

# MEMORIA

Evaluación de Impactos Ambientales de grandes  
hidroeléctricas en regiones tropicales :

El caso del Río Madera

Ihh

IRD

wwf

La Paz, 19 y 20 de mayo de 2009

## El caso del río Madera

### Acto de Inauguración

**Marie Danielle Demelas**  
**Directora del IRD - Francia**

Debido a la creciente demanda de agua para producción eléctrica, riego y uso doméstico y a la disponibilidad de recursos hídricos, Sudamérica es una de las regiones más activas del mundo en cuanto a la construcción de represas. Otros factores, como las posibles consecuencias del cambio climático global, pueden incrementar el ritmo de construcción, por la capacidad que se le atribuye a las represas de regular el flujo del agua y atenuar los extremos (sequías e inundaciones).

En su amplio informe sobre el tema, la Comisión Mundial de las Represas (WDC, 2000) destaca el importante rol de las represas para el desarrollo humano, pero mencionando que en muchos casos se ha generado un costo *"inaceptable y a menudo innecesario en términos sociales y ambientales"*. Varios países sudamericanos contemplan la construcción de embalses tanto en la parte andina como en las tierras bajas del continente que, más allá de su relevancia económica, pueden producir grandes impactos socio-ambientales y ecológicos en sus cuencas y sistemas hidrológicos. El hecho de que la mayor parte de Sudamérica se encuentre en la zona tropical y que muchos ríos y cuencas sean internacionales, enfatiza la necesidad de realizar estudios de impacto ambiental amplios y profundos, que en muchos casos no pueden limitarse al ámbito nacional.

El aprovechamiento de los recursos hídricos, en el marco de una gestión integral del agua, es un gran reto tanto político como científico-técnico. Sin embargo, evaluar los impactos ambientales directos e indirectos de las grandes represas en las regiones tropicales es todavía un reto científico, porque en muchos casos la información para apoyar la evaluación es débil, por la falta de conocimiento de muchos procesos o por la carencia de métodos y herramientas de modelización apropiados para los trópicos.

## El caso del río Madera

### Palabras de Bienvenida e Introducción

**Adolfo Moreno**

**Director a.i., WWF Bolivia**

1. En nombre de Instituto de Hidráulica e Hidrología de la Universidad Mayor de San Andrés, del Instituto de Investigación para el Desarrollo, IRD y de WWF, doy la bienvenida al evento (y al país), y saludo respetuosamente a las autoridades nacionales, a los investigadores invitados, a los representantes de instituciones, a los colegas y al público que nos honra con su presencia.
2. El Simposio está concebido con el objetivo de intercambiar resultados de las investigaciones realizadas por los disertantes y proponer recomendaciones para las evaluaciones técnico-ambientales que se realizan sobre obras de infraestructura hidroeléctricas en regiones tropicales, con foco en la infraestructura en proceso de construcción en el río Madera. Escucharemos, entonces, disertaciones que versarán sobre:
  - a. El Estado del conocimiento en la región,
  - b. Impactos biofísicos y socioeconómicos de las represas proyectadas en la cuenca del río Madera y,
  - c. Sistemas de evaluación de impacto ambiental y gestión de recursos hídricos.
3. La alianza IHH/UMSA - IRD - WWF para este evento está basada en el interés mutuo de crear un espacio desde donde se contribuya a identificar y caracterizar los impactos potenciales de las represas y se llegue a crear posibles alianzas desde los ámbitos científico y político para subsanar oportunamente estos impactos y, al mismo tiempo, contribuir a un saludable debate sobre generación de hidro-energía sostenible.
4. Como organizadores deseamos proveer insumos para que se puedan tomar decisiones que minimicen los impactos negativos y promuevan el desarrollo de una infraestructura energética sostenible en la Amazonia boliviana. A través de la difusión de los resultados de las investigaciones, se espera que se pueda apoyar un proceso de toma de decisiones informado, democrático y participativo a través de un diálogo productivo y transparente que compatibilice los múltiples intereses involucrados.

## El caso del río Madera

5. Las instituciones organizadoras del evento hemos contribuido cada una desde nuestras principales capacidades y fortalezas: El IHH y el IRD con la capacidad técnica/científica para realizar estudios que puedan construir una línea de base sobre los impactos que pueden tener las represas del río Madera en territorio boliviano, y WWF desde un rol facilitador, apoyando a investigadores a que puedan realizar algunos estudios importantes.
6. Como organizadores del evento:
  - a. Solicitamos a la audiencia que traten de extraer el máximo rendimiento de los expositores haciéndoles preguntas concretas que permitan aprovechar adecuadamente el tiempo disponible de preguntas y respuestas.
  - b. Se trate de mantener una discusión técnica y enfocada lo más que se pueda en las represas del Madeira.

Con estas breves palabras introductorias, damos por inaugurado el evento y, esperando que la jornada sea de mucho provecho.

## El caso del río Madera

### Palabras de Clausura

**Juan Pablo Ramos**

**Viceministro de Biodiversidad, Recursos Forestales y Medio Ambiente - Bolivia**

Muchísimas gracias. Buenas tardes a todos. Creo fundamental, en primer lugar, felicitar a los organizadores de este evento internacional por la pertinencia. Considero que los eventos o los hechos tienen la ventaja de producir efectos cuando se realizan en el momento preciso. Sin duda, en este momento, en nuestro país vivimos una discusión profunda sobre las riquezas, el tema energético y cuáles deben ser las soluciones energéticas que debemos emprender de manera articulada, equilibrada y vinculada entre las distintas variables ambientales, económicas, culturales, políticas y sociales. Esa es una discusión permanente que ha adquirido relevancia a partir de lo que está sucediendo con las dos represas de Brasil, Jirau y San Antonio. Esta situación no sólo ha generado un debate nacional sino también internacional, razón por la cual este evento tiene la característica de la pertinencia porque se está realizando en un momento en el que puede aportar a la discusión y a la búsqueda de una solución, por eso felicito a los responsables de la organización.

Cuando se leían las conclusiones me llamó mucho la atención la fragmentación de los estudios o de las investigaciones, sin duda alguna, ese es uno de los grandes problemas que enfrentamos. Les comento esto porque aproximadamente hace un año y medio, cuando como delegación boliviana viajamos al Brasil para exponer nuestra posición sobre las represas, lógicamente teníamos una debilidad, era la debilidad técnica, científica. Contábamos con algunos datos, habíamos desarrollado algunos modelos todavía no muy trabajados. Llegamos a la conclusión de que teníamos dudas razonables de los impactos que podrían generar las represas sobre el lado boliviano.

¿En ese contexto cuál es la importancia de la ciencia y la técnica? Cuando nos visitó la delegación brasilera, pasamos de dudas razonables a constataciones, ese es el aporte importante al debate, realizar estudios no fragmentados, coordinados, organizados hacia un objetivo, estudios que tengan la capacidad de poder influir en la discusión y en la toma de decisiones. Por todo esto, destaco la voluntad de evitar la fragmentación y superar el vacío de información técnica científica en temas que involucran la decisión de un país o la política de una nación en cierta área o que podrían generar un conflicto entre naciones, son fundamentales y en ese tema hemos tenido ciertas debilidades permanentemente.

## El caso del río Madera

Creo que el ejemplo nos lleva a trabajar intensamente en este sentido. Este evento ha tenido la cualidad de comenzar a tratar de articular estudios, conocimientos, información, contactos entre personas, instituciones, no para hablar del caso boliviano específicamente sino reflexionar sobre la situación de las represas en general y de sus potenciales impactos, y hacerlo de una manera científica e integral. Muchas veces, hemos abordado el tema sólo desde el ambientalismo o desde la perspectiva económica o desde la mirada de la ingeniería. Otra cosa es cuando se combinan los factores de manera integral y compleja, porque el tema es complejo, cuando se integran las variables ingenieriles con las ambientales, las culturales, las económicas de rendimiento, las variables energéticas.

Ese es el gran desafío porque la fragmentación no se produce sólo porque tenemos varios estudios en diferentes lugares, que no hayan podido combinarse, articularse, coordinarse, sino porque fragmentamos y parcializamos y subdividimos las temáticas, entonces lo que es rentable para la economía, como por ejemplo la represa, puede ser nefasto para el medio ambiente. Hoy ese es el gran desafío de la ciencia y la técnica, integrar, romper la parcialización, la fragmentación pero no de la investigación disuelta entre instituciones sino de la investigación separada en temática. Creo que esa es una de las conclusiones importantes a las que quería hacer referencia.

Otra conclusión que me parece fundamental se refiere al tema de la participación social. No basta la ciencia y la técnica para tomar decisiones, las decisiones son fundamentalmente políticas y deben tener como insumos los aspectos técnicos y científicos pero también deben considerar lo que dicen las comunidades, qué piensan nuestros pueblos o qué sienten o perciben los actores que potencialmente puedan ser afectados. Considero que ese es un elemento fundamental, una conclusión que quiero destacar. Hay que combinar lo político con lo científico-técnico con la voz, con la percepción, con la participación de nuestras comunidades locales, esto es central porque cuando hablamos de ciencia cometemos el error de no combinar inmediatamente los conceptos científico-técnicos con las variables política y social.

Quiero, por lo tanto, nuevamente felicitar a los organizadores por el evento. He tenido la oportunidad de conocer algunas de las discusiones, algunas son candentes ni duda cabe, pero creo que de la discusión sale la luz, del debate salen potenciales o probables soluciones. Felicito a los colegas que vinieron de otros países y agradezco su participación, enriquece mucho nuestro debate, por supuesto también a los organizadores. Esto no debe cerrarse acá, me imagino que una de las conclusiones, aunque no está explícitamente planteada pero siempre está implícita en un evento de esta característica, es que debemos continuar trabajando porque un evento no tiene la trascendencia necesaria si se reúne en un sólo momento, saca conclusiones y no tiene la particularidad de generar una propia dinámica para el estudio.

## El caso del río Madera

Seguramente a partir de ahora se ha pensado en algún estudio conjunto, en alguna actividad como agenda de trabajo para los investigadores o instituciones, ese es el aspecto productivo y positivo que debe dejar un evento de esta magnitud. Muchas gracias, felicitarles nuevamente a todos. Estamos agradecidos por el debate que se ha producido, seguramente en el país vamos a utilizar muy bien estos aportes que alimentan la discusión de lo que debe ser una política energética en Bolivia. Muchas gracias.



## El caso del río Madera

### Palabras de Cierre

**Carlos Herbas**

**Director del Instituto de Hidráulica e Hidrología (IHH) – UMSA**

Principalmente, a nombre de WWF, del IRD y del Instituto de Hidráulica e Hidrología quiero agradecer profundamente la presencia de todos ustedes y en especial la participación de todos los expositores, sus presentaciones fueron muy saludables, interesantes y nos sirvieron de mucho.

Estoy seguro que este simposio resultó muy fructífero, la información que se obtuvo de las exposiciones, de los debates que se realizaron, serán de mucha utilidad, se sacaran conclusiones y servirán al gobierno para que tome algunas decisiones, por lo tanto creo que el simposio cumplió su objetivo.

Quiero dar por finalizado este simposio y nuevamente agradecer la presencia de todos ustedes.



## El caso del río Madera

### Programa del Simposio Internacional

| <i>Tema</i>                                                                                                                      | <i>Expositor</i>      | <i>Institución</i> | <i>País</i> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|-------------|
| <b>DÍA 1 – 19 DE MAYO 2009</b>                                                                                                   |                       |                    |             |
| Palabras de bienvenida y presentación                                                                                            |                       | Organizadores      | Bolivia     |
| <b>Impactos en represas Tropicales</b>                                                                                           |                       |                    |             |
| Régimen hidrológico y transporte de sedimentos en el Río Madera                                                                  | Naziano Filizola      | UEA PIATAM         | Brasil      |
| Las represas del río Madera: Modelización de impactos hidráulicos                                                                | Jorge Molina          | UMSA-IHH           | Bolivia     |
| Sensibilidad ecológica del norte amazónico boliviano                                                                             | Marc Pouilly          | IRD                | Francia     |
| Efectos de embalses en la formación y bioacumulación de metilmercurio en áreas tropicales: algunos datos, muchos "gaps"          | Jean Remy Guimaraes   | UF Rio de Janeiro  | Brasil      |
| Emisión de gases en represas tropicales                                                                                          | Gwenael Abril         | IRD                | Francia     |
| Impactos de represas en grandes ríos tropicales                                                                                  | Philip Fearnside      | INPA               | Brasil      |
| Posibles impactos del embalse del río Madera en Porto Velho, sobre la ictiofauna de la Amazonía boliviana                        | Miguel Petrere        | UNESP              | Brasil      |
| Impactos sobre los recursos pesqueros                                                                                            | Paul Van Damme        | Faunagua           | Bolivia     |
| Impactos socioeconómicos de las represas del río Madera                                                                          | Manuel Antonio Valdés | UNIR               | Brasil      |
| <b>Mesa redonda de discusión:</b><br><b>Recomendaciones y conclusiones para la evaluación de impactos en represas tropicales</b> |                       |                    |             |
| <b>DÍA 2 – 20 DE MAYO 2009</b>                                                                                                   |                       |                    |             |
| <i>Tema</i>                                                                                                                      | <i>Expositor</i>      | <i>Institución</i> | <i>País</i> |
| <b>Conferencia:</b> Ecología y ocupación humana de la Amazonía                                                                   | Miguel Petrere        | UNESP              | Brasil      |
| <b>Sistema de evaluación de impacto ambiental y gestión de recursos hídricos</b>                                                 |                       |                    |             |
| HIS/ARA: una herramienta para la evaluación de los ríos amazónicos                                                               | Juan Carlos Riveros   | WWF                | Perú        |
| El enfoque ecosistémico en la gestión integrada de los recursos hídricos                                                         | Mario Aguirre         | IUCN               | Ecuador     |
| <b>Mesa redonda de discusión:</b><br><b>Recomendaciones para la planificación de los proyectos hidroeléctricos</b>               |                       |                    |             |
| <b>Conclusiones Generales</b>                                                                                                    |                       |                    |             |
| Palabras de Clausura a cargo del Viceministro Juan Pablo Ramos                                                                   |                       |                    |             |



## Nota de Prensa

### MEJORAR LA CALIDAD DE EVALUACIÓN AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICA, ASÍ COMO BUSCAR ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS

#### *Coinciden científicos al analizar obras de infraestructura hidro-energética en la Amazonia*

**La Paz, 20 de mayo de 2009** – Es esencial mejorar la evaluación ambiental, social y económica de los proyectos hidro-energéticos en ejecución y previstos para la cuenca del río Madera, y que estos criterios sean la base para la toma de decisiones en relación al desarrollo energético sostenible en la Amazonia. Esta fue una de las principales conclusiones del Simposio Internacional *"Evaluación de Impactos Ambientales de grandes hidroeléctricas en regiones tropicales: El caso del río Madera"*, llevado a cabo en La Paz, Bolivia, el 19 y 20 de mayo.

Jorge Molina del Instituto de Hidrología e Hidráulica de la Universidad Mayor de San Andrés (IHH/UMSA), quien lideró el evento junto al Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD) y WWF, la organización mundial de conservación, mostró que las represas brasileñas de Jirau y Santo Antonio provocarán impactos hidráulicos e hidrológicos en territorio boliviano, incluyendo el aumento del riesgo de inundaciones.

IHH, IRD y WWF vienen apoyando la investigación y difusión de información técnica relacionada a los posibles impactos que se puedan generar en territorio boliviano por la construcción de las represas sobre el río Madera en Brasil, con miras a proveer insumos para que los actores involucrados incidan en tomadores de decisiones, minimizando los impactos negativos y promoviendo el desarrollo de una infraestructura energética sostenible en la Amazonia boliviana. Las principales preocupaciones de los científicos giran en torno a la sensibilidad del Norte amazónico boliviano en relación a las represas, y la necesidad de mejores evaluaciones.

Se estima que el 80% de peces amazónicos bolivianos son migratorios y algunas especies que tienen importante valor comercial y de subsistencia podrán ser afectadas. "Dentro de los posibles impactos está la reducción gradual de la pesca, la cual puede afectar por lo menos a 16.000 familias bolivianas que actualmente viven de esta actividad", dijo Paul Van Damme, de la Asociación FaunAgua.

Marc Pouilly, de IRD, advirtió también que "existen datos bastante precisos que predicen que las inundaciones se darán como consecuencia de las represas, las cuales podrían afectar las actividades de aprovechamiento de recursos naturales e incrementar enfermedades como la malaria, la fiebre amarilla y el dengue. Es muy importante hacer más estudios para estimar la extensión del área de la Amazonia boliviana que puede ser inundada, así como los impactos no sólo en los embalses, sino en las zonas aledañas y río abajo".

Según Jean Remy Davée Guimaraes, de la Universidad Federal de Rio de Janeiro

En colaboración con:





(UFRJ), otros impactos observados en represas que se construyen en ambientes tropicales son el aumento de mercurio en los peces (en el embalse y principalmente río abajo), la deforestación del área y del trazado de las líneas de transmisión, la contaminación por herbicidas para el mantenimiento de las líneas de transmisión, la retención de sedimentos y la erosión de las riberas del río.

Miguel Petrere de la Universidade Estadual Paulista (UNESP) en Brasil, indicó que con las experiencias de las represas tropicales sabemos que estas no representan una energía limpia, “la diversidad, población y tamaño de peces disminuyeron considerablemente después de las represas. La comunidad científica puede ayudar a encontrar alternativas energéticas, así como locaciones para las represas que minimicen las repercusiones al ser humano y al medio ambiente”.

Sobre los impactos socio-económicos, Manuel Antonio Valdés, de la Universidad Federal de Rondonia (UNIR), agregó que, en el caso del Brasil, 65% de la población visitada en el área del río Madera (cerca de 1.100 familias) muy probablemente se verán en la necesidad de mudarse, dejando atrás sus crías de animales, plantaciones, costumbres y formas de vida en armonía con el río. De estos, solo el 30% cuenta con títulos de propiedad, lo que hará más difícil la implementación de un esquema de compensación social.

Durante las palabras de inauguración, la Directora de IRD, Marie-Daniëlle Demelas, destacó el importante rol de las represas para el desarrollo humano, pero recordó que en muchos casos estas han generado un costo inaceptable y a menudo innecesario en términos sociales y ambientales.

#### Notas al editor:

Participaron en este Simposio científicos expositores de Bolivia, Brasil, Ecuador, los Estados Unidos y Francia, que han venido desarrollando trabajos de investigación sobre los posibles impactos económicos, sociales y ambientales que resultarán de la construcción de represas en la cuenca amazónica y en particular en la cuenca del río Madera.

El río Madera es el principal tributario del Amazonas el cual aporta la mayor cantidad de agua y sedimentos, permitiendo la generación natural de una gran riqueza biológica y el equilibrio de toda la Amazonia.

#### Para mayor información:

Jorge Molina, IHH/UMSA: [jmolina\\_ihh@accelerate.com](mailto:jmolina_ihh@accelerate.com)

Marc Pouilly, IRD: [pouilly@ird.fr](mailto:pouilly@ird.fr)

Nardyn Pizarro, WWF: [npizarro@wwfbolivia.org](mailto:npizarro@wwfbolivia.org)

En colaboración con:



## El caso del río Madera

### Ecología y ocupación humana en la Amazonía

Expositor: Miguel Petrere Jr. – UNESP (Brasil)

La Cuenca Amazónica es una cuenca inter-cratónica, limitada al sur por el escudo brasileiro y al norte por el escudo de la Guayana (*ilustración 3*). La Cuenca Amazónica es como un plato de sopa, en el que las formaciones cristalinas de granito están en la parte honda y resurgen otra vez en la Guayana, Colombia y Venezuela. La parte hueca ha sido cubierta por sedimentos provenientes de los Andes y transportados por el río Amazonas y posteriormente cubierta por el bosque amazónico.

En los últimos millones de años, a partir del Pleistoceno, este bosque ha creado una historia de expansión y contracción. Todos sabemos que ha pasado por un periodo de sequía seguido de mucha lluvia. Tiempo atrás, el nivel del mar era 80 metros menos de lo que es hoy en día, a escala planetaria, con el ascenso a los Andes influenció toda la Amazonía.

En la *ilustración 3*, podemos ver parte de la cuenca Amazónica: o Alto Amazonas, o Medio Amazonas y la Isla de Marajó, en la desembocadura del río Amazonas. Se trata de un mapa antiguo, que cambió mucho como resultado de las distintas investigaciones biológicas.

En Manaus no hay rocas de granito sino rocas sedimentarias. Esta es una roca que tiene el color del hígado de la gallina (*ilustración 5*). Estas rocas fueron utilizadas para construir el aeropuerto internacional “Eduardo Gomes” de Manaus. La *ilustración 4* nos muestra un lugar de Colombia llamado La Pedrera, en ese lugar se produjo la primera aparición de rocas de granito en la Cuenca Amazónica. La Pedrera está a 80 Km de la frontera norte del Brasil con Colombia en el río Caquetá.

## El caso del río Madera

La *ilustración 5* exhibe la cachuela que había en Manaus, llamada cachuela de Tarumã, que fue completamente destruida para edificar el aeropuerto internacional, porque como mencionamos, las rocas en Manaus son sedimentarias.

La historia geológica del Amazonas es bastante compleja (*ilustración 6*). En el paleozoico la Amazonía estaba cubierta por el mar, configurando un gigantesco golfo abierto al océano Pacífico. El río Amazonas corría desde el océano Atlántico hacia el océano Pacífico y, a medida que los Andes fueron subiendo, se formó un gran lago. Después, el río Amazonas empezó a correr desde el océano Pacífico hacia el océano Atlántico. Hubo una época en la que existieron dos ríos Amazonas, uno corría paralelo al otro, uno hacia el Pacífico y el otro hacia el Atlántico.

La *ilustración 7* muestra el antiguo golfo (hace 25 millones de años). A medida que los Andes se levantaron, el golfo se fue cerrando y el río Amazonas cambió de curso. Hay muchas evidencias de que la Amazonía, en una época, estuvo cubierta por el mar. En la década del 70, la compañía PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S.A), empezó a hacer perforaciones en la Cuenca Amazónica, buscando petróleo. A medida que la perforación ganaba profundidad, 2000 a 3000 metros, empezaron a descubrir fósiles de animales marinos como los foraminíferos. Esto demuestra que la Amazonía fue un mar antes de ser cubierta por la arena del río Amazonas, proveniente de los Andes. En la *ilustración 8*, vemos los animales de origen marino como el bufeo, la manta raya, etc., que ratifican la teoría anterior.

La *ilustración 9* muestra un bosque amazónico muy tupido. El terreno de la Amazonía no es un territorio totalmente plano, es más bien ondulado. La parte plana se encuentra en las cercanías del río Amazonas y sus afluentes. La fotografía tomada a 20 metros del nivel del suelo (*ilustración 10*), muestra un bosque muy cerrado donde una gota de lluvia no llega al suelo con la velocidad con la que llegaría en terreno abierto, provocando erosión; entonces, los árboles también protegen el suelo de la erosión y mantienen los nutrientes en un ciclo cerrado.

Los brasileños le dan tres nombres al río Amazonas: Marañón en la región del Perú, cuando entra en Brasil se le llama Solimões y cerca de Manaus, por la confluencia con el río Negro, se lo denomina Amazonas. En inglés el nombre Amazon sirve para denominar la longitud total del río. Las personas que viven en Manaus, por ejemplo, distinguen muy



## El caso del río Madera

bien el río Solimões del río Amazonas. El río Negro es el segundo mayor afluente del río Amazonas, en un pequeño porcentaje menor que el río Madera.

La *ilustración 14* muestra la isla de Marajó formada por sedimentos de los Andes, ésta es casi del tamaño de Holanda.

La *ilustración 15* exhibe una foto de la NASA, donde se aprecia la boca del río Amazonas y su entrada al mar.

El clima de la Amazonía es tropical húmedo, con variaciones en diferentes posiciones de la cuenca. No hay una diferencia entre verano e invierno en el sentido clásico, en invierno llueve mucho y en verano no tanto. Por ejemplo, el régimen de lluvias en Manaus es diferente de Belém, diferente de Porto Velho, etc. También existe un efecto de la marea y cuando los portugueses venían por el río Amazonas, sus carabelas eran impulsadas por el viento hasta Santarém, 600 Km arriba de la boca del Amazonas.

En la Amazonía, la mayor productividad se encuentra en los planos de inundación de los ríos. En las regiones de tierra firme la productividad del suelo es mucho más baja, inclusive los nativos de la tierra firme son diferentes a los de las regiones alagables. Por su parte, los nativos que vivieron en la várzea eran muy vulnerables a la ocupación de españoles y portugueses y por tanto, se mezclaron con los colonizadores o fueron extintos. Los últimos nativos de estas regiones fueron los Omáguas, que desaparecieron en el siglo XVII; ellos tenían un calendario agrícola, un lenguaje bien estructurado y estaban cerca de tener escritura.

Todos los nativos que habitan actualmente el Amazonas son de tierra firme, poblaron inicialmente la zona que está más arriba y más al interior, gracias a ello escaparon de la dominación de los portugueses y españoles. Los nativos de tierra firme desarrollaron un sistema de cultivo itinerante, por ejemplo, en una o dos hectáreas cultivaban yuca y luego iban rotando a la siguiente hectárea y así sucesivamente. Después de 50 o 100 años, sólo un botánico muy competente podría decir que no se trataba de un bosque primario, puesto que la recuperación y la sucesión vegetal es rápida en pequeñas áreas deforestadas.

## El caso del río Madera

Los nativos de regiones inundables cultivaban muchas frutas. Cuando Fray Ramón de Carvajal, el escriba de Orellana, en 1540, decía que entre Tefé y Manaus, a 600 Km, era muy difícil encontrar un espacio de 20 metros de la casa de un nativo a otra. Según los relatos históricos de arqueólogos, lo que hoy en día es la ciudad de Santarém, en los años 800 era una zona habitada por un millón de nativos.

Como ya vimos en exposiciones anteriores, existen tres tipos de ríos en el Amazonas: ríos de agua blanca que fluyen desde los Andes, ríos de agua clara que provienen del escudo brasileiro y ríos de agua negra que corren en un peneplano antiguo y ya con pocos nutrientes. El color negro de estas aguas es producto de un gran debate. La teoría más aceptada es que la influencia de los insectos es muy grande sobre la vegetación y los árboles producen sustancias tóxicas para disminuir la herbivoría, por tanto las hojas indigestan a los insectos. Cuando las hojas caen las moléculas de cadenas muy complejas tienen mucha dificultad en su descomposición, se forma entonces un ácido húmico que da origen a la coloración oscura (Wallace, 1853).

Datar la aparición del hombre en la Amazonía es algo muy complejo. Antes se creía que los primeros habitantes provenían del Imperio Incaico y que eran descendientes de los indios americanos, que a su vez se desplazaron desde el norte y centro-América hasta llegar a la región andina. Los indios americanos son originarios de los habitantes de las estepas rusas que atravesaron el estrecho Bering, en la época seca del Pleistoceno, cuando había un puente de tierra, que entonces ocuparían la región norte-americana para finalmente llegar hasta la Amazonía.

En la década del 70, una antropóloga norte-americana llamada Anna Roosevelt (descendiente del Presidente norte americano Theodore Roosevelt), mientras realizaba un trabajo de arqueología en la región amazónica, consultó con el Departamento de Geología de la Universidad Federal de Pará, donde hay un grupo de geología física muy bueno. Mediante técnicas de geología física, la investigadora hizo perforaciones en busca de fragmentos de cerámica y encontró fragmentos en zonas más profundas, cuya datación, por carbono 14 señalaba que eran más antiguas que las halladas en los Andes. Esta es la controversia, si los habitantes del Amazonas provienen de la región Andina ¿Por qué la cerámica era más antigua?



## El caso del río Madera

La profesora Niede Guidon, una arqueóloga brasilera muy famosa, estudió varias cenizas fósiles descubriendo sitios donde el carbón tenía cerca de 27.000 años. La zona más antigua de los Estados Unidos (Clóvis, en Nuevo México) tiene aproximadamente 13.000 años. Entonces, hoy en día, la teoría más aceptada es que el hombre amazónico vino por mar, probablemente de Oceanía. El profesor Walter Neves, de la Universidad de São Paulo, ha hecho comparaciones de huesos de nativos brasileiros con huesos de nativos de regiones como Tahití y Japón encontrando similitudes. Aún se desconoce el origen cierto de los primeros habitantes de la Amazonía.

Existen 19 familias de lenguas en la Amazonía, con un total estimado de 250 lenguas. En la India se hablan 400 lenguas que provienen apenas de 5 familias. Esto expresa la amplia diversidad de lenguas de la Amazonía. Se estima que cuando los portugueses llegaron, se hablaban aproximadamente 500 lenguas, muchas utilizadas por 30 ó 40 personas. Esto no sorprende pues hoy en día existe una lengua en los Alpes suizos que es hablada tan sólo por 1500 personas.

La *ilustración 19* muestra un grupo de indios Kaiapós que viven en las cercanías del río Xingú. Tienen un arte muy especial pues se pintan los cuerpos de forma decorativa, tuvo una experiencia interesante conviviendo con ellos por un cierto tiempo para escribir sobre el conocimiento que ellos tenían sobre los peces, incluyendo el tema genético, ellos saben cuando un pez es pariente de otro.

La *ilustración 20* muestra un adolescente Yanomami después de una ceremonia de iniciación a la etapa adulta. Vemos, en la *ilustración 21*, una cabocla (mestiza o criolla) descendiente de indios con cabello negro y ojos orientales, cuya procedencia aparenta su origen asiática.

Las *ilustraciones 22* nos presenta el régimen de lluvia en la Amazonia. En la *ilustración 23* podemos notar que la región del Amazonas tiene un periodo con inundaciones y otro sin inundaciones.

La foto de la *ilustración 25* corresponde a un lago que está muy cerca de Manaus. La *ilustración 26* muestra una maleza del año anterior y la que apareció el año siguiente (todavía verde y flotando), este proceso se repite en cada período. Estos pequeños lagos formados son abrigo para peces, insectos, etc. Como se sabe la mayor diversidad de peces

## El caso del río Madera

de agua dulce está en la Amazonía, donde se estima que existen 3.000 especies, mucho más que en el océano Atlántico, así la Amazonía es una fábrica de especies.

La *ilustración 27* muestra un Pacú negro, llamado por los brasileros tambaqui, y una Gamitada (pirapitinga en Brasil) que son peces habitantes de lagos en la Amazonía. El Pirarucu (*ilustración 28*) tiene una respiración accesoria y es el mayor pez de escamas en América del Sur, fue en mi opinión erróneamente colocado en la lista de especies amenazadas. Yo he andado por toda la Amazonía y he visto a este pez en todas partes, existe una confusión entre especies raras por naturaleza y especies en extinción. Sin embargo, debemos considerar que cerca de 20% de las especies de agua dulce del mundo ya fueron extintas, principalmente por la construcción de embalses, canalización de los ríos, etc. La *ilustración 29* muestra un ejemplar de dos metros de longitud, de 200 Kg de peso, capturado en Perú – Reserva Pacaya Samiria.

Vemos en la *ilustración 30* la madera caída sobre el río, motivo por el cual se le llama río Madera. Este fenómeno, que ocurre todo el año, se produce cuando la creciente va a destruir el margen del río. Yo tenía un amigo cuyo abuelo era dueño de una hacienda de 500 hectáreas en el margen del río, 50 años después tenía sólo 3 hectáreas, vean entonces (*ilustración 31*) como el barranco está siendo prácticamente comido por el río y en otro lugar del mismo se reconstruye por los sedimentos. La *ilustración 32* muestra un pez depredador (*Hydrolycus armatus*), que por lo general se lo encuentra en las cabeceras de los ríos como el Madera.

Las *ilustraciones 33 y 34* muestran imágenes de piraíbas, la piraíba es el mayor bagre del Amazonas. En la *ilustración 35* vemos una dorada, un gran migrador.

En la fotografía de la *ilustración 36*, tenemos una imagen del río Roosevelt, fue tomada desde un avión hace 40 años. Vemos una cantidad impresionante de vegetación y como una gran cantidad de árboles van cercando el río. Yo espero que el río continúe así porque está siendo amenazado por la explotación del suelo en esa región. Este río era conocido como río de la Duda, en mapas antiguos de la Cuenca Amazónica, este río se desviaba hacia la Cuenca del Paraná, algo que parecía imposible, de ahí su nombre de Duda.

La *ilustración 38* muestra el mapa de la expedición que realizó el presidente Theodore Roosevelt, tiempo después de cumplir con su período de mandato en la presidencia de los

## El caso del río Madera

EEUU, él tenía 56 años de edad en 1910 y decidió recorrer la Amazonía e intentar llegar al río de la Duda para verificar si realmente corría hacia la Cuenca Amazónica o a la Cuenca del Paraná. Para tal efecto, entró en contacto con el presidente Hermes da Fonseca, y este último pidió al Mariscal Rondón que acompañase a Roosevelt en la expedición.

En la *ilustración 39* vemos la imagen de 1904 del presidente Roosevelt, la foto siguiente corresponde a una imagen suya junto al Mariscal Rondón. En la *ilustración 41* se lo ve en las orillas de un río en el Estado de Mato Grosso, junto al Mariscal Rondón. Rondón no es muy conocido en Bolivia, fue uno de los más grandes exploradores brasileiros, pacifista e indigenista muy importante, fue él quien colocó las líneas de telégrafo en la Amazonía, él tenía mucho respeto por los indios. Sin embargo, cuando llegaron al río de la Duda, Roosevelt sufrió un corte en el pie, a causa de la inflamación del pie fue llevado rápidamente a Manaus. Debido a esa saga del presidente Roosevelt, el gobierno brasileño le dio el nombre de río Roosevelt al río de la Duda, cuando fue demostrado por la expedición Roosevelt-Rondon que éste corría hacia el Amazonas y que es un sub-afluente del Madera.

El mapa de la *ilustración 43*, es una imagen de la Cuenca Amazónica brasileña en la década del 60, donde cada punto representa 2.500 personas, el área era una región bastante despoblada. Muestra como las poblaciones estaban distribuidas a lo largo de los ríos. En la *ilustración 44* vemos la Amazonía actual, transformada en una región agrícola, minera, donde se construyeron muchos caminos y está siendo ocupada de un modo devastador. No podré hablar sobre la colonización de la Amazonía, *ilustración 45*, por problemas de tiempo pero vemos ejemplos del resultado de la colonización (*ilustraciones 55 a 61*).

La imagen siguiente (*ilustración 46*) corresponde a la ciudad de Manaus como es hoy en día, una ciudad de 2 a 3 millones de habitantes, que creció muy rápido debido a la Zona Franca. El puerto de Manaus fue construido por los ingleses en 1916. En la *ilustración 47* se muestra el teatro Amazonas edificado con dinero proveniente de la explotación del caucho. Luego vemos (*ilustración 48*) la ciudad de Belém que era considerada como la puerta de entrada a la Amazonia y que también se enriqueció con el comercio, con la explotación del caucho y otros productos del bosque. Belém es una ciudad muy grande, tiene 3 a 4 millones de habitantes y muchos problemas sociales como la prostitución infantil y otros que las grandes ciudades del mundo enfrentan con la rápida urbanización a la que están sujetas.

## El caso del río Madera

La *ilustración 49* muestra una imagen de Puerto Maldonado, queda cerca de la frontera con Bolivia. Vemos, en imágenes siguientes, la destrucción del lugar. Finalmente se puede apreciar una carretera que expresa la destrucción del bosque. El enemigo del bosque es la carretera, con ello sobreviene el uso del suelo, empieza la quema de vegetación para plantar yuca el primer y segundo año, luego a partir del tercer año se planta pasto para el ganado. Este es el modo como se desenvuelve la colonización. Ahora se ve que la soya está entrando a la Amazonía con mucha fuerza.

La *ilustración 53* muestra el área quemada en la Amazonía. Esta fotografía data de la década de los 90, se ve un arco de fuego al sur de esta región que es la más vulnerable en la transición de la vegetación del cerrado (sabana) con la selva amazónica.

Actualmente existen varios caminos en la Amazonía (*ilustración 54*), algunos aún están en construcción. Por ejemplo tenemos el proyecto llamado Calha Norte, que la dictadura militar en Brasil en los años 80 quería construir para monitorear el tráfico de cocaína de Colombia hacia el Brasil. Los efectos de la construcción de esta carretera serían drásticos por lo que la sociedad se opone a su construcción, aunque no sé hasta cuándo lo lograrán. Vemos fotografías que reflejan el movimiento comercial en la Amazonía y el tráfico de camiones (*ilustración 62*), donde se ve el logotipo del grupo Manchete que ya no está más; este grupo ha realizado dos novelas famosas, una llamada "Pantanal" y otra llamada "Amazonia", muy conservacionista. Sin embargo ellos tenían el camión como se ve en la foto, cargado de arroz producido con la quema de la selva.

La *ilustración 63* nos muestra la entrada a la hacienda Cristalino. En los años 70, astronautas estadounidenses a bordo de una nave vieron humareda en la parte de la Amazonía y enviaron un mensaje preguntando si es que había alguna guerra en Brasil. En realidad, se trataba de una quema de 14.000 hectáreas, que una compañía extranjera estaba promoviendo, financiada con el dinero podrido del impuesto de renta que el gobierno brasileño militar daba como incentivo para cortar el bosque, con el fin de criar ganado.

Este es el lado más negro de la ocupación de la Amazonía (*ilustración 64*) la ocupación de la tierra sin ningún apoyo del gobierno. Estos dos señores dejaron su tierra natal y vinieron sin nada para la orilla de la carretera para sembrar yuca, y con la venta de la yuca

## El caso del río Madera

construirían sus viviendas el año siguiente. Ahora están en una situación de completo abandono.

La *ilustración 67* muestra la casa de Henry Ford, dueño de la fábrica de autos FORD. Él compró 10.000 hectáreas para sembrar plantas y obtener caucho para fabricar llantas, pues sin llantas los autos no andan. Además de sembrar plantas de caucho tenía uno de los mayores aserraderos de América del Sur (*ilustración 66*) que enriquecía a Ford aún más con la extracción de la madera. La imagen de la presentación corresponde a la casa que los ingenieros construyeron para cuando él viniera (*ilustración 67*), pero nunca visitó este lugar. La hacienda entró en colapso, el gobierno brasilero compró todo los bienes y la finca, asumiendo las pérdidas, como siempre.

La *ilustración 69* nos muestra una de las vertientes del río Araguaya, uno de los mayores ríos de Brasil. Como se ve, cortaron la vegetación de su cabecera y la erosión tomó el lugar. Esto se hizo para construir una hacienda para la cría de porcinos. La *ilustración 70* muestra otra de sus vertientes donde dejaron vegetación y se ve que el río está un poco más preservado. El de la foto de la *ilustración 71* soy yo, 20 años más nuevo y 20 kilos más gordo.

Esta es una de las casas de Rondón que fue abandonada en medio del bosque (*ilustración 72*). Tenía más cosas que compartir con ustedes pero no hay tiempo. Déjenme contarles una historia muy bonita acerca del bufeo (*ilustraciones 79 y 80*). El bufeo fue entrenado para capturar peces, esto es algo muy interesante, que ocurre en el río Tocantins. Cuando el río está alto, el bufeo empuja a los peces hacia la trampa de los pescadores y no los deja salir. Cuando el agua baja, el hombre toma los peces con la mano y le entrega algunos peces al bufeo y éste se va. El bufeo no es fiel, trabaja para varios pescadores y trabaja mejor para los que le agradan más. El bufeo identifica al pescador por la canoa. Esta es una actividad pesquera muy interesante y única con estas características, de las que vi en América del Sur.

