 0.060 | 0.100 | | |
| | 50000 | 95.93 | 0.100 | 0.048 | 0.100 | | |
| 309 | 4197 | 81.38 | 0.228 | 0.228 | 0.228 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 81.83 | 0.181 | 0.181 | 0.181 | | |
| | 12000 | 85.59 | 0.105 | 0.107 | 0.105 | | |
| | 18605 | 88.23 | 0.105 | 0.075 | 0.105 | | |
| | 24500 | 90.21 | 0.097 | 0.066 | 0.097 | | |
| | 29869 | 91.30 | 0.097 | 0.057 | 0.097 | | |
| | 31026 | 91.97 | 0.097 | 0.057 | 0.097 | | |
| | 50000 | 96.44 | 0.097 | 0.047 | 0.097 | | |
| 315 | 4197 | 81.46 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 81.95 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | | |
| | 12000 | 85.81 | 0.083 | 0.034 | 0.083 | | |
| | 18605 | 88.51 | 0.083 | 0.033 | 0.083 | | |
| | 24500 | 90.53 | 0.080 | 0.032 | 0.080 | | |
| | 29869 | 91.64 | 0.080 | 0.030 | 0.080 | | |
| | 31026 | 92.31 | 0.080 | 0.030 | 0.080 | | |
| | 50000 | 96.82 | 0.080 | 0.029 | 0.080 | | |
| 320 | 4197 | 81.48 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 81.99 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | | |
| | 12000 | 85.90 | 0.083 | 0.034 | 0.083 | | |
| | 18605 | 88.64 | 0.083 | 0.033 | 0.083 | | |
| | 24500 | 90.67 | 0.080 | 0.032 | 0.080 | | |
| | 29869 | 91.81 | 0.080 | 0.030 | 0.080 | | |
| | 31026 | 92.47 | 0.080 | 0.030 | 0.080 | | |
| | 50000 | 97.04 | 0.080 | 0.029 | 0.080 | | |
| 327 | 4197 | 81.63 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.2 | 0.4 |
| | 5520 | 82.20 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | | |
| | 12000 | 86.20 | 0.083 | 0.034 | 0.083 | | |
| | 18605 | 89.01 | 0.083 | 0.033 | 0.083 | | |
| | 24500 | 91.07 | 0.080 | 0.032 | 0.080 | | |
| | 29869 | 92.24 | 0.080 | 0.030 | 0.080 | | |
| | 31026 | 92.89 | 0.080 | 0.030 | 0.080 | | |
| | 50000 | 97.49 | 0.080 | 0.029 | 0.080 | | |
| 329 | 4197 | 81.64 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 1 | 1 |
| | 5520 | 82.22 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | | |
| | 12000 | 86.26 | 0.083 | 0.034 | 0.083 | | |
| | 18605 | 89.10 | 0.083 | 0.033 | 0.083 | | |
| | 24500 | 91.18 | 0.080 | 0.032 | 0.080 | | |
| | 29869 | 92.38 | 0.080 | 0.030 | 0.080 | | |
| | 31026 | 93.02 | 0.080 | 0.030 | 0.080 | | |
| | 50000 | 97.71 | 0.080 | 0.029 | 0.080 | | |



| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| 329.2 | 4197 | 81.64 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 1 | 1 |
| | 5520 | 82.22 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | | |
| | 12000 | 86.26 | 0.083 | 0.034 | 0.083 | | |
| | 18605 | 89.11 | 0.083 | 0.033 | 0.083 | | |
| | 24500 | 91.19 | 0.081 | 0.033 | 0.081 | | |
| | 29869 | 92.39 | 0.081 | 0.033 | 0.081 | | |
| | 31026 | 93.04 | 0.080 | 0.033 | 0.080 | | |
| | 50000 | 97.78 | 0.080 | 0.029 | 0.080 | | |
| 330.1 | 4197 | 81.65 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 1 | 1 |
| | 5520 | 82.24 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | | |
| | 12000 | 86.29 | 0.083 | 0.034 | 0.083 | | |
| | 18605 | 89.14 | 0.083 | 0.033 | 0.083 | | |
| | 24500 | 91.23 | 0.081 | 0.033 | 0.081 | | |
| | 29869 | 92.44 | 0.081 | 0.033 | 0.081 | | |
| | 31026 | 93.09 | 0.080 | 0.033 | 0.080 | | |
| | 50000 | 97.83 | 0.080 | 0.029 | 0.080 | | |
| 334.1 | 4197 | 81.71 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 1 | 1 |
| | 5520 | 82.32 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | | |
| | 12000 | 86.42 | 0.083 | 0.034 | 0.083 | | |
| | 18605 | 89.32 | 0.083 | 0.033 | 0.083 | | |
| | 24500 | 91.44 | 0.081 | 0.033 | 0.081 | | |
| | 29869 | 92.70 | 0.081 | 0.033 | 0.081 | | |
| | 31026 | 93.34 | 0.080 | 0.033 | 0.080 | | |
| | 50000 | 98.10 | 0.080 | 0.029 | 0.080 | | |
| 338 | 4197 | 81.74 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 1 | 1 |
| | 5520 | 82.37 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | | |
| | 12000 | 86.52 | 0.083 | 0.034 | 0.083 | | |
| | 18605 | 89.46 | 0.083 | 0.033 | 0.083 | | |
| | 24500 | 91.62 | 0.081 | 0.033 | 0.081 | | |
| | 29869 | 92.92 | 0.081 | 0.033 | 0.081 | | |
| | 31026 | 93.56 | 0.080 | 0.033 | 0.080 | | |
| | 50000 | 98.34 | 0.080 | 0.029 | 0.080 | | |
| 338.1 | 4197 | 81.75 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 82.38 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | | |
| | 12000 | 86.54 | 0.083 | 0.034 | 0.083 | | |
| | 18605 | 89.48 | 0.083 | 0.033 | 0.083 | | |
| | 24500 | 91.65 | 0.081 | 0.033 | 0.081 | | |
| | 29869 | 92.96 | 0.081 | 0.033 | 0.081 | | |
| | 31026 | 93.59 | 0.080 | 0.033 | 0.080 | | |
| | 50000 | 98.38 | 0.080 | 0.028 | 0.080 | | |
| 341.1 | 4197 | 81.79 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 82.43 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 86.62 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 89.60 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 91.79 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 93.12 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 93.76 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| | 50000 | 98.57 | 0.080 | 0.025 | 0.080 | | |



| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| 344.1 | 4197 | 81.83 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 82.47 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 86.70 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 89.72 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 91.93 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 93.29 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 93.91 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 347.1 | 4197 | 81.87 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 82.51 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 86.77 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 89.80 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 92.03 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 93.40 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 94.02 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 350.1 | 4197 | 81.96 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 82.60 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 86.87 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 89.91 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 92.14 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 93.52 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 94.13 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 353.1 | 4197 | 82.05 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 82.70 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 87.00 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 90.09 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 92.34 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 93.76 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 94.37 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 355.1 | 4197 | 82.12 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 82.77 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 87.10 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 90.20 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 92.46 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 93.88 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 94.48 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 357.1 | 4197 | 82.15 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 82.81 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 87.17 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 90.30 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 92.59 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 94.04 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 94.64 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 360.1 | 4197 | 82.20 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 82.86 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 87.28 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 90.43 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 92.73 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 94.20 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 94.79 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |



| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| 364.1 | 4197 | 82.57 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 83.19 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 87.52 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 90.65 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 92.92 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 94.39 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 94.97 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 369 | 4197 | 82.96 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 83.55 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 87.86 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 90.97 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 93.23 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 94.71 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 95.28 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 370.1 | 4197 | 83.12 | 0.085 | 0.045 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 83.69 | 0.085 | 0.040 | 0.085 | | |
| | 12000 | 87.92 | 0.083 | 0.033 | 0.083 | | |
| | 18605 | 91.01 | 0.083 | 0.030 | 0.083 | | |
| | 24500 | 93.27 | 0.081 | 0.030 | 0.081 | | |
| | 29869 | 94.74 | 0.081 | 0.029 | 0.081 | | |
| | 31026 | 95.30 | 0.080 | 0.029 | 0.080 | | |
| 372 | 4197 | 83.45 | 0.085 | 0.045 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 84.02 | 0.085 | 0.040 | 0.085 | | |
| | 12000 | 88.10 | 0.083 | 0.033 | 0.083 | | |
| | 18605 | 91.15 | 0.083 | 0.030 | 0.083 | | |
| | 24500 | 93.39 | 0.081 | 0.030 | 0.081 | | |
| | 29869 | 94.88 | 0.081 | 0.029 | 0.081 | | |
| | 31026 | 95.43 | 0.080 | 0.029 | 0.080 | | |
| 374.1 | 4197 | 84.36 | 0.085 | 0.045 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 84.86 | 0.085 | 0.040 | 0.085 | | |
| | 12000 | 88.44 | 0.083 | 0.033 | 0.083 | | |
| | 18605 | 91.37 | 0.083 | 0.030 | 0.083 | | |
| | 24500 | 93.60 | 0.081 | 0.030 | 0.081 | | |
| | 29869 | 95.08 | 0.081 | 0.029 | 0.081 | | |
| | 31026 | 95.62 | 0.080 | 0.029 | 0.080 | | |
| 375 | 4197 | 84.64 | 0.085 | 0.045 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 85.16 | 0.085 | 0.040 | 0.085 | | |
| | 12000 | 88.62 | 0.083 | 0.033 | 0.083 | | |
| | 18605 | 91.48 | 0.083 | 0.030 | 0.083 | | |
| | 24500 | 93.68 | 0.081 | 0.030 | 0.081 | | |
| | 29869 | 95.15 | 0.081 | 0.029 | 0.081 | | |
| | 31026 | 95.69 | 0.080 | 0.029 | 0.080 | | |
| 376.1 | 4197 | 84.81 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 85.32 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 88.70 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 91.53 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 93.72 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 95.18 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 95.72 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |



| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| 378.1 | 4197 | 85.41 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 85.94 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 89.15 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 91.90 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 94.03 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 95.49 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 96.00 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 380.1 | 4197 | 85.54 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 86.08 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 89.33 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 92.07 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 94.19 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 95.65 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 96.15 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 383.1 | 4197 | 85.66 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 86.20 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 89.53 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 92.30 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 94.45 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 95.92 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 96.41 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 385.1 | 4197 | 85.74 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 86.30 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 89.68 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 92.49 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 94.65 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 96.14 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 96.63 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 387.1 | 4197 | 85.77 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 86.34 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 89.77 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 92.61 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 94.78 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 96.30 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 96.78 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 391.1 | 4197 | 85.77 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 86.33 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 89.82 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 92.70 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 94.89 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 96.40 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 96.89 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 392.1 | 4197 | 85.87 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 86.45 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 89.98 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 92.88 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 95.07 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 96.60 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 97.08 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |



| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 394.1 | 31026 | 97.08 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | 0.1 | 0.3 |
| | 4197 | 85.87 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | | |
| | 5520 | 86.45 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 90.01 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 92.92 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 95.12 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 96.66 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 97.14 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 396 | 4197 | 85.98 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 86.60 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 90.23 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 93.19 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 95.41 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 96.99 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 97.46 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| | 397.6 | 4197 | 86.00 | 0.085 | 0.035 | | |
| 5520 | | 86.62 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| 12000 | | 90.25 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| 18605 | | 93.20 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| 24500 | | 95.41 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| 29869 | | 96.97 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| 31026 | | 97.44 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 398 | | 4197 | 86.10 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 |
| | 5520 | 86.74 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 90.50 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 93.49 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 95.73 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 97.34 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 97.81 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| | 405 | 4197 | 86.76 | 0.085 | 0.045 | 0.085 | |
| 5520 | | 87.30 | 0.085 | 0.040 | 0.085 | | |
| 12000 | | 91.57 | 0.083 | 0.037 | 0.083 | | |
| 18605 | | 94.42 | 0.083 | 0.035 | 0.083 | | |
| 24500 | | 96.49 | 0.081 | 0.033 | 0.081 | | |
| 29869 | | 98.07 | 0.081 | 0.031 | 0.081 | | |
| 31026 | | 98.48 | 0.080 | 0.030 | 0.080 | | |
| 405.5 | | 4197 | 87.58 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 |
| | 5520 | 88.31 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 92.11 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 94.85 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 96.86 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 98.39 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 98.78 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| | 406.6 | 4197 | 87.59 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | |
| 5520 | | 88.32 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| 12000 | | 92.13 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| 18605 | | 94.88 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| 24500 | | 96.88 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| 29869 | | 98.42 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| 31026 | | 98.81 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |



| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| 407.1 | 4197 | 87.60 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 88.34 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 92.17 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 94.94 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 96.97 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 98.52 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 98.91 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 408.3 | 4197 | 87.60 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 88.33 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 92.15 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 94.91 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 96.93 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 98.47 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 98.86 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 409.4 | 4197 | 87.62 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 88.37 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 92.21 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 95.00 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 97.03 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 98.59 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 98.98 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 411.1 | 4197 | 87.59 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 88.35 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 92.25 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 95.03 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 97.06 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 98.61 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 99.00 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 412.6 | 4197 | 87.85 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 88.58 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 92.40 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 95.15 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 97.15 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 98.69 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 99.07 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 413.4 | 4197 | 87.87 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 88.61 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 92.46 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 95.22 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 97.23 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 98.78 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 99.16 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 414.8 | 4197 | 87.87 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 88.59 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 92.45 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 95.25 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 97.27 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 98.81 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 99.19 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |



| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| 415.7 | 4197 | 87.97 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 88.70 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 92.60 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 95.42 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 97.44 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 98.98 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 99.36 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 416.8 | 4197 | 88.03 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 88.77 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 92.70 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 95.52 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 97.55 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 99.10 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 99.48 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |
| 418.1 | 4197 | 88.05 | 0.085 | 0.035 | 0.085 | 0.1 | 0.3 |
| | 5520 | 88.79 | 0.085 | 0.030 | 0.085 | | |
| | 12000 | 92.74 | 0.083 | 0.029 | 0.083 | | |
| | 18605 | 95.58 | 0.083 | 0.028 | 0.083 | | |
| | 24500 | 97.61 | 0.081 | 0.027 | 0.081 | | |
| | 29869 | 99.17 | 0.081 | 0.026 | 0.081 | | |
| | 31026 | 99.54 | 0.080 | 0.026 | 0.080 | | |

