

**Foro boliviano sobre medio ambiente y desarrollo**

**FOBOMADE**

**ANALISIS TECNICO Y AMBIENTAL DEL PROYECTO “EL BALA”**

**Ing. Jorge Molina Carpio**

**La Paz - Bolivia  
Septiembre 2000**

# CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LA REGION Y EL PROYECTO</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 LA REGION</b> .....	<b>3</b>
<i>Clima e hidrología</i> .....	3
<i>Vegetación y suelos</i> .....	5
<i>Población y economía</i> .....	6
<i>Áreas protegidas y biodiversidad</i> .....	7
<i>El potencial hidroeléctrico de la cuenca</i> .....	7
<b>2.2 EL PROYECTO</b> .....	<b>8</b>
<i>El estudio de ICE-CBP</i> .....	8
<i>La propuesta de Morris</i> .....	14
<i>Costos y beneficios económicos</i> .....	16
<i>Evaluación económica y financiera del proyecto</i> .....	17
<b>2.3 IMPACTOS AMBIENTALES</b> .....	<b>18</b>
<i>2.3.1 Impactos durante la construcción</i> .....	18
<i>2.3.2 Impactos durante la fase de operación</i> .....	19
<b>3. ANÁLISIS DEL PROYECTO</b> .....	<b>26</b>
<b>3.1 ANÁLISIS AMBIENTAL</b> .....	<b>26</b>
<b>3.2 ANÁLISIS ECONOMICO Y TECNICO</b> .....	<b>30</b>
<i>Aspectos técnicos</i> .....	31
<b>3.3 SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO</b> .....	<b>32</b>
<b>4. CONCLUSIONES</b> .....	<b>33</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>35</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>36</b>
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>38</b>
<b>ANEXO</b> .....	<b>40</b>

## Capítulo 1

### INTRODUCCIÓN

El angosto del Bala, donde el río Beni cruza las últimas estribaciones de Los Andes, llama la atención por su belleza escénica y porque, a primera vista, es el sitio lógico para construir una presa. Ya en la década del 50 y con poca información sobre topografía, clima e hidrología, el ingeniero alemán Heinrich Press realizó un prediseño de una presa de 205 m de altura, que posteriormente fue descartado por irrealizable. Sin embargo, las metas que propuso Press para el proyecto se han mantenido hasta hoy y son, por orden de importancia: generación de energía eléctrica, control de inundaciones, habilitación de tierras agrícolas y mejoramiento de la navegación.

En 1967 la Empresa Nacional de Electricidad (ENDE) empezó las primeras mediciones sistemáticas sobre caudales líquidos y sedimentos en El Bala. En la década del 80 y en el marco del programa PHICAB (Programa Hidrológico Internacional para la Cuenca Amazónica en Bolivia) se llevaron a cabo diversos trabajos que sintetizaban y analizaban esos datos, que han sido ampliados y completados en años más recientes, incluso con información relativa a calidad de aguas. En 1995 la empresa consultora CBP, por encargo de la empresa ICE, elaboró un perfil de proyecto que recomendaba una presa de 169 m de altura con una central de 2460 MW de potencia. Sin embargo, hasta ahora no se dispone de estudios que lleguen siquiera a nivel de prefactibilidad, a pesar de que en dos ocasiones el Congreso boliviano promulgó leyes que declaran al Bala de prioridad nacional.

En años recientes, El Bala resurgió por la posibilidad de exportar energía eléctrica al gran mercado del Brasil y por el interés de la Prefectura (Gobierno departamental) de La Paz por promoverlo. Justamente cuando se terminaba el presente informe, en abril del 2000, la Prefectura publicó por prensa la licitación para elaborar los términos de referencia para los estudios de prefactibilidad, iniciando así formalmente el proceso de estudios y diseños del proyecto.

El proyecto es objeto de debates apasionados, y con frecuencia polarizados, entre aquellos que lo asumen como una reivindicación regional que debe concretarse a toda costa y aquellos que perciben que el proyecto provocará impactos sociales y ambientales inaceptables. A esta percepción contribuye la ubicación de la presa en una de las regiones de más alta biodiversidad del planeta, y a que el embalse resultante afectaría porciones de dos áreas protegidas de importancia mundial: Madidi y Pilon Lajas.

En este contexto y buscando contribuir a la discusión con información reciente y fundamentada, se llevó a cabo el presente estudio, que pretende ser un análisis técnico y ambiental del proyecto. Fue elaborado como parte de un estudio más grande sobre varios proyectos de presas en Bolivia, que ha sido encarado por el Foro Boliviano del Medio Ambiente y Desarrollo (FOBOMADE) con apoyo de la Fundación Alton Jones.

Para llevarlo a cabo, se ha recurrido a la relativamente limitada información proporcionada por los impulsores del proyecto y existente en varias instituciones nacionales e internacionales o proporcionada por amigos y colegas, así como a referencias bibliográficas del Banco Mundial, la Comisión Internacional de Grandes Presas y la Comisión Mundial de Presas.

Como los proyectos se ubican en una región y tienen que ser analizados dentro de un marco de desarrollo regional y nacional, el capítulo 2 del presente estudio es una síntesis de lo que se conoce sobre la región, sobre las características técnicas, posibles costos y evaluación económica del proyecto, así como sobre los impactos ambientales que podría producir.

El capítulo 3 contiene un análisis técnico-ambiental del proyecto El Bala y es por tanto la parte sustantiva del presente trabajo. En primer lugar se realiza un análisis ambiental del proyecto, usando una metodología de evaluación rápida propuesta recientemente por funcionarios del Banco Mundial. A continuación se analiza su factibilidad económica tomando en cuenta diversos escenarios. Finalmente se describe su situación actual. El capítulo 4 presenta las conclusiones a las que se arribó como producto de ese análisis.

El presente trabajo fue presentado y sometido a discusión en el Seminario-Taller “El proyecto Bala en el contexto del desarrollo regional y nacional”, organizado por el Foro Paceño del Medio Ambiente y Desarrollo en la población de Rurrenabaque en julio del 2000 y que contó con la participación de actores locales, incluyendo algunos de los que serían directamente afectados por el proyecto. Los participantes del Taller aportaron con comentarios e información y brindaron una visión que fue de gran importancia para elaborar la versión final de este trabajo, lo que se puede observar, por ejemplo, en el capítulo de Conclusiones.