La *ilustración 80* muestra un bufeo en agua muy limpia, debido al reservorio de Tucuruí que retiene el 90% de los nutrientes del río Tocantins, algo realmente desastroso.

La *ilustración 81* muestra una draga para extraer oro sobre el río Madera; en la *ilustración* se ve la imagen de un adolescente (16 años) que trabajaba hasta 12 horas en el fondo del



## El caso del río Madera

río, en aquel tiempo. En muchos casos estos trabajadores eran asesinados cuando el dueño de la draga les debía mucha plata por realizar ese trabajo extenuante. Así se ve que la minería en la Amazonía es movida por la carne humana.

En la foto vemos un lindo río (*ilustración 83*) es el río Manú, abajo de un Parque Nacional, una selva linda, parece que el río está un poco más turbio que de costumbre, fíjense en las imágenes ¿porqué? A 5km aguas arriba, se observa lo que ha hecho la minería (*ilustración 84*) ¿Dónde está el río, dónde está la selva? No es así como podemos seguir ocupando la Amazonía. Es un pecado contra Dios, es un pecado contra la humanidad. No se puede tener un progreso justo de esta manera, es un precio muy alto. Nosotros tenemos que cambiar nuestra visión del mundo y tener una visión más sustentable. Miren que cosa más triste, parece un paisaje de Marte. Lo mismo se aprecia en las siguientes ilustraciones, el ejemplo de la draga (*ilustración 86*), la madera que sale para ser comercializada (*ilustración 89*), las plantaciones de soya que se convierten en una de las mayores amenazas para la Amazonía hoy en día (*ilustración 90*).

Para terminar les voy a mostrar un pez muy lindo de la Amazonía central, el Jaraquí, esta es una foto (*ilustración 93*) tomada en el río Negro, en la década del 70. Existen dos especies, el Jaraquí de escama gruesa y el de escama delgada y el del medio que es un híbrido natural entre estos dos, por cada 800 peces de estas dos especies se encuentra una híbrida.

Vemos en las imágenes (*ilustración 94*) pescadores que están tratando de cercar al cardumen, un pez migrador de agua dulce, una faena que tomó todo el día, fue una pesca de aproximadamente 80 toneladas, fue capturado para ser vendido en el mercado de Manaus.

Tengo aún muchas historias que no puedo seguir contando por falta de tiempo.



## El caso del río Madera

### Preguntas y comentarios

*P. Quería hacer un par de contribuciones al conocimiento ofrecido, un par de aclaraciones geográficas, el río Manu, está completamente protegido desde sus cabeceras, en el Parque Nacional del Manu, no existe ninguna actividad minera en esa cuenca.*

*Eso debe ser abajo ¿verdad?*

*R. Si, así es en la cuenca del río Inanbai, que también es tributarlo del río Madre de Dios y a su vez tributario del río Madera, pero es muy importante lo que usted plantea, con respecto al gravísimo estado de la minería del oro en este momento y que se está viendo sobre todo en Perú y también en Bolivia, ya que está muy cerca de las cabeceras, y hay una destrucción de los ecosistemas acuáticos. Por ejemplo, el Botanical Reasearch Institute of Texas (BRIT), está realizando levantamientos botánicos de aguajales, de pantanos, de palmeras y de lagunas, de 40 grandes aguajales, pantanos, de palmeras que ellos han evaluado 39 tienen actividad minera y esta actividad va a destruir las lagunas y los aguajales para siempre. La otra noticia que le quería comentar es que en Puerto Maldonado, que está en la confluencia del río Tambopata y el río Madre de Dios, hace 30 años que tiene carretera, aunque muy precaria y cerrada estacionalmente con las lluvias y es justamente el mismo eje de lo que ahora es la carretera interoceánica, la entrada al Pacífico, en el lado brasilero que está siendo asfaltada.*

*P. Una pregunta sobre el Jaraquí. Antes este pez no existía en Bolivia, ahora está bastante difundido, en especial en la cuenca del río Itenez y la gente de allá dice que es una plaga que se come los huevos de los demás peces, dicen que no es un pez bueno para la fauna local, ¿Se sabe si realmente puede comer los huevos de otros peces?*

*R. El dicho de que una especie introducida coma los huevos de otros, en todo el mundo, es una fábula, por ejemplo la carpa tiene esta reputación, pero muchos estudios realizados no han mostrado este hecho.*

*P. Está bien, estoy de acuerdo, pero mi pregunta es entonces más general, en Bolivia, cuando hay la invasión de un pez, como el Paiche, la gente ve el cambio y se asusta ¿Qué se piensa de la capacidad de un pez que vive en equilibrio en la Amazonía central en el Brasil, de su capacidad de tener un impacto fuerte sobre la fauna local?*

## El caso del río Madera

R. Esto sí es posible, las especies invasoras son responsables también del 20% de extinción de especies de agua dulce. Muchos peces que viven en equilibrio en su hábitat, cuando se van a otro lugar tienen un comportamiento muy diferente y se vuelven muy agresivos, muchas veces portan parásitos a los que otros peces no están adaptados. Por ejemplo yo no sabía que no había *Semaprochilodus* en la región amazónica de Bolivia.

P. *En los años 70, el gobierno militar puso muchos sueños en la cabeza de la gente en el Brasil, esto causó que las poblaciones del sur migren hacia la Amazonía. Con el Programa Nacional de Desarrollo (1 y 2) se hizo mucha explotación, han abierto carreteras, la gente se asentó allá sin condiciones de exportar su producción, sin la mínima infraestructura para su sobrevivencia. Ahora se ve un proceso de explotación más serio con las grandes empresas, que usan a las nuevas generaciones para continuar la explotación de la región. Se ve entonces una gran invasión de la región, en un proceso que viene cambiando de nombre, en un inicio se llamó deforestación, ahora es la soya, etc. Pienso que se tiene mucha información científica relacionada con los embalses, de lo que no se debe hacer, pero también tenemos la gente pobre que vive en la región, esta situación es un poco difícil de resolver para esta gente ¿Cuál es su opinión, en términos de esperanza para la gente que habita el lugar? y si es posible ¿Cómo se podría hacer algo para cambiar esto sin que la gente no sufra, con una nueva propuesta que probablemente no sea buena?*

R. En lo personal no tengo mucha esperanza, creo que el proceso de destrucción va a continuar. Porque la prensa y los grandes grupos económicos tienen mucho poder, son miles de millones de dólares que van para la región, la región es muy rica, todos los presentes ya saben muy bien de la riqueza de la Amazonía, su flora su fauna. Ahora con las empresas hidroeléctricas se estima que más de 20.000 personas migren en 4 años a Porto Velho y van replicar un sistema injusto, que comenzó mal y estará mal hasta el final.

C. *Como comentario, estamos en una situación de impase, por ejemplo, por la construcción de carreteras la gente que vive en las orillas necesita de los servicios de las carreteras, pero si sabemos que las carreteras no son lo mejor para la región; entonces creo que tampoco hay mucha esperanza para la región. Lastimosamente la gente tiene pasar por un proceso de destrucción más grande para que tomen conciencia de lo que ha hecho.*

C. *Como comentario, se ha hablado mucho del bufeo, en el departamento del Beni, se declaró al bufeo como "patrimonio natural del Departamento", por ser una especie*

## El caso del río Madera

*endémica y única en el mundo. Pero me preocupa mucho que por efecto de la represa, ésta se una con otra especie de bufeo y deje de ser endémica y única en el mundo. Con respecto a la deforestación, pienso que las políticas hay que llevarlas hacia adelante, por ejemplo en el Beni estamos empezando a hacer manejo de la ganadería para que no contaminen los cuerpos de agua, es decir comenzar a trabajar con actores locales y que cada uno pueda cuidar sus cuerpos de agua y evitar que el ganado los contamine. También pienso que el tema de las carreteras significan progreso pero también traen otras consecuencias como deforestación, asentamiento, cambio de hábitat de los mismos agentes locales y creo que hay que empezar a ver de qué manera podemos estar atentos a esos cambios y como los enfocamos hacia adelante.*

*Nosotros no estamos en contra de la ocupación de la Amazonía, puesto que eso es parte de la soberanía del país, pero no estamos de acuerdo con la forma en que lo han hecho, de una manera injusta, de forma desequilibrada. Ustedes acá en Bolivia tienen una responsabilidad aún más grande, puesto que la porción de Amazonía boliviana es muy pequeña y si la destruyen se acabara rápido.*

## El caso del río Madera

### Efectos de embalses en la formación y bioacumulación de metilmercurio en áreas tropicales: algunos datos, muchos "gaps"

Expositor: Jean Remy Guimaraes – UF Rio de Janeiro (Brasil)

Hemos visto, en otras exposiciones, que el conocimiento es notorio cuando conviene. Esta presentación es una pequeña revisión relacionada con los problemas del mercurio vinculados a los embalses en el Brasil. No estoy seguro si este conocimiento es evidente pero, de seguro, para muchos es inconveniente.

En la Amazonía tenemos entre los principales embalses algunos que son muy polémicos, como el de Balbina, en el que el área inundada es importante y la producción de energía muy pobre. En ese aspecto, Tucuruí está en mejor situación, tiene un embalse más hondo, una fisiografía diferente y es más eficiente en el aspecto energético. En cuanto a la represa de Samuel, podríamos decir que no es un gran orgullo de la ingeniería brasilera. Finalmente tenemos la de Petit Saut en la Guyana. Como sabemos, existen además dos proyectos en construcción en el lado brasilero y en el lado boliviano aún son proyectos.

En la *ilustración 3* vemos una puntualización con respecto a la presencia de mercurio, en los cuatro grandes embalses que mencionamos líneas arriba y que se encuentran en operación actualmente. Tres de ellos han tenido en sus cuencas, una intensa actividad relacionada con la minería del oro, Balbina ha sido la excepción. Cuando una persona camina por las cachuelas del Rio Madeira en época seca y raspa el suelo con una espátula puede encontrar gotitas de mercurio, tuvimos oportunidad de analizar algunas de estas muestras y encontramos que tienen un porcentaje elevado de oro, lo que no parece un fenómeno natural. Es probable que en lugares hondos del río se encuentren grandes concentraciones de mercurio metálico.

## El caso del río Madera

Por ejemplo, uno de los afluentes del río Tucuquí tuvo, en determinada época, un área minera (Sierra Pelada) con intensa actividad, resultado de la fiebre del oro. Hoy en día, en ese lugar existe un lago y la zona está prácticamente deshabitada, sin embargo, la presencia minera generó consecuencias para Tucuquí en cuanto a la concentración de mercurio.

En Samuel, aguas río arriba, también hubo minería. El embalse que nunca tuvo en su cuenca este tipo de actividad documentada es Balbina.

Esto significa que los embalses tuvieron que convivir con una especie de “pasivo ambiental previo” en lo que se refiere al mercurio patógeno. Si bien esto nos puede hacer pensar que el mercurio podría ser un efecto de la explotación minera, podemos afirmar que en estas aguas el mercurio siempre estuvo ahí y que se trata de un elemento natural. Varios investigadores como Marc Roulet y Col, que han demostrado que las concentraciones de mercurio natural en nuestros suelos son muy grandes, en magnitud, son mayores a las que se encuentran en Norte América, esto se puede deber a que nuestros suelos son muy antiguos y que nunca fueron sometidos a una glaciación. Hace 7.000 años, toda América del norte estaba bajo 1 Km de hielo, entonces no había forma de acumular mercurio natural proveniente de la atmósfera, proceso que en la Amazonía ya estaba en curso.

Un problema latente en todos estos embalses es que la concentración de mercurio en su población de peces es más elevada en el área del embalse que río arriba o en un río similar, ubicado en las cercanías. Este fenómeno se aplica en todos los casos donde existen embalses, veremos el motivo más adelante.

Antes de adentrarnos al tema del mercurio en detalle, nos referiremos a otros impactos producto de los embalses (*ilustración 4*):

- Existe una deforestación en el área del embalse y en el camino de las líneas de transmisión de la energía eléctrica generada hacia los centros de consumo, ubicados a miles de kilómetros de distancia.
- Estas líneas de transmisión deben estar siempre libres de vegetación, anteriormente se utilizaban agentes químicos como herbicidas para prolongar la



## El caso del río Madera

deforestación. Por ejemplo, en la época de la dictadura (años 70) fue utilizado el agente naranja en Tucuquí.

- Cuando se construye una represa se requiere transportar mucho material de construcción (cemento, acero y otros), esto implica minería, transporte, etc. y por ende emisión de gases, polución y mortalidad que no se da precisamente en las cuencas y escapa ya a la consideración de los constructores.
- Existe pérdida de áreas agrícolas, pérdida de cachuelas, áreas demográficas importantes, sitios arqueológicos.
- En el Brasil hubieron muchos problemas con áreas indígenas.
- Otro inconveniente es el desplazamiento de poblaciones. Si se desconoce el tamaño del área que sería inundada en un proyecto de embalse, tampoco se podría calcular con precisión la cantidad de personas que serían desplazadas. En el Brasil existe un movimiento de los afectados que lucha contra estos desplazamientos.
- Existe un problema de salinización de los suelos, cuando el agua del embalse se usa para irrigación.
- Erosión de las orillas provocada por el constante abrir y cerrar de las compuertas de la represa, provocando subidas y bajadas del agua que sumadas a los vientos y la navegación tienen un efecto de erosión en las orillas. Todos saben que los embalses son trampas de sedimento, en unos años esto podría producir erosión en las costas marítimas alimentadas por estos ríos.
- Se forman criaderos de vectores, situación que puede originar impactos muy serios en la salud pública. Infestación de macrófitas, con bacterias que colonizan las raíces de éstas y metilan el mercurio, produciendo metil-mercurio en abundancia.
- Efectos sísmicos
- Incrementos en las emisiones de  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ , un tema no muy considerado por los constructores o los que hacen el diseño de las represas.

Cuando se realiza un embalse, en cuya cuenca no se hizo minería previamente (*ilustración 6*), se presentan problemas con mercurio. ¿Por qué ocurre esto? Esta situación se produce porque en cualquier suelo existe mercurio natural, al construir un embalse se crea una estratificación que no es natural y por lo general los ríos no tienen estratificación. Dicha estratificación produce un decremento en los hidróxidos de hierro, manganeso y aluminio, los mismos que actúan como trampas naturales de mercurio.



## El caso del río Madera

Antes de realizar la inundación, al construir un embalse, es casi imposible eliminar toda la vegetación circundante que será afectada. Esta vegetación inundada liberará nutrientes que estimulan la actividad biológica en general y micro biológica en particular, dando origen a la transformación del mercurio orgánico (que no es muy tóxico) en metil-mercurio (que es muy tóxico) originado por varios tipos de bacterias no sólo las sulfato reductores. El metal-mercurio es un neurotóxico y provoca consecuencias irreversibles.

En términos de espacio, el fondo de un río es más o menos llano pero el fondo de una represa con vegetación, es decir el “área relativa” es enorme. El peritito necesita ésta “área relativa” y en el agua en general siempre existe algún organismo que busca un lugar donde residir. Por la misma razón, se incrementa la densidad de insectos bentónicos que participan en la producción de metal-mercurio, a partir del mercurio del sedimento, similar papel juega el zooplancton.

Normalmente, estos procesos no existirían sin el embalse. Los embalses acumulan sedimentos finos que por su elevada “área relativa”, son ricos en mercurio. El zooplancton después de pasar por las turbinas no sobrevive, es devorado por fauna oportunista que vive justamente de esta “basura” que genera la represa, basura que contiene mucho mercurio.

Este es el tipo de situaciones que ocurren cuando el hombre actúa sobre un sistema y empieza a forzar una “regresión ecológica” (*ilustración 7*). Por definición, podemos decir que al inicio un embalse es un sistema joven debido al forzado rejuvenecimiento del sistema. Sin embargo, una regresión siempre es un sinónimo de inestabilidad. Este es un precio alto.

Esta “juventud” no es eterna, con el tiempo el embalse va a madurar, es decir que se puede esperar que en algún momento los niveles de mercurio descendan. Considerando datos anteriores, este proceso ya fue documentado en varios embalses, durante y después de la construcción. Existe un máximo (pico) del nivel de mercurio que se produce en los peces, aproximadamente cinco años después de la construcción. La tendencia con la madurez del sistema es que ese nivel máximo de mercurio vaya disminuyendo, es decir que se requiere de tiempo. Dependiendo del embalse, este tiempo puede ser de 9 a 35 años para alcanzar los niveles previos a la construcción del embalse, pero a veces 35 años es más que la expectativa de la vida útil de una represa.

## El caso del río Madera

La *ilustración 9* muestra datos de trabajos de investigadores franceses en Petit Sauz. Se nota que se produjo una intensa estratificación en la columna de agua con niveles de oxígeno que llegan a cero en el fondo. El gráfico muestra una curva con los niveles de metal-mercurio (la forma toxicológica del mercurio más relevante). Normalmente, el agua que se toma para alimentar a las turbinas no se encuentra cerca del límite superior sino más abajo porque en ese lugar existe un mayor delta-T, esto implica que junto con esta agua se está sacando a la superficie una gran cantidad de metal-mercurio, que será incorporado a las aguas río abajo.

En la concepción de una represa es esencial considerar un posible impacto río abajo, donde el impacto puede ser mayor o más duradero que en el sitio de la represa y abarcar un área más grande y por ende afectar a mayor un número de personas. Legalmente la responsabilidad del constructor está en el área del embalse, el paredón y una pequeña área circundante. En realidad, la responsabilidad del operador debería abarcar cientos de kilómetros pero por supuesto, éste es un inconveniente.

La *ilustración 10* muestra un resumen de los datos de Petit-Saut. Vemos que el río Leblond tiene niveles muy elevados de mercurio en partículas en suspensión (prácticamente un ppm), tras haber sido afectado por la minería de oro. Los niveles de sedimentos en suspensión también son elevados, debido a la erosión ocasionada también por la minería de oro.

En el río Courcibo, que contribuye con sus aguas a la represa de Petit Saut, los niveles de partículas en suspensión y de mercurio son mucho menores. Los valores (que se presentan en el gráfico en color rojo) corresponden a las aguas después del embalse, el nivel de partículas no es muy diferente al del río Courcibo (río natural), el nivel total de mercurio en las partículas en suspensión es también menor pero el de metil-mercurio es mayor al de los afluentes del embalse. Estos datos son una característica clara de un bio-reactor, sin duda, esto también se aplica a la gran mayoría de las represas en la Amazonía. La trampa de sedimento, que es una trampa de mercurio, es una eficiente fuente de producción de metil-mercurio para todo el sistema de río abajo, este aspecto por lo general no se lo considera en los estudios que son documentados. Vemos que en éste caso fue bien documentado.

## El caso del río Madera

El mercurio exportado por los embalses, básicamente metil-mercurio, está en gran parte disuelto (o sea más disponible), lo que provoca un marcado incremento de los niveles de mercurio en los peces de río abajo, como dijimos anteriormente, muchas veces estos niveles de mercurio son superiores a los que se encuentran en los peces que habitan en los embalses.

El caso del embalse del río Manso (*ilustración 13*), en el Mato Grosso cerca de Cuiabá, se hicieron mediciones en varias especies de peces antes, durante y después de la construcción de la represa. Lo que quisiera destacar es que los niveles más elevados, en el caso de dos especies importantes de peces, no están en el embalse sino que se presentan aguas abajo. Esta información tiene implicaciones importantes en términos de monitoreo, salud pública, comunicación de riesgo, etc. aspectos que también se convierten en inconvenientes. Además, hay que señalar que la trampa de los sedimentos no sólo atrapa el mercurio, sino también es una trampa de carbón y azufre.

La *ilustración 15* muestra el área inundada en el embalse de la represa de Samuel. El área negra corresponde al agua retenida, donde se encontraba la cachuela originalmente. La delimitación representa un paredón que costó una fortuna y fue construido para aumentar la capacidad de acumulación de agua (reservorio). Cuando estaba en etapa de construcción, se dieron cuenta que el embalse no tendría la capacidad esperada, sin embargo, cuando uno lo visita puede ver la cantidad de fugas de agua que tiene. Este es claramente un pobre ejemplo de ingeniería.

La *ilustración 16* nos presenta las variaciones en las tasas de metilación en el río Madera. Aguas río arriba se ven tasas de metilación muy bajas ( $6.2 \cdot 10^{-5}$ ), casi imperceptibles, algo similar ocurre aguas río arriba en la cachuela de Teotonio ( $1.5 \times 10^{-3}$ ). Otros afluentes del Madera presentan valores un poco más elevados de  $10^{-2}$  y  $3 \times 10^{-2}$ . Por influencia del embalse, se presentan los valores más altos,  $6.6 \times 10^{-1}$ , en Jamari, en las aguas que están debajo de la represa de Samuel. Los valores de  $6.9 \times 10^{-1}$  aparecen en el reservorio de la represa de Samuel, en áreas de baja profundidad.

Realizando una comparación de las concentraciones de mercurio entre peces del mismo tamaño y de la misma especie (*ilustración 17*) en aguas del embalse con los de un río cercano en la misma cuenca, vemos que las cifras no presentan muchas diferencias debido a que éstos estudios en los ríos Madera, Negro, Tapajós y otros fueron realizados en la

## El caso del río Madera

década de los 90, en esa época, en el Brasil no hubo una planificación seria que permita obtener resultados que reflejen la realidad. Por ejemplo, la tasa de crecimiento de los peces es un parámetro que se incorpora recién y que resultó ser muy útil.

La *ilustración 18* muestra un estudio realizado por finlandeses en el Tucunaré, en el año 1992. Se trata de un estudio muy bien realizado que relaciona el peso y tamaño con las concentraciones de mercurio. Los valores muestran niveles muy altos desde cualquier perspectiva, por ejemplo si tomamos el límite de 0,5 ppm recomendado por la OMS (burocrático en realidad). Detrás de este límite está escondida la tasa de ingestión de pez, que es muy pequeña. Al calcular los micro-gramos por gramo/día y considerando que una persona adulta ribereña consume un promedio diario de 200 gr de pescado, los límites están de 125 micro-g/g. Haciendo equivalencias en el gráfico vemos que casi todos los valores (concentración de mercurio en los peces) se encuentran por encima de estos límites.

En el Brasil, en el caso de los peces depredadores de los ríos Madera, Tapajós, y otros, que tenían niveles mayores a 0,5 ppm, la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria decretó que éstos debían alcanzar el límite de 1 ppm, los demás peces mantendrían el límite de 0,5 ppm.

Como es de esperar, si existe mucho mercurio en los peces que sirven de alimento para los humanos, estos consumidores tendrían niveles importantes de mercurio. Una forma de medir la ingestión de metil-mercurio en las personas es viendo la cantidad de mercurio en el cabello. ¿Cuál sería un nivel aceptable para el ser humano? Este nivel siempre es tema de controversia, la OMS sugiere que mujeres en edad reproductiva que presenten valores a partir de 12 ppm (*ilustración 19*) pueden tener riesgos en su salud.

¿Qué se puede hacer? En Canadá, país donde se tienen muchos problemas de mercurio, se realizaron varias investigaciones con buenos resultados, a pesar de su clima boreal podemos tomar varias de sus sugerencias. Una opción de control es una pesca abundante, mientras más larga sea la vida de un pez mayor será la acumulación de mercurio en su organismo. Podemos acotar el hecho de que si se incrementa la pesca en el embalse se contribuye al descenso del mercurio en el mismo.

La *ilustración 21* presenta algunos aspectos relacionados con el metano y su influencia ocasionada por las represas. Vemos datos de Samuel y Tucuruí, con cifras importantes de

## El caso del río Madera

emisión de metano pero distintas entre sí, debido a las diferencias existentes entre estos dos embalses. Mientras Tucuruí es un embalse largo y hondo, Samuel es de baja profundidad, por lo tanto, cuando el metano sale del sedimento tiene un tiempo de viaje muy corto hacia la atmosfera, las bacterias que comen metano no tienen el tiempo suficiente como para aprovechar toda la emisión, mientras que en Tucuruí (de varios metros de profundidad) ocurre un efecto inverso.

Otro aspecto que quisiera mencionar es que normalmente el operador de la represa, para calcular la emisión de metano, hace mediciones en el agua del embalse pero nunca lo hace en las turbinas ni tampoco en las aguas río abajo ya que no consideran ésta su responsabilidad.

Creo necesario recalcar que aún no hemos aprendido lecciones importantes de países como Brasil con sus políticas hidroeléctricas, para evitar que ocurra lo mismo en territorio boliviano.



## El caso del río Madera

### Preguntas

*P. Me llama mucho la atención de que en los estudios brasileiros haya tanta falta de planificación en los muestreos, puesto en algunos casos sólo se tienen dos valores, no existe libertad ni para calcular la variación, entonces no es posible comparar estos resultados con otros obtenidos localmente. ¿De dónde proviene ésta (usando una palabra fuerte) ignoraría estadística que imperó en los años 90? Muchos reportes no deberían haber sido considerados para su publicación pero se hizo, tomando en cuenta además que dichos estudios no son costosos.*

*R. En realidad una explicación para ello, es que esa planificación no fue muy científica y es que los científicos son también seres humanos. La fiebre del oro en los 80 llamó la atención por el poder simbólico del oro y del mercurio en la Amazonía. Entonces, después de la fiebre del oro apareció una fiebre de publicaciones. Por ejemplo, hubo un año en el que el río Tapajós, un lugar que nunca había sido visitado por nadie, excepto por políticos en época de elecciones, recibió a cuatro diferentes equipos con financiamiento externo y apoyo de investigadores brasileiros. Todos tomaban las mismas muestras: peces, muestras de sangre, de cabello y sedimento. Cada uno sacó su propia publicación en distintas revistas científicas de la época, que preferían publicar informes con pocos datos a no publicar nada, en función de la elevada curiosidad sobre el tema.*

Hoy en día, sucede lo mismo con temas que atraen mucho la atención de la sociedad, claro que con el paso del tiempo y la especialización en las investigaciones, el nivel de exigencia de las revistas se ha incrementado, es decir también se trata de una condición de oportunismo.

*P. En las observaciones hechas en el estudio de impacto ambiental de Jirau, una recomendación para la empresa constructora fue remover la vegetación antes de la inundación, quisiera saber ¿Hay antecedentes de ello?, ¿Se hizo antes en otro lugar?, ¿Encarecía el costo de la obra?*

*R. De seguro que efectivamente encarecería bastante, no conozco ningún embalse en el Brasil que lo haya hecho. Sé que en Tucuruí se hizo un esfuerzo grande, los militares crearon una compañía que tenía esa misión pero no tengo el dato de cuanto kilómetros cuadrados hayan conseguido remover. Parece que debido al alto costo no se lo hizo en*

## El caso del río Madera

otros proyectos. Las áreas son demasiado grandes y esto implica una planificación con mucha antelación. Cuando escuchamos hablar de Jirau y San Antonio ya se había decidido el lugar y la forma de realización, nunca hubo un debate con la sociedad para analizar los pros y los contras, esto indica que los impulsores necesitaban realizar las cosas con prisa y no tenían tiempo para remover la vegetación.

*P. Soy ecólogo y tengo la tendencia a buscar la interacción entre las cosas. Trabajando cerca de los ríos del Amazonas he aprendido a tener conciencia de que los ríos son una continuidad, y aquí se está hablando del proyecto de establecer una serie de varias represas sucesivas en un mismo curso de agua, creo que sería interesante si viéramos con esa perspectiva los procesos como el del metil-mercurio y las represas como bio-reactores de metil-mercurio. Entonces podríamos plantear si existe una lengua de metil-mercurio aguas abajo de una represa. Cuanto más arriba esté la represa en el río, la lengua será más amplia y afectará a una mayor sección del río y de la cuenca, en otras palabras, las represas que se construirían en el territorio boliviano tendrían un impacto, en términos de metil-mercurio, más amplio sobre toda la cuenca. Por otro lado, esas mismas represas van a detener sedimentos antes que las represas río abajo, es decir, las represas bolivianas contribuirían a incrementar la vida útil de las represas brasileras (Jirau y San Antonio) porque llegaría menos sedimento a esa zona. Entonces yo creo que sería interesante hacer este tipo de análisis de las interacciones entre los proyectos que se están planteando.*

**R.** Si, probablemente las represas del lado boliviano van a durar menos y en compensación las personas que comen pescado en el lado del Brasil van a comer pescado más contaminado, no sé si una cosa se compensa con la otra, pero efectivamente ese tipo de cosas no están presentes en las exposiciones ni en las evaluaciones realizadas hasta la fecha. Creo que es un buen ejemplo de las polémicas y preocupaciones que surgen ante la posibilidad de que proyectos así se realicen.

## El caso del río Madera

### Enfoque ecosistémico en la gestión integrada de los recursos hídricos

Expositor: Mario Aguirre Nuñez - UICN Sur (Ecuador)

Esta exposición tratará temas relacionados con la gestión integrada de los recursos hídricos y cómo se insertan en un enfoque eco sistémico, siendo ésta la función fundamental del Programa de Agua de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza).

Desde los años 80 y específicamente en el año 92, a partir de la conferencia de Dublín, y luego en el año 2002 con la conferencia sobre desarrollo sostenible realizada en Johannesburgo, se procura estandarizar una definición sobre Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) o el manejo integrado de recursos hídricos, promovida por Global Water Partnership (GWP). Esta es una definición elaborada por consenso, sobre el manejo integrado de los recursos hídricos, desde un enfoque sectorial hasta un enfoque de integrado, siempre considerando los tres pilares del desarrollo sustentable que son: desarrollo social, desarrollo económico y la sustentabilidad ambiental.

Existe otra definición más simple y comprensible de la gestión integrada, considerando no solamente las aguas de superficie sino también las aguas subterráneas, no únicamente la cantidad sino también la calidad, cuidando que siempre se realice bajo los enfoques de sustentabilidad y equidad.

En la práctica esto implica (*ilustración 4*) reconocer el hecho de que los sistemas hídricos, ecológicamente saludables y en pleno funcionamiento, son la base de un uso sostenible por parte del hombre, la flora y la fauna. Se enfatiza el hecho de garantizar el uso sostenible de los recursos hídricos que requiere un nivel de planificación para la toma de decisiones.

## El caso del río Madera

Uno de los objetivos de desarrollo del milenio establecido para el año 2005, fue que los países desarrollaran planes nacionales en gestión integrada de recursos hídricos. El único país en la región latinoamericana que logró el objetivo fue Brasil, aunque los demás países están trabajando en ello.

En la *ilustración 5* vemos las finalidades de la GIRH (Gestión Integrada de Recursos Hídricos):

- Mantener el respeto de los equilibrios naturales relacionados con el agua, evitando las extracciones excesivas y las contaminaciones;
- Desarrollar y controlar la movilización de recursos, prevenir los riesgos asociados a los recursos hídricos
- Realizar una asignación equitativa de los recursos hídricos entre los diferentes sectores y usuarios.

La *ilustración 6* nos presenta un esquema propuesto por GIRH desde una gestión sectorial del agua en distintos países, esta fue una característica común en los últimos tiempos. Un ejemplo de gestión sectorial es la que hasta hace muy poco fue la autoridad nacional de aguas en el Perú, que pertenecía al Ministerio de Agricultura. Se están viendo avances en el tema institucional, muchas de estas entidades pasan a ser ministerios, como el caso de Bolivia el Ministerio de Medioambiente y Agua, en el Ecuador la Secretaría Nacional del Agua (con rango de Ministerio). La idea es avanzar de una gestión sectorial a una gestión integrada.

El esquema de la *ilustración 7* muestra los niveles de gestión en las cuencas hidrográficas. Vemos el ítem que se refiere a la “gestión sectorial del agua”, el siguiente nivel es la “gestión multisectorial del agua”, que sería la gestión integral de los recursos hídricos. Luego está un ítem de manejo de cuencas, más relacionado al manejo de suelos por cuestiones territoriales, sin embargo, en el esquema vemos la gestión integral de los recursos hídricos y la gestión de recursos naturales. El término que engloba todo esto es gestión ambiental.

A partir de la publicación del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO, presnetada en el Foro Mundial del Agua en Estambul, se formula la propuesta de los ciclos que debe seguir la gestión integrada de los recursos hídricos, éste no es un proceso

## El caso del río Madera

estático sino es un proceso dinámico que repite varias de las fases en diferentes contextos, en forma espiral ascendente, como se ve en la *ilustración 8*.

En las *ilustraciones de la 9 a la 13* se explican las cinco fases que tiene una etapa, aunque la 5ª fase es en realidad la 1ª de la siguiente etapa.

- Etapa 1ª, el proceso se inicia con el Reconocimiento o la Identificación de la necesidad de adoptar la GIRH, en el contexto que ejerce presión sobre la gestión de los recursos hídricos.
- Etapa 2ª, el siguiente paso es la Conceptualización del Problema y la Identificación de sus Posibles Soluciones.
- Etapa 3ª, luego viene la etapa de Planeamiento y Coordinación, en esta fase se desarrollan los planes de gestión integrada y recursos hídricos a nivel de cuenca o a nivel nacional. Siempre se reconoce a la cuenca como la unidad más adecuada para tomar la decisión.
- Etapa 4ª, al final de esta primera fase se debe proceder con la Implementación, Monitoreo y Evaluación del Plan de GIRH.
- Etapa 5ª ó 1ª. Luego se reinicia el ciclo con la identificación y reconocimiento de las necesidades y los aspectos que ejercen presión. Teniendo en cuenta el cambio en el contexto político, institucional, económico y en el tiempo, por ejemplo Brasil reestructura su Plan Nacional de Recursos Hídricos cada 5 años.

Los aspectos propiciadores de cambios en el proceso de la GIRH son (*ilustración 14*):

Gobernanza, por ejemplo en los últimos años, los 4 países de la Comunidad Andina han sufrido cambios por demografía, migración, usos de la tierra, economía, las crisis, condiciones sociales, tecnología, energía y variabilidad en el cambio climático.

El enfoque ecosistémico de la GIRH está fundamentalmente basado en el documento "Visión del Agua y la Naturaleza" (*ilustración 15*) que se le encargó desarrollar a la UICN en el Tercer Foro Mundial del Agua (realizado en la Haya), que desarrolla la visión del agua y la naturaleza.

El enfoque ecosistémico, es una estrategia para la gestión integrada de la tierra, el agua y los recursos vivo y para mantener o restaurar los sistemas naturales, sus funciones y valores, de tal manera que se promueva la conservación y el uso sostenible de los



## El caso del río Madera

ecosistemas de una forma justa y equitativa, participativa y descentralizada, a través de la integración de los factores ecológicos, económicos, culturales y sociales dentro de un marco geográfico definido. El enfoque eco sistémico es una estrategia que enfatiza los servicios eco sistémicos que prestan las cuencas hidrográficas para la provisión de agua y otras funciones importantes. Varios objetivos de desarrollo del milenio están relacionados con el agua, como el de integrar en los planes nacionales los recursos hídricos, reducir a la mitad la proporción de la población que no tenía acceso al agua y al saneamiento en el año 2000. Estas metas están planeadas para ser alcanzadas hasta el año 2015.

Todas las inversiones que se realicen en gestión del agua, van a contribuir no solamente a alcanzar el objetivo de desarrollo del milenio directamente relacionado con el agua, sino también a temas de salud, biodiversidad y conservación de los ecosistemas.

Dentro de lo que es el enfoque eco sistémico (*ilustración 20*) se resaltan las funciones que cumplen los ecosistemas y su relación con el agua. Existen funciones de regulación, funciones naturales, funciones de hábitat, funciones de producción y funciones de información, todas estas funciones están amenazadas por diferentes actividades humanas, como crecimiento de la población, desarrollo de infraestructura (como las represas), la conversión de la tierra y su mal uso.

En la *ilustración 19* se detallan las actividades humanas que constituyen a incrementar las amenazas a las funciones de ecosistemas de agua dulce y las funciones que están en peligro.

Más allá del concepto de la gestión de los recursos hídricos, se debe reconocer la integridad de los componentes del ecosistema de agua dulce (*ilustración 20*). Hablamos que la integridad está constituida por el hábitat físico, el régimen hidrológico, la calidad del agua, la conectividad y la composición biótica. En el transcurso de las exposiciones se hablaron de todos estos temas.

Un aspecto muy importante para la gestión del agua, es el hecho de reconocer la cuenca como la unidad más adecuada para la gestión integrada de recursos hídricos, siguiendo este concepto se desarrolló una iniciativa respecto a la delimitación hidrográfica en Sudamérica, bajo la metodología de Pfafstetter, creada en el Brasil en el año 1989, y difundida con el apoyo del servicio geológico de Estados Unidos USGS a partir de 1997, y

## El caso del río Madera

que actualmente está reconocida dentro de la directiva marco de la Comunidad Europea. Este sistema se va constituyendo en el estándar internacional.

Se hizo este trabajo de delimitación lineal hidrográfica en Sudamérica y ya se tienen 10 unidades en el primer nivel, como se ve en la *ilustración 22*.

Delimitación y Codificación de las unidades hidrográficas de segundo nivel de Sudamérica, *ilustración 23*, donde se puede ver la cuenca del Río Madera, dentro la Cuenca del Amazonas.

Delimitación y Codificación de las unidades hidrográficas de tercer nivel de Sudamérica en escala 1:1'000.000 (*ilustración 24*)

También se está desarrollando un trabajo con más detalle, dentro de los países de la Comunidad Andina con una escala 1:250.000 hasta el nivel 5.

El Perú ya tenía un mapa antes de desarrollar este proyecto, de manera conjunta con la Secretaria General de la Comunidad Andina y con las autoridades en aguas de los países andinos.

La *ilustración 26* muestra la delimitación y codificación de las unidades hidrográficas de cuarto nivel de Sudamérica en escala 1:250.000.

Para el caso específico de Bolivia (*ilustración 31*) se está trabajando con el Ministerio de Medio Ambiente y Agua, en el mes de junio de este año se culminará el trabajo, en la *ilustración* se ve el 4º nivel de la Cuenca Amazónica boliviana.

Además de haber desarrollado la visión del agua y de la naturaleza, el Programa de Agua de la UICN ha desarrollado herramientas para la aplicación del enfoque eco sistémico y estas herramientas son publicaciones.

Actualmente se han publicado 6 libros. La *ilustración 28* muestra estas publicaciones y otras que serán de conocimiento público más adelante. Todos estos documentos están relacionados con el enfoque eco sistémico.

## El caso del río Madera

- La publicación “Cambio” aborda la adaptación al cambio climático en la gestión integral de los recursos hídricos. La publicación “Caudal” trata sobre elementos esenciales para la implementación de caudales ambientales y cuencas.
- “Valor” sobre la valoración de las prestaciones de los servicios eco sistémicos hídricos que presta la cuenca.
- En “Pay” vemos los sistemas de pago de servicios ambientales.
- “Share” trata de la gestión integrada de recursos hídricos en cuencas fronterizas.
- “Rule” se refiere a las normas de la gestión integrada de los recursos hídricos.
- “Negociate” presentará un caso de estudio realizado por Juan Carlos Andrade.

Las publicaciones se realizan en inglés y de a poco se están traduciendo al español. Actualmente cuatro ya se encuentran disponibles en español en el sitio web.

La *ilustración 29* muestra información de la publicación “Caudal”. El caudal ambiental es un tema importante, inicialmente se consideró designarlo como caudal ecológico pero se optó por denominarlo caudal ambiental. Se trata de un tema muy amplio que ya fue tocado en otras intervenciones y en el que no solamente se analizan aspectos ecológicos sino también sociales. Se considera pertinente, en la medida que el Río Madera se encuentra en una cuenca transfronteriza, revisar esta publicación sustentada en el hecho de que en el mundo hay 260 ríos internacionales que proveen cerca del 60% de agua dulce, que en las cuencas habitan 40% de la población y que sólo en Sudamérica este valor es del 70%, además hay que reconocer que las fronteras naturales o las cuencas no son resultados de fronteras políticas.