ANEXO 3: MUESTREOS DE CAUDAL SÓLIDO Y TAMAÑO DEL SEDIMENTO

Tabla A.3.1: Muestrros de caudal sólido y composición del sedimento por tamaño

| Fecha | Q m3/s | C ppm | Qss t/día | Qst t/día | Qst/Qss | Sólidos suspensión (%) | | | Sólidos del lecho (%) | | |
|----------------------------|-----------|----------|--------------|--------------|---------|------------------------|------|-------|-----------------------|------|-------|
| | | | | | | Arcilla | Limo | Arena | Arcilla | Limo | Arena |
| 15/05/2002 | 21698 | 520 | 974567 | | | | | | | | |
| 17/05/2002 | 21177 | 636 | 1164563 | | | | | | | | |
| 21/05/2002 | 19468 | 576 | 968095 | | | | | | | | |
| 01/11/2003 | 4701 | 601 | 244276 | 249592 | 1.022 | 25.5 | 71.1 | 3.4 | 2.7 | 27.3 | 70.0 |
| 27/01/2004 | 22711 | 1245 | 2443540 | 2560993 | 1.048 | 30.3 | 67.3 | 2.4 | | | |
| 03/02/2004 | 30372 | 1086 | 2848760 | 2968682 | 1.042 | 28.7 | 68.0 | 3.3 | | | |
| 10/02/2004 | 27820 | 535 | 1285705 | 1386947 | 1.079 | 23.0 | 72.5 | 4.5 | | | |
| 16/02/2004 | 29351 | 3506 | 8889566 | 9210329 | 1.036 | 25.5 | 73.4 | 1.1 | | | |
| 20/02/2004 | 32496 | 271 | 7608490 | 7923098 | 1.041 | 27.7 | 71.4 | 0.9 | | | |
| 02/03/2004 | 33672 | 1342 | 3904473 | 4214942 | 1.080 | 12.9 | 86.2 | 0.9 | | | |
| 09/03/2004 | 23877 | 1228 | 2533908 | 2626446 | 1.037 | 32.1 | 65.5 | 2.4 | | | |
| 15/03/2004 | 23527 | 2172 | 4414629 | | | 16.0 | 71.2 | 12.8 | | | |
| 19/03/2004 | 30128 | 632 | 1643851 | 1648834 | 1.003 | 19.8 | 73.7 | 6.5 | 4.0 | 15.3 | 80.7 |
| 25/03/2004 | 31252 | 713 | 1925748 | 2058831 | 1.069 | 16.8 | 72.8 | 10.4 | 0.0 | 0.9 | 99.1 |
| 31/03/2004 | 32682 | 946 | 2671242 | 2697488 | 1.010 | 18.8 | 74.7 | 6.5 | 3.9 | 18.0 | 78.1 |
| 06/04/2004 | 27879 | 680 | 1637972 | | | 24.8 | 66.9 | 8.3 | 2.1 | 12.7 | 85.2 |
| 15/04/2004 | 23840 | 534 | 1099310 | | | 23.5 | 61.9 | 14.6 | | | |
| 21/04/2004 | 26372 | 635 | 1446179 | | | 31.6 | 59.5 | 8.9 | 2.2 | 11.8 | 86.0 |
| 27/04/2004 | 31674 | 802 | 2193434 | 2321485 | 1.058 | 22.1 | 65.7 | 12.2 | 0.0 | 1.3 | 98.7 |
| 04/05/2004 | 27372 | 731 | 1728795 | | | 26.8 | 60.9 | 12.3 | 2.3 | 12.4 | 85.3 |
| 11/05/2004 | 21723 | 654 | 1227281 | 1328256 | 1.082 | 21.7 | 58.6 | 19.7 | 2.9 | 11.4 | 85.7 |
| 18/05/2004 | 19882 | 539 | 925049 | 939440 | 1.016 | 23.9 | 59.6 | 16.5 | 0.0 | 0.3 | 99.7 |
| 26/05/2004 | 19101 | 428 | 706822 | 774367 | 1.096 | 20.4 | 59.2 | 20.4 | 0.0 | 4.8 | 95.2 |
| 01/06/2004 | 20489 | 593 | 1049584 | 1140582 | 1.087 | 21.3 | 58.6 | 20.1 | 0.0 | 2.8 | 97.2 |
| 10/06/2004 | 15126 | 299 | 390113 | 427021 | 1.095 | 23.8 | 57.4 | 18.8 | 0.0 | 2.3 | 97.7 |
| 15/06/2004 | 13736 | 292 | 346895 | 376797 | 1.086 | 24.5 | 60.3 | 15.2 | 0.0 | 1.0 | 99.0 |
| 22/06/2004 | 12644 | 318 | 347617 | 377364 | 1.086 | 26.2 | 59.0 | 14.8 | 0.0 | 2.3 | 97.7 |
| 29/06/2004 | 10315 | 245 | 218534 | 227584 | 1.041 | 32.6 | 51.3 | 16.1 | 0.4 | 5.8 | 93.8 |
| 06/07/2004 | 10085 | 342 | 298246 | 314830 | 1.056 | 27.4 | 62.5 | 10.1 | 0.0 | 2.3 | 97.7 |
| 14/07/2004 | 7469 | 214 | 137783 | 144849 | 1.051 | 31.8 | 55.8 | 12.4 | 0.0 | 2.5 | 97.5 |
| 20/07/2004 | 8889 | 230 | 176722 | 187955 | 1.064 | 29.9 | 54.3 | 15.8 | 0.0 | 1.9 | 98.1 |
| 28/07/2004 | 6599 | 277 | 158164 | 160340 | 1.014 | 45.5 | 47.1 | 7.4 | 2.3 | 13.0 | 84.7 |
| 07/08/2004 | 9424 | 205 | 166756 | 182090 | 1.092 | 25.1 | 54.2 | 20.7 | 0.3 | 5.3 | 94.4 |
| 10/08/2004 | 8297 | 223 | 159650 | 167798 | 1.051 | 40.8 | 49.9 | 9.3 | 0.0 | 3.3 | 96.7 |
| 17/08/2004 | 5455 | 194 | 91532 | 93999 | 1.027 | 45.7 | 50.4 | 3.9 | | | |
| 24/08/2004 | 4671 | 121 | 48998 | | | 25.8 | 71.1 | 3.1 | 1.1 | 8.0 | 90.9 |
| 31/08/2004 | 4536 | 115 | 44956 | 49082 | 1.092 | 8.3 | 86.0 | 5.7 | 2.3 | 15.2 | 82.5 |
| 08/09/2004 | 4664 | 159 | 64107 | | | 45.7 | 52.0 | 2.3 | 3.0 | 13.6 | 83.4 |
| Promedio aritmetico | | | | | 1.056 | 26.5 | 63.7 | 9.8 | 1.2 | 7.8 | 91.0 |

Q=caudal líquido, C=concentración, Qss=caudal sólido en suspensión, Qst=caudal sólido total

Fuente: Furnas-Odebrecht (2005)



Tabla A.3.2: Granulometría del material del lecho según los estudios de EIA

| Fecha | % que pasa por el tamiz de tamaño (mm) | | | | | | | | | |
|-----------------|----------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 0.016 | 0.062 | 0.125 | 0.25 | 0.5 | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 |
| 19/03/2004 | 7.7 | 19.3 | 26.7 | 79.8 | 98.2 | 99.5 | 99.8 | 100 | 100 | 100 |
| 25/03/2004 | 0 | 0.9 | 8.7 | 58.8 | 95.2 | 99.2 | 99.8 | 99.9 | 100 | 100 |
| 31/03/2004 | 9.3 | 21.9 | 26.1 | 60.3 | 92.4 | 97.2 | 99.1 | 99.7 | 100 | 100 |
| 06/04/2004 | 5.9 | 14.8 | 22.8 | 49.4 | 91.5 | 97 | 98.7 | 99.4 | 99.6 | 100 |
| 21/04/2004 | 6.1 | 14 | 18.6 | 42.3 | 87.6 | 98.7 | 99.8 | 100 | 100 | 100 |
| 27/04/2004 | 0 | 1.3 | 18.8 | 56 | 85.6 | 96.7 | 99.5 | 100 | 100 | 100 |
| 04/05/2004 | 6.1 | 14.7 | 17.2 | 32 | 79.5 | 92.5 | 97.2 | 98.7 | 99.1 | 100 |
| 11/05/2004 | 7.1 | 14.3 | 25.4 | 52.8 | 91.6 | 97.7 | 99.3 | 99.9 | 100 | 100 |
| 18/05/2004 | 0 | 0.3 | 5 | 42.2 | 98.2 | 99.8 | 99.9 | 100 | 100 | 100 |
| 26/05/2004 | 0 | 4.8 | 22.1 | 66.1 | 94.5 | 99.2 | 99.9 | 100 | 100 | 100 |
| 01/06/2004 | 0 | 2.8 | 29.4 | 94.5 | 99.7 | 99.9 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 10/06/2004 | 0 | 2.3 | 15.9 | 55.9 | 84.8 | 94 | 97.5 | 99.5 | 100 | 100 |
| 15/06/2004 | 0 | 1 | 13.5 | 66.8 | 88.6 | 96.9 | 99.2 | 99.9 | 100 | 100 |
| 22/06/2004 | 0 | 2.3 | 18.6 | 79.2 | 97.6 | 99 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 29/06/2004 | 0.9 | 6.2 | 21.1 | 83.8 | 97.2 | 99 | 99.5 | 99.9 | 100 | 100 |
| 23/09/2004 | 3.9 | 16.3 | 38 | 90.5 | 98.7 | 99.5 | 99.8 | 100 | 100 | 100 |
| 27/09/2004 | 5 | 20.5 | 43.8 | 83 | 97.3 | 98.5 | 99.2 | 100 | 100 | 100 |
| 05/10/2004 | 2.1 | 11.2 | 29.7 | 77.7 | 96.5 | 98.6 | 99.6 | 100 | 100 | 100 |
| 19/10/2004 | 11.3 | 29.7 | 52.1 | 84.4 | 98 | 99.3 | 99.8 | 100 | 100 | 100 |
| 25/10/2004 | 5.9 | 21.3 | 38.4 | 84 | 98.8 | 99.8 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 03/11/2004 | 7.6 | 22 | 42 | 83.5 | 97.8 | 99.1 | 99.6 | 100 | 100 | 100 |
| 08/11/2004 | 8.5 | 24.2 | 38.3 | 86.1 | 98.1 | 99.4 | 99.9 | 100 | 100 | 100 |
| 17/11/2004 | 4.7 | 16.4 | 38.9 | 90.5 | 98.7 | 99.6 | 99.9 | 100 | 100 | 100 |
| 25/11/2004 | 5.2 | 14.7 | 35.7 | 91.2 | 99.3 | 99.8 | 99.9 | 100 | 100 | 100 |
| 02/12/2004 | 0 | 0.7 | 17.9 | 90.8 | 99 | 99.6 | 99.8 | 99.9 | 100 | 100 |
| 07/12/2004 | 0 | 0.5 | 8.3 | 76 | 98.2 | 99.1 | 99.5 | 99.8 | 100 | 100 |
| Promedio | 3.74 | 11.48 | 25.88 | 71.45 | 94.72 | 98.41 | 99.47 | 99.87 | 99.95 | 100.0 |