El autor agradece al FOBOMADE por la confianza y el apoyo brindados y a todos los amigos y colegas que contribuyeron con su información y opiniones.

## Capítulo 2

### LA REGION Y EL PROYECTO

#### 2.1 LA REGION

El proyecto hidroeléctrico del Bala plantea la construcción de una gran presa en el lugar donde el río Beni cruza las últimas estribaciones de la cordillera de Los Andes antes de ingresar a la llanura amazónica, pocos kilómetros aguas arriba de las poblaciones de San Buenaventura y Rurrenabaque (Figuras 2.1 y 2.2). El río Beni y sus afluentes nacen en la vertiente oriental húmeda de la cordillera de Los Andes, que se extiende desde Colombia hasta Bolivia y es una de las regiones de más alta biodiversidad y nivel de endemismo del planeta. La parte andina de la cuenca del Beni, que concluye justamente en el angosto de El Bala, cubre una superficie muy próxima a los 68000 km<sup>2</sup>, con un rango de altitud que va desde los 6500 msnm de los nevados andinos hasta los 200 msnm en el angosto. Esta gran variación altitudinal, junto con otros efectos debidos a la presencia de la cordillera, implican una gran variedad de climas y ecoregiones y por tanto una elevada diversidad de hábitats y especies. También es una de las principales razones de que la cuenca tenga un gran potencial hidroeléctrico.

En la zona del proyecto, se observa una serie de serranías paralelas que se elevan hasta 2000 msnm y son cortadas por el río Beni. Entre esas serranías se intercalan valles aluviales, los más grandes de los cuales se encuentran alrededor del río Beni y su afluente el río Tuichi. Al este del río Beni se encuentra la selva húmeda de Pílon Lajas, cruzada en su parte central por el río Quiquibey, que se une al Beni pocos kilómetros aguas arriba del Bala. Al oeste del río Beni se encuentra el valle del Tuichi y toda la extensa región que forma parte del Parque Nacional Madidi, que ocupa 1.9 millones de hectáreas. Si bien la mayor parte de la cuenca y casi todos los afluentes importantes del río Beni están en el departamento de La Paz, en el Bala el río marca el límite entre los departamentos de La Paz y Beni.

Desde hace más de 50 años, el angosto de El Bala llamó la atención de los ingenieros como el sitio lógico para construir una presa: la garganta tiene 300 m de profundidad y menos de 100 m de ancho. Sin embargo, sobre el curso del río Beni y de sus afluentes existen otros sitios de interés para posibles aprovechamientos hidroeléctricos, por lo que la descripción no se limitará a la zona de El Bala.

#### **Clima e hidrología**

En el sitio de presa el clima es tropical húmedo: la precipitación media registrada en la estación del Angosto del Bala está en el orden de 2160 mm/año, la temperatura media de 25.5° C y la humedad relativa del 81% (Campos, 1990).



La precipitación media anual sobre la cuenca andina del río Beni ha sido estimada en 1615 mm (Roche et al, 1992). Por su gran extensión y rango altitudinal, se presentan grandes variaciones, desde algunos valles semiáridos en el sector suroeste y oeste de la cuenca, que registran precipitaciones medias inferiores a 400 mm/año, hasta los cinturones de bosque de neblina, donde la precipitación puede superar los 3000 mm/año.

El caudal medio anual del río Beni en El Bala ha sido estimado en 2046 m<sup>3</sup>/s para el periodo 1967-99 (Pouyaud et al, 1999), con un mínimo de 1479 y un máximo de 2720 m<sup>3</sup>/s. El caudal máximo instantáneo registrado es de 31300 m<sup>3</sup>/s y el mínimo extremo de 213 m<sup>3</sup>/s. El caudal medio mensual del mes más húmedo (Febrero) es de 4890 m<sup>3</sup>/s y el del mes más seco (agosto) 660 m<sup>3</sup>/s (Tabla 2.1).

**Tabla 2.1: Caudales medios mensuales en el Angosto del Bala (1967-1999)**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Q (m <sup>3</sup> /s)	3860	4890	4060	2490	1330	865	675	660	750	1065	1465	2440	2046

Fuente: Pouyaud et al (1999)

En base a los registros existentes Guyot et al (1995) calcularon en 212 millones de toneladas/año el transporte medio de sedimentos en suspensión en el angosto. No se tienen mediciones de transporte de fondo, pero diversos cálculos realizados por métodos indirectos (Barragán, 1990, Guyot, 1992) estiman valores entre 1.5 y 8 % del transporte en suspensión. Con esos datos, la tasa de erosión en la cuenca andina del río Beni está en el orden de 3200 a 3300 tn/km<sup>2</sup>-año, un valor muy alto que se explica en parte porque varios ríos afluentes drenan subcuencas con sedimentos lacustres muy erosionables y además con grandes pendientes.

### **Vegetación y suelos**

De acuerdo al Mapa de Vegetación y Areas Protegidas de Bolivia (Ribera et al, 1994) en la cuenca andina del río Beni se pueden diferenciar tres grandes ecoregiones:

Región Altoandina y de Puna

Región de la Vertiente Oriental Andina y Subandina

Región de los Valles Secos Interandinos

Estas grandes regiones abarcan a su vez una serie de subregiones que van desde el piso nival y la pradera altoandina hasta el bosque pluvial subandino y el bosque muy húmedo del pie de monte. Las dos últimas son las predominantes en la zona de influencia directa del embalse, producto de la alta temperatura y fuertes precipitaciones.

Se estima que cerca de un 10% de la superficie total de la cuenca está cubierta por vegetación antrópica (bosque secundario, pastizales y cultivos), concentrada ante todo en la faja subandina de Yungas. De acuerdo al Plan de Uso de la Tierra del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, la mayor parte de la cuenca debería destinarse a áreas de protección y uso forestal controlado, con algunos sectores que pueden destinarse a la agricultura y ganadería.