Existe otro documento en la web, la publicación “Share”, solamente en inglés, acerca de la Convención de 1997 del Derecho y los Usos No Navegables de Aguas Internacionales, que si bien no está en vigencia se lo puede descargar de la web de las Naciones Unidas.

En “Cambio” (*ilustración 31*) se tratarán algunas medidas de adaptación al cambio climático en la gestión integrada de los recursos hídricos, basadas en las publicaciones “Cambio” y en el “Informe del Cambio Climático y el Agua” que elaboró el IPCC el año pasado.

El IPCC habla de los impactos relacionados con el agua y los cambios climáticos. Estos temas fueron abordados en varios foros como “Cambio Climático” y el “Foro Mundial del

## El caso del río Madera

Agua”, espacios en los que por consenso se considera que el mayor efecto que producirá un cambio climático será en el ciclo hidrológico y, por consiguiente, es en el agua que se necesita poner extrema atención.

En el reporte del año 2008 se habla de que aún no se conocen suficientemente bien los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas acuáticos, se requiere seguir investigando el tema.

En cuanto a la adaptación y mitigación, el IPCC recomienda hacer una gestión más eficaz, esto se consigue en base al enfoque de gestión de recursos hídricos.

En la medida que los elementos externos como las inundaciones sean mayores tendremos como consecuencia mayores sequías, por ello es que se recomienda la construcción de embalses de energía hidroeléctrica. El informe de la IPCC indica que se debe tener cuidado en tomar las previsiones necesarias y hacer el cálculo respecto a las mediciones de emisiones de estos grandes embalses, especialmente en zonas tropicales que producen metano, también considerando el balance de carbono en las regiones afectadas. Otra situación que parece contradictoria es el hecho de que se impulsará con medidas tributarias favorables, el uso de biocombustibles, sin embargo, quizá no se analizó conscientemente el impacto que esto tendría en la demanda hídrica.

La *ilustración 35* muestra las recomendaciones publicadas en “Cambio” y en todas las relacionadas con la gestión integral de los recursos hídricos y el respectivo enfoque de gestión eco sistémico.

La *ilustración 36* presenta la publicación sobre el “Informe de Represas y Desarrollo”, realizado por la Comisión Mundial de Represas, mencionado ya en exposiciones anteriores. La Comisión Mundial de Represas estaba conformada por varias instituciones entre ellas la UICN y la ICOLD. El informe señala por ejemplo que las represas han hecho un aporte importante al desarrollo de los países, sin embargo han causado impactos que la propia Comisión considera como inaceptables.

Las ilustraciones que siguen a la 36 son una serie de láminas que reproducen algunos aspectos específicos en cuanto a represas, los impactos en los ecosistemas y las respectivas conclusiones y recomendaciones.

## El caso del río Madera

Las recomendaciones que se establecen en el informe de represas y desarrollo señalan que se requiere:

- 1) Obtener la aceptación pública
- 2) Hacer una evaluación exhaustiva de las opciones
- 3) Tomar en consideración las represas existentes
- 4) Considerar la conservación de los ríos y de los medios de subsistencia
- 5) Reconocer los derechos y compartir los beneficios
- 6) Asegurar el cumplimiento de compromisos y
- 7) Compartir los ríos para la paz, el desarrollo y la seguridad.

Esta publicación fue elaborada en el año 2001 y las recomendaciones eran válidas en el momento de hacer el diseño o tomar de la decisión de construir las represas en el Río Madera. Es importante revisarlas para ver si es posible aún implementar algunas de estas recomendaciones.



## El caso del río Madera

### Preguntas

*P. ¿Qué efecto provoca un país que hace algo que impacte a otro por un proceso de modificación?*

El Río Madera no es el único caso, es malo el hecho de que en la Cuenca del Río Madera no se estén aplicando los conceptos de la gestión integrada de recursos hídricos y tal vez menos aún el enfoque eco sistémico. Uno de los aspectos fundamentales es el que menciona el “marco institucional”, usarlo sería lo más adecuado. El hecho se hace más complejo aún cuando se trata de un curso de aguas internacionales. Si existen muy pocos avances en lo que es la gestión integrada dentro de los países, menos aún es al avance dentro de lo que es la gestión integrada de cuencas transfronterizas. El mejor ejemplo a seguir es el de la directiva marco del agua de la Comunidad Europea, que abarca todos estos aspectos y son de cumplimiento obligatorio dentro de los países miembros.

## El caso del río Madera

### Emisión de gases en represas tropicales

Expositor: Gwenaél Abril – IRD (Francia)

Yo trabajo la incidencia de los ecosistemas acuáticos continentales en el ciclo de carbono como fuente de CO<sub>2</sub> y de metano. Hoy voy dar unos conceptos generales de cómo funciona el ciclo de carbono en los ecosistemas acuáticos y luego voy a hablar de represas hidroeléctricas tropicales, del ciclo de carbono y de los gases de efecto invernadero emitidos por esas represas. Finalmente voy a referirme al caso del Río Madera, de lo poco que se puede decir sobre ese río y las represas.

Las imágenes muestran el ciclo del carbono global en equilibrio, es decir que todo lo que entra en cada reservorio sale. Las fuentes de los pozos son iguales y los intercambios de carbono entre la atmósfera y el océano están equilibrados, de igual manera entre la atmósfera y la biosfera continental. Ese ciclo fue perturbado por la actividad humana, con el uso de combustibles fósiles en primera instancia. Estoy usando los siguientes números 10 elevado a 15 gramos de carbono por año. La combustión de combustibles fósiles emite 6 giga-toneladas por año, la deforestación emite 2; de estas 8 giga-toneladas sólo 3 se encuentran en la atmósfera, 2 se van a los océanos y se piensa que las 3 restantes van a ser captadas por la biosfera continental.

En las ilustraciones se puede ver que los intercambios de carbono entre la biósfera continental y la atmósfera son muy largos y por eso es necesario establecer una diferenciación entre los ecosistemas acuáticos y los ecosistemas terrestres.

Presento tres estimaciones de fuentes de metano a escala global. Podemos ver que las zonas húmedas naturales como también las artificiales, donde por ejemplo se cultiva el arroz, son las fuentes más importantes. También se observa que hay demasiada

## El caso del río Madera

incertidumbre o inexactitud entre las estimaciones, por esa razón es necesario realizar más estudios con respecto a las fuentes de metano.

En la *ilustración 3*, vemos la estimación de las represas hidroeléctricas a escala global (fuente St Louis et al 2000). Una fuente seria es la de los rumiantes, por ejemplo.

¿Cómo funciona el ciclo de carbono en los ecosistemas acuáticos?

Tenemos la vegetación terrestre y los suelos. La vegetación realiza la fotosíntesis y la respiración produciendo un intercambio de  $\text{CO}_2$  con la atmósfera, pero también hay una parte del carbono que se va a los ecosistemas acuáticos, como  $\text{CO}_2$  o Carbono Orgánico y también el metano producido en suelos anóxicos (sin oxígeno). Después de este proceso en el medio acuático, hay respiración que va a convertir el carbono orgánico en  $\text{CO}_2$  y esas dos fuentes de  $\text{CO}_2$  van a ir hacia la atmósfera.

En los ecosistemas acuáticos hay producción primaria por macrofitas (fitoplancton) que limita el flujo de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera. Ese carbono orgánico que viene de los suelos y que proviene de la vegetación acuática puede sedimentarse y sin oxígeno se produce el gas metano. Este metano producido, en esas condiciones, está por una parte oxidado en  $\text{CO}_2$  y por la otra se va a la atmósfera. Hay que resaltar que el metano es 20 veces más potente que el  $\text{CO}_2$  como gas invernadero, por lo que la oxidación de éste gas, que ocurre en esas condiciones, es muy importante ya que el impacto es menor si se emite  $\text{CO}_2$  en lugar del metano directamente.

Otro dato relevante es que el metano puede pasar a la atmósfera de 3 maneras diferentes: la primera es difusión simple del agua a la atmósfera; la segunda es por ebullición que se produce en los sedimentos, cuando se crean burbujas que salen directamente a la atmósfera; finalmente la tercera es a través de las plantas acuáticas.

En una columna de agua la concentración de metano, donde hay oxígeno, es baja. En el fondo de la columna de agua, donde el oxígeno es menor, la concentración de metano es más alta y más aún en los sedimentos. Cuando esa concentración es más alta que la solubilidad se producen las burbujas en los sedimentos. Las burbujas salen a la atmósfera sobre todo cuando hay turbulencia y también si baja el nivel del agua, en este caso cambia la presión produciendo la salida del metano. Lo difícil es medir las emisiones de metano, ya que los eventos de estas emisiones son muy cortos y ocurren en condiciones de viento.

## El caso del río Madera

Por ejemplo, para hacer mediciones el científico tiene que estar presente en el momento de lo contrario no se podría cumplir con esa tarea.

¿Por qué son especiales las represas? El problema de las represas es que para saber cuánto gas emiten a la atmósfera es preciso hacer la diferencia entre el flujo de metano antes de construir la represa y el flujo después de construida, ya que las empresas que construyen represas señalan que antes de construir las mismas existen emisiones de metano, esa afirmación es cierta.

Siguiendo las ilustraciones vemos que en una represa como señala la imagen (*ilustración 4*) se puede ver que es difícil cuantificar las emisiones de todos los diferentes ecosistemas, unos son fuentes y otros son pozos de CO<sub>2</sub> y de metano. La segunda relevación importante es que cuando se construye una represa se inunda de material orgánico terrestre y este material va a ser descompuesto por bacterias produciendo CO<sub>2</sub> y metano. Al principio hay mucha emisión debido a la gran cantidad de material orgánico, pero con el tiempo estas emisiones son cada vez menores. Por lo tanto, las represas no están en equilibrio y los gases tampoco.

En el caso de la selva, cuando los árboles mueren por encima del nivel del agua, emiten CO<sub>2</sub> a la atmósfera y hay que cuantificarlo. En las represas hay una estratificación térmica, especialmente en las represas tropicales, y ocurre que el oxígeno de la atmósfera ya no penetra el agua, se tiene un termo clima que es también una línea de oxidación. Por lo tanto, en la *ilustración 7* se puede apreciar una región con oxígeno y otra en el fondo sin oxígeno, la concentración de metano y CO<sub>2</sub> en son muy altas. Si fuera un lago, no habría mucho problema porque para que el metano salga a la atmósfera precisa encontrarse con el oxígeno y eso generalmente no ocurre en un lago. Sin embargo, en el caso de las represas que usan el agua del fondo de la misma para generar electricidad, provocan que el metano salga del fondo.

Mostramos el ejemplo de un estudio de emisiones de CO<sub>2</sub> y de metano en la Guyana Francesa, una represa que es la más documentada en términos de emisiones de CO<sub>2</sub> y de metano. Esta represa fue cerrada ya hace 15 años. La superficie era selva primaria (*ilustración 12*) con una superficie de 320 Km<sup>2</sup>, con aproximadamente 10 millones de toneladas de carbono (36% del suelo y 64% de la biomasa).

En la *ilustración 13* se aprecia una foto de la represa con la salida de las aguas de las turbinas, con una superficie de árboles inundados que estuvieron 6 meses hasta que se

## El caso del río Madera

cayeron sus hojas. Un año y medio después fueron cortados al nivel del agua, este material también cayó en la represa.

La *ilustración 14* muestra una fotografía de la zona litoral donde los árboles están de pie y donde se pueden apreciar micrófitos adheridos a los mismos.

La *ilustración 15* muestra la salida de las aguas. Estas aguas contienen poco oxígeno debido a la estratificación térmica que mencionamos anteriormente. Acatando la legislación europea, se instalaron aereadores para que exista oxígeno en el agua y así impedir la muerte de los peces aguas abajo, de esta manera el metano sale a la atmósfera.

La *ilustración 16* muestra el intercambio de gases en una represa. En primera instancia, la materia orgánica se descompone por una actividad microbiológica produciendo  $\text{CO}_2$  y metano liberado por simple difusión en la columna de agua. En la región de la línea de oxidación, se produce la oxidación de una parte del metano, hay producción primaria (fitoplancton) que va a consumir una parte del  $\text{CO}_2$  y producir oxígeno en el nivel superior de la columna de agua. Parte del metano se va a la atmósfera rápidamente (sin oxidación) en forma de ebullición.

La *ilustración 17* muestra las concentraciones típicas de  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  y metano en la región más profunda de la represa. Se puede ver que debajo de cinco metros ya no hay oxígeno, ahí empieza a subir la concentración de metano. Vemos una variación muy importante entre el periodo seco y húmedo.

La *ilustración 18* presenta 10 años de mediciones de metano y  $\text{CO}_2$ . La concentración es la media de toda la columna de agua. Se puede ver que hay una correlación entre la concentración de metano y  $\text{CO}_2$  con el tiempo de permanencia de agua. Esto quiere decir, que la fuente de metano está al fondo de la represa y no en el agua, si el tiempo de permanencia del agua fuera más alto entonces bajaría la concentración.

La *ilustración 19* muestra las mediciones que hicimos del flujo de  $\text{CO}_2$  y de metano, utilizando diferentes sistemas, el más simple es una cámara que flota y en la que se acumulan los gases y donde se realiza la medición por tiempo, de 5 minutos o media hora, dependiendo del gas.

La *ilustración 20* muestra la forma en la que se hacen las mediciones de flujos de metano (en ebullición o de burbujas). Se utilizan conos que capturan las burbujas y botellas donde se acumula el gas.





## El caso del río Madera

La *ilustración 21* muestra gráficos que son una síntesis de todos los flujos, los de la represa (del agua), difusivos y de ebullición. En amarillo tenemos lo que sale por debajo de las turbinas y en negro lo que sale en el estuario. Hubo un gran cambio durante el tiempo en cuanto a las emisiones totales, que bajaron sobre todo la del metano. Al principio había mucha ebullición, la misma que bajó con los años. Otro tema importante es que la línea térmica y la línea de oxidación se estabilizaron en mucho tiempo, por lo que las bacterias responsables de la oxidación del metano, empezaron a trabajar recién al año y medio o dos años después. En consecuencia, el flujo difusivo (en color azul) fue relevante al principio. Una conclusión importante es que puesto que el metano se concentra en la parte inferior del agua (agua retenida) éste sale por las compuertas de la represa fluyendo libremente con el agua retenida.

La *ilustración 22* presenta un balance de carbono de la represa, muestra lo que entra a partir de los ríos y lo que sale de la represa luego, en cuanto a carbono. Muestra que lo que sale a la atmósfera es casi tres veces superior, esto demuestra que la fuente de carbono excedente proviene del suelo y de la selva inundada.

La *ilustración 23* presenta una extrapolación de 100 años que permite ver si es interesante construir una represa en comparación a otras formas de energía, recurriendo sólo al criterio del efecto invernadero.

Comparado con una central térmica, la represa (llamada Petit Saut) debe funcionar 25 años para tener un mismo balance de carbono, para el caso del gas se requieren 80 años.

Fueron realizadas comparaciones (*ilustración 25*) con otras represas brasileras como "Balbina" y "Samuel", lo que permitió confirmar que la mayoría del metano sale debajo de las represas y no de la superficie de los lagos artificiales.

Ahora existe una institución la IHA (International Hidropower Association) que realizará un programa para estudiar los gases. El IPCC exige que se hagan inventarios nacionales incluyendo a las represas hidroeléctricas. Pienso que también el Banco Mundial antes de financiar represas, pide un estudio de impacto ambiental que incluye el tema de los gases.

Mostramos los primeros resultados de la región del Río Madera, son resultados de este año. Tenemos experiencia con ríos de aguas negras o aguas claras, no así con aguas blancas. No hay represas de aguas blancas. Sin embargo, lo que he visto en otros lugares es que cuando hay mucha sedimentación de aguas blancas, hay mucha emisión de

## El caso del río Madera

metano. Mucha sedimentación de material fino y material orgánico es un contexto propicio para la producción de metano y  $\text{CO}_2$ . De manera natural esta región es de mucha sedimentación, los datos vienen de esas áreas de inundación del Río Beni y la confluencia con el Río Mamoré.

En la *ilustración 28* las concentraciones de metano están en verde (parte superior), en rojo está lo que encontramos en el Río Amazonas, la escala para el metano es logarítmica. En azul tenemos el valor en la atmósfera (o sea de agua en equilibrio con la atmósfera). Vemos que las concentraciones, que se producen de forma natural, son muy altas en estas aguas y son fuentes de metano que incluyen sólo el flujo difusivo. En cuanto a las concentraciones de  $\text{CO}_2$  éstas son muy altas, por lo tanto, sacamos la conclusión de que estos ríos o estas aguas son también fuentes naturales de  $\text{CO}_2$ .

Para concluir debo decir que es muy difícil hacer pronósticos de las emisiones netas de ese tipo de represa. Primero porque las emisiones naturales ya son altas y segundo porque hay mucha heterogeneidad espacial (del paisaje). Un área, que puede ser selva, es pozo de  $\text{CO}_2$  y si es inundada se convierte en una fuente de  $\text{CO}_2$  (como en Petit Saut). Sin embargo, si es área húmeda que ya emite  $\text{CO}_2$  y es inundada, la situación va a ser diferente. Por ello, se deben realizar estudios antes de construir la represa y después de construirla para poder hacer comparaciones. Sobre todo en ese tipo de represa como la del Río Madera.

## El caso del río Madera

### Preguntas

*P. En una conferencia de un miembro del IPCC en el Brasil se dijo que, el ciclo del metano es mucho más agresivo que el CO<sub>2</sub>, tanto para los elementos que se encuentran dentro del agua como para los externos como la capa de ozono, pero el ciclo del metano es sólo de 11 años en la atmósfera y la del CO<sub>2</sub> es de un siglo.*

*R. Si la concentración del metano en la atmósfera sigue subiendo, tomando en cuenta que el gas tiene un tiempo corto de permanencia en la atmosfera, quiere decir que las fuentes están subiendo o que los pozos atmosféricos están bajando. Hay años, como en el 2001, en el que la concentración de metano en la atmosfera bajó. Pero el año 2002 subió otra vez, entonces se puede apreciar que el ciclo de metano es mucho más dinámico y corto y el efecto climatológico es inmediato. Si ahora decidimos que vamos a bajar todas las emisiones de metano la concentración va a bajar rápido, pero no sucede lo mismo con el CO<sub>2</sub>, el CO<sub>2</sub> requiere más tiempo y en este caso hay mucha más inercia.*

*P. No sé si han hecho la comparación de toneladas que tiene el bosque en pie antes de la inundación y de la cantidad de toneladas de carbono que se llega a liberar, ¿Hay una diferencia de toneladas que queda atrapada todavía?*

*R. Se me olvidó decir esto para Petit Saut, sabemos que en 10 años la cantidad de carbono emitida a la atmosfera fue de 20% la cantidad de carbono en los suelos y la biomasa.*

*P. He leído que unos investigadores brasileños están estudiando el atrapar el metano en las represas, ¿eso es factible?*

*R. Si es muy buena idea. Me gustó mucho este estudio porque es muy inteligente, tiene muy buenos argumentos. La idea es tomar metano, extraerlo del agua, del fondo de la represa y de quemarlo para producir energía. Los cálculos de Iván Lima y colaboradores que conozco me parecen una buena idea, por lo menos para intentarlo. Seguir construyendo represas que toman agua del fondo donde ya no hay oxígeno y dejar esa agua río abajo, dejar las emisiones de metano, dejar los problemas de oxigenación, no es una buena manera de construir represas. Creo que una buena manera es dejar entrar a las turbinas agua de la superficie y que se quede el metano al fondo, luego se lo extrae para hacer energía. Así se obtiene más electricidad con menos impactos ambientales.*

## El caso del río Madera

*P. No me quedó muy claro en la comparación de la generación hidroeléctrica, que teóricamente tendría que ir a hacer más limpio un mix energético determinado, las emisiones de metano de ésta central hidroeléctrica y si hicieron alguna comparación con la generación térmica en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero.*

R. Esta comparación no la he hecho yo, la hizo un químico de la atmósfera. Esto es complicado, tomando en cuenta que los tiempos de permanencia de los gases no son los mismos. Es complejo hacer la comparación entre emisiones de metano y emisiones de CO<sub>2</sub>. Eso lo hicimos con Petit Saut, que produce bastante energía por superficie inundada. Si hacemos la misma comparación por ejemplo para Balbina, que es una superficie muy grande para poca energía producida, el resultado será mayor. Esta fue la primera vez que se hizo esta comparación, pienso que es importante hacerla para proyectos futuros, además que el IPCC quiere que estos estudios se realicen.

## El caso del río Madera

### **HIS/ARA: Una herramienta para la evaluación de los ríos amazónicos**

Expositor: Juan Carlos Riveros - WWF (Perú)

Vamos a hablar del sistema HIS/ARA, sus antecedentes, orígenes, su objetivo, función específica, los productos que puede ofrecer y sus resultados preliminares. Un trabajo de los últimos tres años.

El HIS/ARA, viene de una sigla en inglés que traducida a nuestro idioma significaría “Sistema de Información Hidrológico” (HIS), en realidad es un sistema de información espacial con un mayor énfasis en lo hidrológico. El propósito es contar con un sistema que nos permita construir una base de información sobre la cual evaluaremos, de manera sistemática, la cuenca o los ríos de la Cuenca Amazónica.

Este proceso se inició el año 2006, la WWF, como varias organizaciones de conservación, tomó la decisión de tener un patrón sobre el cual comparar sus intervenciones de conservación, para apoyar y realizar tareas que tuvieran una lógica menos oportunista y aprovechar la experiencia que ya existía en las oficinas de América del Sur.

Hasta entonces, el trabajo era realizado a través de encomiendas y en oficinas de mayor capacidad. Los propósitos en ese momento eran (*ilustración 4*): identificar hábitats relevantes en el tema de conservación; trabajar en análisis de vacíos, es decir identificar qué áreas estaban protegidas, con qué tipo de protección, cuál era la eficiencia de esa protección, etc. y articular todo esto con el Congreso Mundial de Parques que se llevó a cabo en Bariloche. Se buscaba conocer el estado de las áreas protegidas y su grado de eficiencia en temas de contención de la deforestación u otros relacionados a otros impactos.



## El caso del río Madera

Un tema novedoso fue incorporar metas de conservación de agua dulce. Anteriormente trabajamos en la protección de jaguares, osos y otros animales terrestres, pero a fines del 2005 surgió la urgencia de incorporar elementos de biodiversidad acuática, básicamente de agua dulce, una de las más amenazadas y una de las menos conocidas, entonces comenzamos a incorporar elementos bastante preliminares como veremos más adelante.

Por último, nos propusimos establecer una línea base de monitoreo que nos sirva de referencia, es decir, un índice del estado de conservación del Amazonas que pudiera ser monitoreado no sólo por nosotros sino también por organizaciones y por la sociedad civil, de modo que se pueda ir viendo el estado actual, las oportunidades que se tienen y las perspectivas futuras.

El primer desafío fue definir el ámbito de acción (*ilustración 5*). En ese momento, la Comunidad Europea también estaba haciendo trabajos similares, así que logramos interactuar positivamente con ellos. Trabajamos para tener la cuenca claramente determinada, desde el punto de vista hidrológico; definir el bioma en cuanto a la presencia de bosques tropicales, considerar paisajes anidados como sabanas y otros. Como vemos en la ilustración, estamos hablando de un área que abarca entre 6.7 y 7.3 millones de kilómetros cuadrados.

La *ilustración 6* nos presenta el HIS/ARA en términos concretos. Cuando empezó no era sino un disco duro lleno de datos. Nos tomó un poco de tiempo empezar a articular esta información en un sistema de 3 cuerpos.

Un primer sistema corresponde al “manejo de información”. Es un proceso intenso y bastante frustrante porque no disponemos de suficiente información o la que existe está incompleta. Por ejemplo, cierta información probablemente es muy buena para un país no así para otros países o viceversa. En determinados casos, la información tiene relevancia en una coyuntura específica y luego ya no la tiene. Nosotros tratamos de articular un sistema que fuese equilibrado.

El segundo módulo es un poco más académico y se refiere al análisis de la información. Se desarrolla con varios modelos escalonados y articulados entre sí, que nos permiten comparar la información usando lineamientos científicos o riesgos de conservación. Este es el modelo con el que eventualmente estamos trabajando para obtener resultados, que

## El caso del río Madera

consisten en emitir boletines o reportes de manera sistemática. Estamos revisando este procedimiento con otros grupos que tienen mayor experiencia en el manejo del contenido de información, esto nos permite delegar en ellos la confiabilidad de esta información.

En líneas generales, diremos que los modelos analíticos operativos (*ilustración 7*) se fundamentan en el modelo lógico, basado en el Water GAP, un modelo que resultó amplio para la escala en la que trabajamos, razón por la cual hemos considerado reemplazarlo. El sistema Hydrosheds, basado en tecnología de sensores remotos, nos posibilita contar con un DEM (Modelo Digital de Elevación) de la Amazonía, el mismo que tiene bastante resolución. Recombinado ambos sistemas, obtuvimos una superficie hidrológica explícita, que si bien no tiene la calidad que pudiera requerir un modelamiento hidráulico o energético, nos permite realizar mediciones y trabajar sobre sistemas de conectividad que son críticos para los elementos involucrados.

El otro módulo interesante es el modelo de heterogeneidad, concebido también para el desarrollo de los indicadores ecológicos. Se basa en aplicaciones desarrolladas a fines del año 2006, las mismas fueron refinadas e incorporadas a este proceso.

Estamos completando una nueva distribución de peces, basada principalmente en el ámbito de nicho. Una universidad terminó las primeras capas de datos de algunas especies amenazadas, las mismas que estamos probando. El modelo de cambio climático fue creado al interior de la oficina y consiste en un ensamblaje de nueve modelos que tienen aún grandes problemas de resolución, empero para la escala en la que estamos trabajando funcionan lo suficientemente bien para permitirnos identificar cuáles son los problemas.

El otro modelo que estamos aplicando, está relacionado con el uso de la tierra, primero lo usamos de manera independiente pero luego vimos la necesidad de coordinar con un proyecto que emplea el modelado dinámico. De esta manera, se alimenta el sistema de planificación de la conservación basado en herramientas como Marxan, Zonation y eventualmente Consnet, que sirvieron de apoyo para desarrollar este sistema que nos permite tomar decisiones menos subjetivas, a pesar de que estas dependen mucho de la calidad de la información.

## El caso del río Madera

Esto apunta a la conservación, pero es necesario considerar que el área de conservación puede ser bastante amplia, que no sólo involucra áreas protegidas sino también áreas importantes para el mantenimiento de servicios ambientales o preservación de la calidad de vida de poblaciones humanas asentadas.

En la actualidad, estamos evaluando el trabajo con el Centro Tyndall para reemplazar todo el módulo de cambio climático y, eventualmente, incorporar el próximo año servicios ambientales a través de un modelo en el que estamos trabajando con la Universidad de STANFORD y TNC. Se trata de un modelo que permitirá asignar valor a servicios ambientales de forma explícita, es decir a partir de una determinada cuenca valorar cuánto produce de agua, la calidad, la producción de sedimentos, etc.

El Hydrosheds (*ilustración 8*) es el modelo lógico base que fue combinado con uno de WATER GAP, se trata de un modelo multiescala, que permite definir cuencas a diferentes escalas y con distintos niveles de integración. Tiene una desventaja, es necesario contar con una computadora muy potente. Una simulación puede demorar hasta un día entero. Copiar todo el sistema es una tarea muy compleja.

En cuanto a las unidades de análisis, nos permiten tener meso cuencas (*ilustración 9*) con resoluciones de 1.600 a 40.000 Km<sup>2</sup> o tener micro cuencas. En la Amazonía contamos con 29.831 micro cuencas definidas, pero para el ámbito del estudio que estamos realizando, tenemos alrededor de 50.000 micro cuencas, mucho más finas de 100 a 1.000 hectáreas, según la resolución que necesitemos. La información está anidada, de manera que no permite ver las capas cartográficas proyectadas y representadas en cada nivel.

Esto sirve para realizar el análisis similar al que se muestra en la *ilustración 10*. Se trata del modelo de "Conectividad Hidrológica" que nos permite identificar varios aspectos, por ejemplo, si queremos conservar o proteger un área o saber cuáles son los requerimientos hidrológicos de agua en esta área protegida, qué ríos se conectan con el cauce principal de ida y vuelta o ver que ríos son relevantes en la cabecera. Esta herramienta también permite evaluar los elementos de impacto en cabeceras de río e integrarlos en distintos niveles.

Por ejemplo en el cuadro de la *ilustración 11*, en el río Madre de Dios, se están mostrando áreas desde el punto de vista de la biodiversidad, no solamente son las áreas protegidas o

## El caso del río Madera

las áreas importantes que hemos identificado sino además se marcan todos los ríos, porque para asegurar la conectividad o la preservación de la fauna hídrica en esta zona, tenemos que considerar la conservación del cauce del río Madre de Dios, más aún dentro del Madidi. Estas herramientas son bastante útiles al momento de ver si ocurre algún impacto en un lugar específico e identificar qué elementos son perturbados.

Una de las grandes pugnas que tenemos ahora, es hacer el sistema más eficiente porque es demasiado lento, algún día tendremos un programador que nos ayude con esto.

El modelo de Heterogeneidad Terrestre (*ilustración 12*) está basado en los datos de Sistemas Ecológicos de TNC, los mismos que han sido un poco refinados. Hoy en día, contamos con lo que ha producido la CAN para la zona andina, que aporta en mucho a la resolución del modelo y que está a punto de ser incorporado en nuestro sistema.

El modelo de Heterogeneidad de Agua Dulce, generado por nosotros de manera general, trabaja con variables básicamente físicas, respuesta hidrológica, cantidad de sedimentos, tipo de agua, volumen de lluvias, etc. A eso le agregamos una capa de información biogeográfica basada en eco-regiones de agua dulce. El modelo es aún bastante preliminar, estamos trabajando para mejorarlo con ayuda del Maxent, que nos está apoyando sobre todo a definir algunos de los elementos que son importantes en el tema de biodiversidad. Por otro lado, TNC con el equipo liderado por Pablo Petri, está trabajando en un sistema similar que vendría a reemplazar al nuestro. Una ventaja del HIS/ARA es la modularidad, sacamos una cosa, ponemos otra, y así nos damos cuenta de donde nos hemos equivocado.

La *ilustración 14* muestra un resumen rápido del proceso de hetero-generalizaciones, que hicimos el año 2008. Básicamente combinamos algunos elementos de biodiversidad denominados sustitutos o proxies, utilizados cuando no tenemos información suficiente.

Consideramos el riesgo de la deforestación en base al modelo DINAMICA de IPAM/WHRC, combinamos las oportunidades basadas en la cantidad de tierras indígenas desprotegidas, en diferentes niveles. Toda la información literalmente se “cocina” en un programa llamado MARXAN y obtenemos las prioridades, las áreas más representativas, aquellas que son irremplazables desde el punto de vista de estos factores. Finalmente podemos llegar a obtener un mapa como el de la *ilustración 15*, el mismo que todavía es de



## El caso del río Madera

consumo interno pero que será publicado en el curso de los próximos 3 meses. Este mapa nos indica cuáles son las áreas prioritarias si fuéramos a conservar biodiversidad, en los marcos de nuestro conocimiento, muy limitado por cierto, se muestran las áreas que deberíamos priorizar tanto por su alta importancia como por su gran riesgo de conversión. Por ejemplo, como verán muchas áreas están en Ecuador y en la frontera, con expansión agrícola o con riesgo de penetración, establecimiento de carreteras, etc.

Otra aplicación que hemos realizado y que es bastante útil, es modelar los bloques climáticos (*ilustración 16*). Básicamente definimos cómo es el clima en esta región (ejemplo bloque 21 en la ilustración). En base a los modelos que estamos considerando, vemos cómo ese clima va cambiando en los años 2025, 2050 y 2080. Los resultados nos indican que este bloque correspondería a una región entre el Manu y Purús, basándonos en datos de cambio climático (modelos correspondientes al año 2007) y considerando lo que había dentro de esta región, observamos las variaciones en el clima, temperatura, precipitación, etc., que para el año 2080 ya no son las mismas. Lo que habría pasado con la biodiversidad dentro de este bloque es el tipo de problemas que tenemos que analizar.

Obviamente existe muchísima incertidumbre. Este es un tópico que siempre va a estar sujeto a controversia y esperamos, con este trabajo y con el apoyo del Centro Tyndall, poder refinar estos datos y sostener que la situación aparentemente es más crítica de lo que parece.

Nosotros también nos ocupamos en convertir información gruesa, relativamente compleja de analizar, en información que pueda ser explícita. La *ilustración 17* es un mapa basado en información de Goulding, Cañas en el que se identificaron áreas de reproducción de bagres. Lo que hacemos es refinar esa información utilizando datos fisiográficos, altitud, condiciones, etc. Luego, trabajando con Goulding, sabemos los aspectos que pueden ser importantes para estos peces y esa información la trasladamos a nuestros ríos, ríos ficticios para el modelo. A partir de estos insumos, comenzamos a modelar conectividad, requerimientos hidrológicos, identificamos qué áreas pueden ser más importantes, etc.

Por ejemplo en el caso del río Madera, de seguro que todas las áreas de bagres probablemente serían afectadas. Todos estos análisis utilizan información de gran escala y la convierten a información de escala mediana (o escala utilizable). Finalmente y con la



## El caso del río Madera

ayuda de los especialistas, estos insumos se transforman en información útil para la toma de algunas decisiones.

Lo último que estamos trabajando es el índice de riesgo ecológico (ilustración 18). Este es un campo relativamente amplio pero simple a la vez, nos permite utilizar algunos elementos fáciles de adquirir, en términos espaciales, para modelar el impacto en los temas acuáticos. Esta información está basada en los cinco componentes de integridad de agua dulce (ilustración 19): calidad de agua, estructura física del hábitat, fuentes de energía, interacciones bióticas y régimen de flujo. Lo que nosotros hacemos es identificar qué amenazas afectan estos componentes, en base a esa información elaboramos una escala de valores bastante gruesa, combinamos los valores y la sensibilidad y obtenemos los elementos críticos.

Veamos un ejemplo, la *ilustración 21* muestra el caso de las amenazas por la agricultura, (fuente FAOSTAT/CIAT del año pasado). Este fue el resultado de un trabajo elaborado para identificar amenazas ambientales en la Cuenca Amazónica. Vaciamos los datos y los cambiamos a la escala de la cuenca que estábamos trabajando, de esta manera logramos identificar qué áreas son más sensibles o que áreas tienen mayor riesgo en el ámbito de la agricultura y a esta escala. Podemos también evaluar la distribución, frecuencia y sensibilidad (ilustración 22) de la Cuenca Amazónica y ver qué meso cuencas son más o menos impactadas. De la misma manera, logramos evaluar la densidad poblacional humana (ilustración 24), que refleja la situación en los núcleos poblacionales en expansión o también las represas (ilustración 25).

Al realizar la combinación de datos obtenemos resultados todavía preliminares (ilustración 26), podemos elegir cuencas o ver qué zonas son las más complicadas, cuáles son las que tienen mayores problemas, etc. Logramos ver a qué se deben estos problemas, si hay una presencia humana, la densidad poblacional, el manejo de los desechos, la minería, el petróleo, las represas, etc.

En los sistemas de planificación de riesgo y conservación, esta información se utiliza como una capa de costos (ilustración 27). Por ejemplo, una representación de eco regiones en agua dulce, de manera general, tendría 14 porciones, una muestra de cada una de ellas introduciremos en Zonation (ilustración 28), éste es un sistema de soporte de decisión

## El caso del río Madera

desarrollado en Finlandia. El sistema identifica, de manera global y con color rojo intenso las zonas más importantes, que según el sistema deberían ser conservadas.

Ahora si le damos una capa de costos, veríamos cuáles son más costosas o menos relevantes de conservar. Lograremos un análisis más refinado (*ilustración 29*), y eventualmente si le decimos al sistema que utilice las cuencas como unidades, veríamos cuáles son las cuencas más o menos impactadas (*ilustración 30*).

Esto no quiere decir que un área sea más importante que otra sino que no tiene mayores costos. Entonces, combinando estos elementos esperamos a finales del mes de julio tener un análisis completo que abarque todas las áreas de la Amazonia, lograrlo sería una ventaja para poder analizar los impactos que están ocurriendo.

Esto es parte de un proceso en el cual estamos trabajando con varios especialistas de distintos sectores. Hasta fin de año, esperamos mejorar la resolución hidrológica y tener mejor precisión en algunos aspectos del modelado. Posteriormente podremos hacer zooms (tenemos tres zooms planificados: uno sobre Pasto – Mocoa en Colombia, otro para ver el probable impacto de la represa Inambari en el Perú y un tercero en la zona de Juruena en Brasil. (*Ilustración 31*). Para el 2010 habremos abordado temas del cambio climático, vulnerabilidad y biodiversidad y luego, el 2012, trabajaremos todo lo relacionado a servicios ambientales y pesquerías.

## El caso del río Madera

### Preguntas

*P. Por muchísimos años, el movimiento de conservación se ha ocupado en la Amazonía, en términos de hectáreas, del bosque casi como la medida única y exclusiva de conservación, lo cual para cualquier biólogo o ecólogo es absurdo, considerando la enorme heterogeneidad de ese bosque y que si tuviéramos vista de rayos x veríamos que el bosque amazónico no es de plantas, sino un montón de agua organizada de maneras muy diversas. El trabajo me parece un excelente avance conceptual y de prioridades en términos de sistemas hidrológicos. ¿Si tratamos de establecer una medida de obtención de prioridad de una hidro-cuenca, sería una meso cuenca, hectáreas de cuenca, micro-cuenca ó numero de cuencas?*

**R.** Ahí tenemos una dificultad interna. Eventualmente podríamos identificar dos o tres cuencas que son muy importantes a mitad del Amazonas, pero para preservarlas tienes que preservar toda la cuenca alta y baja. Entonces, uno de los temas que estamos viendo es definir la intervención, ya no es la protección como se hacía el siglo pasado sino se trata de mirar abanicos de intervenciones o de mosaicos, en los cuales tenemos áreas protegidas, área privada, manejo forestal certificado, actividades agrícolas certificadas, territorios indígenas, etc. Por otro lado, también es necesario tener un pauteo político de las legislaciones que ayudan a mantener, por ejemplo, la pesquería, el nivel de contaminantes en el río, cómo hacer para que los actores empresariales, mineros, petroleros, etc. no contribuyan con más problemas sobre el sistema acuático.

Son intervenciones escalonadas en varios niveles, pero todavía estamos en la discusión, es decir que todavía no tenemos una respuesta.