Fuente: Furnas-Odebrecht (2005)

ANEXO 4: Evolución del lecho y niveles de agua

Tabla A.4.1: Evolución del lecho del río Madera y niveles de agua para Q=5000 m3/s

| Sección | Lecho original | 0 años, L. estab. | | 20 años | | 40 años | | 80 años | |
|---------|----------------|-------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | | Lecho | NA-SE | Lecho | NA-NV | Lecho | NA-NV | Lecho | NA-NV |
| 405 | 76.70 | 76.70 | 86.88 | 76.71 | 87.13 | 76.71 | 87.46 | 76.70 | 88.03 |
| 398 | 68.30 | 68.30 | 85.63 | 68.31 | 86.61 | 68.33 | 87.06 | 68.41 | 87.68 |
| 396 | 69.00 | 69.00 | 85.53 | 74.21 | 86.38 | 74.98 | 86.84 | 76.27 | 87.43 |
| 394.1 | 69.26 | 69.26 | 85.40 | 69.28 | 86.26 | 69.28 | 86.76 | 69.29 | 87.38 |
| 392.1 | 52.56 | 64.73 | 85.32 | 65.08 | 86.20 | 66.51 | 86.69 | 69.12 | 87.29 |
| 391.1 | 76.14 | 74.11 | 85.20 | 74.20 | 86.12 | 74.18 | 86.64 | 74.13 | 87.25 |
| 387.1 | 47.46 | 48.26 | 85.16 | 54.42 | 86.04 | 57.03 | 86.54 | 59.80 | 87.13 |
| 385.1 | 72.68 | 75.65 | 85.05 | 75.66 | 85.95 | 75.66 | 86.46 | 75.66 | 87.06 |
| 383.1 | 50.99 | 45.33 | 85.03 | 45.38 | 85.93 | 46.30 | 86.44 | 50.28 | 87.00 |
| 380.1 | 67.45 | 65.01 | 84.95 | 66.97 | 85.86 | 68.83 | 86.36 | 69.09 | 86.90 |
| 378.1 | 76.79 | 69.46 | 84.93 | 69.46 | 85.85 | 69.46 | 86.36 | 70.23 | 86.90 |
| 376.1 | 74.04 | 72.02 | 84.80 | 73.62 | 85.70 | 74.60 | 86.16 | 74.06 | 86.76 |
| 375 | 70.70 | 68.17 | 84.74 | 68.20 | 85.70 | 68.21 | 86.20 | 68.21 | 86.78 |
| 374.1 | 72.10 | 70.87 | 84.61 | 71.99 | 85.59 | 73.60 | 86.01 | 74.23 | 86.58 |
| 372 | 73.90 | 73.90 | 83.89 | 73.90 | 85.20 | 73.91 | 85.64 | 73.92 | 86.33 |
| 370.1 | 70.25 | 68.16 | 83.72 | 68.22 | 85.12 | 69.87 | 85.53 | 71.87 | 86.20 |
| 369 | 73.00 | 73.67 | 83.57 | 74.83 | 85.03 | 76.17 | 85.36 | 76.53 | 86.02 |
| 364.1 | 67.32 | 68.02 | 83.11 | 68.05 | 84.75 | 68.54 | 85.00 | 70.50 | 85.54 |
| 360.1 | 66.00 | 66.02 | 82.78 | 66.27 | 84.62 | 67.51 | 84.80 | 68.75 | 85.19 |
| 357.1 | 58.49 | 61.70 | 82.66 | 61.83 | 84.55 | 62.56 | 84.72 | 65.44 | 85.05 |
| 355.1 | 57.58 | 57.57 | 82.63 | 57.63 | 84.53 | 58.42 | 84.70 | 61.40 | 85.00 |
| 353.1 | 68.86 | 67.41 | 82.58 | 67.44 | 84.51 | 67.44 | 84.68 | 68.57 | 84.97 |
| 350.1 | 54.58 | 52.20 | 82.54 | 52.22 | 84.49 | 52.22 | 84.65 | 55.42 | 84.92 |
| 347.1 | 62.11 | 62.15 | 82.48 | 62.16 | 84.45 | 62.16 | 84.62 | 62.20 | 84.89 |
| 344.1 | 65.76 | 67.77 | 82.43 | 67.81 | 84.43 | 67.80 | 84.60 | 69.86 | 84.85 |
| 341.1 | 65.16 | 62.45 | 82.40 | 62.62 | 84.41 | 62.48 | 84.58 | 62.47 | 84.83 |
| 338 | 62.00 | 62.17 | 82.36 | 62.29 | 84.38 | 63.11 | 84.55 | 65.96 | 84.79 |
| 334.1 | 53.86 | 53.89 | 82.32 | 53.90 | 84.35 | 53.90 | 84.52 | 53.90 | 84.75 |
| 330.1 | 66.29 | 68.10 | 82.21 | 68.15 | 84.30 | 68.23 | 84.47 | 69.94 | 84.68 |
| 329 | 39.00 | 42.62 | 82.20 | 42.70 | 84.29 | 42.65 | 84.46 | 42.66 | 84.67 |
| 327 | 49.12 | 51.23 | 82.17 | 51.30 | 84.27 | 51.43 | 84.44 | 52.50 | 84.65 |
| 320 | 72.00 | 71.49 | 81.97 | 71.61 | 84.17 | 71.75 | 84.34 | 72.25 | 84.53 |
| 315 | 54.67 | 56.80 | 81.91 | 59.05 | 84.12 | 59.83 | 84.29 | 60.69 | 84.47 |
| 309 | 54.00 | 55.30 | 81.76 | 55.70 | 84.00 | 56.20 | 84.15 | 57.06 | 84.32 |
| 306 | 59.05 | 59.05 | 80.57 | 59.07 | 83.71 | 59.06 | 83.87 | 59.07 | 84.03 |
| 301 | 50.28 | 45.88 | 79.71 | 48.31 | 83.48 | 49.64 | 83.63 | 50.96 | 83.77 |
| 292 | 60.50 | 65.53 | 78.49 | 67.83 | 83.12 | 68.39 | 83.20 | 68.63 | 83.28 |
| 286 | 37.12 | 38.31 | 77.79 | 39.98 | 82.95 | 41.07 | 83.00 | 42.07 | 83.06 |
| 283 | 51.27 | 46.65 | 77.55 | 47.94 | 82.90 | 50.17 | 82.94 | 51.81 | 82.98 |
| 279 | 54.83 | 54.83 | 77.25 | 54.83 | 82.85 | 54.86 | 82.88 | 54.86 | 82.91 |
| 272 | 53.72 | 53.72 | 76.37 | 53.73 | 82.74 | 53.73 | 82.76 | 53.72 | 82.80 |
| 267 | 64.00 | 64.00 | 75.34 | 64.00 | 82.66 | 64.00 | 82.68 | 64.01 | 82.72 |
| 258 | 53.40 | 43.40 | 75.26 | 44.09 | 82.64 | 46.56 | 82.67 | 49.80 | 82.69 |
| 256 | 58.40 | 58.41 | 75.12 | 62.30 | 82.60 | 62.14 | 82.62 | 62.08 | 82.65 |
| 255 | 55.08 | 50.14 | 75.11 | 50.15 | 82.61 | 50.14 | 82.64 | 50.15 | 82.66 |
| 253 | 56.60 | 59.92 | 74.91 | 62.46 | 82.59 | 64.02 | 82.61 | 65.47 | 82.62 |
| 243 | 60.00 | 61.15 | 74.58 | 61.78 | 82.57 | 62.46 | 82.58 | 62.72 | 82.59 |
| 228 | 60.00 | 62.40 | 74.23 | 63.79 | 82.54 | 65.55 | 82.54 | 68.78 | 82.54 |
| 211 | 60.00 | 55.01 | 73.92 | 55.02 | 82.52 | 55.02 | 82.52 | 55.13 | 82.52 |
| 210 | 62.00 | 62.00 | 73.81 | 62.00 | 82.50 | 62.00 | 82.50 | 62.00 | 82.50 |