Casi toda la zona de influencia directa del Bala está dentro de áreas protegidas o de uso forestal restringido.

La mayor parte de la cuenca está cubierta por suelos pobres en nutrientes, de poca profundidad, en terreno muy escarpado y por tanto susceptible a la erosión si se retira la vegetación natural. Los mejores suelos y más aptos para cultivos se concentran en las llanuras aluviales como la del Alto Beni y en el piedemonte de la faja subandina (CBP, 1995), donde puede desarrollarse una agricultura subtropical.

### **Población y economía**

Muy pocas personas habitan las áreas directamente afectadas por el proyecto. Dentro de la zona que sería inundada por el futuro embalse y sus alrededores inmediatos, la población no supera los 2000 habitantes. Dentro de Pílon-Lajas viven aproximadamente 700 personas, en su mayoría de origen Tsimane (36%), Tacana (33%) y Masetén (11%), en 13 comunidades que van de dos a 26 familias. Incluyendo a las comunidades que habitan la periferia de la reserva, la población indígena total asciende aproximadamente a 1360 personas (Reid, 1999). En el sector del Parque Madidi, existe la pequeña comunidad mixta Tacana-Quechua de San José de Uchupiamonas. Estos pobladores sobreviven de la agricultura de subsistencia, la caza y la pesca, así como por ingresos que reciben de familiares que trabajan en otras zonas.

Algunos kilómetros aguas abajo del sitio de presa está el principal centro urbano de la región: las poblaciones de Rurrenabaque (8000 habitantes) y San Buenaventura (3000 habitantes), situadas frente a frente en ambas orillas del río Beni y por tanto en departamentos diferentes. Fuera de la zona a ser afectada por el embalse pero próxima a ella, se encuentran comunidades de colonos, situadas principalmente a lo largo de la carretera Quiquibey-Yucumo-Rurrenabaque. Al Norte y a lo largo de la carretera San Buenaventura-Ixiamas se encuentran las poblaciones de Tumupasa e Ixiamas, habitadas tanto por colonos como por trabajadores de empresas madereras.

En décadas recientes, la extracción de madera y la explotación petrolera han originado reactivaciones económicas periódicas en el área de Madidi-Pílon Lajas. A mediados de los años setenta, la empresa anglo-holandesa Shell Oil realizó pruebas sísmicas en una concesión que le fue otorgada en el valle del Tuichi. Aproximadamente al mismo tiempo, se concluyó la construcción de la carretera entre San Buenaventura e Ixiamas, que atrajo a colonos a las tierras del límite Norte del Parque Madidi, cuya población tradicional consistía de unos cuantos Tacanas. Shell realizó una exploración adicional a mediados de los ochenta y la empresa francesa Total hizo lo mismo en 1995, pero sin resultados que justificasen el inicio de una explotación comercial. En 1997, el gobierno boliviano otorgó nuevas concesiones petroleras a compañías españolas y argentinas en las cuencas del Tuichi, Quiquibey, Beni y Madidi (Reid, 1999).

La historia reciente de extracción de madera a gran escala se remonta a 1981, cuando Fátima Ltda obtuvo una concesión. La extracción de madera se intensificó a principios de los noventa, con inversiones de las compañías madereras de San Borja y Santa Cruz, y de residentes



Tacanas en la cuenca del Tuichi. La extracción alcanzó su clímax en el periodo 1995-97, con 47 campamentos madereros en las cuencas del Tuichi y del Madidi. A finales de 1997, la consolidación del Parque Madidi y la existencia cada vez más reducida de mara (caoba) motivaron la rápida caída de la actividad extractiva local (Reid, 1999).

A partir de 1990, se ha observado un rápido aumento del turismo en el área, estimulado en parte por la publicación de un libro de aventura y rescate en el valle del Tuichi. Agencia Fluvial, el primer operador local, vendió 350 paseos en 1990 y en 1997 vendió diez veces más. En general, el turismo ha aumentado de 1000 visitantes en 1992 a entre 7000 y 10000 visitantes en 1998 (Reid, 1999).

### **Areas protegidas y biodiversidad**

Las condiciones físicas y de vegetación descritas han dado origen a una gran biodiversidad, por lo que no resulta extraño que dentro de la cuenca existan cinco áreas protegidas y una reserva fiscal forestal, la mayor parte de ellas creadas en la última década. En el área de influencia directa del proyecto se encuentran el Parque Nacional y Area de Manejo Integrado Madidi al Oeste del río Beni y la Reserva de la Biosfera y Territorio Indígena Pilón-Lajas al Este.

El Parque Madidi ocupa una superficie de 1.9 millones de hectáreas, principalmente a lo largo del valle del río Tuichi, aunque su extremo norte llega hasta las sabanas de palmeras del río Heath y el extremo suroeste hasta la cordillera de Apolobamba con el piso altoandino y el bosque nublado de ceja. Debido a especiales condiciones microclimáticas, el Parque cuenta inclusive con un área de bosque seco tropical rodeado por la selva húmeda predominante. El Parque Madidi es reconocido actualmente como un área protegida de importancia mundial, con la mayor parte de sus ecosistemas intactos o poco alterados, lo que se debe fundamentalmente a su ubicación remota y difícil acceso. Desde hace algo más de una década se conoce de su extraordinaria biodiversidad: por ejemplo las primeras evaluaciones dieron cuenta de la existencia de al menos 700 especies de aves, que actualmente se estiman en más de un millar (Kemper, 2000). El Parque limita en su lado oeste con otras áreas protegidas del Perú, también reconocidas internacionalmente. Para varios expertos, la región oriental de Los Andes entre Perú y Bolivia es la de mayor diversidad biológica de todo el planeta.

La Reserva Pilón-Lajas se ubica al Este del río Beni, ocupando una superficie de 400000 hectáreas en una zona de serranía muy húmeda que separa las cuencas de los ríos Beni y Mamoré y en su punto más alto alcanza los 2000 msnm. Es atravesada por el río Quiquibey, afluente del primero. La mayor parte de la reserva está cubierta por bosque pluvial subandino, que alberga una notable cantidad de especies animales y vegetales.