*P. Este es un sistema muy interesante, creo que hay varias iniciativas en este sentido, sin embargo, yo tengo algunas dudas porque vemos un sistema muy general, muy integrado y que corresponde a diferentes realidades. En particular, quisiera saber ¿Cómo controlan ustedes la calidad y la cantidad de los datos que entran en su sistema? Todo el análisis físico no puede ser establecido de manera independiente al conocimiento que se tiene en cada región, hay niveles de datos biológicos que son muy diferentes en las distintas partes de la Amazonia, entonces quisiera saber ¿Cómo entra esta información? ¿Es considerada? y si a veces utilizan filtros de precaución sobre las conclusiones que van a emitir.*

## El caso del río Madera

*Un segundo tema, sobre el que tengo muchas dudas es que al ver todo eso de tan lejos, casi de la luna, nos podemos preguntar ¿Cuál es el vínculo con la realidad? Has pasado muy rápidamente la ilustración donde se ve la Cuenca Amazónica, ¿Dónde aparece Bolivia y zonas prioritarias de conservación ¿Después de su análisis que es valioso, los objetivos también lo son, cómo vuelven a la realidad del campo?*

**R.** En realidad nosotros no somos expertos, los expertos son los que nos dan la información. Por ejemplo, para que yo meta una información de bagres migratorios tengo el visto bueno de Michael Goulding, si yo quiero meter una capa de ecosistemas de agua dulce tengo que tener el visto bueno de Pablo Petri que maneja la información de peces. Entonces nosotros compilamos la información sobre la base del trabajo realizado por expertos, no juzgamos la información, puede ser éste un problema porque no contamos con el expertise para poder hacerlo.

**P.** *Sí, pero mi pregunta es que por ejemplo puedes tener buenos datos acerca de donde se reproducen los bagres, yo lo dudo sinceramente, Goulding puede decir que lo sabe y tener una muy buena idea de la distribución de los peces en Perú, Ecuador, pero de lo que sucede en Bolivia no se conoce mucho, entonces ¿Cómo entran esas diferencias de calidad de información en su sistema y con qué preclusión?, Porque al final ustedes van a definir y recomendar cosas que implican acciones y decisiones.*

**R.** Nosotros también tomamos en cuenta el sistema de peer review, manejamos todo el tema a través de las oficinas de la WWF, desde donde son realizadas las consultas con expertos locales, entonces no corremos el riesgo ni la necesidad de que alguien lo verifique y valide antes, siempre considerando que en la escala en la que trabajamos la confusión de los datos es altísima. Eventualmente, asumimos riesgos tomando decisiones sobre información que no está completa o que no ha sido totalmente validada.

Sobre el punto siguiente, nosotros en realidad realizamos un meta-análisis que nos ayuda a identificar cuáles son las prioridades, que no necesariamente coinciden con las prioridades nacionales. La próxima semana tenemos una reunión en Bogotá con las autoridades de cada país, en ese espacio vamos a explicar el sistema, las cosas que tiene, veremos qué les interesa, qué lineamientos les parece que debemos incorporar, etc. Queremos desarrollar un trabajo en conjunto, que nos permita definir qué es válido o qué no lo es. Actualmente hay que considerar los escenarios políticos, ciertos esquemas de



## El caso del río Madera

conservación no convencionales pueden interesar mucho al país pero no a los indígenas y viceversa. Este es un ejercicio bastante académico que ayuda al diálogo. El propósito es que esta herramienta promueva el diálogo.

*P. Tengo algunas dudas, creo que ha utilizado el sistema Pfafstetter en la fase de la clasificación de cuencas, esto es algo que en Brasil ha creado una discusión sin sentido, desde mi punto de vista, pero el sistema que menciono ha sido adoptado por el Concilio Nacional de Recursos Hídricos en Brasil y fue objetado por el organismo oficial ANEEL, porque en una parte del sistema se crean inter-cuencas, puesto que es una entidad que no tiene representación física desde el punto de vista hidrológico, nosotros no lo utilizamos ni lo recomendamos. Creo que hay que tener un poco de atención sobre este tipo de temas. Por otro lado, también hay problemas en regiones donde hay mucha afluencia de cuencas como el Orinoco. Entonces, los sistemas de información geográficos nos ponen intranquilos. Creo que hay que poner más esfuerzo en utilizar un mecanismo que ya existe, entonces se puede invertir más en ese sentido y tener un sistema más adaptado a lo que se está usando, en Brasil los técnicos que trabajan con hidrología no lo utilizan.*

*P. Tengo la misma observación. Desde el principio, en este trabajo se ha delimitado la frontera dentro de la Cuenca del Orinoco y la Amazonía. Ambas bifurcan sobre todo durante ciertos periodos, entonces es un poco difícil (en términos hidrológicos) dividir la biodiversidad por ejemplo. Sería interesante tomar en cuenta todas estas precauciones y definir o aclarar un poco más qué significan los vacíos de conocimientos.*

*Nosotros tenemos en Bolivia ciertos bichos que aparentemente están muy limitados en su distribución a un área privada como a una estancia ganadera ¿Cómo se decide entonces si es área de riesgo, área de importancia, área de prioridad y cómo manejar el asunto? Hay muchos aspectos de organización lógica de este modelo, que es muy valioso, necesario e interesante. Yo recuerdo que hace años Conservation International desarrolló algo similar que se llamaba CONDOR, era un sistema muy simple, entraba en un CD-ROM, y no necesitaba 2 giga bytes para correr, por su simplicidad y valor ilustrativo fue de fácil acceso. Quizá valdría la pena hacer algo por el estilo y proporcionar un acceso más abierto para asegurar una consulta y verificación de datos.*

*P. La consulta es más bien técnica sobre los módulos operativos que presentabas. Había dos módulos referidos a cambio climático y servicios ambientales, pues bien en cuanto se*



## El caso del río Madera

*refiere a cambio climático ¿Han previsto alguna estructura dada por el IPCC o algo así tanto en mitigación como adaptación? En cuanto a servicios ambientales ¿Están haciendo algún tipo de valoración económica de los recursos?*

R. Trabajar con el Centro Tyndall nos permite salir de nuestra aproximación general. En el tema del cambio climático, el Centro Tyndall tiene una herramienta que se llama CIAS, que permite evaluar los impactos a nivel de comunidades, es una herramienta de consulta (en la web Climascopes). Ellos (Tyndall) alimentarían este sistema con modelos climáticos ya desarrollados bajo la premisa del IPCC, usando sus módulos. Esta es una herramienta que nos permite mirar el tema de adaptación y refinamiento. Ellos están trabajando para mejorar la resolución de los datos para que sea útil en la escala en la que estamos trabajando.

Sobre el tema de servicios ambientales, INVEST es una herramienta que permite valorar servicios ambientales a escala local, porque es imposible hacerlo a escala de todas las cuencas. El año pasado, trabajando con CIAT y con King's College logramos completar una herramienta que está financiada por el fondo ESPA y que nos da una idea de los principales servicios ambientales, en términos de producción de agua, producción de madera, producción pesquera, etc. Obviamente, todo esto a escala gruesa, lo que puede ser muy controversial pero que fue la información disponible en su momento.

## **Impactos de presas hidroeléctricas en la Amazonía**

**Philip M. Fearnside**

**INPA**

Simposio Internacional "Evaluación de Impactos Ambientales de grandes hidroeléctricas en regiones tropicales: El caso del río Madera", WWF-Bolivia, La Paz, Bolivia. 19 de Maio de 2009.

### **Impactos de presas hidroeléctricas en la Amazonía**

**Philip M. Fearnside**

**Instituto Nacional de Pesquisas da  
Amazônia – INPA**

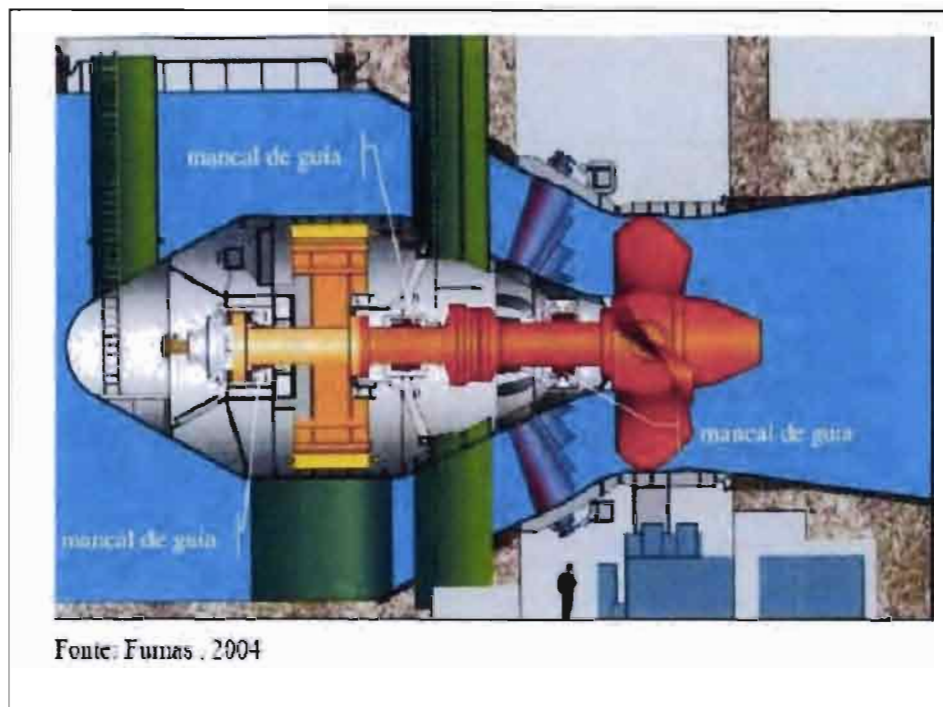
<http://philip.inpa.gov.br>

Simposio Internacional "Evaluación de Impactos  
Ambientales de grandes hidroeléctricas en regiones  
tropicales: El caso del río Madera", WWF-Bolivia. La Paz.  
Bolivia 19 de Maio de 2009.

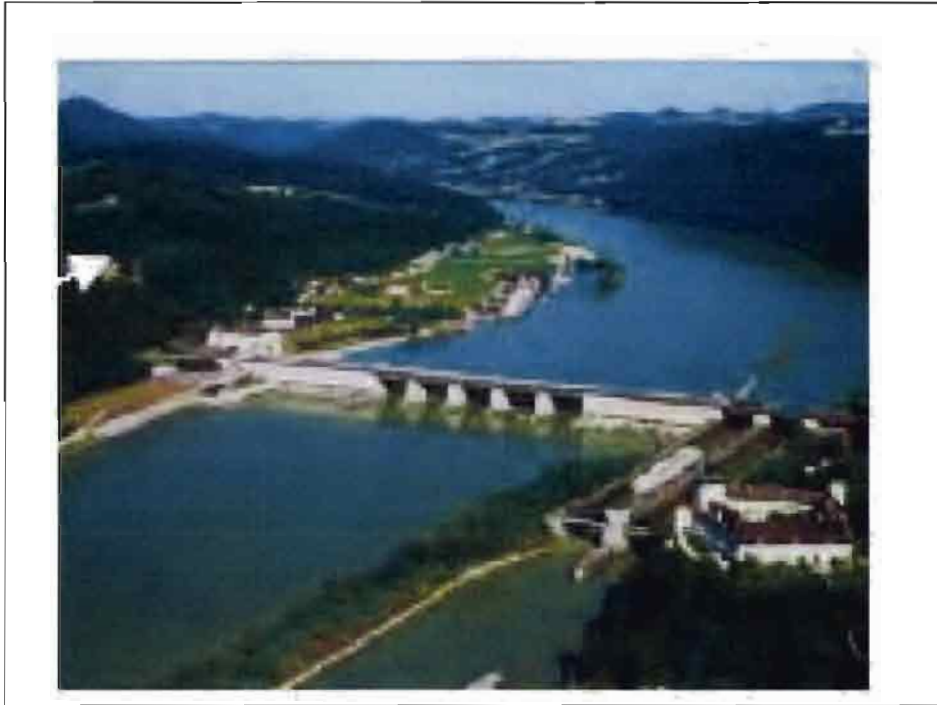
- 1.) El tema de los impactos de presas hidroeléctricas es enorme, y tratarán a solamente una pequeña porción de este tema aquí. Tiene mucho más información en el sitio <http://philip.inpa.gov.br>



- 2.) Los embalses del río Madera no se limitan a las dos obras en fase de iniciación: Santo Antonio y Jirau. Una tercera presa, de Guajará Mirim, se planea pero es omitida de la discusión sobre el licenciamiento en el Brasil hoy. La mitad del lago estaría en Bolivia. Todavía hay una cuarta hidroeléctrica planeada: Cachuela Esperanza, que sería construido en Bolivia con financiamiento brasileño, principalmente para la exportación de energía para el Brasil. La hidroeléctrica de Guajará Mirim sería necesaria si está para tener utilidad las esclusas para las cuales el espacio es reservado en los planes para Santo Antonio y Jirau. La hidroeléctrica de Guajará Mirim hace posible pasar el resto de los rápidos que obstaculizan la navegación en el río Madera, y abre hidrovías hasta Mato Grosso por el río Guaporé y aproximadamente 4000 kilómetros de hidrovías en Bolivia visadas por el IIRSA. Estas hidrovías tendrían ventajas en tornar más barato el transporte de la soya, sin embargo también tendrían grandes impactos con la dispersión de la deforestación para la cultura de la soya en estas áreas.

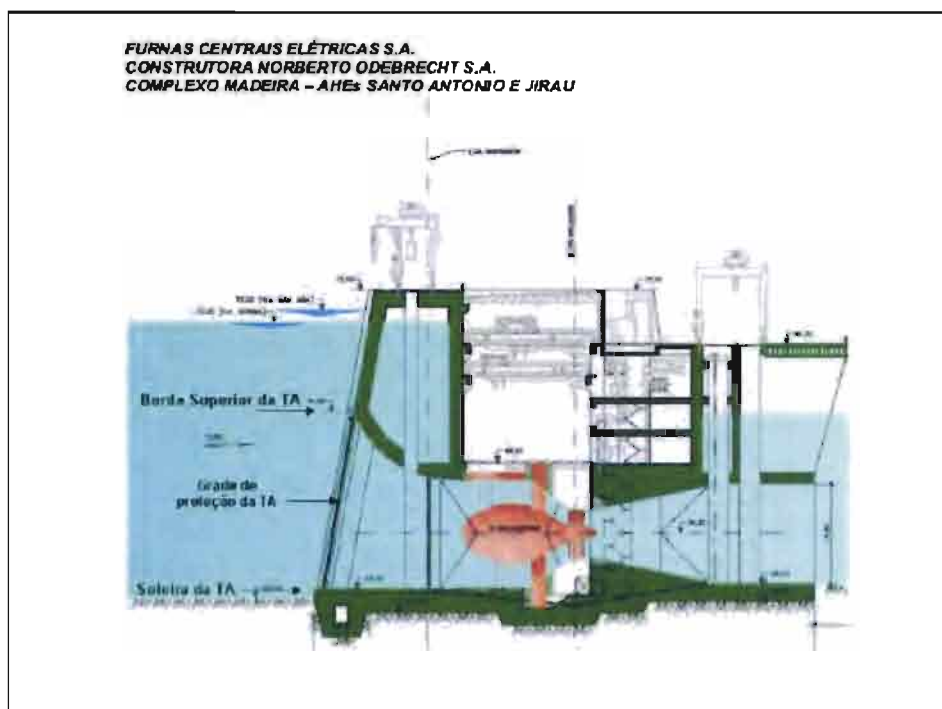


- 3.) Las presas del río Madera tendrán turbinas tipo bulbo, retratadas por los proponentes de las presas como teniendo solamente mínimos impactos. Mientras que son mejores que las turbinas tradicionales, sus impactos siguen siendo substanciales. Observe el tamaño de la figura humana para la escala en el diagrama.



- 4.) Los documentos proponiendo las presas del río Madera frecuentemente usan esta fotografía de una presa con turbinas bulbo en el río Danubio, en Europa. Aquí el río aparece igual arriba y abajo de la presa. Pero las presas del río Madera serán muy diferentes.

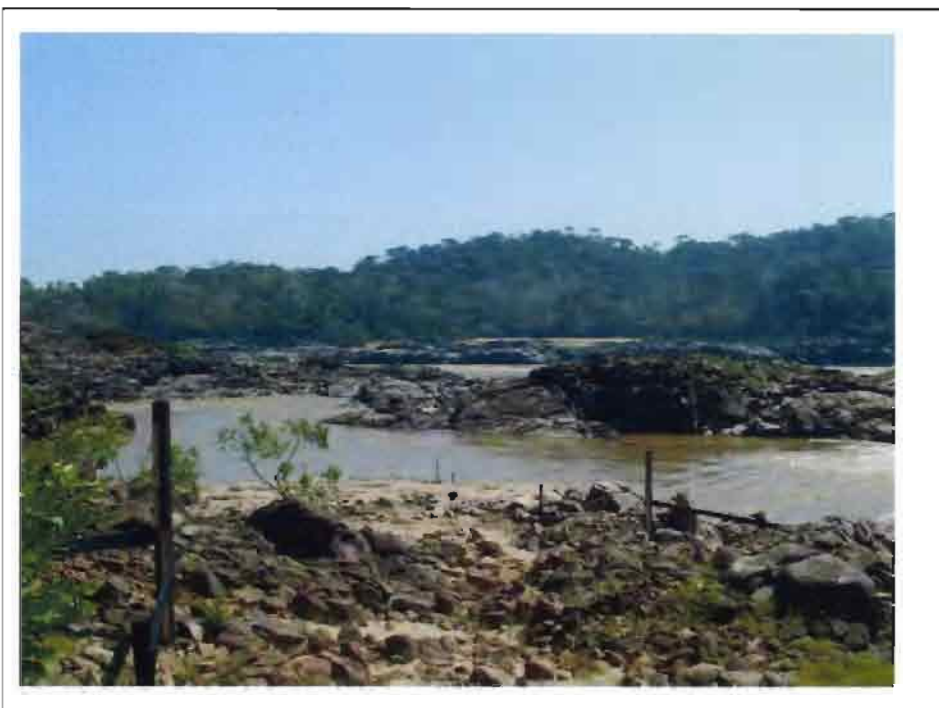




- 5.) La presa de Santo Antônio tendrá una caída de aproximadamente 15 m, refiriéndose a la diferencia en los niveles de la superficie del agua arriba y abajo de la presa. Sin embargo, el diagrama demuestra, la profundidad del agua en la presa será de  $70 - 23 = 47$  m. Ésta es en la misma gama que las profundidades de las presas existentes en la Amazonía, y es casi dos veces la profundidad de la presa notoria de Balbina. Esta profundidad es más que suficiente para que el reservatorio sea estratificado, causando el agotamiento del oxígeno en el fondo del lago y proporcionando las condiciones para la generación de metano (un potente gas de efecto invernadero), para la transformación del mercurio en su forma metálica venenosa, y para la muerte de los bagres migratorios.



- 6.) Esta profundidad del agua es más allá del nivel de inundación del río "natural" que los proponentes de las hidroeléctricas han repetido tanto como siendo el límite de inundación de la presa que muchas de las personas que vivían cerca de las presas desconocen que el área adicional será inundada. Éste es el caso aquí, durante el período de agua bajos, en el sitio seleccionado originalmente para la presa de Jirau. El plan actual es construir la presa 9 kilómetros más abajo.



7.) La base del hidrógrama en Jirau comienza con el marco cero en el fondo del río.



- 8.) La parte superior del hidrógrama está en 21 m sobre el marco cero. Éste es menos que mitad de la profundidad del lago cuando está lleno. La inundación cerca de la presa irá obviamente mucho más allá de este punto.



- 9.) Aunque menos que en presas existentes, el bosque que se ahogará inundando es significativo, como aquí en el área expuesta a inundación estacional "natural", y en las áreas adicionales que se inundarán en bosque de tierra firme. El bosque estacionalmente inundado morirá cuando es debajo del agua el año entero.





- 10.) Las pequeñas ciudades tales como Mutum-Paraná están en los márgenes de los niveles naturales de inundación. Las áreas verdes en el primero plano se inundan durante el período de agua alta. La subida adicional del nivel del agua forzaría la relocalización.

**Figura 39: Piracema na Cachoeira do Teotônio**



O Fenômeno da Piracema - Cachoeira do Teotônio

Foto: FERNANDES e GUIMARÃES, 2002

- 11.) La migración de los peces, o el “piracema”, es un acontecimiento anual en el río Madera, que es uno de los ríos más ricos de peces en toda la Amazonía.



Figure 4.1. Fisherman with migratory Jau Catfish (*Zungaro zungaro*) which, like most Amazonian catfish, is vulnerable to watershed fragmentation from dams and reservoirs. Fishing is the most important economic activity in the Amazon that is wholly dependant on biodiversity. It provides financial opportunity to fishermen, as well as to boat builders, mechanics, and fishmongers (© Russell Mittermeier/C1).

- 12.) Los bagres grandes son la preocupación principal. Varias especies se crían en las cabeceras del río Madera en Bolivia y Perú. Las larvas mandilan río abajo y vienen a su tamaño enorme en el bajo Amazonas, por ejemplo entre Santarém y Belém, antes de emigrar para poner sus huevos en las cabeceras. Apenas la porción brasileña del río Madera rinde 23.000 t de por año.

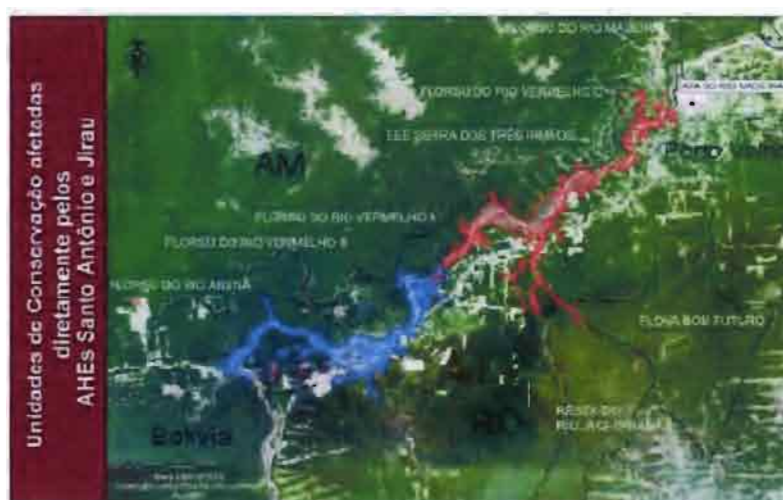


Figura 1. Unidades de conservação possivelmente afetadas pelos AHEs de Santo Antônio e Jirau.

Fonte: Marcelo Gonçalves de Lima. 2007.

- 13.) El plan de canales para peces trasladarse alrededor de las dos presas. Diferente de especies tal como el salmon, para los cuales hay una larga experiencia con escalas de peces, nadie sabe si estos canales funcionan para bagres amazónicos. Si los adultos logran pasar de las presas usando los canales, su éxito final sigue siendo dudoso. Tendrán que nadar casi 300 kilómetros de embalsas, en los cuales existirán estiramientos numerosos de agua anóxico en el fondo. Los siluros nadan a lo largo del fondo del río, diferente de los peces tales como el tucunaré que se adaptan a los embalses. Son muy sensibles al agua anóxico, como se muestra la mortalidad de los bagres en Tucuruí. Si los adultos logran sobrevivir el paso a través de los reservorios, el sino de las larvas es problemático. Éstos mandilarán en descender el río. En el agua lento de los reservorios son probables hundirse al fondo donde serían matados por la carencia del oxígeno. También serán aspirados a través de las turbinas, donde muchos morirán.



Figura 2. Reserva Departamental Bruno Racua, Bolivia e área de inundação do AHE Jirau para tempo de retência de 50 anos e 30% de desconto de sedimentação

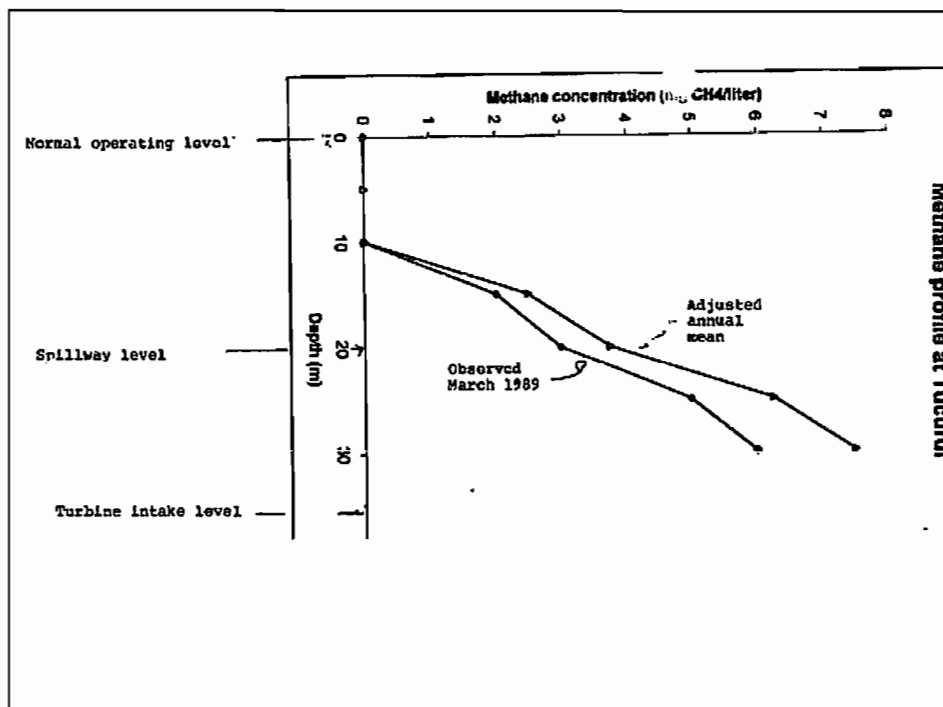
Fonte: Marcelo Gonçalves de Lima, 2007.

- 14.) Las presas del río Madera tienen muchos otros impactos, incluyendo la acumulación del sedimento en la tapa del reservatorio de Jirau que levantaría los niveles del agua y crearía inundaciones en Bolivia. Jorge Molina es un experto en estos impactos.





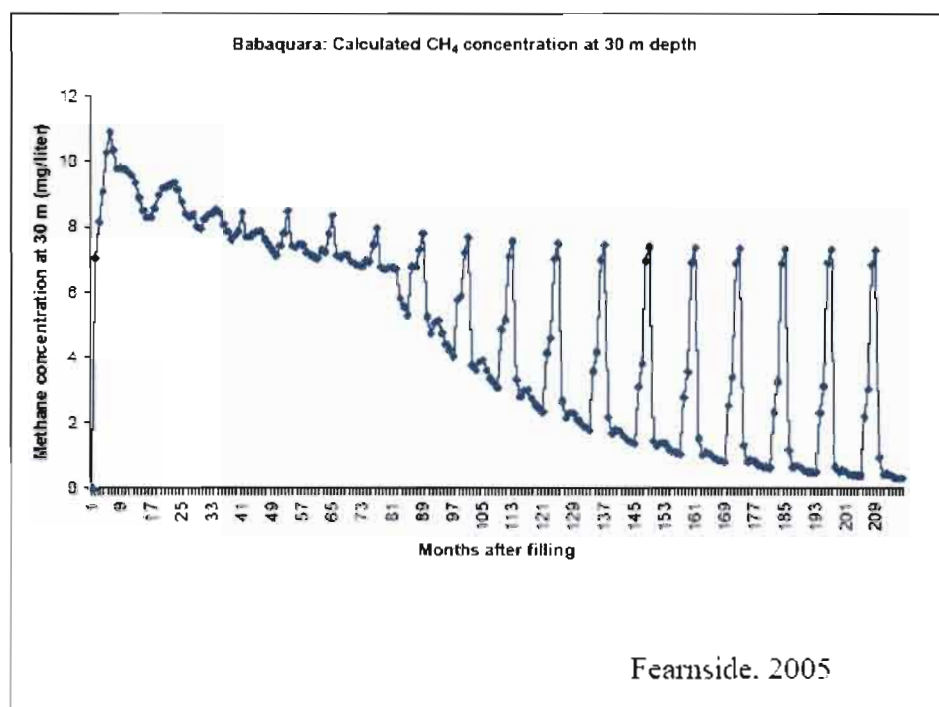
- 15.) La electricidad de las presas hidroeléctricas Amazónicas no es una “energía limpia” como se afirma en varias ocasiones en el actual Plan decenal del Brasil para la extensión de la energía. Los gases del efecto invernadero se emiten como dióxido de carbono de los árboles muertos por inundación y la liberación del metano, especialmente por las turbinas y los vertederos. El metano tiene 25 veces más impacto sobre el calentamiento global por tonelada que el bióxido de carbono, y la conversión del dióxido de carbono en metano por el reservatorio, por lo tanto, representa una contribución neta al calentamiento global. Aquí uno de los vertederos en Tucuruí ilustra el problema. El agua se dibuja en profundidad de 20 m en el reservatorio, que está debajo del termóclino que separa el agua inferior de la superficie. El agua inferior tiene altas concentraciones del metano porque no hay oxígeno disponible para que la descomposición convierta la materia orgánica totalmente en  $\text{CO}_2$ . En profundidades mayores el agua es fría y con alta presión, conduciéndola a sostener más metano. Cuando se libera a través de las turbinas o los vertederos se reduce repentinamente la presión, y el gas es liberado de la misma forma que cuando se abre una botella de Coca-Cola. Aquí en el vertedero el agua es lanzado en el aire por un “salto de esquí” y rota en millones de gotitas minúsculas. Éste es para oxigenar el agua de modo que menos peces mueran río abajo, pero el otro lado de la moneda es que el metano es liberado inmediatamente.



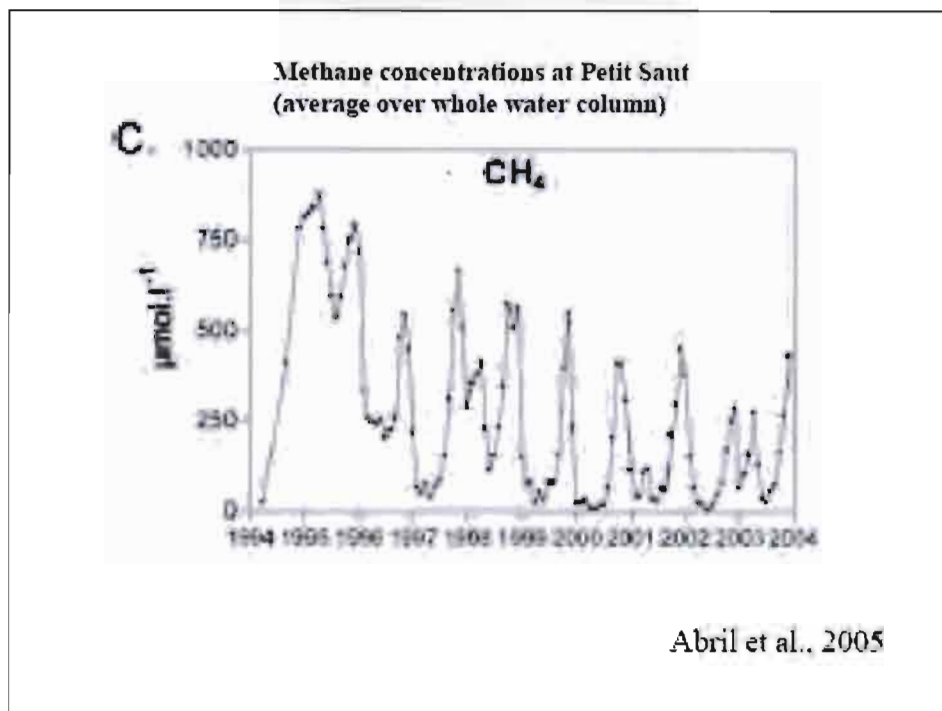
- 16.) Cuanto más profundo entra en la columna del agua, cuanto más alta es la concentración del metano, como puede ser visto aquí en una medida hecha en Tucuruí por el limnólogo brasileño José Tundisi. La concentración en el nivel de las turbinas es aún mayor que la concentración en el nivel del vertedero.



- 17.) Una parte del carbón que se convierte al metano proviene de fuentes fijas, tales como la materia orgánica de suelo, que eventualmente serán agotadas después de el gran pulso de emisión en los primeros años después de llenar un reservatorio. Otras fuentes, tales como esta zona de deplecionamiento (drawdown) en Tucurui, son renovables y continuarán produciendo metano por siempre. La marca de agua alta puede ser vista en los árboles. Cuando el nivel del agua baja cada año, las hierbas y otros tipos de vegetación blanda crecen rápidamente en los lodozales expuestos. Esta vegetación se arraiga al fondo, y se descompondrá rápidamente en las condiciones anóxicas en el fondo del reservatorio cuando se levanta el nivel del agua, produciendo metano. Éste es una de las varias fuentes renovables que puede funcionar como una "fábrica de metano".



- 18.) En una simulación del reservorio altamente polémico de Babaquara (también llamada de Altamira) que se ha propuesto en varias ocasiones para el río Xingu, las altas concentraciones de metano en los primeros años son seguidas por una declinación mientras que se agotan las fuentes fijas, pero hay picos anuales cada vez que se inunda la zona enorme de depleción del reservorio.



19.) Los datos publicados a partir de mediciones en el embalse de Petit Saut en la Guayana Francesa confirman este patrón, con picos anuales que se mantengan a largo plazo.



**“It’s baloney and it’s much overblown ... Methane is produced quite substantially in the rain forest and no one suggests cutting down the rain forest.”**

Karolyn Wolf, spokesperson for the US National Hydropower Association responding to reports of greenhouse gas emissions from reservoirs, 1995.

- 20.) La industria hidroeléctrica ha reaccionado fuertemente contra la sugerencia que las presas contribuyen a calentamiento global. Yo no era el primer a sugerir que las presas causan emisiones, pues un grupo de canadienses habían publicado un trabajo en que fueran encontradas altas emisiones en Canadá dos años anteriores que mi trabajo en 1995 calculó emisiones más altas en Balbina que éstos emitidos para producir la misma cantidad de electricidad de los combustibles fósiles. Pero era mi trabajo que enfureció la industria hidroeléctrica. Aquí la portavoz de la asociación nacional de la hidroelectricidad de los E.E.U.U. afirma que la idea que el metano es producto de las presas es “baloney” (absurdo). Note que el suelo debajo de la foresta tropical es generalmente considerado ser un sumidero (no una fuente) de metano.

# Hydroelectric Dams in the Brazilian Amazon as Sources of 'Greenhouse' Gases

by

PHILIP M. PEARNSE, MS, PhD (Michigan)  
*Research Professor, Department of Ecology,  
 National Institute for Research in Amazonia (INPA),  
 Caixa Postal 478,  
 69011-970 Manaus, Amazonas,  
 Brazil*

## INTRODUCTION

Hydroelectric dams are commonly believed to have no serious impact on the 'greenhouse effect', in contrast to fossil-fuel use. However, the principal reason for this frequent assumption is ignorance regarding the emissions of hydroelectric dams. Reservoirs in Brazilian Amazonia (Legal Amazon) contribute to 'greenhouse' gas emissions from the region, although contributions from currently existing reservoirs are small relative to other anthropogenic sources such as deforestation for cattle pasture. The four existing 'large' (> 10 megawatt [MW]) dams in the region are: Balbina in the State of Amazonas (filled in 1987),

Little basis exists for calculating emissions from reservoirs. However, existing information can be organized in such a way as to draw the best possible conclusions given the limitations of our knowledge. The present paper



FIG. 1. Brazil's Legal Amazon region (shaded in inset map) with the four existing large dams.

- 21.) Eso estaba en reacción a mi trabajo que calculaba las emisiones de gas del efecto invernadero para las cuatro presas grandes existentes en la Amazonía brasileña, indicadas en el mapa: Curuá-Una, Tucuruí, Balbina y Samuel.

“It is necessary to avoid ... the lures of the thermo-power and nuclear-power lobbies that are trying to blame higher emissions on power dams.”

Luiz Pinguelli Rosa, Marco Aurelio dos Santos,  
Bohdan Matvienko, Ednaldo Oliveira dos Santos &  
Elizabeth Sikar (*Climatic Change*, 2004)

22.) Aquí el entonces el jefe de ELETROBRÁS implica que estoy influenciado por “los señuelos de los cabilderos de las industrias termoeléctrica y de energía nuclear que están intentando culpar las hidroeléctricas por emisiones más altas”.

**Muita polêmica tem sido estabelecida recentemente a partir de estudos realizados em reservatórios amazônicos, especialmente a partir de estudos teóricos e baseados em extrapolações desprovidas de critérios científicos estabelecidos.**

*dos Santos et al. 2008. Oecol. Bras., 12 (1): 116-129*

23.) El mismo grupo afirma recientemente que las estimaciones de las emisiones son “estudios teóricos basados en extrapolaciones desprovistas de criterios científicos establecidos”

**Estes estudos têm forte viés contra qualquer tipo de aproveitamento hidrelétrico na Amazônia e colocam em dúvida a viabilidade destes empreendimentos no que se refere às emissões de gases de efeito estufa e foram realizados para as hidrelétricas de Tucuruí, Samuel e Balbina (Fearnside 1995, Fearnside 1996, Kemenes *et al.* 2007).**

*dos Santos et al. 2008. Oecol. Bras., 12 (1): 116-129.*

- 24.) El grupo afirma que los resultados son debido al "prejuicio contra cualquier clase de presas hidroeléctricas en la Amazonía" y amplía el ataque no sólo a mis trabajos sino también al trabajo de Alexandre Kemenes, Bruce Forsberg y John Melack.

## Hydroelectric emissions

**Emissions (million t CO<sub>2</sub> C equiv./yr)**

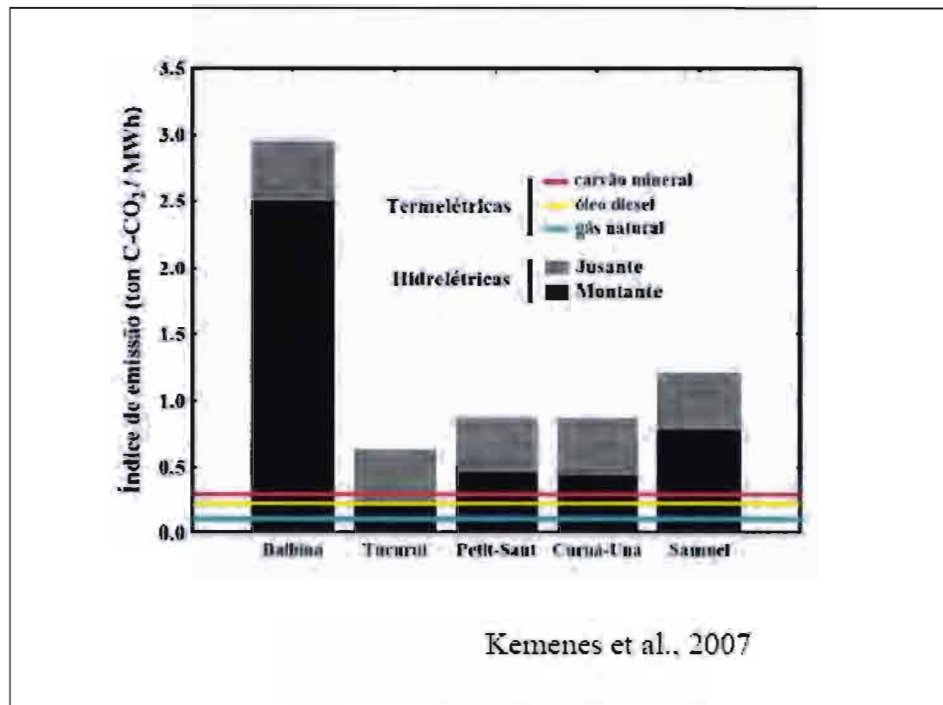
|                                                   | <b>Tucuruí</b>            | <b>Samuel</b>                  |
|---------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| <b>National Inventory<br/>(MCT, 2004, p. 152)</b> | <b>0.56 (1998-1999)</b>   | <b>0.12 (1998-1999)</b>        |
| <b>Fearnside, 2002, 2005</b>                      | <b>8,55 ± 1,55 (1990)</b> | <b>1,5 (1990); 0,29 (2000)</b> |
| <b>[Discrepancy:</b>                              | <b>1437%</b>              | <b>1130% (1990)]</b>           |

25.) El ataque viene del mismo grupo que produjo las estimaciones en el Inventario Nacional del Brasil de emisiones de gas del efecto invernadero. Estas estimaciones son más bajas que las mías en más de un factor de diez. Esto es porque el Inventario Nacional considera solamente las burbujas y la difusión a través de la superficie de los reservorios, no las emisiones mucho más grandes de los árboles muertos en los reservorios y del metano liberado por las turbinas y los vertederos.