Tabla A.4.2: Evolución del lecho del río Madera y niveles de agua para Q=40000 m3/s

| Sección | Lecho original | 0 años, L. estab. | | 20 años | | 40 años | | 80 años | |
|---------|----------------|-------------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | | Lecho | NA-SE | Lecho | NA-NV | Lecho | NA-NV | Lecho | NA-NV |
| 405 | 76.70 | 76.70 | 100.79 | 76.71 | 101.93 | 76.71 | 102.40 | 76.70 | 103.15 |
| 398 | 68.30 | 68.30 | 100.08 | 68.31 | 101.40 | 68.33 | 101.91 | 68.41 | 102.70 |
| 396 | 69.00 | 69.00 | 99.97 | 74.21 | 101.16 | 74.98 | 101.68 | 76.27 | 102.47 |
| 394.1 | 69.26 | 69.26 | 99.83 | 69.28 | 101.09 | 69.28 | 101.62 | 69.29 | 102.42 |
| 392.1 | 52.56 | 64.73 | 99.48 | 65.08 | 100.81 | 66.51 | 101.33 | 69.12 | 102.12 |
| 391.1 | 76.14 | 74.11 | 99.46 | 74.20 | 100.80 | 74.18 | 101.33 | 74.13 | 102.15 |
| 387.1 | 47.46 | 48.26 | 99.32 | 54.42 | 100.50 | 57.03 | 100.96 | 59.80 | 101.72 |
| 385.1 | 72.68 | 75.65 | 99.02 | 75.66 | 100.31 | 75.66 | 100.81 | 75.66 | 101.61 |
| 383.1 | 50.99 | 45.33 | 99.01 | 45.38 | 100.30 | 46.30 | 100.79 | 50.28 | 101.53 |
| 380.1 | 67.45 | 65.01 | 98.76 | 66.97 | 100.02 | 68.83 | 100.48 | 69.09 | 101.27 |
| 378.1 | 76.79 | 69.46 | 98.79 | 69.46 | 100.08 | 69.46 | 100.55 | 70.23 | 101.33 |
| 376.1 | 74.04 | 72.02 | 98.57 | 73.62 | 99.84 | 74.60 | 100.26 | 74.06 | 101.05 |
| 375 | 70.70 | 68.17 | 98.61 | 68.20 | 99.90 | 68.21 | 100.35 | 68.21 | 101.15 |
| 374.1 | 72.10 | 70.87 | 98.52 | 71.99 | 99.80 | 73.60 | 100.21 | 74.23 | 100.98 |
| 372 | 73.90 | 73.90 | 98.31 | 73.90 | 99.63 | 73.91 | 100.04 | 73.92 | 100.87 |
| 370.1 | 70.25 | 68.16 | 98.22 | 68.22 | 99.55 | 69.87 | 99.93 | 71.87 | 100.70 |
| 369 | 73.00 | 73.67 | 98.17 | 74.83 | 99.50 | 76.17 | 99.86 | 76.53 | 100.66 |
| 364.1 | 67.32 | 68.02 | 97.83 | 68.05 | 99.23 | 68.54 | 99.58 | 70.50 | 100.30 |
| 360.1 | 66.00 | 66.02 | 97.66 | 66.27 | 99.10 | 67.51 | 99.43 | 68.75 | 100.14 |
| 357.1 | 58.49 | 61.70 | 97.40 | 61.83 | 98.89 | 62.56 | 99.23 | 65.44 | 99.94 |
| 355.1 | 57.58 | 57.57 | 97.30 | 57.63 | 98.81 | 58.42 | 99.14 | 61.40 | 99.81 |
| 353.1 | 68.86 | 67.41 | 97.19 | 67.44 | 98.72 | 67.44 | 99.06 | 68.57 | 99.72 |
| 350.1 | 54.58 | 52.20 | 96.99 | 52.22 | 98.56 | 52.22 | 98.91 | 55.42 | 99.52 |
| 347.1 | 62.11 | 62.15 | 96.88 | 62.16 | 98.48 | 62.16 | 98.84 | 62.20 | 99.47 |
| 344.1 | 65.76 | 67.77 | 96.69 | 67.81 | 98.19 | 67.80 | 98.56 | 69.86 | 99.16 |
| 341.1 | 65.16 | 62.45 | 96.60 | 62.62 | 97.99 | 62.48 | 98.37 | 62.47 | 99.01 |
| 338 | 62.00 | 62.17 | 96.36 | 62.29 | 97.80 | 63.11 | 98.17 | 65.96 | 98.74 |
| 334.1 | 53.86 | 53.89 | 96.14 | 53.90 | 97.63 | 53.90 | 98.01 | 53.90 | 98.57 |
| 330.1 | 66.29 | 68.10 | 95.79 | 68.15 | 97.37 | 68.23 | 97.76 | 69.94 | 98.26 |
| 329 | 39.00 | 42.62 | 95.71 | 42.70 | 97.30 | 42.65 | 97.70 | 42.66 | 98.20 |
| 327 | 49.12 | 51.23 | 95.50 | 51.30 | 97.13 | 51.43 | 97.53 | 52.50 | 98.00 |
| 320 | 72.00 | 71.49 | 95.06 | 71.61 | 96.81 | 71.75 | 97.23 | 72.25 | 97.69 |
| 315 | 54.67 | 56.80 | 94.83 | 59.05 | 96.57 | 59.83 | 96.98 | 60.69 | 97.43 |
| 309 | 54.00 | 55.30 | 94.37 | 55.70 | 96.21 | 56.20 | 96.61 | 57.06 | 97.05 |
| 306 | 59.05 | 59.05 | 93.84 | 59.07 | 95.85 | 59.06 | 96.28 | 59.07 | 96.73 |
| 301 | 50.28 | 45.88 | 93.32 | 48.31 | 95.45 | 49.64 | 95.86 | 50.96 | 96.29 |
| 292 | 60.50 | 65.53 | 92.24 | 67.83 | 94.58 | 68.39 | 94.91 | 68.63 | 95.30 |
| 286 | 37.12 | 38.31 | 91.32 | 39.98 | 93.91 | 41.07 | 94.18 | 42.07 | 94.54 |
| 283 | 51.27 | 46.65 | 90.91 | 47.94 | 93.61 | 50.17 | 93.82 | 51.81 | 94.14 |
| 279 | 54.83 | 54.83 | 90.48 | 54.83 | 93.34 | 54.86 | 93.54 | 54.86 | 93.85 |
| 272 | 53.72 | 53.72 | 89.08 | 53.73 | 92.55 | 53.73 | 92.76 | 53.72 | 93.10 |
| 267 | 64.00 | 64.00 | 87.93 | 64.00 | 91.96 | 64.00 | 92.20 | 64.01 | 92.56 |
| 258 | 53.40 | 43.40 | 87.70 | 44.09 | 91.81 | 46.56 | 91.99 | 49.80 | 92.27 |
| 256 | 58.40 | 58.41 | 87.41 | 62.30 | 91.52 | 62.14 | 91.70 | 62.08 | 91.98 |
| 255 | 55.08 | 50.14 | 87.47 | 50.15 | 91.62 | 50.14 | 91.80 | 50.15 | 92.09 |
| 253 | 56.60 | 59.92 | 87.14 | 62.46 | 91.37 | 64.02 | 91.51 | 65.47 | 91.74 |
| 243 | 60.00 | 61.15 | 86.73 | 61.78 | 91.13 | 62.46 | 91.24 | 62.72 | 91.48 |
| 228 | 60.00 | 62.40 | 86.04 | 63.79 | 90.74 | 65.55 | 90.75 | 68.78 | 90.76 |
| 211 | 60.00 | 55.01 | 85.51 | 55.02 | 90.48 | 55.02 | 90.48 | 55.13 | 90.48 |
| 210 | 62.00 | 62.00 | 84.63 | 62.00 | 90.00 | 62.00 | 90.00 | 62.00 | 90.00 |

NA-SE= Nivel del agua sin embalse, NA-NV=NA con embalse operando a nivel variable