### **El potencial hidroeléctrico de la cuenca**

La cuenca andina del río Beni es la de mayor potencial hidroeléctrico de Bolivia y una de las más importantes de Sudamérica. Desde las primeras evaluaciones realizadas por la Empresa Nacional de Electricidad (ENDE) entre los años 1967 y 1975, hasta las más recientes (ENDE,

1984, 1994), el potencial estimado se ha ido incrementando. Actualmente se calcula que la potencia instalable en la cuenca del río Beni hasta el angosto del Bala es de 22200 MW y la energía media aprovechable es de 97300 GWh/año (ver tabla 1 del Anexo), lo que representa más del 50% del potencial estimado para todo el país (39870 MW). La energía específica por unidad de superficie es de 1.52 GWh/año-km<sup>2</sup>, casi diez veces el promedio nacional de 0.16 GWh/año-km<sup>2</sup> (CBP, 1995).

En la cuenca andina del río Beni se han identificado más de treinta proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico que suman una potencia instalable próxima a los 5000 MW (ver tabla 2 del Anexo). Las centrales ya construidas suman una potencia instalada próxima a los 200 MW y casi todas se encuentran ubicadas en dos subcuencas: las del valle del río Zongo abastecen a la ciudad de La Paz (parcialmente) y las de la parte alta de la cuenca del río Miguillas abastecen a la ciudad de Oruro y centros mineros. Está en construcción el proyecto hidroeléctrico Taquesi sobre el río del mismo nombre, con una potencia instalada de 84 MW.

## **2.2 EL PROYECTO**

Si bien la idea de construir una presa en el angosto de El Bala surgió hace cerca de 50 años, todavía no existe un estudio siquiera a nivel de prefactibilidad. En la década de los 50 y con escasa información topográfica y ninguna sobre hidrología o sedimentología el profesor alemán Press realizó un bosquejo de una presa de 205 m de altura con una capacidad instalada de 1824 MW, con tres metas principales:

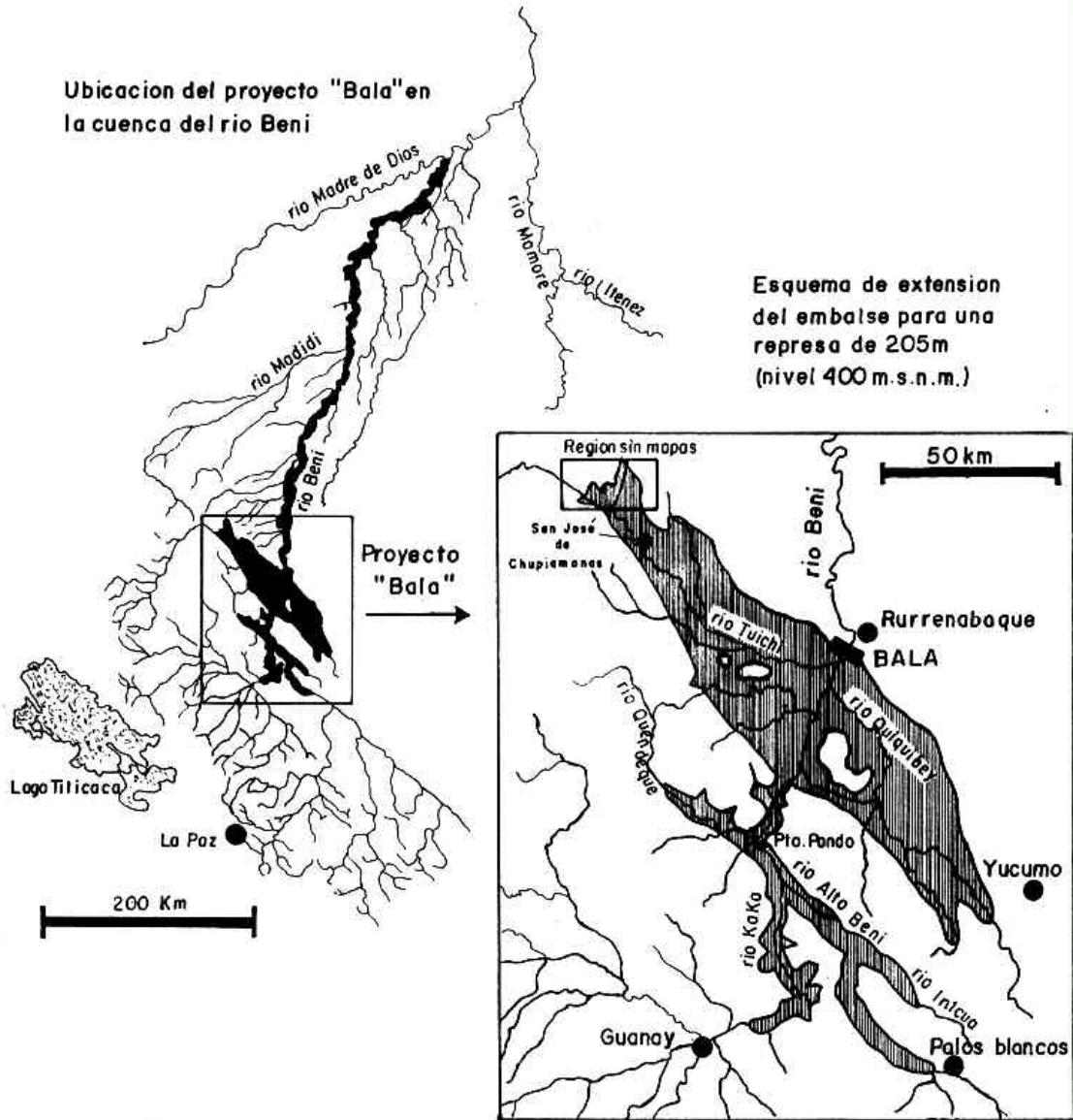
- Generar energía a bajo costo para la industria minera del país
- Hacer que el río Beni fuera navegable hasta Inicua
- Proteger contra inundaciones un área de 13000 km<sup>2</sup> río abajo que se habilitaría para agricultura

Los años posteriores mostraron que la información de Press era incorrecta o incompleta en varios aspectos capitales que hacen a esa propuesta inviable (figura 2.2), por lo que no se la describirá en detalle. Por lo demás, las dos primeras metas ya no corresponden a la realidad actual, ya que el proyecto generaría mucha más energía eléctrica de la que necesita el país en conjunto y, por otra parte, en los años posteriores se construyeron carreteras que hacen menos atractiva la navegación fluvial.