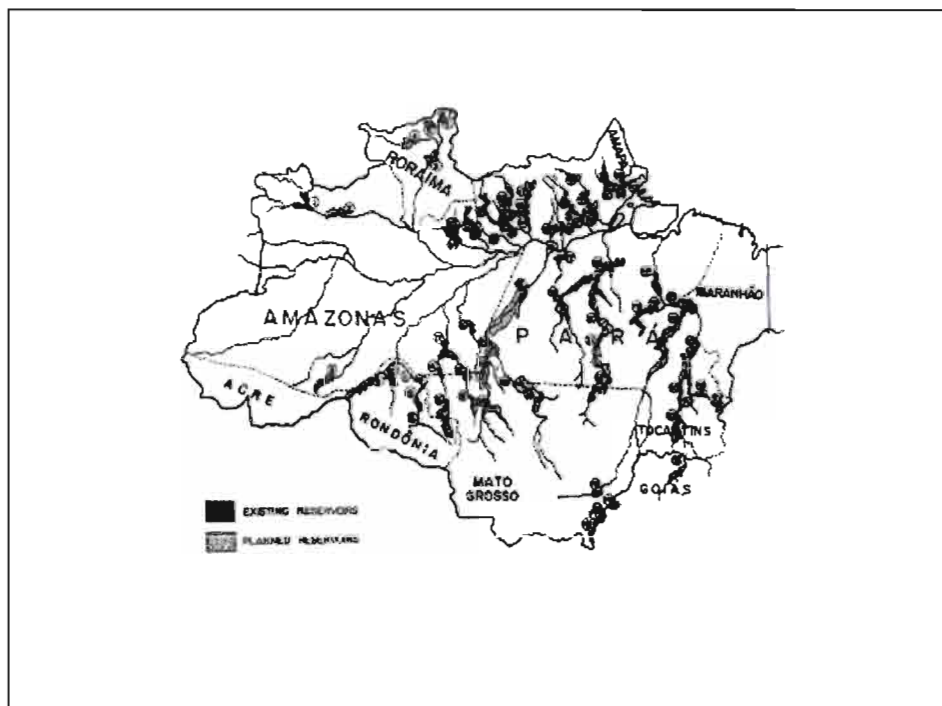
- 26.) Un grupo financiado por la compañía eléctrica de FURNAS en 2007 encontró que las presas eran "limpias" y que la presa de Manso es 100 veces mejor que combustible fósil en términos de emisiones. Cuando pedí a FURNAS el informe con los datos para apoyar esta conclusión, rechazaron divulgarlo, afirmando que era un secreto de la compañía. Más tarde en el mismo año el grupo presentó un trabajo en la reunión de la Sociedad Internacional de la Limnología, en Montreal, en cual la información crítica fue revelada que explica encontrar energía hidroeléctrica "limpia": midieron el flujo de metano en el río debajo de la presa comenzando 500 m río abajo. Es decir que la mayor parte de la liberación de metano quedó desapercibido porque es lanzada luego que el agua emerge de las turbinas. La única manera práctica de evitar la omisión de esta fuente es de basar la emisión en la diferencia de concentraciones en el agua arriba y abajo de la presa.



27.) Kemenes, Forsberg y Melack midieron el metano en Balbina y calculaban emisiones en otras presas, demostrando que todo son peores que los combustibles fósiles.



28.) Las presas hidroeléctricas tienen impactos múltiples, incluyendo éstos en la producción de pescado, la biodiversidad, los asentamientos humanos, la contaminación del mercurio, y las emisiones de gas del efecto invernadero. En la toma de decisiones sobre presas, éstos impactos deben ser comparados con los beneficios. En el Brasil, gran parte de la electricidad no está para el fin que las personas son inducidas a creer. La electricidad para el uso doméstico en las casas de la gente es siempre retratada como el objetivo, pero en realidad, mucho de la electricidad va para beneficiar el aluminio y otras materias intensivas de energía, destinadas a la exportación. El empleo generado es mínimo. Esta pregunta, que es la más fundamental, es también menos discutida.



29.) Los planes del Brasil para la expansión hidroeléctrica en la Amazonía son inmensos cuando están vistos sin el respeto por el año previsto de la construcción para cada presa. Los planes suman 10 millones de hectáreas, o 2% de la región de Amazonía Legal. Es, por lo tanto, urgente reformar el sistema de toma de decisión para determinar y comparar los impactos y las ventajas verdaderas de las presas antes de que las decisiones sean tomadas en la práctica. La historia de decisiones sobre las presas hasta ahora, inclusive las presas del río Madera, muestra que aún estamos muy lejos de este objetivo.

## El caso del río Madera

### Impactos sobre los recursos pesqueros

Expositor: Paul Van Damme – Fanagua (Bolivia)

Puse algunos objetivos un poco más limitados que son:

- Evaluar el grado de amenaza que afecta a las especies de peces en la Amazonía boliviana.
- Establecer la vulnerabilidad de especies de peces de la Amazonía boliviana ante amenazas actuales y futuras.
- Discutir el posible impacto de represas hidroeléctricas sobre el recurso, el uso del recurso y los beneficios socio-económicos.

Cuando empezamos a trabajar sobre peces, hace 5 años, no había mucha información porque el Estado dejó de recolectar datos pesqueros en el año 1996. Después de esa fecha, no tenemos ningún dato a nivel nacional sobre pesca. Entonces empezamos de cero, por lo tanto no podemos comparar nuestra información con aquella que tiene el Brasil.

La fuente de información que utilizamos para esta charla es doble, primero viene del Libro Rojo de los Vertebrados de Bolivia (Aguirre et al. 2009, Capítulo Peces), que de manera conjunta con todos los ictiólogos, hemos terminado este año. La segunda fuente es un libro que estamos publicando con apoyo el de WWF y la Fundación Puma, que estará listo en uno o dos meses más o menos.

Este mapa (*ilustración 5*), que recién elaboramos, muestra la Amazonía boliviana, la altura y las diferentes subcuencas de los ríos bolivianos que son ocho: Iténez, Itonama, Parapeti, Mamoré, Beni, entre otros. En el norte, indicamos con un círculo (*ilustración 6*) la zona de las cachuelas, que son muy importantes.

Al mismo tiempo, y tomando en cuenta datos sobre peces, identificamos 16 eco regiones acuáticas, que son sub-zonas de las sub-cuencas. En general, consideramos toda la Amazonia boliviana como una zona de estudio para entender los impactos de las represas, ya que la mayoría de los peces desovan en la Amazonia misma. Ciertas especies de peces

## El caso del río Madera

desovan en este borde (como lo muestra la *ilustración 6*) que coincide con 300 msnm. Esta zona baja la consideramos como potencialmente impactada por represas en la zona de cachuelas.

En la *ilustración 7*, mostramos el norte amazónico de Bolivia y al mismo tiempo la Cuenca del Madera. Es interesante destacar que la división de las ecoregiones que propusimos toma en cuenta a las cachuelas. Según nuestra hipótesis las cachuelas son barreras geográficas para los peces, limitan la dispersión y cierta migración de determinados grupos de peces. Suponemos que los peces que se encuentran en la Cuenca del Abuna son diferentes a aquellos que están en la Cuenca del río Beni. Las cachuelas han jugado un papel muy importante en la evolución de los peces.

En la Amazonia boliviana tenemos alrededor de 560 especies, algunas de las más conocidas y emblemáticas están aquí presentadas en la *ilustración 8*. El dorado, el surubí, el pacú y el tucunare son las especies más emblemáticas, además de estas grandes especies hay unas 500 más que son muy pequeñas y que forman parte de la biodiversidad íctica de la Amazonia boliviana.

Sobre el contexto demográfico no encontramos ningún dato acerca del número de personas que viven en la Amazonía boliviana. Sin embargo, un cálculo realizado señala que unos seis millones de habitantes viven en la Amazonía boliviana, porque La Paz, Santa Cruz y Cochabamba forman parte de la Cuenca. Sólo en la zona rural, como vemos en la *ilustración 9*, bajo los 300 metros, viven 223.000 personas que son potenciales pescadores. Posteriormente calculamos que un tercio de las personas que viven en la Amazonia boliviana pescan en su tiempo libre o son pescadores de subsistencia.

Empezaré a hablar sobre el Libro Rojo de peces, indicando que en el caso de Bolivia, fueron identificadas unas 35 especies amenazadas. En general, en la Cuenca Amazónica no encontramos muchas especies en peligro, tres en la Cuenca Madre de Dios, seis en Beni, diez en Mamoré y en Iténez seis (*ilustración 10*). Es interesante ver ese dato, que es reciente y refleja la opinión de muchos investigadores. En la lista de especies amenazadas en la Cuenca Amazónica, vemos sólo siete en la cuenca baja (debajo de 300 m). Cuatro de las siete especies son locales, especies muy pequeñas y especies oportunistas que ponen sus huevos en lugares donde seca, no son especies importantes en términos económicos.

La *ilustración 13* muestra en rojo otras especies que han sido incluidas por primera vez en el Libro Rojo, son especies comerciales como el *Colossoma macropomum* (pacú), el *Brachyplatystoma rousseauxii* (dorado) y el *Cichla pleiozona* (tucunare). Decimos entonces que las especies amenazadas en la Amazonia boliviana son pocas, muy raras y locales. Dos especies migratorias son de alto valor comercial y una local es de gran importancia en la



## El caso del río Madera

pesca comercial, el tucunaré. Aparentemente, la Amazonia boliviana está en buenas condiciones.

En el Libro Rojo dice textualmente que las amenazas mayores para el dorado son:

- Destrucción del hábitat en las zonas de desove por actividades agrícolas y ganaderas
- Pesca descontrolada de subadultos en la Amazonía brasilera
- Pesca comercial en la Amazonia boliviana y en Brasil durante la época de desove.

También se menciona, por primera vez, que una amenaza podría ser la obstrucción del ciclo de vida por la futura construcción de represas en el río Madera y en el Beni, textualmente. Lo mismo dice el Libro Rojo para *Colossoma macropomum*, la construcción de represas puede bloquear el reclutamiento desde aguas abajo o el flujo genético entre poblaciones. También se pueden producir perturbaciones generadas por peces introducidos (*Semaprochilodus insignis* y *Arapaima gigas* "paichi"), ésta es una amenaza muy fuerte para los peces en el norte amazónico.

Entonces, sólo ocho especies de peces en la Amazonía boliviana estarían amenazadas. Esto equivale al 1,2 % de las especies conocidas.

Solo 2 especies estarían amenazadas (parcialmente) por la construcción de represas hidroeléctricas (pacú y dorado). El tucunaré se vería afectado por la introducción de especies exóticas. Pensamos que aparentemente hay una subestimación del número de especies amenazadas. Probablemente sí, porque en general, tenemos que decir que existe poca información. También pensamos que podría haber una subestimación acerca del número de especies amenazadas por la construcción de represas.

Incluimos en el Libro Rojo dos especies comerciales que son de mucha importancia en la Amazonia boliviana, aunque no están en peligro de extinción. Es muy importante separar el concepto del peligro de extinción con peligro de extinción comercial. En general, las pesquerías buscan obtener el máximo rendimiento sostenible. Una disminución del recurso no siempre significa una amenaza fuerte, sin embargo, las hemos incluido porque son especies emblemáticas. Debemos indicar que al elaborar el Libro Rojo, y en general al realizar estudios, vemos que existen vacíos de información importantes, razón por la cual se desconocen las vías por las cuales las amenazas afectarían a las especies amazónicas. Por ejemplo, en el caso del mercurio no sabemos claramente cómo afecta éste a los peces en su sobrevivencia o en su salud.

## El caso del río Madera

Para entender mejor cuál sería el impacto de las represas Winemiller, en el 95 (*ilustración 21*), dividió las especies en tres grupos: las grandes como el pacú que él llama especies periódicas, las pequeñas que son las oportunistas que crecen rápido y se reproducen aceleradamente y por último las especies equilibradas que en general hacen nidos o cuidan su cría.

La *ilustración 22* presenta las características de los tres grupos:

### Especies periódicas

- Tamaño grande
- Reproducción retardada
- Alta fecundidad
- Baja inversión en cría
- Desove en corriente

### Especies oportunistas

- Tamaño pequeño
- Sin cuidado parental
- Fecundidad intermedia
- Reproducción temprana
- Tala de madurez pequeña

### Especies equilibradas

- Cuidado parental
- Madurez retardada
- Baja fecundidad
- Alta inversión en cría

Si revisamos este libro, vemos que las amenazas principales son: contaminación, modificación de hábitats, represas hidroeléctricas, introducción de especies exóticas y sobrepesca, entre otros. Dividimos las especies en los tres grupos mencionados. Debemos indicar que las especies periódicas, en general, son especies migradoras. Se consideran periódicas porque tienen un espacio muy grande para crecer, migrar y llegar a una edad de reproducción alta. Este tipo de especies son los bagres migratorios que se desplazan a lo largo de más de 3.000 Km, nacen en Puerto Villarroel o en Rurrenabaque, crecen en el estuario del Amazonas y luego vuelven a subir. Tenemos otros bagres migratorios que se desplazan entre 100 y 1.000 Km como el surubí y el pacú, los pequeños caracidos que migran entre 100 y 500 Km y los tucunaré que no migran.

## El caso del río Madera

La *ilustración 25* muestra la probabilidad de que las especies pasen por las cachuelas. El primer caso se refiere a los bagres grandes como el dorado, el 100% de la población tiene que pasar por las cachuelas. Por lo tanto, una represa que impida esta acción afectaría al 100% de la población adulta, lo que incide a largo plazo en toda la población de la especie. El caso del surubí es un poco diferente porque no sabemos muy bien cómo se realiza el intercambio genético entre poblaciones que están debajo de las cachuelas con aquellas que habitan en la parte superior. En este tópico hay importantes avances en la genética, Fernando Carvajal está estudiando el tema y aparentemente, para algunas especies hay intercambio y para otras no lo hay. Ciertas especies parecen estar más confinadas a la Amazonia boliviana y no utilizan la cachuela, pero no podemos generalizar. Lo mismo sucede con las especies de pequeños migradores, los tucunarés y los paiches, que no utilizan las cachuelas. Vale destacar que los tres primeros grupos son importantes para la pesca comercial.

En Bolivia hay en total una captura de 3.200 TN, comparando con Brasil esto no es nada pero para Bolivia es mucho. Al mismo tiempo, calculamos el potencial pesquero de este grupo de peces, en Bolivia no pescamos dichos peces pero existe un potencial de pesca de unas 30.000 TN más. Esta cantidad efectivamente se pesca en Brasil y Perú, no así en Bolivia.

Cabe indicar que más del 80% de las capturas comerciales en Bolivia, se refieren a peces migratorios de especies, en general, periódicas. Sólo el 10% del potencial pesquero se explota.

La vulnerabilidad de especies de peces frente a amenazas externas, como por ejemplo la construcción de represas hidroeléctricas, está condicionada por sus rasgos de vida.

En la *ilustración 30* pongo el mismo diagrama pero incluyo los potenciales usos. En general las especies oportunistas son importantes por su potencial pesquero, las periódicas lo son para la pesca comercial y las especies equilibradas son más relevantes para la pesca de subsistencia.

En el diagrama de la *ilustración 31* vemos los posibles impactos, como el de las represas hidroeléctricas, y la posible introducción de especies exóticas mediante represas hidroeléctricas. En varias represas, las pequeñas especies pueden pasar si se construyen mal los sistemas de paso de los peces, las especies exóticas del Brasil podrían pasar a Bolivia y afectar a la comunidad de peces en el país. Es interesante indicar la diferencia entre un impacto y el otro. En el primer caso, pensamos en términos de probabilidades. Podemos construir un sistema de traspaso de peces con una probabilidad entre 5 y 100% de que los peces migratorios pasen, si un pez llega a Puerto Villarroel y produce 3 millones

## El caso del río Madera

de huevos, sería suficiente para mantener la población de la especie. El caso de introducción de especies exóticas es diferente, porque un macho y una hembra que se introducen del Brasil podrían generar un gran impacto y no estamos pensando en términos de probabilidades sino de eventos. Por esta razón, muchas personas piensan que no deberían construirse estos pasos de peces, porque los impactos negativos podrían ser mayores que los positivos.

La *ilustración 33* muestra además los beneficios que se producen a partir de los usos. Es evidente que la pesca comercial tiene un impacto muy grande en la economía familiar, regional y nacional. 3.200 TN no son mucho comparado con Brasil, pero por lo menos mueve la economía en Pando y en el Beni. Si vemos la contribución de la pesca al Producto Nacional Bruto resulta ser significativa. Gracias al uso de peces se generan beneficios sociales y económicos, hay empleo en el sector, etc.

La disminución o el aumento de ciertas especies también puede afectar a otras especies, por ejemplo, un depredador que desaparece del medio ambiente puede provocar el aumento de otros peces.

Hay una interacción muy importante entre los tres grupos. Entonces la pregunta aquí es ¿Qué está en juego? Sabemos que la pesca contribuye a la economía nacional y regional, a la seguridad alimentaria y al empleo en la Amazonia boliviana; en Bolivia hay en total 140 puertos pesqueros y 3.000 localidades donde se realiza pesca de subsistencia; la pesca comercial se concentra en el norte, en la zona de Cachuela Esperanza, Riberalta, Guayaramerín, en la zona de Trinidad y del Chapare. Según estadísticas oficiales hay 1467 pescadores comerciales, se calcula que 16000 son activos en el rubro (como pescadores comerciales “permanentes”, “artesanales” u “ocasionales”) (potencial: >100 000); empleos indirectos actuales (parciales) estimados en 24.000; 155.000 pobladores ribereños en los departamentos de Pando, Beni, Santa Cruz, Cochabamba y La Paz se estima que realizan pesca de subsistencia en la Amazonía boliviana; se comercializan 3.200 TN, con un potencial de 30.000 TN, el valor monetario es de 4 millones de dólares y el potencial es de 40 millones de dólares.

La contribución del pescado a la seguridad alimentaria es más baja de lo que recomienda la OMS, 16 Kg./persona/año. En todas las ciudades del país los niveles son inferiores.

En cuanto a los escenarios de impacto, podemos decir en principio que la construcción de represas hidroeléctricas implicaría cambio de cachuelas a estructuras físicas que pueden impedir la migración de ciertas especies de peces. En represas con estructuras como vertederos o turbinas, si se implementan sistemas de traspasos de peces, el mismo reservorio puede ser un tipo de pared para los peces y si les construyen esclusas es

## El caso del río Madera

evidente que las barreras geográficas van a obstaculizar la migración de las especies, también podrían inducir la introducción de especies en la zona.

Los diagramas presentados en la *ilustración 45*, indican el caudal que tuvimos en el río Madera y la distribución del agua por las diferentes estructuras de las represas. Más o menos entre 70 y 90% del agua pasaría por las turbinas, en función de la estación, del 10% hasta 30% pasaría por los vertederos y sólo 1% pasaría por el sistema de traspaso de peces, la razón por la cual los peces no encuentran este sistema es porque no hay caudal en él.

Otro diagrama ilustra las dificultades que podrían encontrar los peces adultos para desovar en un río. Ciertas especies, no todas, tienen que pasar las represas y en varios casos creemos que sólo un porcentaje de la población adulta logra hacerlo. Lo mismo sucede con los huevos y las larvas, no sobreviven al paso por las turbinas. Es posible que el impacto sobre las larvas sea mayor que el que se produce sobre los adultos, los efectos se verán recién después de unos 15 años. Mucha gente no sabe que los peces de la Amazonía tienen que volver a Bolivia para desovar; después del desove nuevamente descienden y es mucho más difícil encontrar los sistemas de traspaso de peces yendo hacia abajo.

Utilizamos un esquema, que se usa en estudios de caso, que permite ver lo que puede ocurrir cuando peces no deseados como el paiche son introducidos accidentalmente en Bolivia, el paiche produce impactos sobre la biodiversidad y sobre la economía pesquera de la zona, es un ejemplo de lo que podría ocurrir si otras especies pasan.

Conclusiones muy preliminares: las represas en la Cuenca del Madera van a tener impacto, también sobre el empleo en el sector pesquero, en la economía pesquera, y la seguridad alimentaria. ¿Cómo cuantificar el impacto? Muchos de los datos que tenemos son cualitativos y no cuantitativos para evaluar y cuantificar el impacto. Es importante que el estudio de impactos sea integral y considere aspectos ambientales, sociales, económicos y culturales.

El Libro Rojo redefine los conceptos que se utilizan para establecer niveles de amenaza, éstos deben ser más amplios y ricos para evaluar los impactos de amenazas específicas como es el caso de la represa hidroeléctrica.



## El caso del río Madera

### Preguntas

**P.** *Dos observaciones muy rápidas. Primero que usted estimó en 40 millones de dólares, lo que la pesca iría a generar en la economía de Bolivia. Estos 40 millones de dólares no tienen nada de inversión en el país, no le cuesta a nadie. Esta el suelo, la luz del sol y el reciclaje del nutriente de los ríos, entonces si se pierde este recurso, en un país que depende de las divisas, es un costo muy alto. Lo segundo, el consumo de pescado acá en la Amazonia boliviana es muy bajo, yo estuve en la región de Trinidad y las personas no comen pescado, hay una cultura ganadera y es una pena porque el mayor consumo de pescado está en la Amazonia central y es de 500 gr/persona/día lo que hace 150 Kg./persona/año y acá en Bolivia es de 3,9 Kg., Es un recurso que ustedes no están utilizando en beneficio de la población pobre. En la Amazonia central la gente es sana y bien alimentada, con proteína de alta calidad. Las represas pueden generar industrias en los centros urbanos y la gente migra hacia las ciudades para crear favelas y convertirse en compradores de pescado.*

**R.** El potencial es de 40 millones de dólares, lo real es en este momento 4 millones de dólares, pero igual es todavía una subestimación. En la Cuenca del Madera en Porto Velho se realizó un estudio y se vio que el valor comercial del pescado es mayor al valor forestal, sobre todo y debido a que es un recurso que se renueva con mayor rapidez que el forestal.

**P.** *Soy alcalde de Buena Esperanza, ubicada sobre el río Madera. Tomando en cuenta la economía que gira en torno a los peces nativos y en cuanto a seguridad alimentaria, ¿se ha hecho algún estudio o se ha visto la posibilidad de convertir esta economía pesquera a una economía que gire en torno a la piscicultura?*

**R:** Existe un potencial muy grande en piscicultura, sin embargo no existe en Bolivia la tecnología necesaria. Si pensamos en piscicultura debemos pensar que éste rubro se va a desarrollar en unos 20 años como para que sea significativo. Hasta ahora no se pueden criar los bagres grandes y tampoco se lo va a poder hacer. En este momento sólo se crían especies como el paiche que todavía es muy difícil y especies como el tambaqui y el pacu.

**P.** *¿Cuáles serían los impactos en cuanto a delfines de río?*

**R:** En cuanto bufeos hemos avanzado un poco con respecto al estudio de las cachuelas y cómo influyen en ellos (en la genética). Los genetistas han descubierto que las cachuelas han separado dos especies de bufeos, antes pensábamos que era una sola especie en toda la amazonia central y boliviana y recién descubrimos que las cachuelas si tenían mucha importancia para peces y también para bufeos, ahora que sabemos que hay el *Inia*



## El caso del río Madera

*boliviensis* para Bolivia y el *Inia geoffrensis* en la amazonia central. No sabemos cuál sería el impacto de represas en bufeos. En general las represas hidroeléctricas, en Asia por ejemplo, son estructuras que fragmentan poblaciones y resultan más débiles, pierden su diversidad genética. Pero aquí en Bolivia las cachuelas han separado, de manera natural dos especies, entonces ¿Qué pasaría, si construimos una represa, las dos especies van a seguir separadas o se van a mezclar en un futuro?

*P. Has mencionado la posibilidad de tener otras especies invasivas exóticas de la Amazonia que podrían pasar, ¿tienes el número de esas especies?*

**R:** No lo sabemos, lo que sí sabemos es que hay una gran diferencia entre la comunidad brasilera de peces y la boliviana. Fernando Carvajal, en el libro que estamos publicando, hizo un análisis comparando las dos comunidades. Están las especies migratorias que se mezclan y tenemos especies únicas para Bolivia que llegan a 350, el Brasil tiene unas 280 en la Cuenca Media del Madera. Algunas especies podrían entrar a Bolivia, pero no todas son tan móviles. El paiche es un ejemplo característico, ha sido introducido en la cuenca del río Beni y en la cuenca del río Madre de Dios y hasta ahora no ha podido pasar al Mamoré porque no puede atravesar las cachuelas.

*P. ¿El paiche es una amenaza para el bufeo?*

**R:** No hay una interacción directa, pero si ambas especies utilizan peces pequeños como presas y este recurso disminuye entonces si podría verse afectado el bufeo, sin embargo, el paiche es una especie de laguna, mientras que el bufeo es más de río.

## El caso del río Madera

### Impactos socio-económicos de las represas del Río Madera

Expositor: Manuel Antonio Valdés – UNIR (Brasil)

Bueno llegó la hora de los impactos socio-económicos, parecía que este tema no llegaba, ¡los ingenieros hicieron la fiesta! Parece que las ecuaciones, las sociedades y los individuos no engranan muy bien.

Quería brevemente presentar algo para el caso del río Madera, preocupado, como decía el profesor Petreire, ante una situación que parece no cambiar y en la que continuamos olvidándonos de lo que viven los ríos, que no son justamente compensados. Quería mostrar algunos elementos para que ustedes valoren este caso en especial.

Este simposio tiene como finalidad una discusión metodológica, de perfeccionamiento y factibilidad técnica, que incluye los aspectos sociales. Considero interesante la idea y la veo más como un desafío, un desafío grande, porque los requerimientos de información para estos emprendimientos son importantes, se necesita mucha información que no siempre está disponible. Ante esta situación, lo peor que se puede hacer es manipular las informaciones y usarlas para intereses de grupos económicos, ahí la cosa se torna realmente preocupante.

Es un desafío, entonces vale la pena estar aquí discutiendo cómo mejorar esa forma de ver esos emprendimientos hidroeléctricos. Para que ustedes tengan una introducción de los impactos, quería comenzar comentando sobre el licenciamiento de estos proyectos. Para obtener permisos de ejecución de proyectos, en el Brasil, se requiere elaborar los llamados “Estudios de Impactos Ambientales” específicos. Son documentos muy técnicos, que involucran a una gran diversidad de áreas de la ciencia. Seguidamente se elabora un resumen, el “Informe de impacto Ambiental”. En el caso específico del Madera, para obtener el permiso fueron presentados 13 volúmenes divididos en 4 tomos.

Todo esto fue objeto de muchas críticas. La hipótesis de esta reunión es que lo que fue hecho es insuficiente para analizar y tener una valoración exacta de los impactos de las hidroeléctricas. No en vano, el órgano máximo de la evaluación de impacto ambiental (IBAMA) dijo que esos documentos eran insuficientes y pidieron complementaciones.

## El caso del río Madera

Lógicamente, el consorcio elaboró un tomo adicional dividido en 3 volúmenes, sin embargo, según el IBAMA todavía no mostraban el real impacto de esas hidroeléctricas, por lo tanto las complementaciones también fueron insuficientes.

Inmediatamente, el Ministerio Público Federal del Brasil, en el caso de Rondonia, contrató una reevaluación del material y encomendó el trabajo a COBRAPE, una compañía brasilera de consultoría especializada. Esta compañía emitió una opinión desfavorable al informe existente, señalando que era muy general y superficial y que en diversas áreas había una gran falta de información, lo que no explica los reales impactos de esas hidroeléctricas. (*Ilustración 9*)

De todas maneras, el consorcio obtuvo su licencia. COBRAPE, en su informe final, apuntó 30 fallas. La licencia fue otorgada y se sugirió que fueran atendidas 33 condiciones o condicionantes de diversas áreas, económica, de sedimento, entre otras. Todo esto debía estar completamente esclarecido en el llamado Plan Ambiental Básico que otorga el permiso de construcción a esas hidroeléctricas.

Mi pregunta es ¿vamos a encontrar una fórmula que permita establecer verdaderamente los impactos? Ellos no lo hicieron. Según el Movimiento de los Afectados por Embalses (MAB) las centenas de represas hidroeléctricas en el Brasil respondían a grandes grupos económicos internacionales, entonces la pregunta es ¿Será que no saben que la energía nuclear tal vez sea mejor? ¿Será que no saben eso? La respuesta es que hay muchos intereses econômicos que involucran la construcción de esas hidroeléctricas.

ODEBRECHT es una gran multinacional brasilera con emprendimientos en muchas áreas del mundo. Es la décima empresa más grande del Brasil. En el caso de la represa de Manso, por ejemplo, ocho años después de concluida la construcción, recién se ocuparon de las personas afectadas. ¿Será que eso mismo va a ocurrir con el Madera? El Grupo Suez, otra multinacional, es también dueña de LEME Ingeniería, la empresa que elaboró esos estudios de Impactos Ambientales. Es un juego de poder.

El 11 de agosto del 2008 (*ilustración 14*), San Antonio obtuvo el permiso de construcción a pesar de las condicionantes, que ya habían sido expuestas en la licencia previa y no fueron satisfechas. Luiz Novoa, sociólogo de la Universidad Federal de Rondônia, en la cual yo trabajo, explicó cómo este proceso fue forzado para su aprobación. Según sus palabras: "Lo que debía ser evaluado ya había comenzado a ser construido. Las propias empresas eran las que decían lo que era bueno y lo que era malo". ¡Todo esto es complicado!

Poco después, fueron publicadas noticias como la que nos presenta la *ilustración 15*. Una gran cantidad de peces moría en el río Madera a consecuencia de las obras. Dijeron que

## El caso del río Madera

era “normal en la construcción de hidroeléctricas”. Peces, cuya caza fue prohibida a los comunitarios momentos antes del inicio de las obras y ahora fueron matados indiscriminadamente.

La licencia de JIRAU (*ilustración 16*) fue aprobada recientemente, sólo faltaría la concesión de la Agencia Nacional de Aguas, que ya fue cedida. Jirau tuvo otro problema y fue el cambio de ubicación, debía ser construida en la isla del Padre, a unos kilómetros de Mutum Paraná, y se movió 9 kilómetros más arriba, subiendo el río. El permiso fue aprobado sin que la documentación fuera modificada, aceptándose una nueva instalación con la misma documentación. Dijeron que eso no causaba ningún impacto. Les comento esto para que vean la capacidad que tienen las grandes empresas de hacer lo que quieren con las leyes ambientales en el Brasil.

Los permisos para los emprendimientos (*ilustración 17*) fueron meramente políticos. Forman parte del Programa de Aceleración del Crecimiento de Brasil (PAC) del gobierno del Presidente Lula. El Presidente no podía quedarse atrás, tenía que viabilizar sus emprendimientos, hacerlo está en su agenda y lo hará a cualquier costo.

Voy a hacer algunos comentarios acerca del volumen que aborda el tema de los impactos socioeconómicos. De todos los tomos que mencioné, el volumen 8 del tomo D es el que se refiere a los impactos socioeconómicos. El estudio se divide en un área directa, que sería impactada por la construcción y funcionamiento, y otra área, río abajo de San Antonio, donde no se producirían grandes impactos. Podemos decir entonces que hay dos partes importantes en este estudio: el área de influencia directa tanto en San Antonio como en Jirau y la parte de río aguas abajo de San Antonio que sería de poco impacto, supuestamente. Entonces hicieron una selección de los impactos, cuando el documento se refiere específicamente a los impactos en el área de impacto directo. ¡Cosa rara! No consideraron los impactos en las áreas de influencia indirecta, abajo de San Antonio y para arriba de Mutum Paraná.

La primera crítica (*ilustración 21*) es la indefinición de esa Área de Influencia Directa (AID), la misma que no fue establecida en campo. Lo que hicieron fue usar un sistema de cotas determinando 90 metros para Jirau y 70 metros para San Antonio, supuestamente todas las personas viven ahí serían desplazadas de ese lugar.

El informe (*ilustración 22*) de los impactos socioeconómicos de estas áreas debió traducirse en inventarios profundos de todo lo que iba a ser transformado y movido. Sin embargo, para comparar si la población creció o no, usaron como parámetro el censo realizado por el Instituto de Estadística de Brasil el año 2000; entrevistaron a las familias y propietarios y levantaron alguna otra información. En realidad deberían haber realizado



## El caso del río Madera

un inventario minucioso de cuántas personas viven allí, de qué cosas tienen, cuál es el impacto económico que este emprendimiento va a causar, cómo se va a pagar o compensar ese impacto. Lógicamente este aspecto quedó sin ser mostrado.

Hay más. LEME a empresa contratada por FURNAS y Odebrecht, fue la empresa responsable de la recolección y procesamiento de los datos. Algunos grupos de investigación de la Universidad en que trabajo, participaron en la aplicación de los formularios para entrevistas y acopio de datos. Pero a la hora de elaborar el estudio, LEME recolectó la información y dejó fuera aspectos que entendió no debía colocar. Lo que está escrito no convence a nadie, parecería que no hay un gran impacto económico y social.

La redacción del documento es sumamente confusa, presenta datos que no coinciden los unos con los otros. En una tabla, por ejemplo, (*ilustración 25*) colocan que el número de domicilios revisados de Jirau son 126 y en San Antonio 210; inmediatamente después, la tabla siguiente (*ilustración 26*) dice que los identificados serían 326 y 437 domicilios. En fin, una relación totalmente confusa. Me tomó tiempo descifrar la información que colocaron. Pregunto ¿Quién será realmente compensado en aquellas áreas?

En el resumen del informe final dice, en un pequeño párrafo, que en el Área de Influencia Directa (AID) hay 763 familias, nosotros registramos 1100. Del total informado por ellos, investigaron 682.

También encontramos problemas en la forma en la que presentan los datos sobre estas familias. El informe se refiere de forma agregada a áreas urbanas (Teotónio, Jaci Parana y Mutum Paraná) y área rural (los poblados de Amazonas y toda la extensión ocupada por casas aisladas en las dos márgenes del río). Hay que preguntar: ¿A quién van a sacar de allí? Ellos no mostraron todo o intentaron esconder la información.

Nosotros nos trasladamos al río e hicimos un levantamiento de la información de las comunidades y grupos de personas que viven allá. Verificamos que hay 23 grupos o comunidades a lo largo del río Madera. Hay un gran número de personas que viven hace mucho tiempo en el área de San Antonio y también en el área de Jirau.

Las dudas son mayores en términos de propiedades rurales, pues en eso no había información de referencia. Si para las residencias usaron como referencia el censo del año 2000, para las propiedades rurales no había información. Entonces fueron preguntando a cada uno de los comunitarios y se enteraron que habían por lo menos 502 propiedades (*ilustración 32*).

## El caso del río Madera

En general, el estudio hecho es muy simple. Se compone de algunos aspectos demográficos, económicos, infraestructura y calidad de vida, presentados de forma muy general. No se refiere al impacto real que se producirá sobre cada uno de los ítems.

Concluyeron que debían trasladar de aquella localidad a 763 familias. En la *ilustración 35*, mostramos el resumen de lo que consideraron impactos (la columna azul) y lo que proponen como medida para resolverlos (columna en amarillo). Para 13 volúmenes es, sin duda, demasiado resumido, tanto así que tienen la capacidad de no decir nada.

Me tomé la libertad de extraer algunos ítems de interés social, tema que estamos discutiendo. La *ilustración 36* muestra datos como “la subida del precio de la tierra” y como medida se recomienda aclarar previamente a la población; ante el problema de la “caída de los precios de los inmuebles” se recomienda adoptar la misma medida, al igual que en el caso de la “alteración de la calidad de vida de la población”. Todo esto eleva los costos. Existen espacios vacíos referidos a los temas de análisis social, económico, etc. ¿Quiénes son estas personas que deberán salir de esas áreas?, ¿Cómo viven?, ¿Qué posesiones tienen?, ¿Cómo será el proceso de compensación?, ¿Será realmente justo?, ¿Podrán compensar aquella vida de esas personas que durante años estuvieron en los márgenes de los ríos? (*ilustración 37*). Este es un desafío, algo difícil de lograr.

Estamos viendo que en los próximos años, durante o después de la construcción de los embalses, existirán grandes problemas sociales a raíz de estos temas. La ADA ACAI, la Universidad Federal de Rondonia junto a la WWF nos pusimos a recorrer esos lugares para intentar conocer mejor a esas comunidades. Hicimos el levantamiento de muchas variables. La intención era ver cómo esas comunidades se interrelacionan con el río o cuánto dependen de la vida de aquel río, porque después de la construcción del embalse la situación cambiará.

Los efectos esperados, según el consorcio, son el establecimiento de macrofitas que dificultarían la pesca. Pero existen otros temas que no fueron considerados, por ejemplo, la agricultura es totalmente diferente, las plantas que ellos tenían antes no se pueden reproducir en dos o tres días, el espacio que ocupaban en el lomo del río ahora está concentrado ahora en un punto totalmente distinto. Por nuestra parte, intentamos identificar lo que realmente ellos tienen y lo que van a perder.

La *ilustración 41* muestra una comparación del trabajo que ellos realizaron (FURNAS) y el nuestro (ADA ACAI). Vemos la primera duda, ellos dicen que existen 763 familias que deben ser trasladadas, nosotros de forma precaria relevamos 1100 familias, sólo ahí existe ya un problema, pues alguien se quedará fuera.



## El caso del río Madera

El resultado más importante está referido a quien vive en las orillas del río, según ellos mayormente habitan hombres (*ilustraciones 42 y 43*) que realizan actividades fuertes, agricultura, pesca, minería, extracción y normalmente son sociedades que se mueven más por la fuerza de los hombres. ¡Qué coincidente con el resultado del volumen 8 del consorcio! Los datos referidos a la edad predominante indican que son poblaciones relativamente jóvenes, el consorcio no dice nada al respecto. Esto significa que quizá puedan asimilar mejor los impactos de los traslados (al ser jóvenes).

No ocurre lo mismo con personas viejas, hay un gran número de personas de edad avanzada, hay individuos de 78 años viviendo en aquellas riberas. La *ilustración 50* muestra una persona de 75 años, que vive en Santo Domingo y quien se rehúsa a salir de sus tierras, aduciendo que no tiene donde ir. Vivió toda su vida en los márgenes de ese río, tiene sus plantaciones, una casa muy bonita, ¿Cuánto sería la compensación económica para ellos? Muchas personas viven allá durante varias generaciones (*ilustración 49*), esto sin duda generaría un problema social.

Esto no parece estar muy claro en las metodologías de impacto ambiental en el área social.

La dimensión social (*ilustración 51*) fue evidenciada cuando realizamos encuestas durante el proceso de preparación del desplazamiento de los habitantes que iban a salir de aquellos lugares. Queríamos saber cuántos tenían títulos de propiedad para poder negociar el valor de las tierras y propiedades; tan solo el 30% de las familias tenían títulos, mientras que un 70% no tenía ningún documento (*ilustración 53*). Esto es algo que posteriormente va a generar problemas, para poder recibir el bono de compensación por el desalojo. Es necesario mostrar papeles que indiquen que se es propietario de aquel espacio, sin documentos no hay forma de demostrarlo. Según el consorcio no habría problema alguno pues la población tenía una tendencia a la pose de títulos, ya sea por escrituras definitivas, por recibos de compra, etc. (*ilustración 55*).