Tabla A.4.3: Perfil hidráulico e incremento del nivel de agua entre Jirau y Ribeirao , condición actual y con embalse de nivel variable, Q = 18000 m3/s

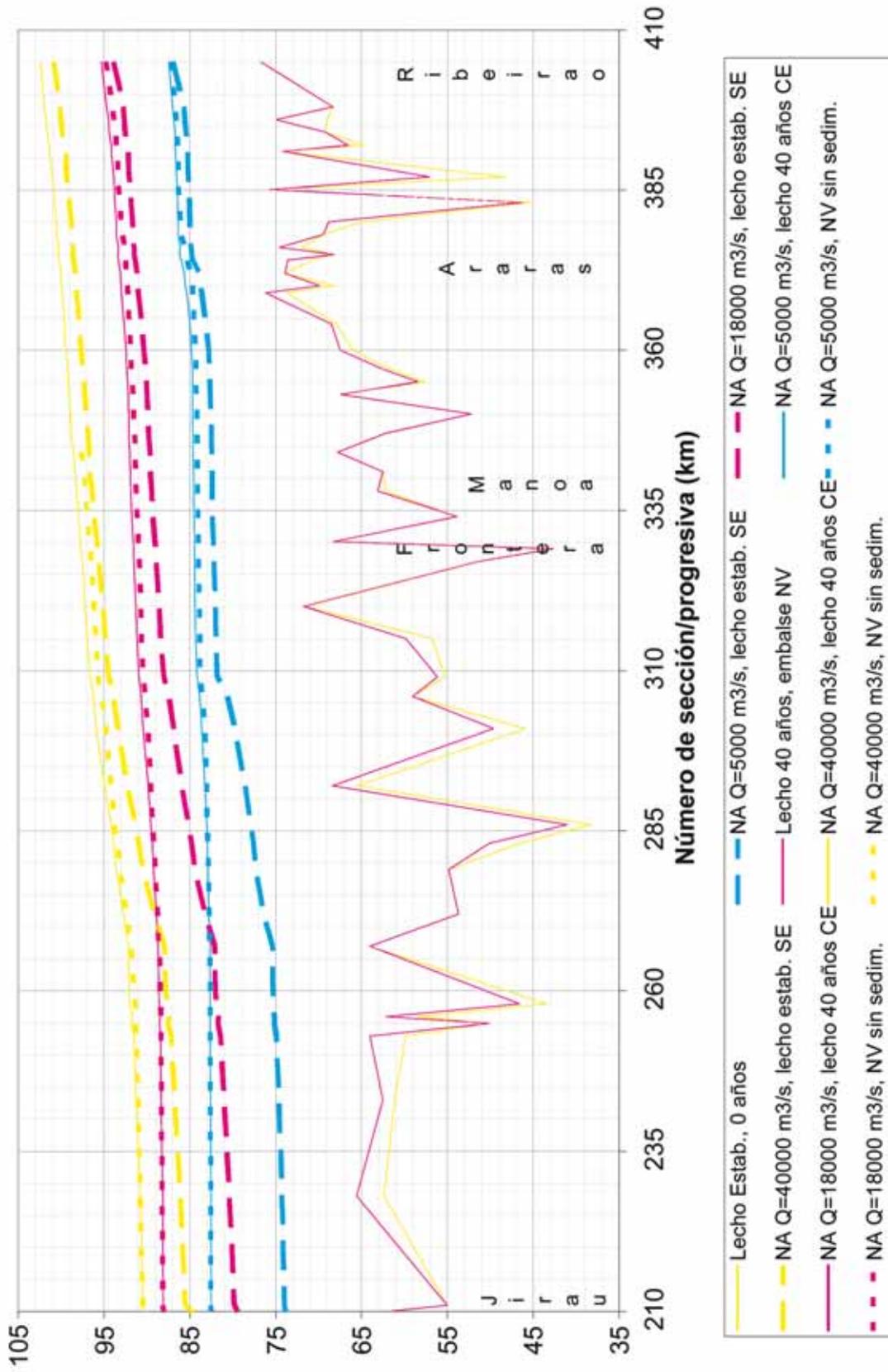
| Sección | NA actual | NA Embalse sin sediment. | Incremento NA Embalse sin sediment. | NA con embalse sediment. a los 20 años | Incremento NA con embalse sediment. a los 20 años | NA con embalse sediment. a los 40 años | Incremento NA con embalse sediment. a los 40 años | NA con embalse sediment. a los 80 años | Incremento NA con embalse sediment. a los 80 años |
|---------|-----------|--------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 405 | 94.13 | 94.71 | 0.58 | 94.90 | 0.77 | 95.28 | 1.15 | 95.94 | 1.81 |
| 398 | 93.15 | 93.98 | 0.83 | 94.23 | 1.08 | 94.70 | 1.55 | 95.45 | 2.30 |
| 396 | 92.89 | 93.77 | 0.88 | 93.98 | 1.09 | 94.43 | 1.54 | 95.17 | 2.28 |
| 394.1 | 92.69 | 93.61 | 0.92 | 93.92 | 1.23 | 94.39 | 1.70 | 95.15 | 2.46 |
| 392.1 | 92.65 | 93.57 | 0.92 | 93.73 | 1.08 | 94.17 | 1.52 | 94.91 | 2.26 |
| 391.1 | 92.47 | 93.43 | 0.96 | 93.68 | 1.21 | 94.14 | 1.67 | 94.89 | 2.42 |
| 387.1 | 92.38 | 93.36 | 0.98 | 93.48 | 1.10 | 93.89 | 1.51 | 94.58 | 2.20 |
| 385.1 | 92.26 | 93.26 | 1.00 | 93.33 | 1.07 | 93.77 | 1.51 | 94.48 | 2.22 |
| 383.1 | 92.08 | 93.12 | 1.04 | 93.32 | 1.24 | 93.75 | 1.67 | 94.41 | 2.33 |
| 380.1 | 91.85 | 92.94 | 1.09 | 93.17 | 1.32 | 93.55 | 1.70 | 94.22 | 2.37 |
| 378.1 | 91.67 | 92.82 | 1.15 | 93.17 | 1.50 | 93.58 | 1.91 | 94.24 | 2.57 |
| 376.1 | 91.30 | 92.57 | 1.27 | 92.99 | 1.69 | 93.35 | 2.05 | 93.99 | 2.69 |
| 375 | 91.25 | 92.54 | 1.29 | 93.01 | 1.76 | 93.39 | 2.14 | 94.05 | 2.80 |
| 374.1 | 91.14 | 92.47 | 1.33 | 92.93 | 1.79 | 93.27 | 2.13 | 93.90 | 2.76 |
| 372 | 90.91 | 92.33 | 1.42 | 92.77 | 1.86 | 93.11 | 2.20 | 93.76 | 2.85 |
| 370.1 | 90.77 | 92.24 | 1.47 | 92.72 | 1.95 | 93.03 | 2.26 | 93.65 | 2.88 |
| 369 | 90.73 | 92.21 | 1.48 | 92.66 | 1.93 | 92.96 | 2.23 | 93.58 | 2.85 |
| 364.1 | 90.40 | 92.00 | 1.60 | 92.38 | 1.98 | 92.64 | 2.24 | 93.20 | 2.80 |
| 360.1 | 90.19 | 91.87 | 1.68 | 92.25 | 2.06 | 92.47 | 2.28 | 93.00 | 2.81 |
| 357.1 | 90.06 | 91.78 | 1.72 | 92.11 | 2.05 | 92.33 | 2.27 | 92.79 | 2.73 |
| 355.1 | 89.96 | 91.70 | 1.74 | 92.05 | 2.09 | 92.26 | 2.30 | 92.69 | 2.73 |
| 353.1 | 89.85 | 91.63 | 1.78 | 92.00 | 2.15 | 92.21 | 2.36 | 92.64 | 2.79 |
| 350.1 | 89.68 | 91.50 | 1.82 | 91.92 | 2.24 | 92.14 | 2.46 | 92.52 | 2.84 |
| 347.1 | 89.57 | 91.43 | 1.86 | 91.86 | 2.29 | 92.08 | 2.51 | 92.47 | 2.90 |
| 344.1 | 89.48 | 91.37 | 1.89 | 91.77 | 2.29 | 92.00 | 2.52 | 92.36 | 2.88 |
| 341.1 | 89.37 | 91.29 | 1.92 | 91.73 | 2.36 | 91.96 | 2.59 | 92.33 | 2.96 |
| 338 | 89.23 | 91.19 | 1.96 | 91.63 | 2.40 | 91.85 | 2.62 | 92.18 | 2.95 |
| 334.1 | 89.10 | 91.09 | 1.99 | 91.53 | 2.43 | 91.75 | 2.65 | 92.07 | 2.97 |
| 330.1 | 88.92 | 90.97 | 2.05 | 91.38 | 2.46 | 91.60 | 2.68 | 91.87 | 2.95 |
| 329 | 88.88 | 90.94 | 2.06 | 91.34 | 2.46 | 91.56 | 2.68 | 91.84 | 2.96 |
| 327 | 88.80 | 90.88 | 2.08 | 91.27 | 2.47 | 91.49 | 2.69 | 91.75 | 2.95 |
| 320 | 88.43 | 90.67 | 2.24 | 91.06 | 2.63 | 91.29 | 2.86 | 91.54 | 3.11 |
| 315 | 88.31 | 90.59 | 2.28 | 90.94 | 2.63 | 91.16 | 2.85 | 91.40 | 3.09 |
| 309 | 88.03 | 90.43 | 2.40 | 90.70 | 2.67 | 90.91 | 2.88 | 91.12 | 3.09 |
| 306 | 87.50 | 90.18 | 2.68 | 90.45 | 2.95 | 90.68 | 3.18 | 90.90 | 3.40 |
| 301 | 86.70 | 89.85 | 3.15 | 90.20 | 3.50 | 90.41 | 3.71 | 90.61 | 3.91 |
| 292 | 85.87 | 89.52 | 3.65 | 89.73 | 3.86 | 89.88 | 4.01 | 90.04 | 4.17 |
| 286 | 85.40 | 89.34 | 3.94 | 89.40 | 4.00 | 89.51 | 4.11 | 89.65 | 4.25 |
| 283 | 84.95 | 89.18 | 4.23 | 89.26 | 4.31 | 89.35 | 4.40 | 89.45 | 4.50 |
| 279 | 84.46 | 89.04 | 4.58 | 89.14 | 4.68 | 89.20 | 4.74 | 89.30 | 4.84 |
| 272 | 83.39 | 88.74 | 5.35 | 88.80 | 5.41 | 88.88 | 5.49 | 88.98 | 5.59 |
| 267 | 82.42 | 88.52 | 6.10 | 88.59 | 6.17 | 88.66 | 6.24 | 88.77 | 6.35 |
| 258 | 81.74 | 88.39 | 6.65 | 88.54 | 6.80 | 88.60 | 6.86 | 88.68 | 6.94 |
| 256 | 81.61 | 88.38 | 6.77 | 88.42 | 6.81 | 88.48 | 6.87 | 88.55 | 6.94 |
| 255 | 81.49 | 88.37 | 6.88 | 88.46 | 6.97 | 88.52 | 7.03 | 88.59 | 7.10 |
| 253 | 81.30 | 88.33 | 7.03 | 88.38 | 7.08 | 88.42 | 7.12 | 88.47 | 7.17 |
| 243 | 80.99 | 88.28 | 7.29 | 88.31 | 7.32 | 88.34 | 7.35 | 88.39 | 7.40 |
| 228 | 80.55 | 88.21 | 7.66 | 88.19 | 7.64 | 88.19 | 7.64 | 88.18 | 7.63 |
| 211 | 79.78 | 88.11 | 8.33 | 88.12 | 8.34 | 88.12 | 8.34 | 88.12 | 8.34 |
| 210 | 79.39 | 88.00 | 8.61 | 88.00 | 8.61 | 88.00 | 8.61 | 88.00 | 8.61 |

