

## 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 subtropicales 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 hidroelectricidad.

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. Recalamos que en la Amazonia, muchas veces, la presencia del mercurio está relacionada directamente con la taza de

Evaluación de Impactos Ambientales de grandes hidroeléctricas en regiones tropicales:

## El caso del río Madera

## 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 tazas 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 brasilero 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

Evaluación de Impactos Ambientales de grandes hidroeléctricas en regiones tropicales:

## El caso del río Madera

## 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.

# 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