El consorcio realizó un catastro de personas que deberían ser compensadas y/o deslocadas. En nuestra pesquisa gran porcentaje de las familias interrogadas no habían sido catastradas. Esto mostró la posibilidad de FURNAS no compensar con algún valor las familias no catastradas. Así aumentó la incertidumbre (*ilustración 57*) de las familias sobre su futuro fuera de sus actuales moradas.

Cuando preguntamos “¿Tú sabes cuánto vas a recibir por la compensación?” decían que no sabían lo que recibirían. Este tema aún no tiene solución, en parte porque no quieren darle una solución, ya que el consorcio espera que esa partida sea lo más baja posible.

## El caso del río Madera

Por lo general son individuos de baja escolaridad (*ilustración 59*), esto es un obstáculo para ellos mismos cuando deben acudir a un proceso de contratación. Una de las exigencias de las autoridades locales a los emprendedores era que se usase principalmente fuerza de trabajo local, lo que debe incluir esa población. Pero los individuos del lugar tienen un bajo nivel de calificación laboral, entonces no serían aprovechados.

La *ilustración 62* muestra un resumen de las actividades de sustento identificadas en los informes, pero no se indican los montos que perciben. Estos datos no fueron verificados, algunos eran agricultores, pescadores, dedicados a la comercialización de frutas naturales, etc. Este tema tiene un componente económico que no fue analizado por completo.

En términos laborales, ya sea porque son funcionales o porque se dedican a una de esas actividades, el 80% de las familias tienen por lo menos un miembro ocupado en actividades económicas (*ilustración 63*)

En la *ilustración 65* se puede apreciar cómo se aprovechan las frutas para después comercializarlas en centros urbanos. Ellos procesan açai, cupuaçu y muchas otras frutas de la región.

El patrimonio de estos habitantes es extremadamente pobre, como se puede ver en la *ilustración 67*. Observamos una casa muy precaria de madera donde se produce harina de yuca uno de los principales medios de sustento, no sólo de varias familias sino de varias generaciones de familias. Este sin duda es un aspecto cultural y social que no ha sido tomado en cuenta.

Si el consorcio no fue eficiente para mostrar los impactos directos imaginen entonces los indirectos. Por ejemplo, hoy en Porto Velho el metro cuadrado es considerado el más caro del Brasil. Una ciudad pequeña como esa tiene alquileres de aproximadamente 2.000 a 2.400 reales por mes. Los valores que se pagan hoy en Porto Velho son mucho más elevados que los pagos en Sao Paulo, Río de Janeiro y Curitiba, en fin, sin duda es un problema para una población local gana, en promedio, hasta 2 salarios mínimos (870 reales).

Ahora viendo el problema de salud, ya la salud en Rondonia (Estado nortño del Brasil, que limita con Bolivia) es pésima. A este lugar llegan miles de familias para ser atendidas empeorando así la calidad de la salud en general. Adicionalmente se deteriora la situación de la educación, el tránsito se convierte en un caos y como resultado también se incrementa el crimen y la violencia. Nada de esto es tomado en cuenta.

## Evaluación de Impactos Ambientales de grandes hidroeléctricas en regiones tropicales:

### El caso del río Madera

Todos estos temas están a la espera de una solución, no sé si esa saldrá de este simposio pero quisiera pensar que los ingenieros puedan incorporar estas variables sociales en sus fórmulas de factibilidad técnica.

## El caso del río Madera

### Preguntas

*P. En la licencia previa se pusieron 33 condicionantes, la licencia previa fue la que permitió iniciar la construcción y después hubo otra licencia de operaciones. Pero como ejemplo en un área dada, en la licencia previa las condicionantes eran revisar la modelación bidimensional, modelo reducido del proceso de sedimentación del reservorio; elaborar el proyecto de sistema de transposición de peces que empezó con un modelo a escala. En una reunión binacional que tuvimos en octubre del año pasado, consultamos a los diplomáticos en el sentido de que ¿Por qué se había otorgado la licencia de instalación sin haber concluido los estudios que sugerían las condicionantes? La respuesta, que nos dejó muy sorprendidos fue que la licencia de instalación no requiere de la conclusión de los estudios que aparecen en las condicionantes, ni aun cuando esos estudios sean vitales para el proyecto. En este caso el gobierno brasilero se ha dado por satisfecho con saber de que se han iniciado esos estudios que aparecían en las condicionantes y con esto ha sido suficiente para dar la licencia de operación ¿Es así? O sea ¿La estructura legal permite proceder sin haber cumplido, en este caso, con los condicionantes?*

*R. No, no es así ni puede ser así, La legislación es clara y cada etapa tiene su finalidad, primero dar a conocer a la sociedad el proyecto y su factibilidad técnica, económica y social y luego decir cómo es que se van a atenuar, compensar y medir los impactos que hay en las instalaciones. Pero para eso tienen que existir planes claros de compensación de todos los impactos que son estipulados en la licencia previa, sin estos no deberían poder seguir adelante. Pero este es un caso especial que responde a intereses de un programa extremadamente importante del gobierno, que supuestamente iba a producir la energía para garantizar posibles demandas futuras y generar trabajo. La licencia previa no se cumplió, entonces no se debió haber pasado a la aprobación y concesión de la licencia de instalación. Yo escuché a un miembro del Ministerio Público de que explicaba que “todo esto era en pro del modernismo, de los tiempos modernos que estamos viviendo y que antiguamente se paraba o se obstaculizaba el desarrollo y que ahora esto ya no sucedía, los proyectos se dejaban avanzar y en el camino se iban tomando las medidas necesarias en pro del desarrollo”.*

*P. Quisiera hacerte una pregunta, la parte socioeconómica lamentablemente por estar vinculada al factor humano es muy complicada, no se la conoce bien como para poder estudiarla completamente, pero lo que si se maneja más es la parte financiera, monetaria ¿Has realizado algún análisis acerca de las cifras y los reales beneficios monetarios financieros a favor de las empresas que se han adjudicado Jirau y San Antonio? Esto para poder comparar un poco el grado monetario con lo que significaría los impactos que esperemos a futuro lleguen a evaluarse completamente, ¿Has podido evaluar esta parte?*

## El caso del río Madera

R. Específicamente no, pero escuché noticias de que los montos de la licitación de la constructora en energía tendría cifras muy bajas, algunos especialistas dicen que esas tarifas son impracticables, que lo más probable es que serán reajustadas. Es muy probable que ellos hayan puesto precios bajos para poder adjudicarse la licitación, en ambos casos, el de Jirau y San Antonio, las tarifas fueron extremadamente competitivas y el impacto económico para esa localidad no parece ser visible.

P. *Complementaré sobre el punto, tenía entendido que las concesiones de Jirau y San Antonio se han hecho por pujas y son "tarifas amarradas a mediano o largo plazo" ¿Me estás diciendo que esto es falso?*

R. No, no, estoy diciendo que esas son propuestas para que este consorcio pueda construir y producir energía, son tarifas competitivas, fueron muy bajas en relación al precio de la energía hídrica en todo el país. Ahora, eso no significa que estas tarifas después no sean ajustadas. Algunos especialistas dijeron que son extremadamente bajas, que la intención era ganar esa opción de construir y después vienen los ajustes

P. *Entonces contractualmente no está amarrado a largo plazo, o sea no está garantizado que si ahora es 0,5 por decirte en el futuro no sea así.*

R. No, no va a ser así. Hay otro problema, estas hidroeléctricas que están construidas en Rondonia tuvieron un impacto económico simple en la etapa de construcción debido a la contratación de mano de obra, el pago de impuestos. Hay una discusión muy grande sobre la forma de transmisión de esa energía para los consumidores, si ésta será continua o discontinua. Si fuese continua, creo que será así, esa energía no bajará a Rondonia sino que irá directamente, a través de los cables, hasta los centros consumidores. Es un juego político.

P. *No sé si he entendido que San Antonio ha recibido primero la licencia ambiental y después Jirau, ¿pero primero se está construyendo Jirau?*

R. Jirau tuvo una licencia parcial y demoró en instalar el equipamiento y comenzar a adelantar esa parte. Ahora ya definitivamente puede empezar a construir.

P. *Otra cuestión, tengo entendido que se está haciendo un proceso judicial para que no se construyan estas represas ¿Esto es evidente o no?*

R. Hay muchas acciones jurídicas, del Ministerio Público, contra IBAMA y diversas acciones. Ahora la respuesta de ellos no sé cuando sale, ya están autorizadas las construcciones y no sé realmente si esos juicios van a concluir algún día. Nosotros



## El caso del río Madera

organizamos un paseo por las riberas de esas comunidades, asignamos un protocolo que el Ministerio Público Federal está evaluando y ahí quedó, todo el mundo volvió a su casa.

*P. Quisiera hacer una observación, una complementación que muchos de los problemas y de las deficiencias fueron detectadas por científicos, por especialistas de la sociedad civil y también por el equipo técnico de IBAMA, trabajo importante porque hay una opinión de marzo de 2007 de este equipo técnico que era contrario a la concesión de la licencia previa. Concluyó que no había condiciones de viabilidad ambiental, que había muchas deficiencias y que era necesario hacer otros estudios, incluso sobre impactos en Bolivia. Según la ley brasileña para los estudios de impactos ambientales es necesario considerar los impactos en río de cuenca, trabajo que no fue hecho y del que Bolivia fue misteriosamente excluida. Entonces esa fue la posición que el equipo técnico sostuvo, el primer director fue substituido y después en julio el otro director trató de transformar las deficiencias en condicionantes que caracterizaron el proceso de licenciamiento ambiental, porque la primera fase debe ser para evaluar en su totalidad y en forma integral los impactos, las alternativas y de hecho, de ser posible, prevenir los costos ambientales tan altos, así no se justificaría la licencia. Las condicionantes, en vez de ser medidas correctivas adoptadas después de comprobar las medidas de prevención, de mitigación o compensación, des-caracterizaron el proceso y las condicionantes fueron más para monitorear aquello que no fue estudiado en el proceso de estudio de impacto ambiental. Se puede ver, que una gran parte las condicionantes son para monitorear y no para prevenir ni mitigar, entonces no se las toma en cuenta por las presiones políticas del proceso de des-caracterización. Hasta ahora existe una discusión en el Brasil que pregunta ¿Hasta qué punto una autoridad política puede desconsiderar la posición de su equipo técnico? Si es posible desconsiderar esto tan drásticamente entonces ¿Para qué hacer un estudio de impacto ambiental? No es necesario para lograr la licencia, incluso hay una iniciativa ahora en el Congreso para dispensar la licencia ambiental previa para casos como pavimentación de carreteras en la Amazonia. Una idea muy polémica. Entonces, para entender la lógica que está detrás de estas obras hay que considerar que esta es una cuestión política electoral y que son los grandes emprendimientos de las campañas políticas.*

*R. Sólo para profundizar en algo a la conclusión anterior, señalo que el IBAMA fue dividido en dos partes. Separaron a todos aquellos que supuestamente estaban interrumpiendo ese "gran proceso" y crearon el Instituto Chico Méndez que se ocupa de atender a toda esa región norte, la otra parte quedó como el IBAMA que conocemos y que tal vez ahora sea más permisible.*



## El caso del río Madera

### Las represas del Río Madera: Modelización de impactos hidráulicos

Expositor: Jorge Molina – UMSA IHH (Bolivia)

Voy a presentar los resultados de estudios realizados con personas que están en esta sala. Los temas de los que voy a hablar son los siguientes:

- La región y el proyecto
- Hidrología y Sedimentos
- Modelización de impactos hidráulicos y análisis de resultados

#### La región y el proyecto

La *ilustración 3* muestra un mapa a escala de la Cuenca del río Madera, donde se ve que en Puerto Velho alcanza a casi un millón de Km<sup>2</sup>. Tiene una gran variación altitudinal, con una parte importante en los Andes y otra en la Amazonía. La Cuenca posee una gran diversidad geográfica, biológica, climática y gran potencial hidroenergético. Aún estamos tratando de comprender el clima de la región y queda mucho por investigar. Por ejemplo tenemos estaciones que registran hasta 6,000 milímetros de lluvia al año, mientras que otras no registran ni 300. En el caso de Bolivia, la Cuenca ocupa más del 66% de la superficie del territorio nacional y más del 95% del agua escurre por ella.

En la *ilustración 4* se puede apreciar el proyecto Madera, que incluye cuatro represas: San Antonio a unos 4 o 5 Km arriba de la ciudad de Porto Velho, Jirau a casi 100 Km de la frontera con Bolivia, Ribeirao que se encuentra en el tramo bi-nacional del río Madera y la represa de Cachuela Esperanza ubicada sobre el río Beni. San Antonio y Jirau ya fueron adjudicados, San Antonio se encuentra ya en construcción.

## El caso del río Madera

Este mapa lo usaremos más adelante para explicar algunas consecuencias de este proyecto. También quisiera hacer notar la ubicación de la población de Vila-Abuná, a 9 Km de la confluencia de los ríos Abuná y Madera, donde se encuentra una estación hidrométrica que mide caudales. La información de ese lugar es muy importante para el proyecto. La mayor cantidad de datos fueron recogidos en Puerto Velho, otro punto con mucha información es Cachuela Esperanza-Guayaramerín.

El tramo donde se están proyectando las represas tiene las siguientes características: el río Madera cruza el escudo precámbrico (escudo brasileiro) formado por rocas duras que forman cachuelas (*ilustración 5*). Estas son verdaderos controles geológicos-hidráulicos, por ejemplo la cachuela de Teotonio que va a desaparecer con la construcción de la represa de San Antonio. Algunas cachuelas son casi imperceptibles y otras muy grandes como la de Teotonio (en total hay casi 20).

El mapa de la *ilustración 6* muestra las cachuelas del tramo bi-nacional. Podemos acotar que también existen cachuelas en el río Beni y en el río Mamoré. La ilustración presenta un perfil del tramo de los ríos Madera y Mamoré. Se observa el tramo de cachuelas con una pendiente muy pronunciada, con 60 m de desnivel en una distancia algo mayor a 300 Km, mientras que el Mamoré tiene una pendiente menor. En un sentido fluvio-morfológico el río Mamoré es muy diferente al Madera, mientras que el Madera es un río encajonado sin migración lateral, el Mamoré fluye formando meandros.

El proyecto consiste en un sistema en cascada de represas que intenta aprovechar toda la caída disponible para la generación de energía. La *ilustración 8* presenta una tabla resumen que compara los proyectos de San Antonio y Jirau, vemos por ejemplo que la potencia que se va a generar supera los 3000 KW. Ese es un valor muy alto para nosotros, considerando que el consumo de potencia del sistema interconectado boliviano es de 1000 MW. Podemos destacar otros aspectos como la altura media de caída, 15 metros para Jirau y casi 14 metros para San Antonio o el área inundada, que no es muy grande para obras de esa dimensión.

## El caso del río Madera

### Hidrología y Sedimentos

Los datos expuestos en la *ilustración 9* sirvieron como entrada (input) a los modelos que se usaron para evaluar los impactos y causas. Revisamos los datos que existen en el Brasil, vemos por ejemplo que el régimen hidrológico del río Madera en Porto Velho muestra un pico en los meses de marzo y abril y un descenso marcado en el mes de septiembre. El valor promedio del caudal es  $18.300 \text{ m}^3/\text{s}$ , 1.5% menor a los estimados en los estudios de impacto ambiental. En la ilustración también se pueden apreciar los valores estimados para distintos puntos de control como ser Porto Velho y Vila-Abuná (estación que fue fundada en 1976). Entre estos dos puntos hay un aporte de algo más de  $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ , consideramos que cerca de la mitad proviene del río Abuná. Finalmente, tenemos los datos correspondientes a Cachuela Esperanza y Guayaramerín.

La *ilustración 10* exhibe fotografías de la Capitanía del Puerto de Manoa, en el río Madera. Las imágenes fueron tomadas en un mismo período hidrológico (2007-2008). Podemos ver que la variación de niveles es superior a los 13 m.

La *ilustración 11* nos presenta el típico diagrama de transporte de sedimentos, en el que el río Madera aparece aportando casi la mitad de los sedimentos del Amazonas, equivalente al Solimoes en la zona. Las estimaciones en cuanto al caudal sólido del Madera varían, por lo tanto, esta información está sujeta a una mayor incertidumbre que la referida al caudal líquido, además depende del método de cálculo y de la forma en que fue hecha la medición, etc.

La *ilustración 12* nos muestra una curva color rosa que se refiere a los valores medios mensuales de sedimentos estimados para el periodo 67-07, según los estudios de factibilidad en impacto ambiental. La otra curva corresponde a estimaciones que nosotros realizamos, utilizando los mismos datos de la Agencia Nacional de Aguas.

Apreciamos una clara diferencia en la época húmeda y es que nosotros estimamos valores inferiores, un diecisiete y medio por ciento menos. El estudio de factibilidad de viabilidad realizado por consultores brasileiros, muestra un quiebre en el comportamiento de la curva de caudal líquido contra el caudal sólido, a partir de un caudal de aproximadamente  $30.000 \text{ m}^3/\text{s}$  la pendiente aumenta fuertemente. Este es el resultado de un método de cálculo que usa una relación caudal sólido versus caudal líquido. Esta relación tiene serias

## El caso del río Madera

limitaciones, su mayor problema es que tiene un exponente mayor a 4, por lo tanto es muy difícil de sustentarla técnicamente, razón por la cual no la hemos considerado.

La *ilustración 13* muestra una comparación entre estaciones bolivianas y Porto Velho. Los datos azules del gráfico provienen de Porto Velho y vemos la suma de los datos de Cachuela Esperanza y Guayaramerín (color café punteado). El cálculo con nuestras curvas  $Q_{ss}$  (en suspensión) en Porto Velho es superior a la suma de Cachuela más Guayaramerín, ésta es una muestra más del grado de incertidumbre. Usamos los datos de Porto Velho (azules) sin embargo, nos vimos obligados a considerar el nivel de incertidumbre. Como escuchamos en otra exposición, esto debería afectar al modelado de sistemas. La máxima concentración de sedimentos se produce aproximadamente dos meses antes que la de los caudales líquidos. Este efecto de histéresis es un efecto conocido en la Amazonia.

La *ilustración 14* presenta los caudales sólidos calculados con dos métodos en el río Mamoré. Se ve claramente que el pico de sedimentos es el mismo que en Porto Velho.

Estos temas deben ser incorporados en el modelado y en el análisis de incertidumbre pues efectivamente afectan en los resultados. Otro problema que tuvimos que analizar fue la posibilidad de un incremento del aporte de sedimentos del río Madera, en un 2% anual (*ilustración 15*), a partir del año 1990. Este es un efecto importante en el periodo de simulación de 50 años, que afectó mucho los resultados. Ni en los datos de los consultores brasileros ni en los nuestros hemos podido encontrar una evidencia clara de esta tendencia. Por lo tanto hemos optado por no considerarla.

Finalmente, en el proceso del modelado de la sedimentación provocada por un embalse es importante considerar el tamaño del sedimento. Por ejemplo, según los estudios de los consultores brasileros (*ilustración 16*) más del 25% del material en suspensión es arcilla, más del 60% es limo y alrededor del 10 % es arena. En la carga de fondo se detectan una cierta cantidad de arcilla, algo de limo y sobretodo arena. Vemos que han cambiado un poco los valores, producto del análisis y la modelación. El principal problema ha sido el transporte del fondo ya que es muy difícil medir y existe muy poca información o ésta se obtiene de forma indirecta. Además se toman muestras del lecho que no necesariamente corresponden al transporte del fondo. La ilustración muestra la curva para el transporte de fondo. Los estudios brasileros ponían una cierta cantidad de arcilla como parte del sedimento de fondo. Si bien es cierto que existen sitios donde se puede depositar arcilla,

## El caso del río Madera

para nosotros no era lógico considerar que el transporte de fondo tuviese componentes de arcilla.

La *ilustración 17* presenta una fotografía de una parte del tramo binacional y en el gráfico vemos en color rojo las secciones topobotimétricas proporcionados por el gobierno brasilero. Apreciamos también una serie de secciones añadidas (color cian) de un trabajo recientemente desarrollado por ENDE y el SENAMHI, que ha proporcionado mayor información para este tramo binacional. Se puede ver un río encajonado que no forma meandros, no tiene movilidad lateral, las secciones son muy definidas y bastante profundas.

### Modelización: Objetivos

En la *ilustración 18* están los objetivos de la modelación que son: evaluar los efectos que las represas de Jirau y San Antonio tendrán sobre el funcionamiento hidráulico del tramo del río Madera y evaluar a posibilidad de que induzcan sedimentación.

El remanso hidráulico es el efecto de la “sobre-elevación” del nivel del agua por encima del nivel natural, producida por la una obra hidráulica, una represa en este caso. En los estudios iniciales de inventario, los constructores se dieron cuenta de que la represa de Jirau, que está más cerca de Bolivia, podría afectar al territorio boliviano. Hicieron entonces una propuesta para disminuir ese efecto, la misma consistía en que en lugar de mantener un nivel constante de agua de 90m, se disminuyera paulatinamente hasta llegar a un nivel de 82.5 (en el mes de septiembre). Nuestro interés era ver si bajo esas consideraciones se afectaba el nivel de agua en el tramo binacional.

Los constructores utilizaron el modelo HEC-RAS (*ilustración 20*). Nosotros, de manera deliberada, utilizamos el mismo modelo para poder comparar los resultados. En el modelado, la calibración es un aspecto muy importante. En un modelo simple de flujo permanente, la calibración es también relativamente simple, puesto que se usan perfiles hidráulicos instantáneos medidos en algún momento.

Además de los objetivos del modelo, decidimos introducir dos preguntas adicionales (*ilustración 21*): ¿La curva guía de operación del embalse en Jirau con niveles variables permitiría evitar la modificación del nivel de agua del río Madera en el tramo binacional?



## El caso del río Madera

Si la respuesta es negativa ¿Existe alguna otra curva guía que permita evitar ese efecto en el tramo binacional?

En la *ilustración 22* vemos las relaciones entre velocidad y ubicación (progresiva) para diversos caudales, para el tramo que va de San Antonio hacia Jirau, tanto para un caudal bajo del orden de  $5.000 \text{ m}^3/\text{s}$  (septiembre), como para un caudal medio (color rosado) y para un caudal próximo a la crecida máxima anual. Podemos apreciar la diferencia entre la situación con represa (líneas segmentadas) y una situación natural (líneas sólidas).

En ese tramo, las velocidades son afectadas fuertemente. Los valores son velocidades promedio en toda la sección, en algunos lugares alcanza hasta  $5 \text{ m/s}$ , el pico representa la cachuela de Teotonio. Observamos que con la represa prácticamente desaparece la cachuela, la velocidad baja hasta  $1 \text{ m/s}$  y se produce un efecto serio sobre las velocidades en todo el tramo. Por lo tanto se produce un efecto sobre todo lo que se mueve en el río Madera, por ejemplo sobre los peces.

La *ilustración 23* muestra los niveles de agua respecto a la progresiva. Jirau tiene una progresiva de 210 Km, la frontera de 329 Km. Se observan también las secciones de Manoa cerca de la estación Abuná, Araras (cachuela) y Ribeirao. Las líneas segmentadas representan los niveles de agua con represa, mientras que las líneas sólidas son los niveles naturales. Para caudales bajos se reducen los niveles de agua en el embalse de Jirau, hasta 82,5. Existe un efecto de sobre-elevación en el tramo binacional a partir de la frontera, para caudales bajos, esa sobre-elevación llega sólo hasta cachuela Araras. Para caudales medios el efecto de sobre-elevación provocado por el embalse Jirau llega al menos hasta la cachuela de Ribeirao. Para caudales altos, por falta de datos topográficos, no podemos estimar el efecto más allá de Manoa.

La tabla "Manoa/Abuná-Vila" nos presenta por ejemplo para diversos caudales, las diferencias entre el nivel natural y el nivel con embalse. Las sobre elevaciones varían en el orden de 2,26 a 0,87 metros. El efecto va disminuyendo para caudales altos pero aún existe. Para la crecida máxima histórica sigue siendo cerca de 1 metro, con valores máximos para caudales medios. La sobre-elevación provocada por el embalse Jirau es sin duda un impacto.



## El caso del río Madera

¿Qué consecuencias tiene sobre-elevar el nivel del río por efecto de una represa? La pérdida de energía potencial, por ejemplo (*ilustración 24*). Para conocer la magnitud de la energía se necesita saber el valor del caudal y la altura de caída hidráulica. Al sobre-elevar se pierde caída disponible, por lo tanto hay una pérdida de energía.

Hicimos un cálculo para el año medio, encontramos una pérdida en un año de 2'411.060 MW/h, al precio que fue adjudicado Jirau significa una pérdida de 104 millones de dólares/año en energía. Estos valores relativamente grandes, se explican perfectamente porque las represas de Jirau y San Antonio trabajan con caídas de aproximadamente 15 metros.

Otro efecto es el riesgo del aumento de inundación (*ilustración 25*) por los niveles de agua que se producirían en Vila-Abuná para un determinado caudal. Vemos en el gráfico las distintas curvas que representan distintos niveles de operación en Jirau, desde el nivel 92 hasta el nivel 80 que es el mínimo. Se presenta un efecto sobre los niveles naturales, sobretodo en caudales hasta el orden de  $25.000 \text{ m}^3/\text{s}$ . Un de  $39.000 \text{ m}^3/\text{s}$  ocasiona el rebalse del río Madera en Manoa, cubriendo la capitanía boliviana (*ilustración 10*). Esto ocurre en promedio una vez cada 5 años para el nivel 96.0. Con el embalse de Jirau operando a una cota de 90. Según el gráfico podemos deducir que el efecto de inundación de la capitanía se produciría con un caudal de  $35.000 \text{ m}^3/\text{s}$ . Este efecto se presentaría una vez cada 2 años en promedio. Se incrementan los riesgos, también el periodo de inundación se alarga.

Quisiera hacer énfasis en un tema que ha causado mucha polémica acerca de las diferencias entre los estudios de factibilidad realizados por los brasileros y los nuestros (*ilustración 26*). Se aprecian las curvas de nivel de caudal en Abuná (color negro), en color azul aquella que ha sido obtenida por calibración y en rojo está la que corresponde a los estudios de factibilidad brasileros, vemos que ésta última cae por debajo del nivel. La curva roja segmentada es la que ellos consideraron que se produce con el embalse de Jirau, mientras que la curva segmentada azul es la que nosotros obtuvimos. Vemos que ambas no son iguales. En síntesis (*ilustración 27*), habrían efectos de remanse hidráulico que se traducen en pérdidas de energía y mayor riesgo de inundaciones.

Realizamos también un análisis de sedimentos (*ilustración 28*) utilizando esos modelos. Habían varias posibilidades pero por distintos motivos, usamos un modelo unidimensional

## El caso del río Madera

para todo el tramo. Los estudios previos mostraron una gran sedimentación por efecto del embalse Jirau y posibles efectos de sobre-elevación del agua por sedimentación del orden de 6 metros, después de 50 años, nivel bastante significativo.

Los resultados que obtuvimos son mucho más modestos, primero hicimos una evaluación de si actualmente existe sedimentación en el tramo, pues esto es lo que decían los estudios de factibilidad. No encontramos sedimentación natural en el río Madera, nuestro resultado final es que el embalse del Jirau, efectivamente producirá sedimentación y por tanto una sobre elevación del nivel del agua, pero significativamente inferior a la estimada en los estudios de EIA.

## El caso del río Madera

### Preguntas

*P. ¿No entendí muy bien el perjuicio de 104 millones de dólares, esto es para el gobierno de Brasil o para Bolivia?*

R. Lo que hicimos fue valorizar (convertir a cifras) la pérdida de energía potencial del tramo binacional, debido a la represa de Jirau. El monto correspondería al tramo binacional, o sea, Brasil y Bolivia (50% cada uno).

*P. Me gustaría una mayor explicación, de si en este momento hay una cíclica inundación en la capitania de Manoa, en la perspectiva de la construcción de Jirau, ¿Cuál sería el territorio que comprendería la sedimentación y la inundación en Bolivia?*

R. No se tiene respuesta para eso, es una pregunta que varias veces ha surgido. El problema es el siguiente: hemos simulado el cauce del río para el que tenemos topografía más o menos completa, pero no tenemos topografía completa de los márgenes, entonces no se puede decir cuál sería el área inundada producto del embalse Jirau. Es decir que no tenemos información suficiente. No hay que olvidar que el ciclo de inundaciones es natural, para un caudal determinado y una época determinada existe una superficie que se inunda naturalmente, lo que se esta mostrando es que “probablemente” para el mismo caudal, en la misma época, el área inundada será más grande y además la superficie de inundación durará más tiempo.

*P. Me gustaría saber cómo influye en el modelo la falta de información, tomando en cuenta que un metro de pérdida de energía potencial significaría alrededor de 300 MW/h, un poco menos tal vez, y alrededor de 30 millones de dólares, entonces un error de centímetros en el modelo podría ser muy grande a nivel económico. ¿Cómo tratas los errores en el modelo que han elaborado?*

R. Ese es el riesgo, pero una cosa es la falta de información y otra el enfoque de modelación, por ejemplo en la calibración del modelo. Por ejemplo en la topografía, con la falta de información se resignó a no simular puesto que la información topográfica es insuficiente. Quizá en un futuro, cuando se disponga de la información se pueda realizar esa tarea.

## El caso del río Madera

Sobre el tema de la calibración, el manejo de los datos es fundamental para el modelado. Por ejemplo, en el estudio de factibilidad visto en una de las últimas comparaciones entre las curvas (azul y roja), es decir, las diferencia entre los estudios realizados por brasileros y los propios, está en el orden de 1 metro a 90 centímetros de diferencia de nivel, nos hemos preguntado a qué se deben. Éste es, sin duda, un resultado de las decisiones de quien aplica el modelo. Lo que hicieron los brasileros fue lo siguiente: para las condiciones naturales no se utilizaron los niveles de la curva de Vila Abuná y se simplificó la parte de modelación para considerar un caudal constante en sentido espacial. Estas aproximaciones a la realidad implican un rango de error. Otro ejemplo es el no considerar el aporte del río Abuná, es decir no se lo considera en el modelado y sin duda esta omisión debería influir en los resultados. En el caso de la simulación con el embalse Jirau, lo que hicieron los consultores brasileros fue, arbitrariamente y sin sustento alguno, bajar la rugosidad de todas las secciones del río, tanto de las que están cerca del embalse como de las que están alejadas. Esta disminución, desde nuestro punto de vista, no tenía ningún sustento técnico puesto que la rugosidad varía en función del caudal pero se estaba tratando un tema de topografía. Nosotros no tomamos esos datos y en su lugar hicimos una extrapolación. Esos son los efectos del modelado y parte de quien hace el modelado. Hicimos corridas en base a los datos brasileros y los resultados fueron idénticos. Siempre deberían conocerse los supuestos con los que se ha realizado un modelo. En el caso de la sedimentación, no tenemos información suficiente sobre el modelado de esos consultores brasileros. Por ejemplo, las ecuaciones son muy importantes en cualquier modelado, no sabemos qué ecuación de transporte de sedimentos se utilizó en el modelado. En la documentación simplemente no la mencionan y no fue proporcionada después de haber sido solicitada.

*P. ¿Quisiera saber qué grado de avance tiene esa represa y si hay una resolución del Ministerio de Energía e Hidrocarburos de construir la represa de Cachuela Esperanza? y luego ¿si han considerado el cambio climático, las inundaciones en el Beni en los últimos 10 años como otra variable que pudiera afectar la construcción de la represa?*

**R.** Sobre la primera pregunta, el gobierno boliviano tendría que dar la respuesta. Sobre el tema de cambio climático, éste no ha sido considerado ni por los estudios brasileros ni por los bolivianos. Específicamente no hay ningún análisis sobre qué efecto podría tener el cambio climático en nuestros resultados.

## El caso del río Madera

*P. ¿Podría especificar cuánto tiempo duraría el proceso de sedimentos, sus impactos en el área?, ¿qué tipo de impacto se puede esperar en cadena, por ejemplo si Bolivia construye Cachuela Esperanza, y luego si construye el binacional, Jirau y San Antonio, cuál sería el impacto aproximado? Luego ¿si se puede esperar tendencias de incremento de carga de sedimentos, me refiero a causas e impactos? Por último ¿cuál ha sido la reacción del gobierno brasileiro sobre estos casos que se han presentado, si está contribuyendo para el entendimiento sobre políticas, estrategias o no?*

R. Sobre la sedimentación, en la *ilustración 28*, vemos el efecto que normalmente se espera en un embalse, se tiene la represa que eleva el nivel del agua, disminuyen las velocidades y el proceso de sedimentación por lo general se inicia en la cola del embalse, la parte más alejada de la represa, empiezan a depositarse los sedimentos más grandes, a medida que pasa el tiempo, los sedimentos finos se acercan a la represa. Este es un efecto conocido que varía dependiendo de muchos factores, uno de ellos es la carga del sedimento, otro será el tamaño del embalse, y otro el efecto hidráulico del embalse, etc.

El embalse nunca va a favorecer el transporte de sedimentos. Los estudios de impacto ambiental mostraron un efecto muy grande en el tramo binacional, o sea, en la cola del embalse de Jirau. En algunos puntos se producirían sedimentaciones que elevarían en más de 40 metros el lecho del río en el tramo binacional. Esto es grave pues ocasionaría una sobre elevación de 6 m en el nivel del agua y en otros casos más. Sólo ese hecho ya haría inviable el proyecto de la represa.

Una vez que hicimos conocer nuestras observaciones al gobierno brasileiro, nos dijeron que sobre el estudio realizado con HEC-6, especialistas de “notorio conocimiento” hicieron re-evaluaciones y se decidió no considerar los estudios de EIA puesto que no se produce la retención permanente de sedimentos. Esta decisión obviamente no es científica ni técnica sino política, es decir que los estudios realizados pueden afirmar una cosa y el interesado puede contratar consultores que, sin realizar nuevos estudios, emitan opiniones que descalifiquen esos estudios.

Nosotros tuvimos la suerte de poder analizar los datos de Cachuela Esperanza, Guayaramerín y las estaciones de los Andes en Bolivia. Si bien los datos de Porto Velho no permiten sustentar nuestra teoría, aquellos tomados en Guayaramerín muestran una ligera tendencia del aumento en la carga de sedimentos al comparar dos periodos, del 83

### El caso del río Madera

al 90 y del 2002 al 2007. Realizando esta comparación efectivamente parece existir un incremento de sedimentos en Guayaramerin. Por otro lado, en las situaciones andinas, río Beni en Rurrenabaque y río Ichilo en Puerto Villarruel, no se percibe ningún aumento. Entonces si hay un incremento de sedimentación en el río Mamoré, ¿a qué se debe ese efecto? Aparentemente no se debe a un incremento de la región andina.

**P.** *¿Cuál ha sido el periodo de retorno utilizado para el cálculo de caudales máximos? Pregunto esto porque en muchos países, para diseñar obras hidráulicas los periodos de retorno son de hasta 500 años.*

**R.** No se ha simulado nada para los caudales máximos, sino periodos históricos. En ese periodo histórico la crecida máxima en Porto Velho fue de 48.000 m<sup>3</sup>/s, el estudio de factibilidad estima diversos caudales máximos. Para un rango grande, el máximo de diseño estima un caudal de 82.000 m<sup>3</sup>/s, es un diseño para vertederos, etc. Esto no ha sido objeto de simulación en el modelo.



## El caso del río Madera

### Posibles impactos de embalse del Río Madera en Porto Velho, sobre la ictiofauna de la Amazonía boliviana

Expositor: Miguel Petrere Jr. UNESP (Brasil)

Había una fábula que decía que la energía hidroeléctrica era una energía limpia, nosotros estamos viendo que eso ya no es creíble. La energía hidroeléctrica no es una energía limpia. Hemos visto los efectos de las hidroeléctricas en la atmósfera, ahora vamos a conocer los efectos que tienen en los peces. Los peces son los animales más afectados por las hidroeléctricas, principalmente los grandes bagres migradores de la Amazonía.

La *ilustración 2* muestra las principales cuencas de la Amazonia brasileña. Como se puede ver la Cuenca del río Madera es la más importante en el área, seguida por la del río Negro.

En la *ilustración 3* vemos la descarga relativa, la del Río Madera es un poco más alta que la del río Negro. El flujo de sedimentos (*ilustración 4*) es mucho más alto cuando lo comparamos con los otros ríos de la Cuenca, su principal contribuyente es el río Madre de Dios, las nacientes se localizan casi enteramente en los Andes peruanos. Cabe resaltar, que el río Beni, el mayor de los afluentes andinos, descarga más agua que el Mamoré y Guapore juntos. La Cuenca del Madera, es la que más siente los efectos de la construcción de los otros embalses.

Esta región (*ilustración 5*) es muy accidentada, vemos arboledas de caucho, cachuelas, que en realidad no son cachuelas sino rápidos. Vemos las maquetas de Jirau, San Antonio y finalmente Porto Velho.

El río Madera es considerado como binacional porque está en la frontera entre Brasil y Bolivia y está formado por el encuentro del río Beni y el Mamoré. El nombre de río

## El caso del río Madera

Madera se debe a la gran cantidad de madera que éste arrastra en las crecidas de las aguas.

En la actualidad todos los ríos del sur y sudeste del Brasil ya están agotados en términos de energía hidroeléctrica, entonces se vio el potencial que tenían los ríos amazónicos. Los ríos de la cuenca este del Brasil son muy cortos, con pequeño caudal y muchos son intermitentes.

En la década de los 70, cuando se comenzó a considerar los ríos amazónicos como fuentes de energía eléctrica, un barril de petróleo costaba 14 dólares, incluyendo el transporte y el seguro. Así hicimos un cálculo, cuyo resultado indicaba que después de construir el Tucuruí, éste debería economizar al país 3,5 mil millones de dólares por año. Habían economistas en este equipo y discutimos con ellos, puesto que tienen mayor afinidad con los ingenieros que con los ecologistas. Entonces yo advertí que la represa sería muy grande y que destruiría el río Tocantins y pregunté si es que no habían otras opciones, como por ejemplo construir represas menores. El economista entonces me preguntó “qué considerando el contexto de la crisis del petróleo si la represa economizaría 3,5 mil millones de dólares de ¿dónde podría el país conseguir 3,5 mil millones de dólares todo el año para comprar petróleo?” Esto anuló mis argumentos, porque no se podía discutir con una montaña de dinero como la señalada, principalmente en aquella época con tanta escasez de dólares.

Recientemente aparecieron los proyectos de Jirau y San Antonio, que no pasaron por un proceso de consulta con la sociedad, porque hay muchos intereses internacionales y nacionales, para financiar y construir las represas. Esto es una moneda donde una de las caras nos obliga a comprar equipamiento de los países financiadores, como ocurrió en Tucuruí, donde fuimos obligados a comprar las turbinas de Francia, cuando teníamos la capacidad en el país de fabricarlas. Vemos entonces intereses nacionales e internacionales, existe mucha presión y los últimos en ser oídos somos los ecologistas, los indios y algunos grupos de jóvenes asociados a ONG's que se preocupan con esto.