Tabla A.4.4: Nivel del agua NA para T= 80 años, caso S-Qs+, caudal sólido superior

| Sección | Lecho Estab., 0 años | Lecho 80 años, embalse NV Qsol.sup | NA Actual Q=18000 m3/s | NA Q=18000 m3/s, lecho estab. SE | NA Q=18000 m3/s, lecho 80 años CE, Qsol.sup | NA Actual Q=40000 m3/s | NA Q=40000 m3/s, lecho estab. SE | NA Q=40000 m3/s, lecho 80 años CE, Qsol.sup | NA Q=47370 m3/s, lecho estab. SE | NA Q=47370 m3/s, lecho 80 años CE, Qsol.sup |
|---------|----------------------|------------------------------------|------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|
| 405 | 76.70 | 76.95 | 94.13 | 93.84 | 97.53 | 101.07 | 100.79 | 104.88 | 102.76 | 106.60 |
| 398 | 68.30 | 68.77 | 93.15 | 92.70 | 97.11 | 100.42 | 100.08 | 104.47 | 102.14 | 106.22 |
| 396 | 69.00 | 78.97 | 92.89 | 92.60 | 96.65 | 100.09 | 99.97 | 104.18 | 102.04 | 105.95 |
| 394.1 | 69.26 | 69.32 | 92.69 | 92.48 | 96.76 | 99.86 | 99.83 | 104.17 | 101.88 | 105.93 |
| 392.1 | 64.73 | 76.60 | 92.65 | 92.24 | 96.40 | 99.79 | 99.48 | 103.75 | 101.53 | 105.50 |
| 391.1 | 74.11 | 74.14 | 92.47 | 92.16 | 96.48 | 99.59 | 99.46 | 103.86 | 101.52 | 105.61 |
| 387.1 | 48.26 | 66.70 | 92.38 | 92.04 | 96.00 | 99.48 | 99.32 | 103.24 | 101.37 | 105.00 |
| 385.1 | 75.65 | 75.69 | 92.26 | 91.82 | 96.01 | 99.31 | 99.02 | 103.27 | 101.06 | 105.02 |
| 383.1 | 45.33 | 57.28 | 92.08 | 91.80 | 95.70 | 99.07 | 99.01 | 102.97 | 101.05 | 104.72 |
| 380.1 | 65.01 | 69.24 | 91.85 | 91.65 | 95.58 | 98.78 | 98.76 | 102.83 | 100.80 | 104.57 |
| 378.1 | 69.46 | 79.18 | 91.67 | 91.64 | 95.47 | 98.65 | 98.79 | 102.75 | 100.83 | 104.50 |
| 376.1 | 72.02 | 73.97 | 91.30 | 91.45 | 95.21 | 98.40 | 98.57 | 102.55 | 100.60 | 104.33 |
| 375 | 68.17 | 68.64 | 91.25 | 91.44 | 95.29 | 98.38 | 98.61 | 102.63 | 100.66 | 104.40 |
| 374.1 | 70.87 | 75.02 | 91.14 | 91.36 | 95.04 | 98.33 | 98.52 | 102.32 | 100.56 | 104.18 |
| 372 | 73.90 | 73.91 | 90.91 | 91.13 | 94.99 | 98.15 | 98.31 | 102.29 | 100.39 | 104.13 |
| 370.1 | 68.16 | 75.90 | 90.77 | 91.05 | 94.77 | 98.02 | 98.22 | 102.07 | 100.26 | 103.93 |
| 369 | 73.67 | 76.42 | 90.73 | 90.98 | 94.75 | 98.00 | 98.17 | 102.07 | 100.22 | 103.93 |
| 364.1 | 68.02 | 74.16 | 90.40 | 90.56 | 94.27 | 97.70 | 97.83 | 101.64 | 99.88 | 103.52 |
| 360.1 | 66.02 | 68.35 | 90.19 | 90.33 | 94.15 | 97.52 | 97.66 | 101.54 | 99.73 | 103.43 |
| 357.1 | 61.70 | 71.01 | 90.06 | 90.13 | 93.78 | 97.35 | 97.40 | 101.28 | 99.47 | 103.19 |
| 355.1 | 57.57 | 61.16 | 89.96 | 90.04 | 93.74 | 97.16 | 97.30 | 101.21 | 99.36 | 103.11 |
| 353.1 | 67.41 | 74.30 | 89.85 | 89.96 | 93.59 | 97.04 | 97.19 | 100.98 | 99.24 | 102.88 |
| 350.1 | 52.20 | 55.94 | 89.68 | 89.85 | 93.51 | 96.76 | 96.99 | 100.88 | 99.03 | 102.78 |
| 347.1 | 62.15 | 66.16 | 89.57 | 89.75 | 93.41 | 96.66 | 96.88 | 100.78 | 98.93 | 102.68 |
| 344.1 | 67.77 | 72.61 | 89.48 | 89.63 | 93.27 | 96.54 | 96.69 | 100.39 | 98.53 | 102.24 |
| 341.1 | 62.45 | 63.13 | 89.37 | 89.56 | 93.25 | 96.18 | 96.60 | 100.28 | 98.27 | 102.12 |
| 338 | 62.17 | 69.82 | 89.23 | 89.42 | 93.03 | 96.14 | 96.36 | 99.90 | 98.01 | 101.68 |
| 334.1 | 53.89 | 53.90 | 89.10 | 89.29 | 92.91 | 95.91 | 96.14 | 99.72 | 97.79 | 101.49 |
| 330.1 | 68.10 | 72.83 | 88.92 | 89.05 | 92.62 | 95.65 | 95.79 | 99.32 | 97.42 | 101.06 |
| 329 | 42.62 | 43.47 | 88.88 | 89.00 | 92.58 | 95.56 | 95.71 | 99.25 | 97.33 | 100.99 |
| 327 | 51.23 | 55.51 | 88.80 | 88.90 | 92.45 | 95.38 | 95.50 | 98.97 | 97.09 | 100.66 |
| 320 | 71.49 | 73.22 | 88.43 | 88.52 | 92.20 | 94.95 | 95.06 | 98.64 | 96.63 | 100.32 |
| 315 | 56.80 | 63.19 | 88.31 | 88.36 | 92.03 | 94.76 | 94.83 | 98.33 | 96.37 | 99.96 |
| 309 | 55.30 | 58.09 | 88.03 | 87.98 | 91.70 | 94.39 | 94.37 | 97.91 | 95.91 | 99.52 |
| 306 | 59.05 | 61.80 | 87.50 | 87.38 | 91.42 | 93.89 | 93.84 | 97.53 | 95.38 | 99.09 |
| 301 | 45.88 | 52.86 | 86.70 | 86.85 | 91.04 | 93.14 | 93.32 | 97.01 | 94.85 | 98.49 |
| 292 | 65.53 | 69.82 | 85.87 | 85.91 | 90.36 | 92.15 | 92.24 | 95.90 | 93.86 | 97.31 |
| 286 | 38.31 | 43.73 | 85.40 | 85.11 | 89.90 | 91.49 | 91.32 | 95.05 | 93.00 | 96.39 |
| 283 | 46.65 | 54.07 | 84.95 | 84.77 | 89.65 | 90.93 | 90.91 | 94.58 | 92.58 | 95.81 |
| 279 | 54.83 | 56.82 | 84.46 | 84.37 | 89.46 | 90.47 | 90.48 | 94.23 | 92.15 | 95.41 |
| 272 | 53.72 | 53.74 | 83.39 | 83.15 | 89.11 | 89.24 | 89.08 | 93.45 | 90.75 | 94.45 |
| 267 | 64.00 | 64.01 | 82.42 | 82.09 | 88.91 | 88.17 | 87.93 | 92.94 | 89.58 | 93.80 |
| 258 | 43.40 | 53.05 | 81.74 | 81.91 | 88.78 | 87.39 | 87.70 | 92.56 | 89.32 | 93.32 |
| 256 | 58.41 | 61.76 | 81.61 | 81.63 | 88.65 | 87.32 | 87.41 | 92.28 | 89.05 | 93.03 |
| 255 | 50.14 | 50.14 | 81.49 | 81.66 | 88.69 | 87.25 | 87.47 | 92.38 | 89.11 | 93.14 |
| 253 | 59.92 | 66.80 | 81.30 | 81.41 | 88.54 | 87.05 | 87.14 | 91.97 | 88.75 | 92.63 |
| 243 | 61.15 | 62.91 | 80.99 | 80.97 | 88.46 | 86.72 | 86.73 | 91.72 | 88.30 | 92.30 |
| 228 | 62.40 | 71.22 | 80.55 | 80.35 | 88.19 | 86.24 | 86.04 | 90.81 | 87.56 | 91.13 |
| 211 | 55.01 | 56.45 | 79.78 | 79.80 | 88.12 | 85.44 | 85.51 | 90.47 | 86.99 | 90.66 |