### **El estudio de ICE-CBP**

En años recientes el proyecto volvió a despertar interés por la posibilidad de exportar energía al Brasil, el mercado más grande de la región y el de mayor crecimiento absoluto. Pensando en esa posibilidad, la empresa ICE Ingenieros solicitó y obtuvo una concesión para realizar estudios a nivel de factibilidad (1997). Además encargó a la consultora CBP la elaboración de un Estudio a nivel de perfil (1995) en base a información hidrológica actualizada. Aunque análisis posteriores han mostrado que se usaron datos topográficos erróneos, ese estudio es el más completo con el que se cuenta actualmente, por lo que se describirá con cierto detalle.

Fig. 2.2: Extensión del embalse para la propuesta de Press



Fuente: JG Wasson - (1999)

El Estudio de ICE analizó dos alturas de presa (145 y 169 m), concluyendo que la más recomendable es 169 m, medida desde el nivel de fundación hasta el de coronamiento (borde superior de la presa). Se supuso que el nivel de fundación estaría 10 metros por debajo del nivel del lecho del río, por lo que la altura medida a partir de éste sería de 159 m. Se analizaron dos tipos de presa: el primero una presa de enrocado con pantalla impermeable de arcilla y el segundo una presas de hormigón a gravedad, concluyéndose que si las condiciones geológicas lo permitían, la presa de gravedad sería la más recomendable porque podría ser rebasada por una crecida extraordinaria durante la fase de construcción sin sufrir daños importantes, cosa que no ocurre con la presa de enrocado. Las figuras 2.3 y 2.4 muestran esquemas muy simplificados (y corregidos en cuanto a cotas) de las vistas de perfil, frontal y en planta de lo que sería el proyecto según ICE-CBP.

El muy importante aspecto geológico fue abordado mediante un reconocimiento de superficie y datos extraídos de estudios regionales previos. En el sitio de presa la roca aflorante está en contacto con el agua, formando estratos de areniscas rojas medianamente duras, areniscas multicolores blandas y cuarcitas duras del cretácico (figura 2.3). Según la clasificación de Bleniawski, las rocas pertenecen al tipo II (buena), lo que permite considerar la posibilidad de una presa a gravedad. En cuanto al extenso embalse, éste se asentaría sobre subsuelo impermeable en la mayor parte de su extensión, pero existen sitios donde pueden presentarse rocas mucho más permeables, por lo que el problema debería ser parte de un estudio geológico detallado (CBP, 1995).

El proyecto de ICE propone, además de la presa, la construcción de una casa de máquinas al pie de la presa y otra subterránea en la margen derecha, que albergarían las turbinas y equipo de generación (ver figura 2.4). Para derivar el caudal de crecida durante la fase de construcción se tendrían cuatro túneles, dos en cada margen. En la fase de operación de la central, el tramo final de los túneles de la margen izquierda se usaría para el desfogue del caudal de crecida que llegará de dos vertederos tipo pozo. El tramo final de los túneles de la margen derecha serviría para restituir al río el agua que pasa por las turbinas de la casa de máquinas subterránea (figura 2.4). Todo este esquema de obras se debe ante todo a lo estrecho del cauce en el angosto.

La tabla 2.2 muestra las principales características técnicas de la alternativa recomendada, que corresponde a una central de 2460 MW de potencia instalada. Es importante indicar que se corrigieron los datos de la superficie y volumen del embalse, que estudios posteriores (Pouyaud et al, Morris, 1999) mostraron que eran erróneos. Por la misma razón tampoco se incluyeron cotas topográficas: así por ejemplo el estudio de ICE asumió una cota del cauce en El Bala de 305 msnm, cuando las cartas geográficas disponibles actualmente indican que estaría alrededor de los 200 msnm.

La potencia de 2460 MW representa 2.5 veces toda la potencia instalada en Bolivia a fines de 1999 y más de 3 veces la demanda máxima, por lo que es claro que al presente la energía del Bala no estaría destinada al mercado nacional. Un otro aspecto a destacar es el increíblemente optimista factor de planta de 98%, no alcanzado por ninguna otra gran represa existente. Itaipú, la central hidroeléctrica más grande del mundo, alcanza un factor de planta de 74%

(Lara, 1999), que de todas maneras es muy superior al factor de planta promedio de alrededor de 50% alcanzado en países del tercer mundo, según el Banco Mundial.

**Tabla 2.2: Características técnicas del proyecto según perfil de ICE -CBP**

<b>UBICACIÓN</b>	
Departamento	La Paz/Beni
Río	Beni
Uso prioritario del recurso	Energía
<b>HIDROLOGÍA Y OPERACIÓN DE EMBALSES</b>	
Area de cuenca (km <sup>2</sup> )	67500
Caudal medio anual del río (m <sup>3</sup> /s) *Según CBP	2115*
Crecida de proyecto (m <sup>3</sup> /s), T=10000 años	39300
Area del embalse (km <sup>2</sup> )	2505
Volumen del embalse (km <sup>3</sup> )	226
<b>PRESA</b>	
Tipo	Ho Gravedad
Altura total desde fundación (m)	169
Tipo de toma	Vertedero/Torre
<b>VERTEDERO DE EXCEDENCIAS</b>	
Número	2
Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)	2030
Tipo	Pozo
Longitud neta total (m)	72
<b>CENTRAL</b>	
Tipo	Pie de presa/Subterránea
Número de turbinas	6
Tipo de turbinas	Francis
Altura neta de carga (m)	126.4
<b>PRODUCCIÓN DE ENERGÍA</b>	
Potencia instalada (MW)	2460
Energía media anual (GWh/año)	21333
Factor de planta (%)	98