Además de esos fuertes intereses económicos está presente la problemática social, especialmente con respecto al desplazamiento de las poblaciones tradicionales que viven en el lugar de la futura área que va ser inundada. Así una vez visité una represa (Ilha Solteira) en el Estado de São Paulo donde los pobladores originales se encuentran ahora

## El caso del río Madera

viviendo en un lugar que debió ser provisional, sin embargo, continúan asentados ahí y ya han transcurrido tres generaciones. Fueron olvidados, nadie se preocupa por ellos.

La *ilustración 12* muestra una representación del desnivel del Madera, que los colegas ya mostraron y esa constituye la preocupación central por la cual estamos acá. En la dinámica del desenvolvimiento de Brasil en América del Sur, vemos un sentido de integración, ya estamos construyendo una carretera que va llevar el Brasil al Pacífico, a través del Perú, para exportar la soya y venderla al Japón y a la China a un precio más barato. En el futuro próximo, todas las cuencas de América del Sur van a estar unidas entre sí, entonces será posible ir de São Paulo a Caracas por río. Esos son los planes, no son sólo embalses los que se planearon, sino también se planifica la construcción de hidrovías.

La *ilustración 14* muestra el consumo per cápita de KWH/año para varios países del mundo. Vemos que Bolivia tiene un consumo muy pequeño. Brasil tiene un consumo más alto. Noruega tiene el mayor consumo per cápita en el mundo, este es un país pequeño pero con muchos embalses, con baja densidad demográfica pero con un patrón de vida muy alto. Esa es la razón por la que se hacen los embalses, las personas quieren vivir mejor, consumir más y tener una vida más confortable.

Vemos, en la *ilustración 15* la maqueta de San Antonio, cerca de Porto Velho, apreciamos cómo podría ser la represa. La pesca con caña y gancho en la cachuela de Teotônio en el alto Madera (*ilustración 16*) es el único ejemplo que tiene la Amazonía de este tipo de pesca. Los grandes bagres empiezan a subir el rápido en el inicio de la creciente, es el momento cuando es posible verlos y estudiarlos, principalmente la piraíba y la dorada, que comúnmente no se ven porque habitan en el fondo del río. Por lo tanto, se genera un comercio muy grande de esos bagres que de no ser capturados en esos tramos muchos llegarían hasta Bolivia.

La *ilustración 18* muestra una dorada de grande porte capturada en la cachuela de Teotônio en finales de los 70. Este es un bagre migrador muy importante, el más importante del Brasil actualmente debido a la extinción comercial de la piraíba en el alto Amazonas y alto Caquetá. La dorada es más abundante en la zona del Teotônio y tenemos la certeza que el área inundada de San Antonio y de Jirau va a tener un impacto muy fuerte porque este bagre es un gran migrador.

## El caso del río Madera

El Babão o Baboso, como se llama en Colombia, (*ilustración 19*) es un animal muy raro, poco estudiado y por lo tanto misterioso. Es un bagre menor en relación a los otros dos mencionados, también sube la cachuela de Teotônio y se tiene poca información sobre donde desova. Junto con la dorada va a sufrir el mayor impacto aquí en Bolivia con la construcción de los dos embalses.

La *ilustración 20* muestra la maqueta de Jirau, cuya conclusión está prevista para el año 2014. Las siguientes dos ilustraciones muestran el embalse (área inundada) del Tucuruí, el mayor embalse del Brasil hasta la fecha. Cuando todas las turbinas fueran instaladas en esta represa, entonces tendrán una capacidad real de 8.000 megavatios, 10% más que la suma de San Antonio y Jirau. Las *ilustraciones 21 y 22* muestran una imagen real del embalse de Tucuruí.

Se piensa en construir pasajes de peces con escaleras en los futuros embalses de Jirau y San Antonio. Mis muy ilustres colegas brasileños Prof. Dr. Fernando Mayer Pelicice y Prof. Dr. Ângelo Antonio Agostino escribieron recientemente un artículo muy importante demostrando que los peldaños (o gradas) de las escaleras funcionan como trampas para los peces, porque a medida que estos van subiendo las escaleras, los mayores predadores que temporalmente habitan en tales gradas los van predando. Los colegas antes citados llegaron a observar un pez, que les voy a mostrar (*ilustración 36*), que durante 45 días permaneció en la escalera alimentándose de los peces que subían por las gradas, lo que convierte estos sitios en una gran trampa ecológica. Así escaleras de peces principalmente en embalses grandes como éste de la Amazonía, pueden presentar el mismo fenómeno. Tal vez la idea podría ser construir ascensores para peces como hay en el embalse de Yaceretá (en el río Paraná) en Argentina.

Este es un tema de debate, principalmente con una secuencia de dos embalses como en el caso del Madera. Alguien preguntó si no era mejor construir embalses más pequeños en secuencia, pero considero que para los peces esa sea la peor solución, porque irá aumentar el número de embalses en cascada.

La *ilustración 26* muestra las más grandes usinas hidroeléctricas de la Amazonía brasilera, con sus producciones de megavatios por kilómetro cuadrado. Podrán ver que los embalses de Jirau y San Antonio son muy eficientes, producen mucha energía por Km<sup>2</sup> en

## El caso del río Madera

comparación con los otros tres, la magnitud es de 100 veces y éste es un argumento terrible para derrotarlo.

En la *ilustración 27* vemos la eficiencia de algunos embalses, el de Xingú en el río San Francisco es el más eficiente, produce 5.000 megavatios con 200 Km<sup>2</sup> de área inundada. Es como una caja de agua extremadamente productiva y causa poco impacto. Tenemos en San Antonio y Jirau una eficiencia intermedia. El embalse Balbina es el peor, fue construido en la época de la dictadura militar en Brasil sin que se haya realizado ninguna consulta con la sociedad. Tal vez la mejor solución para Bolivia sea construir embalses en los Andes, donde el impacto sería mucho menor y con mayor eficiencia debido a la gran pendiente.

Hace unos 15 o 20 años me interesé mucho, porque como yo trabajo con peces y las hidroeléctricas interrumpen sus rutas migratorias y disminuyen la diversidad en el área del embalse y abajo del embalse, me pregunté ¿Por qué no construir usinas nucleares en la Amazonía? Estoy totalmente a favor de esa idea, porque las usinas nucleares son mucho más seguras que antes, reprocesan el 99% del material nuclear, la probabilidad del peor accidente que podría ocurrir, el derretimiento del reactor, es de 1 en 100.000.

Hay actualmente 443 usinas nucleares en el mundo. Francia es el país que tiene la energía eléctrica más barata de Europa producida por usinas nucleares responsables del 80% de la energía eléctrica del país, exportando el excedente a Suiza, Italia, son extremadamente seguras. Entonces pregunté ¿Por qué los franceses no hicieron usinas nucleares en la Guyana Francesa?

Comúnmente se dice que el país que logra hacer una usina nuclear puede hacer una bomba atómica, pero esto no es verdad. Los EE.UU. construyeron una bomba atómica antes de tener una usina nuclear, la Unión Soviética también, y creo que Pakistán también. No tiene que ver una cosa con la otra. Los dejo con esa idea para que la piensen y preserven los lindos ríos que tienen en Bolivia. En lugar de dañar todos sus ríos piensen en una usina nuclear, es mucho más económica en términos de energía. Si ustedes quieren energía eléctrica para La Paz, construyan una usina nuclear en La Paz, no tienen que colocar líneas de transmisión que pierden el 40% de la energía en el transporte, como ocurre cuando se envía energía de Itaipu a São Paulo, a 1.300 Km. de distancia.



## El caso del río Madera

La *ilustración 30* muestra la productividad pesquera de un embalse tropical construido en un río con extensa planicie de inundación, muy parecida a la producción del metano presentada por el colega que me antecedió. Esta productividad aumenta y luego empieza a caer (*ilustración 31*). Antes, las especies de peces de gran porte tenían mayor valor comercial, ahora virtualmente desaparecieron y las que existen son pequeñas y muy baratas, disminuyendo considerablemente las ganancias de los pescadores de pequeña escala. Estas observaciones se refieren a la represa de Sobradinho en el río San Francisco (NE Brasil), el segundo mayor embalse de América del Sur (4.200 Km<sup>2</sup>); el primero es el de Guri en Venezuela con 5.200 Km<sup>2</sup> de área inundada. El área de Guri es casi 3 veces más grande que el área del municipio de São Paulo, donde viven cerca de 20 millones de personas.

La *ilustración 33* muestra una lista de bagres, muchos de ellos se crían en la boca del río Amazonas. Cuando alcanzan cierto tamaño empiezan a subir por el Amazonas, por los afluentes de agua blanca y en el caso de la piramutaba y la dorada llegan casi a la cabecera de esos ríos. En la región de Bolivia no hay mucha información sobre esos bagres migradores. El dorado, que es así como lo llaman ustedes, es el que busca las cabeceras más altas para desovar y serán más afectadas por las represas. Las especies como la piraiba no corren tanto peligro porque desovan en cualquier parte. Un pez por el que ustedes no deben estar preocupados es la cachama, pues no creo que pueda ser atrapado por el embalse, considerando que sus migraciones son más cortas y en Bolivia probablemente ocurren arriba de la región de los dos embalses del río Madera. Las mayores cachamas que observé fueron en Bolivia, en el año 2000. Llegue a ver una cachama que pesaba 45 Kg., esto no se ve ya en Brasil.

Volviendo a la *ilustración 36* vemos un gran depredador (en el río Madre de Dios, *Hidroliscus armatus*) de cabecera de ríos, y los dos embalses probablemente no lo afectarían, pues tiene migraciones cortas. En la *ilustración 37* se ve un dorado, llega a migrar 4.000 Km. para desovar, es un torpedo vivo y aquí tenemos la piraiba (*ilustración 38*), el mayor bagre de Sudamérica. Esta foto fue tomada en la Amazonía ecuatoriana.



## El caso del río Madera

### Preguntas:

*P. ¿Usted tiene una estimación del tiempo que corresponde al ciclo de estabilización del embalse, en términos biológicos, minerales para el decaimiento de la producción vegetativa?*

**R.** En algunos embalses hechos en el noreste del Brasil, en la época del emperador Pedro II, hace más de 120 años, perdura el palitero, que hasta ahora está firme. Eso depende mucho del agua, de su dureza, de la temperatura, y depende de muchas otras cosas. No conozco la literatura que pueda darle una respuesta, pese a que el tema es muy importante.

*P. Usted nos explicaba los problemas ecológicos que nos pueden traer las represas hidroeléctricas y por otro lado nos plantea la opción de las usinas nucleares. ¿Cuáles son los factores que influyen para que se sigan construyendo represas hidroeléctricas en lugar de usinas nucleares que pareciera una opción muy buena ya que no afecta la naturaleza, la ecología, la fauna, la flora ni tampoco a las poblaciones indígenas?*

**R.** Hay muchas razones, la primera es que no hay tecnología genuinamente nacional en nuestros países. La mayoría de los países tiene que importar esta tecnología y seguir ciertos protocolos de la Asociación Internacional de Energía Nuclear de la ONU que queda en Austria. Hay intereses económicos, la construcción de una usina hidroeléctrica es más barata de lo que es la energía nuclear. También existe la presión de los EE.UU. y de los otros países del Consejo de Seguridad de la ONU que tienen miedo, ese miedo es infundado al pensar de quien se aprovecha del átomo para que con la energía nuclear pueda desarrollar una bomba atómica. Las usinas nucleares quedaron desprestigiadas desde el accidente de Chernobyl, pero ahora por el hecho de las usinas nucleares no desprenden CO<sub>2</sub> y tampoco metano a la atmósfera son altamente recomendables como alternativa para la producción de energía eléctrica. Yo viví en Inglaterra por 4 años, a 6 Km de la mayor usina nuclear de ese país (Sizewell) y se trata de un edificio pequeño del que no sale humo ni agua, claro que los desechos radioactivos son casi 100% reciclados y una organización internacional se encarga de vigilar el manejo de estos desechos que son pocos y en un lote de 60 metros cuadrados pueden ser almacenados todos los desechos de las 443 usinas nucleares del mundo, sólo que se requiere una alta tecnología para ello.

## El caso del río Madera

*P. Sobre los sistemas de transposición de peces, pregunto si en el proyecto hidroeléctrico Madera, ante la presión de los académicos y demás, finalmente se decidió construir como la mejor alternativa, un canal semi-natural paralelo al embalse que se diseñó preliminarmente para  $35 \text{ m}^3/\text{s}$ , siendo el 0,2% de los  $18.000 \text{ m}^3/\text{s}$  del río Madera como promedio y además con unas dimensiones de 10 metros de ancho y 2 metros de profundidad ¿Qué posibilidades de éxito tiene?*

R. ¡El problema es convencer a los peces para que suban! No tenemos ensayos preliminares que indiquen resultados positivos. Pero el problema más importante es que los peces puedan luego descender después de la reproducción ¿Y si se reproducen, cómo podrían pasar una represa que tiene un tiempo de residencia del agua de 43 días? Entonces probablemente los huevos y larvas de los peces no sobrevivirían, además cerca de la presa no existen corrientes y no se sabe si los huevos y larvas puedan pasar por las turbinas. Esto es un asunto muy complicado y realmente no tengo muchas esperanzas al respecto, casi ninguna.

## El caso del río Madera

### Régimen hidrológico y transporte de sedimentos en el Río Madera

Expositor: Naziano Filizola – UEA PIATAM (Brasil)

Vamos a hablar sobre flujos hídricos de sedimentos en la Cuenca Amazónica, ascenso general, para dar una idea de lo que sucede en toda la cuenca. Hemos realizado este estudio en el Núcleo de Meteorología e Hidrología de la Universidad del Estado de Amazonas, con el financiamiento del CNPQ (agencia del gobierno brasilero), de la FINEP y del IRD de Francia.

Comenzamos presentando (*ilustración 2*) algunos datos de la cuenca: el área total aproximada es de 6,1 millones de Km<sup>2</sup>, la distancia longitudinal del curso principal es de un poco más de 7.000 Km, tiene una pendiente general muy baja de 2 cm por Km y una situación política que involucra a ocho países sudamericanos. La cuenca contiene el 16% del agua dulce del mundo, con un caudal medio cinco veces más grande que el Congo, el segundo del mundo. Su carga de materia en suspensión es la tercera más grande del mundo y tiene la primera carga de materia disuelta.

El 12% de la Cuenca Amazónica está representada por la cadena de los Andes, el 40% por los escudos antiguos del precámbrico, del Brasil Central o del Norte de Guyana y el resto es parte de la llanura o la planicie amazónica.

El clima de la región es húmedo, como vemos en la *ilustración 4*, muy marcado por lluvias, con un promedio de 2.400 mm por año. La gradación de humedad es más concentrada en la parte noroeste de la cuenca y va avanzando poco a poco hacia la desembocadura del Amazonas. Cerca de la ciudad de Cuzco en el Perú y en Bolivia existen regiones más húmedas. El régimen de lluvia en la cuenca es diferenciado y tiene tres niveles como nos muestra la *ilustración 5*. Los dos primeros presentan la siguiente situación: hacia el norte tenemos una estación de lluvias más intensa a mitad del año, una situación similar se da a

## El caso del río Madera

principios del año en la parte sur, donde se produce una sequía en el centro. Cuando se avanza hacia la desembocadura del Amazonas, el tiempo de lluvia va cambiando del inicio hacia la mitad del año.

El 12% de la cadena andina tiene en general una gran declividad, la mayor parte de la Cuenca está marcada por una baja declividad (*ilustración 6*). En el lugar donde se ubica la estación más importante para el Amazonas, la estación de Óbidos, está el 80% del agua que sale hacia la cuenca. La estación de Óbidos es clave para la cuenca, porque es en este lugar donde se armoniza su heterogeneidad.

La Cuenca Amazónica presenta una diversidad hidrológica grande y un control tectónico, como apreciamos en la *ilustración 9*. Desde el punto de vista geológico, se pueden observar sub-cuencas, la de Pastazza-Marañón y la de Beni-Mamoré, divididas por el arco tectónico de Fitzcarraldo. Tanto las dos sub-cuencas como el arco datan de hace millones de años, desde que se inició su formación hasta llegar a ser tal como los conocemos hoy.

En las imágenes vemos una representación de la idea de la influencia del arco, en términos de producción de sedimentos en la Cuenca Amazónica. Vemos, por ejemplo, que la orilla izquierda de la Cuenca del Madera, donde están las nacientes del río Purus, es un área de deposición muy grande, el otro río que tenemos al oeste es el Juruá con una gran producción de sedimentos. Las ilustraciones muestran la variabilidad de los niveles del agua, los datos expresan una variabilidad en la Cuenca del Madera, en el Purus y Juruá.

Esta es una red de recolección de datos (*ilustración 11*) que ha originado la información de la que hablamos en esta presentación. Hay una importante recolección de datos en el Brasil, un poco en Bolivia y el Ecuador. En Bolivia los datos son administrados por el IRD y el SENAMI.

En términos de regímenes hidrológicos, vemos en la Cuenca Amazónica una diferenciación básica entre tres regímenes: tenemos al norte el régimen tropical boreal con un pico máximo de caudal al inicio del segundo semestre del año; al contrario, en el sur tenemos el régimen tropical austral con énfasis en la región de Porto Velho donde se presenta el nivel más alto de los ríos en la primera mitad del año; en cuanto al régimen ecuatorial apreciamos un cuadro un poco más estable y regular, sobre todo sobre el río Solimoes.

## El caso del río Madera

Vemos en la estación de Óbidos el régimen ecuatorial alterado, así lo llamamos. Observando el cuadro de Óbidos, constatamos que la cuenca es muy regular pero esto no es verdad, está simplemente homogenizando la complejidad que se produce en la Cuenca Amazónica. Si analizamos en detalle la contribución de cada río, podemos ver que el río Madera, por ejemplo, tiene una importancia muy grande sobre todo en los meses de marzo y abril, en los que pone mucha agua en el sistema, hecho que causa una elevación anticipada del nivel del río Amazonas en Óbidos, en relación a lo que se esperaría normalmente, en caso de que el río Madera no tenga un gran caudal.

Podemos ver que el nivel máximo del río Solimoes, antes del encuentro con el río Negro y con el Madera, se produce en los meses de junio y julio. Entonces surge la pregunta ¿Porqué en Óbidos no se presenta el nivel máximo después de esto? Al contrario, se produce antes, esa es la importancia del río Madera en el contexto general de la Cuenca.

Utilizando la información completa de la estación de Óbidos, vemos en la ilustración 14, las series históricas y tendencias en términos de caudal. No se puede observar una marcada señal de cambio climático, pero se puede ver que la tendencia actual es que los eventos tanto de sequía como de crecida tienden a ser más intensos. En promedio la situación es igual. ¿Cómo saber que hay una heterogeneidad por detrás de estas informaciones? Si trabajamos mirando cada una de las sub-cuencas, vemos que las crecidas, altamente importantes, vienen de la parte noroeste de la cuenca, del sector más húmedo; las sequías vienen del sector sur, sobre todo de la Cuenca del Madera.

Destacamos la importancia de los principales contribuyentes del Amazonas, en términos de caudal y de área, el Madera ocupa un área total del 23% y la Cuenca del Negro abarca el 11% del área y el Solimoes un 36%, antes del encuentro con el Negro y el Madera. En términos de caudal, el Negro es responsable del 14%, el Madera del 15% y el Solimoes del 49%, casi el 50%.

Se produce una gran movilidad en el canal, como nos muestra *la ilustración 17*, que juega otro papel en la cuenca con la sedimentación, la re-suspensión. Vemos otro ejemplo, que data de los años 2000 y 2002, del Napo, en la estación de Nuevo Roca Fuerte. Observamos que el canal ha cambiado mucho tanto en profundidad como en su marco transversal de la sección. Esta movilidad del canal también se puede apreciar en el río Beni, en la llanura boliviana.

## El caso del río Madera

Presentamos un ejemplo de la variación de lo que llamamos en Brasil “furos” o “paranás”, se produce cuando el meandro del río se va cerrando cada vez más hasta el momento que se parte completamente (furo), se abre un furo y deja un lago abandonado. Esto representa la movilidad de canal, que se produce de un año a otro. Las ilustraciones nos muestran lo que ha pasado en río Beni, en el Solimoes y el Purus en Brasil. Es algo dinámico.

En términos de hidrología, tenemos que observar lo que cambia lateral, longitudinal y verticalmente con la tectónica. En las imágenes vemos el problema intentando juntar todas las variables. Tenemos las dos sub cuencas del Madera y del Oriente, en la parte del oriente y del ecuador, apreciamos una zona probablemente de producción de sedimentos. En la parte del Madera, en el piemón de los Andes, observamos una tendencia a la sedimentación, casi el 50% de todo el sedimento que sale de los Andes, algo más de la mitad se queda y otra parte pasa al Brasil. Vemos también lo que sucede con el sedimento en el mismo río, en aguas bajas y en aguas altas. En aguas bajas encontramos agua misma, no así en aguas altas. La producción de sedimento en esta región tiene ese comportamiento.

En Óbidos, a 700 o 600 Km de distancia de la desembocadura, tenemos otro ejemplo de la variación del nivel del agua que expone las partes del sedimento a la erosión. El sistema de erosión continúa, y existe sedimentación cuando el río está muy alto, cuando el río empieza a bajar aparece nuevamente la erosión. Estas variaciones adquieren relevancia con la llegada de los sedimentos a la región más húmeda. Con la crecida, la invasión del río con el sedimento va a fertilizar y permitir plantar en la región y por lo tanto, tener alimentos.

Otro elemento importante en la hidrología de Amazonía es el color del agua. Hay una diferenciación a nivel regional entre aguas blancas, claras y negras. Las blancas son ríos normalmente de origen andino con mucho material en suspensión, con mucho sedimento, citamos ejemplos como el río Amazonas y el Madera; en aguas claras los ríos con poco sedimento que vienen de los escudos antiguos, Guyana y escudo Brasileiro, son los ríos Trombetas, Xingu y Tapajós. Los ejemplos de aguas oscuras corresponden a los ríos que vienen de las planicies y algunas veces de los escudos, tienen poco sedimento pero son ricos en materia orgánica, tal es el caso del río Negro y del Uatumá. Vemos que en



## El caso del río Madera

términos de evolución longitudinal, los ríos como el Madera, desde sus fuentes altas en los Andes hasta abajo, van incorporando sedimento y cambiando su forma, su dinámica, su curso, este es un proceso natural.

Voy a presentar algunas técnicas de los resultados de flujo de sedimentos. Vemos en las imágenes números de referencia de flujos. Tenemos una secuencia de estudios que fueron realizados desde los años 60, sobre todo en relación a datos recolectados por diferentes grupos, el grupo de Gibbs, el año 1967 hasta nosotros, el 2007.

Presentamos algunos ejemplos de la metodología general que utilizamos para trabajar en la cuenca. Usamos imágenes satelitales tipo "MERIS-MODIS", con equipos instalados en satélites que toman fotos diarias de la cuenca, recogen datos de altimetría a partir del espacio para conocer la variabilidad del nivel del agua en los ríos. Recolectamos datos puntuales en profundidad, datos con GPS, misiones de campo y mediciones de calidad con equipos Doppler, todo esto para calcular el caudal de los ríos, calcular la velocidad del agua, sacar un perfil de la profundidad y el estilo del fondo. Los datos se recogen en tiempo real, en el momento que va ocurriendo una sección transversal, entonces obtenemos información extraída en tiempo real.

Contamos con laboratorios en barcos, desde donde hacemos la medición del flujo del agua que tomamos de los ríos, en este aspecto, básicamente trabajamos con balance de masas, realizamos la suma del sedimento de un tramo de río con otro, en relación a lo que tenemos en la estación aguas abajo. Si la suma es mayor tenemos estocaje, lo que significa una deposición. Si la suma es menor tenemos una producción normal de suspensión. Con este principio hemos realizado el trabajo en toda la cuenca hidrométrica del Brasil, a través de varias comisiones. Hemos logrado una especialización de los datos, alcanzamos un balance parcial de flujo que nos da una producción de más de 1.000 toneladas por Km<sup>2</sup> al año en la parte andina, disponemos de una mayor cantidad de datos de esa región, cuya investigación está en curso. Los datos de la región central de la Cuenca coinciden con los de la parte más baja de la Cuenca Amazónica, entre la estación de Óbidos, pasando por la región de Manaus.

Las ilustraciones nos presentan los resultados de un estudio referido a la irregularidad de los regímenes de caudal extremo, muy irregular en la región central de la cuenca, la región más al sur y que incluye al Madera, presenta las variaciones más irregulares de caudal

## El caso del río Madera

relativo de la cuenca. Hemos realizado un estudio del caudal sólido, vemos que la Cuenca del Madera es la más irregular. Con los resultados de las campañas, hemos elaborado los cálculos del caudal sólido, los mismos indican que el valor del Amazonas está entre los 826.000 millones de toneladas. A través de otro estudio sobre los materiales de los suelos y de la arena, vemos que el Amazonas está al centro de todo lo que sucede con los ríos de aguas claras, negras y blancas.

Otros datos fueron analizados, estos nos han permitido ver que, en términos de velocidad, el comportamiento del río Madera es coherente con lo que dice la teoría, de igual manera el comportamiento en términos de materia de suspensión, considerando la relación entre la concentración de materia en suspensión con la profundidad. Con relación a las descargas sólidas, los datos no son coherentes, lo que indica que el proceso está fuertemente dominado por otro parámetro, la velocidad.

Actualmente contamos con una red que se llama ORE/HYBAM, presenta datos disponibles en el Internet. Mostramos las estaciones brasileras que coordinamos nosotros, donde hacemos muestreos cada diez días, podemos obtener un registro hidrosedimental realizando la sumatoria de los ríos Solimoes, el Negro y el Madera. Haciendo el balance de la sumatoria más grande, vemos un periodo de segmentación que va desde enero a mayo, con esto se puede calcular la calidad sólida del Amazonas, cerca de 800 millones de toneladas al año.

La variabilidad temporal también se estudia en las estaciones de HYBAM, se percibe muy bien desde Tabatinga, en la frontera del Brasil con Colombia y Perú hasta el Negro, hay una diferenciación muy grande de concentración de materia en suspensión.

El río Madera presenta una situación muy interesante, en una parte se comporta como río típico de aguas claras y en otra como río de aguas blancas, con lapsos encontrados normalmente en ríos de aguas blancas. De Óbidos sale un dato importante, la contribución del Madera, en términos de concentración de sedimentos, es importante durante la crecida. Cuando cesa la crecida del Madera, es el Negro que entra en proceso, la concentración baja cuando ni el Madera ni el Negro participan sólo el Solimoes se constituye en la base del sistema en Óbidos.

## El caso del río Madera

Un resultado general muestra que con los tres métodos utilizados obtenemos un dato muy próximo del valor de la producción de sedimentos del Amazonas, cerca de 785 a 800 millones de toneladas al año, con una zona de sedimentación que está cerca de los 200 millones de toneladas al año. El más fuerte contribuyente, en términos de sedimentos del Amazonas, es el Solimoes que viene de la zona del oriente y el río Madera.

Una experiencia que hemos iniciado es la construcción de una red de estaciones virtuales para el monitoreo de ríos. Hemos ampliado varias estaciones virtuales con buena información, comparada con las reglas que tenemos en el campo y con los datos que vienen de los satélites. Por razones de tiempo no puedo ampliar esta información.

## El caso del río Madera

### Preguntas

*P. ¿Es normal la gran variabilidad de los caudales que ha habido este año y que ha producido inundaciones?*

R. La inundación de este año es una inundación muy especial, es un evento producido entre un área donde ha caído mucha lluvia a consecuencia de un evento de la Niña y la posición de la zona de convergencia intertropical que ha bajado mucho a consecuencia del calentamiento del agua del atlántico sur. La zona de convergencia intertropical ha bajado se estacionó arriba de la Amazonía y del noroeste del Brasil, esto asociado con el efecto de la Niña en la región oeste y central de la Amazonia. Hemos tenido básicamente dos polos de reacción hidrológica entre enero y marzo que han ocasionado esta crecida record.

*P. ¿Yo recuerdo haber leído en el Atlas del Amazonas de Michael Golding que el aporte de sedimentos del Madero en la boca del Amazonas, el aporte al Atlántico es más o menos la mitad del aporte total del Amazonas, te pregunto ¿por qué esta lengua de lodo forma la barrera neo geográfica del Amazonas que impide el paso de organismos vivos de un extremo al otro, entonces cualquier afectación en términos de los sedimentos aportados debilitaría o afectaría la barrera neo geográfica?*

R. Veíamos que el aporte del Madera al Amazonas era de un valor de 50% pero ahora tenemos una estación que hace un monitoreo de alta frecuencia y vemos que hay un cambio. Lo que pasa es que sabemos que es importante la cantidad de sedimentos que el Madera pasa al Amazonas, también por la región de las zonas húmedas, lo que es importante para la fertilización de estas regiones y para la gente que vive en estas áreas.

## El caso del río Madera

### Sensibilidad ecológica del norte amazónico boliviano Dinámica de inundación, mercurio y emisión de gases

Expositor: Marc Pouilly – IRD (Francia)

#### Introducción

Quisiera presentar un trabajo que tiene ocho meses de funcionamiento y trata sobre la sensibilidad ecológica del norte amazónico boliviano. Este proyecto se desarrolla en colaboración entre el IRD (cooperación científica del gobierno de Francia), el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Mayor de San Andrés de La Paz, que realiza los análisis de mercurio, y la Unidad de Liminología y Recursos Acuáticos de la Universidad Mayor de San Simón de Cochabamba con la cual se efectúa la interpretación ecológica de los datos.

El estudio realizado considera tres temas principales:

1. Dinámica de inundación
2. Mercurio
3. Emisiones de gas, cuyos primeros resultados serán presentados por Gwenaél Abril

En la primera ilustración de la presentación vemos un pescador en Cachuela Esperanza como quien mira el futuro.

A manera de introducción, podemos decir que existen muchas represas en todo el mundo, de distintos tipos y ubicadas en lugares de condiciones diversas. Todas éstas son consideradas importantes en el desarrollo del hombre pero, a veces, generan un costo inaceptable y a menudo innecesario en términos sociales y ambientales, resultado que fue presentado por la Comisión Mundial sobre Represas, en los años 2000. En esa Comisión se resaltó el hecho de que las represas son una herramienta importante para el desarrollo (en particular en los Andes), son una solución para el manejo del agua, para producir agua

## El caso del río Madera

potable, para realizar irrigación, generar energía eléctrica, etc. Sin embargo, según Ledec & Quintero (Banco Mundial 2003), existen buenas y malas represas y la selección del lugar donde construir la represa, es la medida de mitigación más eficiente para minimizar los impactos. Estos autores elaboraron entonces una pequeña guía de criterios para que la implementación de una represa, en un determinado sitio, produzca el menor impacto posible. Estos criterios son los siguientes:

- Superficie de embalse, mientras más grande sea mayor será el impacto
- La zona de inundación, mientras más grande sea mayor será la pérdida de vida silvestre
- A mayor tamaño y complejidad del río, mayor será la pérdida de vida acuática y vida silvestre, lo que implica una pérdida económica
- Si la profundidad del embalse es débil, la represa tendrá una vida útil reducida
- Si el río alimenta afluentes después de la represa, es decir río abajo, existe un grado de impacto
- Dependiendo de la ubicación, si se encuentra en zonas bajas tropicales o sub-tropicales puede ocasionar enfermedades por vectores.
- Si se tiene un bosque sumergido, se genera un problema relacionado con la calidad del agua.
- Existe una situación desfavorable si existe vegetación acuática.

Estos criterios se resumen en la siguiente afirmación: instalar represas en áreas tropicales es desfavorable para el medio ambiente.

Sobre la dinámica de inundación vemos los primeros resultados. La *diapositiva 4* nos muestra un mapa de la Cuenca Amazónica, en azul están las zonas de inundaciones que existen en todo el Amazonas. La región que corresponde a la Amazonia boliviana, a los llanos del Beni, es una de las zonas de inundación más importantes de la Amazonia. En el sector que corresponde al río Madera no existe inundación, puesto que este río, en esa parte, es una cañada que tiene cachuelas, aspecto favorable para la generación de hidro-electricidad.

En la misma imagen se aprecia el cuadro referido a la topografía, podemos ver que la Amazonia boliviana tiene una topografía homogénea, con poca pendiente, generando condiciones de llanura de inundación favorable para la colonización de vida acuática. Las



## El caso del río Madera

cachuelas realizan un control hidrológico que impide la salida del agua, cuando aumenta el nivel de agua se producen las inundaciones, debido al bajo relieve de la zona. El ciclo hidrológico es bastante regular y previsible con épocas de inundación marcadas. Durante los 3 o 4 meses del periodo de lluvias, se acumulan enormes cantidades de agua que, a causa del control hidrológico de las cachuelas, no pueden ser evacuadas y producen naturalmente grandes extensiones de inundación en la llanura. Las inundaciones explican la riqueza ecológica de esta región de la Amazonia boliviana.

Las represas que conciernen a esta región serían Jirau, Riberao y Cachuela Esperanza, las mismas que tendrán la responsabilidad de aumentar el control hidrológico (para generar una mayor caída de aguas debajo de la represa). Esto implica que tendrán un impacto directo sobre el nivel de inundación. Conocer el nivel de inundación es fundamental para realizar predicciones acerca de los cambios ecológicos que pudieran existir, después de la implementación de una represa.

Debido a las dificultades de acceso a la región y la poca disponibilidad de información topográfica, recurrimos a imágenes satelitales. Puesto que se trata de una zona de bosques se utilizaron imágenes de radar (ver *ilustración 7*), que permiten detectar el agua que existe por debajo de la vegetación y así tener una mejor aproximación de la superficies inundadas. La imagen muestra el área en la que se realizó el estudio (marco), la misma que abarca varias cuencas, como la del Madera después de su confluencia con los ríos Beni y Mamoré, pero también las de los ríos Abuna, río Yata y río Itenez.

Realizar interpretación de imágenes sucesivas en el tiempo, permite describir los cambios y la evolución de la inundación, a lo largo del ciclo hidrológico. Primero pudimos estimar las superficies inundables con los niveles máximos registrados por esas imágenes en cada cuenca (en los límites de esta área de trabajo). La superficie inundable del río Madera abarca un 80%, la del río Abuna 22%, la del río Beni 54%, la del río Mamoré 48% y la del río Guapore 84%, entre las más importantes.

La sucesión de las imágenes ilustra la evolución de la inundación en el tiempo (*imágenes 7 a 13*). En la imagen de mayo 2007 comienza a reducirse nivel de agua en los ríos, en junio 2007 se produce el ingreso a la época seca, en agosto 2007 nos encontramos en plena época seca, en noviembre 2007 comienzan las lluvias que se intensifican en diciembre 2007, en marzo 2008 estamos en plena inundación. Estas imágenes nos

## El caso del río Madera

permiten observar, en forma dinámica, el vaciado y llenado de los márgenes del río. Vemos que existen principales zonas de inundación, como aguas arriba de Guayaramerín (confluencia entre Mamoré e Iténez), la confluencia de los ríos Orton, Madre de Dios y Beni, río arriba de Cachuela Esperanza, y una pequeña porción de la confluencia del río Abuna en el sector Araras.

Para estimar la superficie de inundación que será generada por las represas, se puede establecer la relación entre el nivel de agua en el río y la extensión de las inundaciones. Por dificultades topográficas es aún difícil relacionar con precisión el nivel de la inundación con el nivel del río. A partir de las estimaciones de la superficie inundada en cada imagen, hicimos un ejercicio que relacionaba el nivel de agua y la extensión de las inundaciones en Guayaramerín (ver cuadro de la *ilustración 14*). Debido a que los procesos de llenado y vaciado de esta llanura no son similares, no es fácil establecer una relación, sin embargo, si tenemos una evaluación exacta del lugar donde se colocará el embalse podemos estimar la cantidad de áreas inundadas adyacentes a este embalse. Este es sólo un ejemplo, pues los niveles de agua en Guayaramerín no están cuantificados en cotas absolutas.

A continuación presento un estudio sobre la zona de inundación en el tramo Abuna – Araras (*ilustración 15*). Hemos estimado la relación entre el nivel de agua en Puerto Velho y la superficie inundada en esta región, por ejemplo por un nivel de agua en Puerto Velho de 12.5 m tenemos una superficie estimada de inundación en Araras que alcanza los 77 Km<sup>2</sup>. Estas cifras corresponden sólo a la parte boliviana. Ésta podría ser una región directamente impactada por la represa de Jiraú, en el territorio boliviano. Esta predicción es aproximada y podría ser más precisa si tuviéramos la información de los niveles de agua en Abuna, en vez de Puerto Velho. Cruzando la información con el modelo hidráulico desarrollado por Jorge Molina, sin tomar en cuenta la sedimentación, pudimos estimar que por un caudal de 28.000 m<sup>3</sup>/s y una cota de operación de 92 m tendríamos un área inundada de 174 Km<sup>2</sup> en el sector boliviano de Araras.

Con relación al mercurio, La *diapositiva 15*, gentilmente proporcionada por Jorge Molina y utilizando datos del proyecto HYBAM, vemos los niveles de carga de sedimentos en las aguas cada sub-cuenca Madre de Dios, Beni, Mamoré e Itenez. La sub-cuenca del río Beni es la que presenta la mayor cantidad de sedimentos. Recalcamos que en la Amazonia, muchas veces, la presencia del mercurio está relacionada directamente con la taza de

## El caso del río Madera

erosión ocasionada tanto por fenómenos naturales como aquellos producidos por el ser humano.

El ciclo del mercurio y su fuente de contaminación serán explicados más adelante por Jean Remy Guimaraes. La *ilustración 18* nos presenta datos específicos obtenidos en el río Beni. El eje horizontal es una escala de tiempo que va desde el año 1900 hasta el 2000, mientras que el otro eje muestra la cantidad de mercurio atrapado en el sedimento del río. Observamos que no hay una evolución evidente hasta los años 70, fecha a partir de la cual comienza a subir. En este periodo se intensificaron las actividades relacionadas con la agricultura, lo que implicó deforestación y actividades mineras en las cercanías de las aguas del río Beni, dichas actividades antrópicas (de origen humano) podrían ser la causa del incremento del mercurio en el sistema.

La figura de la *ilustración 19*, pertenece al grupo HYBAM, ellos estimaron la cantidad de sedimento que fluye por el río Beni desde Rurrenabaque, a la salida de los Andes, hasta Cachuela Esperanza. Las mediciones indican que a ese sector del río entran 300 millones de toneladas (TN) anuales de sedimento y hasta la altura de Cachuela Esperanza se quedan 120 millones de TN, lo que significa que el resto (180 millones TN) continúan fluyendo por el río Madera fuera de Bolivia. El mismo análisis fue realizado en relación al mercurio (*ilustración 20*), se puede notar que de 20 TN de mercurio que entran a Rurrenabaque anualmente, se depositan 4.5 TN, es decir que 16,5 TN salen hacia el Brasil. Una consecuencia de las represas es la retención de sedimento que ocasiona, lo que implica también una retención del mercurio, esto mueve la balanza del volumen de mercurio aportado al sistema de ríos.

Debemos también considerar que las represas van a generar una mayor superficie de inundación. Las zonas de inundación favorecen la metilación del mercurio, transformación del mercurio inorgánico en un compuesto orgánico, el metil-mercurio, una sustancia muy tóxica que logra ingresar en los organismos vivos y puede acumularse a lo largo de la cadena alimenticia hasta llegar al ser humano.

Los resultados de la investigación básica realizada, pueden ser expresados en los cuadros de la *ilustración 21*, que presenta los valores de la concentración de mercurio en los peces de consumo local, en las distintas zonas (nos referimos a los más comerciales). Los valores fueron registrados en unas 15 especies, pero presentamos sólo dos ejemplos: la piraña

## El caso del río Madera

roja (muy apreciada localmente) y el tucunaré (requerido para consumo y pesca deportiva). Los valores son similares en todas las especies analizadas.