SE=sin embalse CE=con embalse

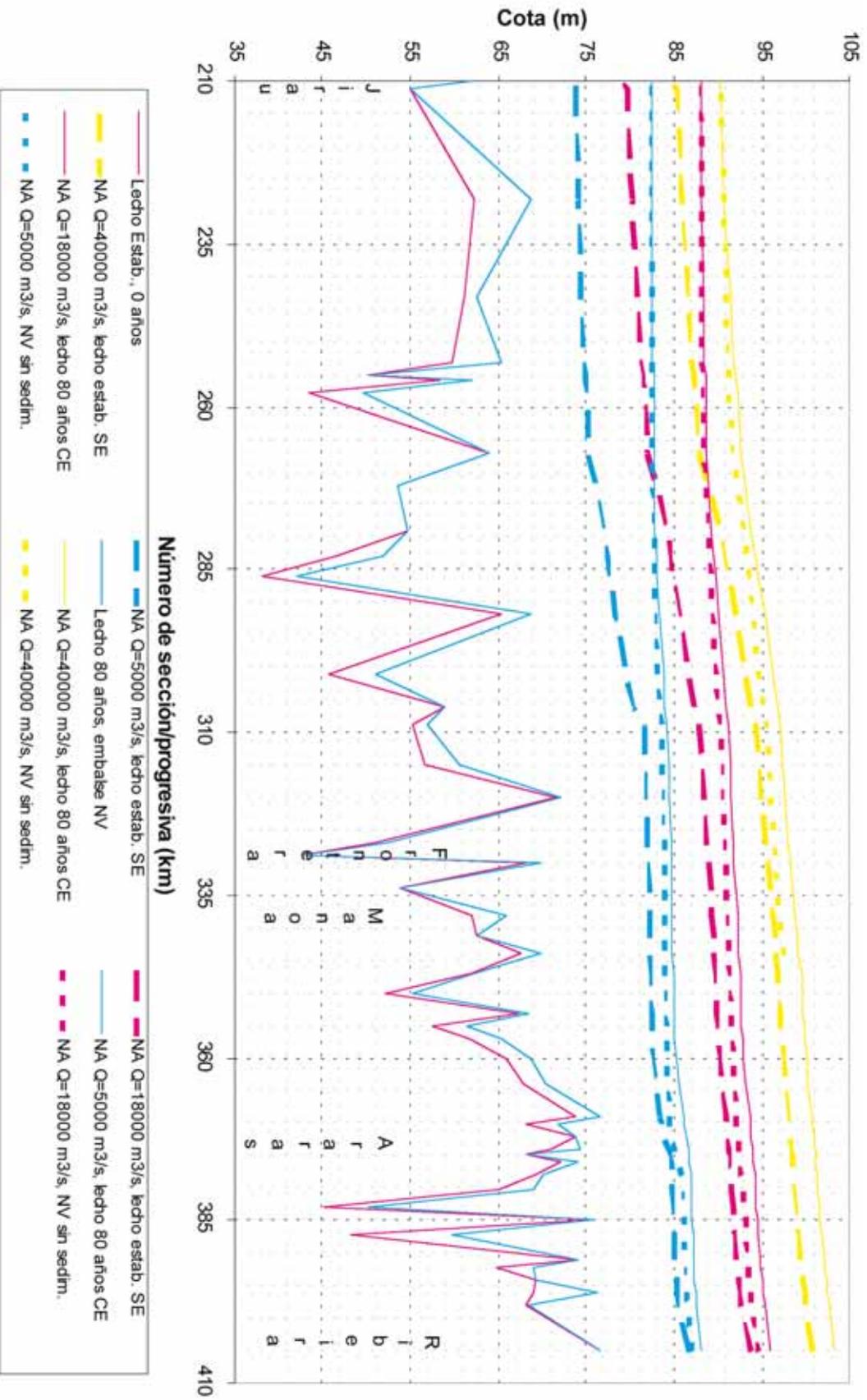
Figura A.4.1: Nivel del lecho para 0 y 40 años y nivel del agua NA para diferentes caudales



SE=sin embalse, CE=con embalse, NV=nivel variable en el embalse



Figura A.4.2: Nivel del lecho para 0 y 20 años y nivel del agua NA para diferentes caudales



SE=sin embalse, CE=con embalse, NV=nivel variable en el embalse



Figura A.4.3: Evolución del nivel de agua del río Madera en Araras (sección 375) después de la instalación de la central de Jirau