Fuente: Estudio a nivel de perfil, CBP Consultores (1995)

**Fig. 2.3: Esquema de la presa: perfil y vista frontal**  
 Fuente: CBP (1995)

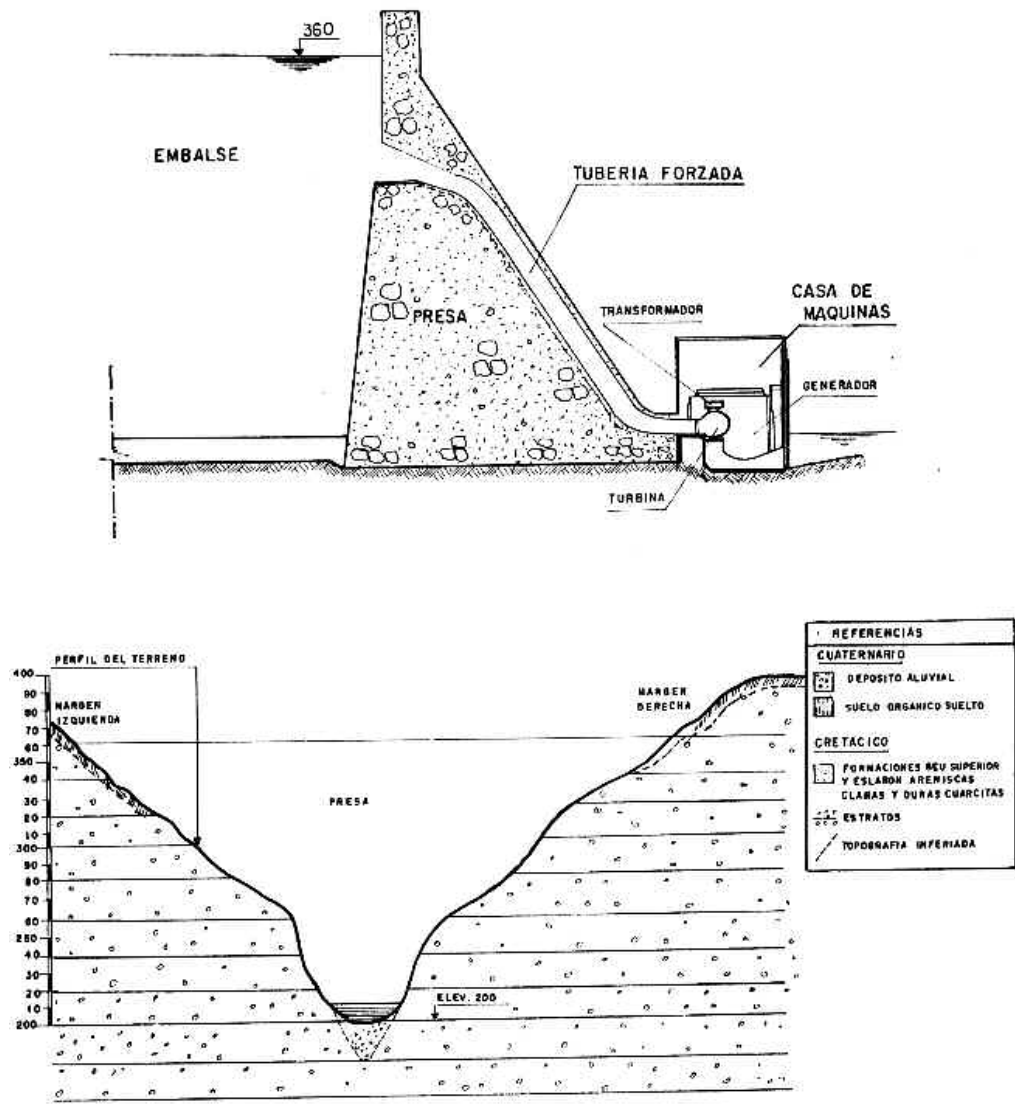
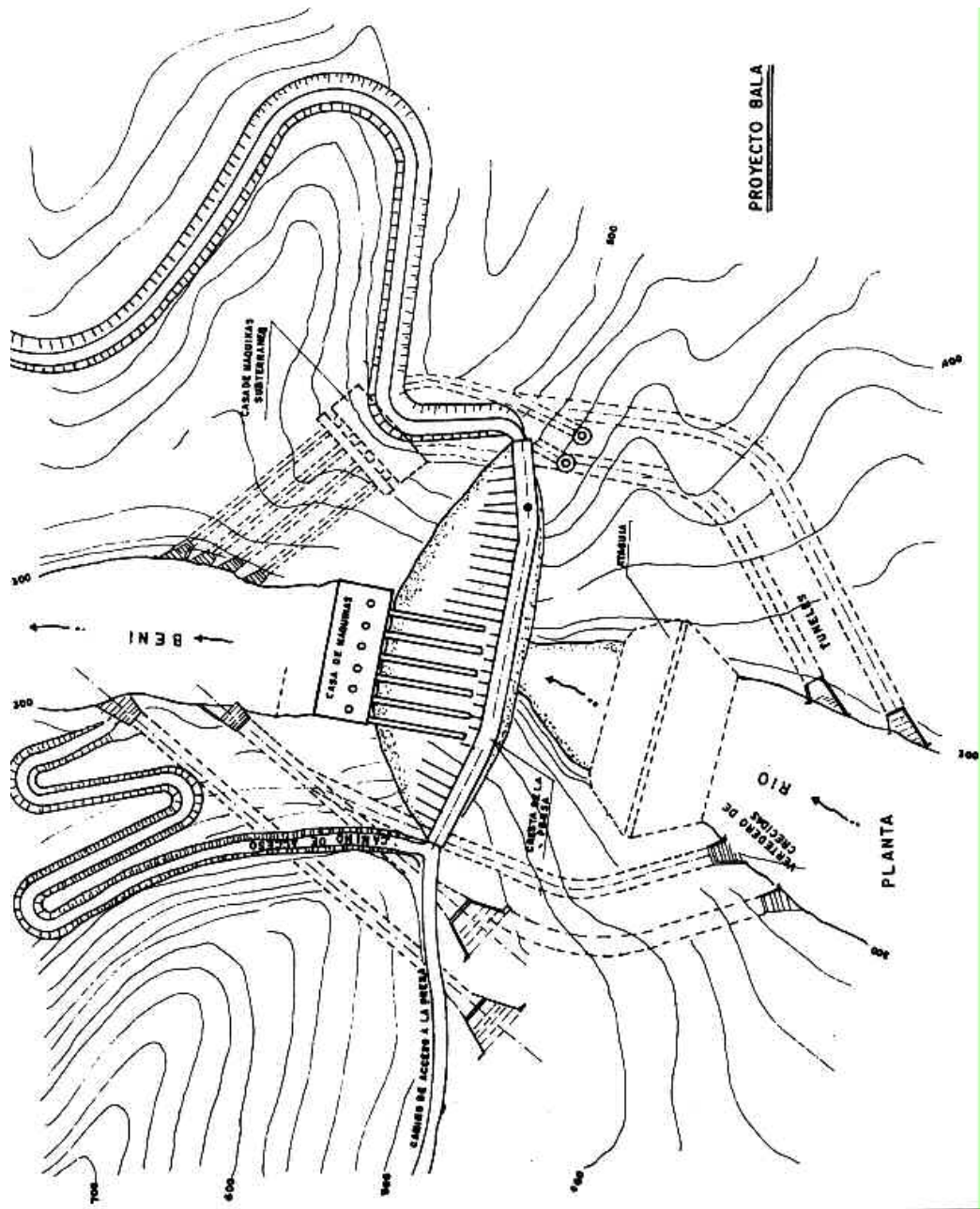
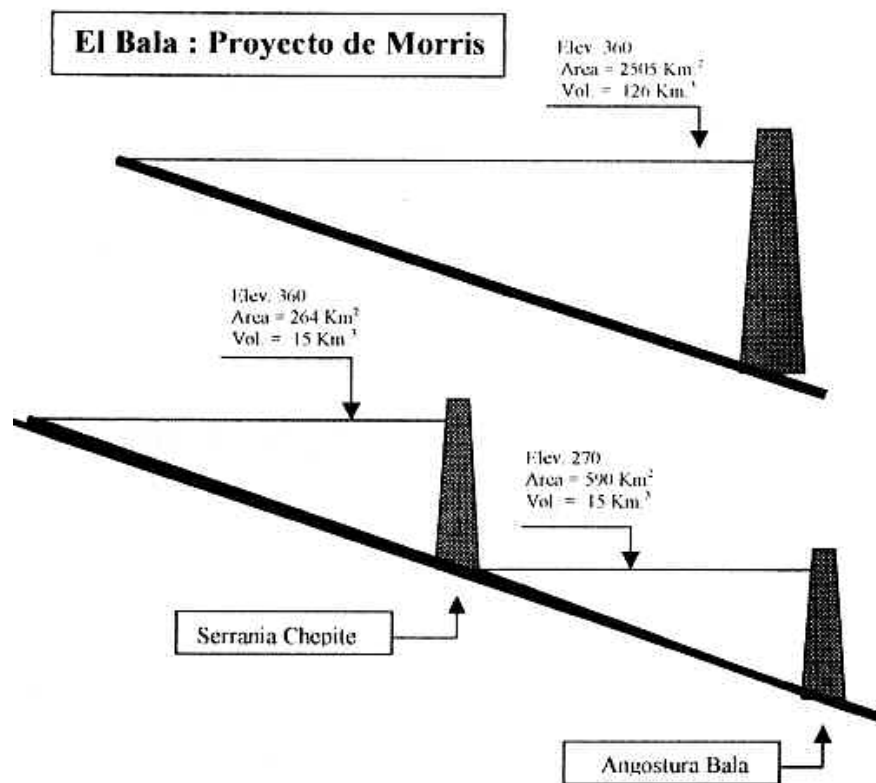