En los cuadros, el eje horizontal representa el tamaño del pez, mientras que el eje vertical muestra la concentración de mercurio en el músculo. Encontramos una correlación positiva (relación sistemáticamente proporcional) entre el tamaño del pez y la concentración del mercurio, esto se debe a que el pez acumula el mercurio a lo largo de su vida y no lo elimina.

En este cuadro se distinguen además puntos de color verde que representan datos obtenidos en “zonas naturales”, afluentes del río Itenez. Los puntos azules expresan los datos que corresponden al río Mamoré, el color amarillo corresponde a los datos del río Itenez donde vemos un impacto mucho mayor originado por el hombre, ocasionado por un problema de deforestación intenso en el lado brasilero, así como por actividades de minería aurífera.

Podemos decir que existen bajas concentraciones de mercurio en los peces que habitan en las regiones naturales (color verde) y altas en la zona del norte amazónico, en peces que habitan en los ríos Madre de Dios, Beni y Yata. Cabe destacar que las muestras fueron obtenidas en los lugares cercanos a las regiones de Riberalta y Guayaramerín, donde se realizaron los estudios.

La OMS recomienda que la dosis tolerable para el consumo del ser humano sea máximo 0,5 mg/L. El cuadro de la *ilustración 22* muestra resultados preocupantes sobre los análisis realizados. Preocupa ver que dicho límite es rebasado por un amplio margen, en varias especies de peces carnívoros, sensibles a problemas de acumulación de mercurio y altamente apreciados para el consumo humano. El límite de 0,5 mg/L podría ser cuestionado por la gran cantidad de pescado que se consume en estas regiones, considerando que se trata de un parámetro internacional debemos incluirlo en nuestro análisis.

El cuadro representa un análisis sobre 113 muestras (peces carnívoros). Se observan los promedios mínimos y máximos de valores de concentración de mercurio. Los máximos superan hasta 3 veces el valor de toxicidad permitido en las recomendaciones de la OMS. Al final de la tabla se añade una columna que representa el porcentaje de muestras que

## El caso del río Madera

sobrepasan el límite de 0,5 mg/L, esto da un valor general de 24% (23,9%). Un estudio similar realizado por Bastos en el río Madera, el año 2008, arroja un valor similar de 28%.

Si bien aún no se trata de una contaminación muy alta, en cuanto al impacto para la pesca existe y es real. En el caso de existir una represa, esta “sensibilidad” se vería afectada. Hablamos de sensibilidad porque el daño es muy difícil de subsanar puesto que no existe una solución tecnológica y sólo queda esperar que los índices de contaminación bajen gradualmente. El continuo desarrollo humano en las cuencas altas impactaría produciendo una mayor contaminación en el futuro, es de esperar que la implementación de una represa incremente el aporte de mercurio pues, en todos los casos de estudio de represas en áreas tropicales, ninguna tuvo un efecto positivo en este tema, en la mayoría de los casos vemos un incremento y en algunos casos observamos un comportamiento neutro, pero nunca una disminución.

Presentamos como ejemplo, un estudio realizado en la Guyana Francesa. Este análisis muestra que las concentraciones de mercurio se multiplicaron por 10 en Petit Saut (fuente Boudou en 1995). Otro ejemplo es el del Lago Manso en Brasil, que tuvo un incremento multiplicativo por 5 (fuente Toumola en 2008).

En cuanto a la exposición humana al mercurio, tres estudios fueron realizados. Uno de estos se llevó a cabo en Cachuela Esperanza, muestra que la dieta de los habitantes de la región se restringe a un sólo pez (llamado en el lugar yatorana), que no acumula mucho mercurio por no tener una posición alta en la cadena alimenticia típica de los carnívoros. Los otros dos estudios se realizaron cerca de Guayaramerín, en estos casos los valores de toxicidad están en el límite de tolerancia de la salud humana.

Al igual que con los peces, las personas que habitan estas regiones tienen una “sensibilidad natural” bastante elevada, lo que obliga a tomar previsiones en los estudios de impacto ambiental provocado por la implementación de represas.

Las recomendaciones de este estudio son de dos tipos:

En forma general, se sugiere realizar un mayor esfuerzo en la sistematización y síntesis de los impactos de las represas en las regiones tropicales, sobre todo porque los datos no son publicados (literatura gris) o no se tiene un acceso a esta información, lo que impide realizar una comparación de la información útil.



## El caso del río Madera

Realizar más investigaciones de las que se están haciendo actualmente, con el fin de generar modelos predictivos de los impactos, puesto que los análisis que se tienen no son suficientes para determinar, con un buen grado de precisión, el efecto del impacto, tal como ocurre con el mercurio, en ese caso sabemos que efectivamente existe una sensibilidad pero no sabemos a cuánto podría ascender la contaminación en caso de existir una represa nueva. Éste tema debería ser considerado por las autoridades con poder de decisión.

Para el caso específico de la represa del río Madera y en lo que concierne al lado boliviano, nuestra recomendación es concentrar esfuerzos para mejorar la calidad de la evaluación ambiental, ya que no se tienen muchos datos y los estudios son muy recientes, lo que tampoco permite realizar un buen diagnóstico.

Se conocen casos críticos de inundación en Latinoamérica. Éstos modificarán todo el funcionamiento ecológico de la zona en aspectos como el mercurio, que incide directamente en la salud de sus habitantes y otros aspectos como el de la malaria endémica que está bastante extendida en las regiones amazónicas bolivianas. También podemos decir que en una represa, cuanto mayor sea el área de inundación existirá un hábitat más favorable a la proliferación de mosquitos y, por ende, una mayor probabilidad de desarrollar enfermedades.

También debemos recomendar, como está descrito en muchas guías internacionales, buscar proyectos alternativos que tengan menor impacto ambiental. En el caso de la zona norte de Bolivia, se puede pensar en una generación de energía a escala “local” para paliar la necesidad de desarrollo de las poblaciones locales. La construcción de una represa pequeña en Cachuela Esperanza generaría un menor impacto que la construcción de una grande e impulsaría las actividades económicas tradicionales de la zona.

Una meta más ambiciosa, quizá utópica, sería crear un grupo de trabajo a nivel nacional que trate el tema “energía alternativa” en la cual ecólogos, economistas y sociólogos trabajen en forma conjunta todos los proyectos para determinar, en todos los casos, las mejores ventajas económicas y sociales que tengan el menor impacto ambiental.



## El caso del río Madera

### Preguntas

*P. Por favor comente sobre el impacto micro climático de las represas y eventualmente, especulando un poco, de ¿cómo podría ocurrir en Bolivia?*

*R. No tengo mucha idea respecto a los aspectos de micro clima, pero en la región amazónica, y desde el punto de vista ecológico, todos los aspectos fluviales están relacionados a las inundaciones. El sistema amazónico en general está muy vinculado a los cursos de inundación, y en el caso específico de la llanura del Mamoré vemos un efecto acentuado puesto que se trata de una zona de inundación de suma importancia. Al instalar una represa que implique realizar inundaciones, es preciso conocer el nivel de inundación que se va a generar, tema que en el caso boliviano, aún no se encuentra totalmente establecido. Obviamente se modificarán los microclimas existentes, al igual que los microhábitat de las especies existentes. De manera particular, una preocupación latente es el caso de las plantaciones de castaña en el norte amazónico, puesto que la castaña es muy sensible a la humedad del suelo. Generando nuevas zonas de inundación se alteran los niveles de capa freática y es posible que los castañales sufran un impacto, pero aún no tenemos datos suficientes como para poder responder puntualmente esta pregunta.*

*P. Quisiera saber sobre las tasas de incremento de las concentraciones de mercurio mencionados en la represa francesa, ¿Se trata de información de los sedimentos o se trata de los peces también?*

*R. Lo comentado en la explicación se refiere a los peces. En el caso de la represa de Petit Saut se hicieron mediciones río arriba (en la zona natural) y en la misma represa, analizando peces de la misma especie, los que habitaban en el lugar de la represa tenían 10 veces más concentración que los del área natural.*

*P. ¿Se midió también el sedimento?*

*R. Si, se hizo un estudio completo, en el caso de la represa de Lago Manso se realizaron muestreos antes de construir la represa y después de hacerlo, con una diferencia de 6 años.*

## El caso del río Madera

*P. Pertenezco a la ONG Herencia de Cobija. Usted dijo que el área inundada de Jirau sería aproximadamente de 174 Km<sup>2</sup>, ¿cuál sería el aporte, en términos de inundación, de la represa de Cachuela Esperanza y de Riberalta en este sector?*

**R.** No lo sabemos puesto que no se tienen proyectos consolidados. Lo que se ha hecho hasta ahora se sustenta en los conocimientos de los diseños de los proyectos realizados, es decir que nos basamos en el proyecto brasileiro que mantiene una cota de 92 ó en su defecto una cota variable de 86-92. En el caso de Riberau y Cachuela Esperanza todavía no existen diseños, es difícil imaginar cómo serán estos proyectos, sin embargo, el método está listo y cuando se tenga la información necesaria se podría obtener rápidamente un resultado. Este no es un trabajo de largo plazo, tomaría aproximadamente un par de meses, después de tener la información de las cotas se puede trabajar en la evaluación local, tal como se hizo en el caso de Jirau.

*P. Pertenezco a la Prefectura del Beni, con respecto a los impactos que usted ha mencionado, ¿Cómo se podrían mitigar estos impactos, por ejemplo para bajar el nivel de mercurio en las zonas donde ya se ha hecho un estudio? Aparte de los que se dijo sobre los castaños, ¿Qué podríamos hacer como autoridades para bajar esos índices ó para mitigar esos impactos?*

**R.** Hablando en forma general y no sólo para el mercurio, considero que la mejor oportunidad de mitigación es buscar una alternativa al proyecto actual de implementar una gran represa en Cachuela Esperanza, que va a embalsar todo el río generando una zona de inundación, que cortaría el flujo de sedimento de mercurio y quizá genere problemas en castaños circundantes. Por eso, la alternativa sería construir una represa más pequeña sobre una parte del río, esto permitiría a los peces y a los sedimentos de mercurio pasar el embalse. A la vez no generaría tanta inundación como en una represa grande. Esta pequeña represa proporcionaría suficiente energía para la región de Cobija, Riberalta y Guayaramerín. Esta es, sin duda, una de las mejores alternativas de mitigación a implementar.

Con respecto al mercurio, actualmente no se sabe como disminuir su concentración, sólo se puede esperar que disminuya con el tiempo, pero para que ésta concentración baje se debe cortar el flujo de entrada o eliminar los procesos de metilación. Al colocar una represa, ni se corta el flujo de entrada de mercurio ni se disminuyen los procesos de

## El caso del río Madera

metilización, es más, estos procesos serían incrementados. Entonces no existen motivos técnicos ni científicos para ser optimistas al respecto. Uno de los países que tiene muchos problemas con el mercurio es Canadá, ellos hicieron varios estudios para poder bajar las tasas de mercurio, por ejemplo en el caso de una contaminación industrial cortan el flujo y luego esperan a que el sistema se recupere de la contaminación. A la fecha no hay otra forma tecnológica de paliar la contaminación de mercurio.

*P. Represento al sector productor de goma y castaña, más que una pregunta quisiera hacer una complementación a lo expuesto, la gran preocupación que tenemos como productores, es nuestro único medio de vida en el norte. Sólo hablando de Jirau se tocan temas de incrementar los niveles de inundación poniendo la producción en riesgo. En esta época, que ha sido excepcional en lo referido a las lluvias por su cantidad, tenemos todos los caminos anegados, incluso la comunicación Riberalta-Guayaramerín está cortada y nuestra preocupación se refleja en el hecho de que se sigue avanzando en la construcción de la hidro-eléctrica de San Antonio que al principio no era tan importante. Nos preocupa porque vemos que si bien es un beneficio tener energía barata, si no se complementa con actividades sustitutivas a la recolección de castaña o la ya reactivada producción de la goma, la economía va a colapsar. De mantenerse la inundación más allá del tiempo calculado o si las áreas fuesen mucho mayores, como se vio en la exposición, esas zonas serán inhabitables. Lo que quisiera pedir en este foro es que salga una recomendación para que no avance la implementación de otras represas, después de San Antonio hasta que nosotros como gobierno boliviano establezcamos cuales serán los verdaderos daños e impactos ambientales, hablando de la parte productiva. Por otro lado los animales de esta región (selva) se encuentran aislados a expensas de los cazadores furtivos, puesto que las zonas de tierra seca son escasas.*

**R.** Quisiera aclarar que nosotros buscamos realizar una reunión científica técnica para considerar las opciones y la relación de los impactos, no estamos en el ámbito de la decisión de que si se debe o no construir la represa, ni mucho menos somos las personas que pueden hacerlo. Nosotros estamos buscando soluciones con colegas (en especial con brasileros) para ver cuáles son las herramientas y las opciones que tenemos para generar una evaluación que permita a los bolivianos y a su gobierno analizar, con elementos correctivos, la actual situación y los posibles impactos que se puedan dar y a partir de esto tomar decisiones correctas, en base a estos conocimientos.

## El caso del río Madera

*P. Mi primera pregunta es ¿La represa de Cachuela Esperanza tendría más impacto que la de Jirau? La segunda se refiere a los 20 millones de toneladas, donde quedan cinco, ¿Si se construye una represa, los 20 millones se quedarían en nuestro territorio?*

Sobre esta última pregunta, de seguro no todos los 20 millones se quedarían en el lado boliviano, pero sin duda más de lo que queda actualmente. Esto es algo que no se puede puntualizar o evaluar aún.

Con respecto a su primera preocupación, dijimos que las aguas arriba sirven de trampas de sedimento. Ahora estamos en un proyecto integrado que pretende implementar un sistema en cascada de represas, es obvio que en este caso la que tendrá mayor impacto de sedimentación será la primera represa, esto podría dilucidar un poco la pregunta de la anterior persona. Si se lleva adelante todo el proyecto en Cachuela Esperanza, diremos que la primera represa atraparé mayor sedimento y por ende mayor concentración de mercurio, pero no tenemos las herramientas necesarias como para dar una respuesta puntual.

## El caso del río Madera

### Mesa Redonda de Discusión – día 1 *Conclusiones de la Mesa*

#### **Paul Van Damme – FANAGUA (Bolivia)**

Creo que lo que debería buscarse es la integración puesto que las relaciones son importantes en cualquier instancia. La deficiencia más relevante que se debe superar es el no apuntar a una verdadera evaluación de los impactos. Considero que es necesario pensar en metodologías que prioricen los aspectos centrales y no llegar sólo a una conclusión de datos, que posiblemente no sean útiles para entender el tema.

#### **Jean Remy Guimaraes – UF (Brasil)**

Quedé muy asustado al ver que nadie sabe cuál va a ser la extensión ni el área inundable. Veo que las poblaciones no han sido involucradas sino que se han manifestado iniciativas individuales, de grupos o de ONG's, Universidades, pero sin contacto.

Veo también los efectos negativos que estos emprendimientos pueden generar en Bolivia. Desde un principio, cuando se planteó el tema de las represas pregunté ¿Dónde están los bolivianos? Pareciera que Bolivia no existe, ¿Dónde está la voz de Bolivia? Todos están de acuerdo o están muy felices cuando en realidad no debiera ser así.

Entonces les preguntó ¿Qué pueden hacer colectivamente? Háganse escuchar como en Brasil. A diario leo los periódicos y nada de Bolivia. Por otra parte, creo que no se puede continuar haciendo monitoreos sobre los embalses propiamente dichos. Los efectos de estos embalses se dejan sentir a gran distancia, por lo tanto, no me parece normal que la responsabilidad de los operadores se limite a los embalses cuando hay tantos datos que considerar.



## El caso del río Madera

### Jorge Molina – UMSA IHH (Bolivia)

Otros aspectos vinculados a este proceso y relacionados con la parte técnica, me vienen a la cabeza, uno de ellos es el de la información. Con bastante frecuencia advertí que durante el proceso, tanto en Brasil como en Bolivia, hay una ausencia de información confiable y consistente, razón por la cual se cuestiona cualquier conclusión, este es un tema que se maneja políticamente.

Lo típico es que la falta de información confiable y a suficiente escala ponga en duda conclusiones como las nuestras que cuestionan los posibles impactos que se viven en los dos países. Por el contrario, no se cuestionan las conclusiones sino las determinaciones de gobiernos como el brasileño, que asegura que no habrán impactos en el tema segmentos. Estos temas se manejan a nivel político y de propaganda.

El mismo problema tiene diferentes explicaciones, de acuerdo a quien lo plantea. Los equipos de técnicos no tienen voz ni la capacidad de difundir los resultados de las investigaciones. Por otra parte, este proceso pone en el tapete el tema de los impactos transfronterizos, parece que a nivel internacional faltan leyes y metodologías para realizar una evaluación más o menos razonable y consistente sobre el tema de los impactos transfronterizos. Este tema también ingresa a la discusión aunque hay que reconocer que en este caso, el asunto es aún más serio.

No hay duda alguna de que la evaluación de este tipo de impactos está influenciada por un alto nivel de uso de poder en ambos países.

### Marc Pouilly – IRD (Francia)

A raíz de las presentaciones, me quedé sorprendido por los grandes vacíos que quedan y que cada vez son mayores. Creo que es necesario saber diferenciar y empezar a actuar. Como técnicos y científicos debemos buscar una solución para que esas evaluaciones sean más pertinentes, de modo que se presente un plan de evaluación normalizado que las hagan más eficientes.



## El caso del río Madera

En relación a los impactos, advierto la existencia de básicamente dos tipos: los directos que vimos en las primeras presentaciones y donde somos capaces –con el conocimiento actual– de contestar con un mínimo de información de campo, la modernización hidráulica y el cálculo de la estimación de la superficie inundada que se presenta.

Los responsables de las evaluaciones deben tener toda una logística y financiamiento para hacer el trabajo, en lo que concierne a la parte boliviana esto no se ha dado hasta la fecha, por lo mismo no sabemos cuáles serán las zonas de inundación.

El segundo tipo es más crítico y se refiere a los impactos indirectos. Hasta la fecha no hay conocimiento suficiente para hacer una predicción. Vimos los aspectos relacionados a la pesca y otros socio-ambientales, no se presentó nada sobre salud, hubiera sido igual que en el caso del mercurio.

¿Cuál es la solución? No tenemos el conocimiento a corto plazo, tampoco es posible imaginar tener suficientes datos para entender el funcionamiento de los sistemas y permitir una modernización. En tal sentido, creo que la recomendación más importante está en dar a los científicos y técnicos la capacidad de hacer una síntesis ambiciosa acerca de los impactos que se han producido en las represas tropicales o neo-tropicales, en el ámbito brasileño o sudamericano.

### **Miguel Petrere – UNESP (Brasil)**

Pienso que después de las presentaciones estamos convencidos que las represas no son inocentes, que no representan una fuente de energía limpia, más bien conllevan mucho impacto antes de ser construidas y durante el proceso de construcción. Muchos peces mueren debido a las explosiones subacuáticas ocasionadas para romper la roca del lecho del río, realizada la construcción surge el problema del metano (emanaciones de metano).

Se presenta otro problema político, me refiero a la gerencia de operaciones. Cuando se intenta construir un embalse, todas las empresas dicen que un embalse es multiuso, que sirve para la navegación, regular el curso del río, la pesquería, etc. No se preocupan por la venta de la generación de energía eléctrica o por la crisis de conducción de energía.

## El caso del río Madera

Cerrar y abrir los vertederos provoca muerte de peces y afecta a gente que vive en la parte baja. Nosotros los científicos tampoco tenemos métodos para lograr medidas menos impactantes, además, siempre somos los últimos en hacernos oír. Este es un problema netamente político.

### **Gwenael Abril – IRD (Francia)**

Considero que con las experiencias de represas tropicales de Brasil y de la Guyana francesa, tenemos bastante información sobre los impactos potenciales, esas represas datan de hace mucho tiempo, los estudios realizados después del cierre de estas represas, demuestran que los impactos son de magnitud.

Los científicos tenemos una metodología de trabajo, sabemos cómo cuantificar el impacto, sólo que ese proyecto requiere de una mayor cantidad de estudios. En Francia, la mayoría de las represas están en la altura, en las montañas, para producir energía con menor impacto ambiental. Me sorprende que acá no ocurra lo mismo. El primer día acá en La Paz, me preguntaba porque no aprovechan ese potencial de producción hidroeléctrica que tienen y generaría menor impacto que en el caso de la Amazonía.

### **Manuel Antonio Valdés – UNIR (Brasil)**

En ámbito de lo social es interesante que se haya incorporado a una población perjudicada por este emprendimiento. Dijeron que no habían indios en esos lugares y hay toda una asociación enorme de hombres y mujeres que se verían afectados con estas acciones, por lo tanto, deben ser incorporados en la discusión y en la decisión.

No encontré ningún aspecto que se refiera a la coordinación binacional, porque el río no sólo es brasileiro, también es boliviano. El año 2008 me enteré sobre unas conferencias de grupos de Brasil y Bolivia, estos encuentros no tuvieron ninguna trascendencia.

## El caso del río Madera

### Naziano Filizola – UEA PIATAM (Brasil)

Está claro que tenemos condiciones para realizar estudios independientes, si la comunidad, la sociedad sabe cómo manifestarse hay una comunidad científica que puede apoyarla. En el país hay un retroceso, hace 40 años existe el Tratado Amazónico que no funciona, en Brasil está el Plan Nacional de Recursos Hídricos, a mi modo de ver en él la región amazónica quedó con una gran interrogante.

Participé en ese proceso que fue relevante en cuanto a la participación de la población pero no en cuanto a las conclusiones. Este plan prevé abordar el tema desde la perspectiva transfronteriza, de manera que se puedan crear, en regiones como la del Madera, comités que aborden el tema. Este asunto no fue tocado. Es clara la existencia de conflictos relacionados con el uso del agua en la cuenca amazónica. Según personeros del Plan Nacional de Recursos Hídricos no habían problemas, sin embargo estos existen.

## El caso del río Madera

### Mesa Redonda de Discusión – Día 2 *Conclusiones de la Mesa*

#### **Alvaro Hubner - Consultor (Bolivia)**

Con el propósito de entender la visión del Brasil, en el Ministerio de Hidrocarburos y Energía analizamos el tema de la represa hidroeléctrica que está construyendo el país vecino en el Río Madera. Lamentablemente no teníamos mucha información. Posteriormente surgió la decisión de estudiar el lado Boliviano de la cuenca del Río Madera, con la finalidad de realizar centrales hidroeléctricas en el sector boliviano.

Contábamos con escasa información relacionada a la Cuenca del Río Madera. Recurrimos a expertos y especialistas para adentrarnos en el tema y tener la información necesaria para estudiar la factibilidad de la construcción de centrales hidroeléctricas en esa zona y considerar los impactos ambientales. ENDE, ha desarrollado una serie de trabajos topobarimétricos en la cuenca, en especial en el curso del Río Madera, en el sector boliviano.

La Información generada como resultado de este seminario será de gran utilidad para analizar, con mayor profundidad, la factibilidad de la construcción de las centrales hidroeléctricas en Bolivia y considerar los efectos e impactos ambientales que podrían producirse tras la construcción de las represas de Jirau y San Antonio, en territorio brasileiro.

#### **Mario Villagra - Ministerio de Salud (Bolivia)**

Al igual que los colegas brasileiros, es importante que nos apropiemos de la problemática y preocupación para defender la Amazonía. Hemos aprendido de los conocimientos que nos han transmitido y hemos visto que los científicos también son políticos, no me refiero a la política barata, sino que ellos emiten un criterio socio político ambiental y desde ese

## El caso del río Madera

punto de vista plantean una serie de enfoques que considero importantes para el desarrollo.

Cuando nos referimos a la concepción científica también pensamos en la posibilidad de transmitir conocimientos de ancestros y rescatar el pensamiento de los originarios, que buscaban vivir en armonía con el medio ambiente.

Se están construyendo las represas de Jirau y San Antonio, hemos analizado en qué medida esto podría generar impactos negativos en términos de salud. Veo con gran preocupación que las inundaciones y la sedimentación traerán consecuencias como los criaderos que desencadenan enfermedades vectoriales como la malaria, la fiebre amarilla y el dengue. De igual manera, se producirán reservorios de roedores, los mismos que al dispersarse propagan la fiebre hemorrágica, de alta letalidad, o el síndrome pulmonar. Además habrá zonas que se convertirán en inviables y se producirán desplazamientos de poblaciones.

Compartimos la idea de los colegas brasileros que sostienen que aquí se están defendiendo grandes capitales y no los derechos humanos de aquellos que necesitan, de aquellos que han sido desplazados.

### Miguel Petrere – UNESP (Brasil)

Bolivia tiene una población pequeña y por lo tanto no necesita mucha energía eléctrica, en el futuro Bolivia podría ser un exportador de energía eléctrica al Brasil, como ahora está exportando el gas. El costo de la energía los beneficiará a ustedes. Como la sociedad Brasileira no quiere represas en la Amazonía, puede suceder que más adelante se hagan represas en Bolivia y en el Perú. El Paraguay incursionó en la venta de energía y la vende al Brasil a precios preferenciales.

El Brasil tiene posibilidades de prestar dinero a Bolivia, a través del Banco Nacional, existen acuerdos internacionales que podrían permitir hacerlo. Por ejemplo 2/3 de PIB del Paraguay depende de la represa Itaipu. Este es un tema sobre el que tienen que preocuparse y no promover su desarrollo a costa de los recursos ambientales que tienen.

## El caso del río Madera

Con la cantidad de pendientes que existen en Bolivia, el país puede tener represas que generen con mucha efectividad energía eléctrica. No sé si pensaron en cosas como estas. En Laos las represas han generado serios impactos, han ocasionado grandes destrucciones para vender energía eléctrica. No sé si mi preocupación servirá para el caso de Bolivia, tampoco sé si la sociedad boliviana va a tener la capacidad de frenar esta tendencia.

### Juan Carlos Rivero - WWF (Perú)

Tradicionalmente a los ambientalistas nos choca cuando nos dicen que van a destruir, cambiar o tirar algo. En cierto sentido, la historia de la humanidad se mueve así, destruimos y alteramos algo, por ejemplo el medio ambiente y lo capitalizamos también para lograr algo. El problema surge cuando se destruye algo y no queda nada a cambio.

Hay que ver cómo se articulan estas represas o cualquier iniciativa de infraestructura con la visión de desarrollo del país. ¿Cómo se imagina Bolivia de aquí a 20 años? En realidad, cuando vemos estas represas nos hablan de factibilidad pero no nos preguntan acerca de la necesidad de ellas. Tenemos el problema de quedarnos con el crudo, los residuos, con los impactos. Ante esos proyectos, es importante tener la posibilidad de decir no, aunque las presiones sean inmensas.

Probablemente una de las herramientas más útiles para decir no, desde el punto de vista lógico, son las llamadas evoluciones ambientales estratégicas, es decir no dejar de mirar el impacto ambiental simplemente en el sitio sino ver adicionalmente otros impactos y efectos sociales, económicos y fundamentalmente ver si realmente estamos preparados. El ámbito institucional es el que menos importa a los evaluadores del impacto ambiental. ¿Está preparada la región para aceptar ese nivel de dinero, presiones de gente que viene de afuera, incidencia en la salud, en la educación?

Todos los elementos deberían ser evaluados de manera sistemática. Los emprendimientos deben salir como paquetes completos, en los que se incluyan compensaciones al territorio que va a ser afectado y no dejar a la gente sin soporte técnico, ni educación.

Otro tema a considerar es la escala del tiempo que es crítica, sobre todo en un momento en el que todo está cambiando. Represas que fueron concebidas y construidas para ser productivas durante 80 años, hoy en día apenas pueden producir agua, este es un tema importante que hay que tomar en cuenta ¿Dónde van a estar los sedimentos, qué



## El caso del río Madera

seguridad alimentaria y energética les vamos a dar a los ciudadanos? La consulta no debe ser sólo nuestra, me apena no llegar con ese conocimiento a la gente que va a ser afectada por los impactos finales.

Tenemos que tener una estructura lista y aprender a lidiar sobre todo con la necesidad de comunicar, hacer que nuestras herramientas sean más visuales. Necesitamos una generación de comunicadores que sirvan de interlocutores entre nuestros productos académicos y lo que la gente pueda utilizar para tomar decisiones y negociar.

Cosas que no se deberían hacer, se siguen haciendo porque el capital es demasiado fuerte y ante él sólo quedan dos armas que pueden hacerle frente, el capital humano y capital intelectual. Lamentablemente no hemos articulado los suficientes mecanismos para hacerlo. Los impactos no son solamente a nivel de la región sino también a nivel de la gente y este es un problema que se debe considerar.

### Mario Aguirre – UICN (Ecuador)

Según el Informe de la Comisión de Represas y de acuerdo a la evaluación que se hizo el año 2000, resulta que en el 60% de las represas evaluadas los impactos eran negativos, es decir que se estaban sacrificando los ecosistemas frente a los beneficios de una represa. Ahora, más que nunca, se hace necesario conocer e implementar las recomendaciones de la Comisión de Represas, que nos ayudarían a evitar cometer errores del pasado.

En EEUU, cuando se pide licenciamiento para que funcione una represa que ya ha cumplido su ciclo de vida, se decide no renovar la licencia e incluso destruir lo que queda para evitar mayores impactos. Obviamente que el mensaje no es que ya no se construyan represas sino que si se decide hacerlo, la represa debe estar eficientemente ubicada, diseñada. En estos procesos deben actuar las partes interesadas, en el caso de que sean aguas transfronterizas es necesario que intervengan los países involucrados.

La generación de la información debe ir a la par del avance de la tecnología. Es importante tomar decisiones en el tema de recursos hídricos. Sabemos que existen limitaciones, es necesario hacer inversiones para recabar información, algunos dicen que es caro hacerlo pero nadie dice cuánto más caro es no tener información.

## El caso del río Madera

Se deben presentar cifras que demuestren las conveniencias, existen restricciones para realizar estas demostraciones, sin embargo, hay avances importantes para incorporar la valoración de los servicios ecosistémicos e hídricos. Sería útil y necesario conocer cuáles son las valoraciones de los ecosistemas asociados al Río Madera y cuáles van a ser los costos y afectaciones que el proyecto va a producir, poner todo esto en la balanza y tomar decisiones legítimas.

### Mayra Montero – Ministerio de Relaciones Exteriores (Bolivia)

Quiero transmitirles una herramienta conjunta que usa el Ministerio de de Relaciones Exteriores con el Viceministerio de Medio Ambiente y Aguas, en la gestión de cuencas fronterizas. Tenemos un caso especial que es el de la Cuenca del Río Pilcomayo, que pertenece a los países del Paraguay, Argentina y Bolivia.

Tenemos una Comisión Tri-nacional de Desarrollo de la Cuenca del Río Pilcomayo, constituida el año 1995 e institucionalizada el año 2008. La Comisión tiene dos ámbitos de acción, uno político y otro técnico. Tras arduas negociaciones, logramos conformar un Comité Tri-nacional de Asesoramiento, instancia a través de la cual, los principales actores nos transmiten sus necesidades e inquietudes. De esta manera, se busca lograr la gestión integral del manejo de los recursos hídricos de la cuenca, con la participación de los tres países.

La Cuenca del Pilcomayo pertenece a una cuenca más grande que es la de la Plata, que cuenta con una estructura de manejo, obviamente pertenecemos a esta cuenca pero pretendemos avanzar más adelante. Además de los Comités, contamos con una Dirección Ejecutiva, responsable de ejecutar los proyectos aprobados.

Uno de los problemas que teníamos era definir la sede de la Comisión. Llegamos a la conclusión de que la sede debería ser rotativa y permanecer un determinado tiempo en cada uno de los países, el rol fue establecido por orden alfabético. Ojalá esta experiencia sirva para considerar algunos lineamientos para los temas abordados en este seminario.



## SIMPOSIO INTERNACIONAL

### "Evaluación de Impactos Ambientales de grandes hidroeléctricas en regiones tropicales: El caso del Río Madera"

La Paz, 19 y 20 de mayo de 2009

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

##### De los principios

1. Se debe **respetar y mantener los equilibrios naturales** relacionados con el agua, incluyendo a los diversos usuarios y la naturaleza. No se debe promover un desarrollo a costa de la vida. Se debe buscar un desarrollo planificado, con equilibrio y con equidad. El desarrollo no puede ser solo para algunos sectores.
2. **Para represas hidroeléctricas es necesaria una metodología integrada que refleje la diversidad de intereses con miras a soluciones sostenibles.** Se debe involucrar a la mayor cantidad de personas, respetando la opinión de los pueblos y los procesos de consulta establecidos por ley.
3. Los impactos sociales y ambientales negativos de grandes represas tropicales son inevitables y generalmente de gran magnitud. Esto obliga a **evaluar otras opciones alternativas de planificación y desarrollo energético a nivel regional y nacional**, así como nuevos conceptos de diseño de centrales hidroeléctricas que no requieran del cierre completo del cauce del río.
4. Se recomienda observar las conclusiones de la Comisión Mundial de Represas.
5. Países Andinos, como Bolivia, deberían **priorizar emprendimientos hidroeléctricos en las zonas montañosas y no en los llanos tropicales**, de esta manera se reduciría significativamente la magnitud de los impactos ambientales asociados a los proyectos de desarrollo hidroenergéticos.

##### De las normas internacionales

6. **Existe la urgente necesidad de avanzar hacia marcos normativos internacionales** que permitan realizar la evaluación de impactos ambientales de proyectos en cuencas transfronterizas y apoyar la toma de decisiones sobre grandes proyectos que afectan a más de un país.
7. La falta de ese marco jurídico dificulta las negociaciones y el alcance de compromisos, favoreciendo la discrecionalidad en las medidas adoptadas por cada país.
8. En parte por lo anterior, no existen o no se aplican metodologías de amplia aceptación internacional para evaluar objetivamente impactos socioambientales transfronterizos.



#### De la calidad y objetividad de los estudios de impactos

9. Con frecuencia los estudios de impacto ambiental de grandes represas tropicales son fragmentados, dispersos y desintegrados. **Se debe buscar urgentemente la posibilidad de recolectar, organizar y editar datos bajo una metodología de control de calidad que permita su integración y su posterior análisis para fines consecuentes.**
10. Se deben revisar las metodologías y la normativa para la ejecución de estudios de EIA de grandes proyectos en regiones de llanura tropical. Se ha observado que para algunos de los impactos directos, como los efectos de remanso hidráulico, es posible el uso de modelos de simulación. Sin embargo, la evaluación de muchos de los impactos indirectos, como aquellos relacionados con la ictiofauna, enfermedades tropicales, contaminación por el mercurio y los aspectos sociales en general requieren de un enfoque más holístico, que incorpore la experiencia acumulada en los proyectos existentes o en operación de presas tropicales, en Brasil, Guyana y otros.
11. **Se resalta la necesidad de promover y fomentar estudios de impactos socioambientales independientes.** Los estudios de impactos no deberían ser influenciados o limitados por intereses políticos o empresariales y deberían contar con una amplia participación de los sectores sociales. La experiencia ha demostrado que los EIA desarrollados por las mismas empresas interesadas en los emprendimientos carecen de objetividad e imparcialidad y son orientados principalmente por los objetivos de los propios proyectos y por los intereses de sus impulsores y de los gobiernos regionales y nacionales.
12. **Se resalta la importancia de realizar estudios por la comunidad científica con recursos públicos,** que sirvan para la toma de decisiones de actores políticos. En tal sentido se debe hacer serios esfuerzos para vincular a la comunidad científica con los Estados y con los tomadores de decisiones.

#### EN RELACION A LOS PROYECTOS DEL RIO MADERA

13. **Los proyectos hidroeléctricos del río Madera provocarán impactos socioambientales transfronterizos,** cuya magnitud y extensión no ha sido evaluada y ni siquiera considerada por los impulsores del proyecto. Se ha excluido arbitrariamente a Bolivia del área de influencia y alcance de los estudios de impacto ambiental de las represas de Jirau y Santo Antonio, provocando de esta manera que la evaluación de impactos sea sesgada e incompleta.
14. La información y análisis presentados por los expositores mostraron que las represas de Jirau y Santo Antonio provocarán impactos transfronterizos negativos que tendrán desde un carácter y extensión local, como es el caso de la sobre-elevación de los niveles de agua en el tramo binacional del río Madera, hasta impactos a nivel de toda la cuenca, como son los que afectarán a la ictiofauna y recursos pesqueros.



15. **La cuenca del río Madera es una cuenca trinacional transfronteriza y el Perú sufrirá varios de los impactos previstos para Bolivia.**
16. **El hecho de que el proyecto comprenda varias represas en serie tenderá a magnificar varios de los impactos negativos más serios,** como los que se presentarán sobre los peces migratorios o la contaminación por mercurio.
17. Se debe realizar el análisis integral de los impactos de las represas en la Cuenca Alta y Baja del río Madera, considerando efectos sinérgicos. El monitoreo de los impactos de las represas del río Madera debe realizarse tanto aguas arriba como aguas abajo del embalse, lo que es una necesidad en el caso de la emisión de gases de efecto invernadero (metano) y de contaminación por el mercurio.
18. En relación al principio de precaución se recomienda que, por lo menos con los temas sensibles y críticos (como inundación, contaminación por el mercurio, enfermedades por vectores en el caso del río Madera en Bolivia), se deberían obligatoriamente profundizar los estudios para llegar a una decisión en base a elementos objetivos de reflexión.
19. Las licencias ambientales para Jirau y Santo Antonio se otorgaron en Brasil rebasando en varios aspectos la propia normativa y marco legal brasileños.
20. Se deben rescatar esfuerzos internacionales importantes de gestión transfronteriza como la Comisión Trinacional del río Pilcomayo y proyectarlos al caso del río Madera.
21. Es de responsabilidad del gobierno boliviano de emprender y promover un diálogo sincero y responsable entre comunidades locales y nacionales, autoridades políticas y científicas. Los objetivos, soluciones alternativas, vacíos de información e impactos deben ser planteados sin ambigüedad para que cada sector pueda realizar un análisis de costo-beneficio en toda objetividad.



## SIMPOSIO INTERNACIONAL

### "Evaluación de Impactos Ambientales de grandes hidroeléctricas en regiones tropicales: El caso del río Madera"

La Paz, 19 y 20 de mayo de 2009

#### EXPOSITORES

***Gwenael Abril.***

Centro Francés de Investigación Científica - CNRS. Universidad de Bordeaux, Francia.

***Jean Remy Davée Guimarães.***

Universidad Federal de Rio de Janeiro. Brasil.

***Jorge Molina.***

Instituto de Hidráulica e Hidrología. Universidad Mayor de San Andrés. Bolivia.

***Juan Carlos Riveros.***

Ciencia, Monitoreo y Evaluación del ANI. WWF - Perú.

***Manuel Antonio Valdés.***

Universidad Federal de Rondonia. Brasil.

***Marc Pouilly.***

Institut de Recherche pour le Développement – IRD Francia.

***Mario Aguirre.***

Programa de Agua de la UICN Sur.

***Miguel Petrere Jr.***

Universidad Nacional del Estado de Sao Paulo. Brasil.

***Naziano Filizola Jr.***

Universidad del Estado de Amazonas. Brasil.

***Paul Van Damme.***

Faunagua, Bolivia

***Philip Fearnside<sup>i</sup>.***

Instituto de Pesquisas de la Amazonia. Brasil.

---

<sup>i</sup> El Prof. Fearnside no participó del evento debido a problemas de último momento, su presentación así como documentos complementarios forman parte de la memoria del Simposio.