Fig. 2.4: Esquema de la presa: planta  
Fuente: CBP (1995)



## La propuesta de Morris

El Dr. Gregory Morris, experto contratado por la Prefectura de La Paz, presentó en Diciembre de 1999 una alternativa que busca superar el defecto principal (según el proponente) de los perfiles de Press e ICE-CBP, que es la inundación de un área muy grande por el lago formado por el embalse. Esa alternativa consiste en construir dos presas, la primera ubicada en el Angosto del Bala y la segunda en la serranía de Chepite, 40 km aguas arriba de la anterior. La primera tendría una altura de 70 m medida desde el lecho del río, formando un embalse de 590 km<sup>2</sup> de superficie y 15 km<sup>3</sup> de volumen. La segunda tendría una altura de 90 m (360 msnm como cota máxima de referencia) desde el lecho del río, con un embalse de 264 km<sup>2</sup> de superficie y 15 km<sup>3</sup> de volumen. En conjunto, las dos presas inundarían una superficie de 854 km<sup>2</sup>, tendrían un volumen de 30 km<sup>3</sup> y capacidad de generar 1800 MW (figura 2.5)

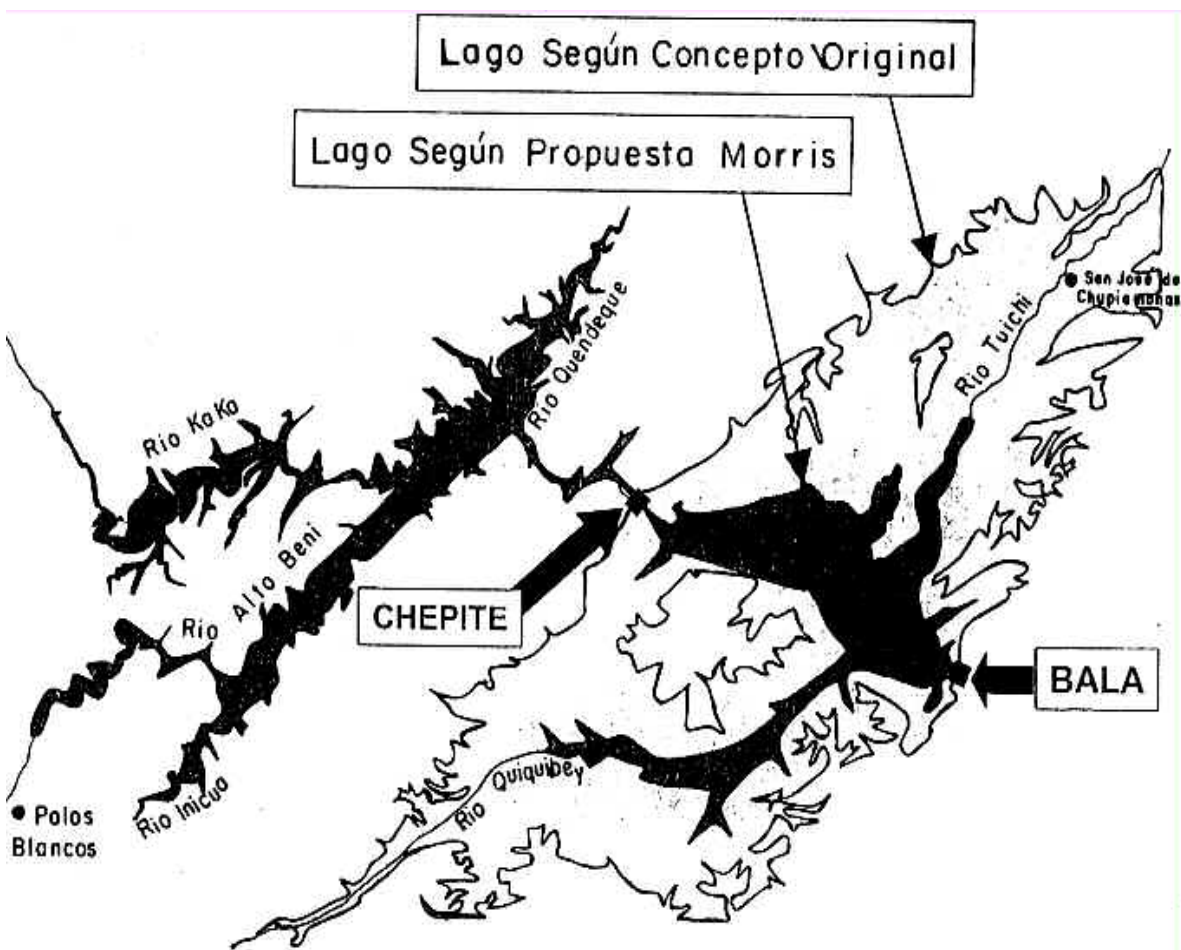


**Fig. 2.5: Alternativa propuesta por Morris**  
**Fuente: Prefectura de La Paz (1999)**



Es evidente que esta propuesta cumple su objetivo de reducir el área a inundar por el embalse (figura 2.6) y con ello, los impactos ambientales y sociales del proyecto. Sin embargo, se encuentra a un nivel que no es siquiera un perfil, sino simplemente una idea a desarrollar. De hecho, aún no se ha identificado con precisión un sitio adecuado para construir una presa en la serranía de Chepíte. Por eso mismo, no existe un prediseño ni costos referenciales.

**Fig. 2.6: Comparación de áreas inundadas por el embalse para cada propuesta**  
Fuente: Prefectura de La Paz (1999)



## Costos y beneficios económicos

Al nivel de estudio en que se encuentra el proyecto, cualquier estimación de costos es simplemente una referencia y como tal deben tomarse las estimaciones que se dan a continuación.

El perfil de ICE-CBP estimó costos a precios de 1993 para las obras civiles y equipos electromecánicos (turbinas, generadores, etc), que se muestran en la tabla 2.3.

**Tabla 2.3 Costos de inversión según ICE-CBP (millones de \$us)  
Alternativa de 2460 MW de potencia y altura de presa de 169 m**

ITEM	COSTO
<b>Obras civiles</b>	<b>422.3</b>
Ataguía de desvío	9.2
Túneles de desvío	68.4
Presa	229.5
Vertedero de excedencias	10.9
Obras de toma	7.5
Conductos de presión	7.2
Casas de máquinas	89.6
<b>Equipos electromecánicos</b>	<b>468.2</b>
<b>Otros</b>	<b>157.3</b>
Ingeniería y supervisión	89.1
Imprevistos - Obras Civiles	47.4
Imprevistos - equipos	20.8
<b>COSTO OBRAS CIVILES Y EQUIPOS</b>	<b>1047.8</b>

Fuente: CBP (1995)

Obsérvese que la tabla 2.3 no incluye costos de caminos de acceso, expropiaciones ni costos ambientales. Sin embargo, la principal omisión es el costo de la línea de transmisión, lo que no es sorprendente, ya que el perfil, aparte de concluir que el mercado boliviano es muy pequeño para El Bala, no define a qué otro mercado se destinará la energía producida, siendo claro que la longitud y costo de esa línea dependerán de ello. Análisis más recientes (Lara, 1999) muestran que el único mercado factible para un proyecto de la magnitud de El Bala es el Brasil. El problema es que en las condiciones actuales, llevar la energía hasta el estado de Mato Grosso en la región central de ese país requeriría de una línea de transmisión de al menos 1300 km de longitud, que a un costo unitario conservador de 0.8 millones de \$us por km, fácilmente iguala el costo total de obras civiles y equipos estimado en la tabla 2.3.

Para estimar los ingresos por venta de energía, que representan el principal beneficio económico del proyecto, es necesario conocer la energía anual generada y su precio. A

mediano plazo, expertos citados por Lara (1999) estiman que el precio mayorista en el mercado latinoamericano en general y brasileño en particular, tenderá a un valor de \$us 28/MWh. A este precio, los 21333 GWh/año de la tabla 2.3 se traducirían en ingresos brutos de casi 600 millones de dólares/año. Sin embargo, un factor de planta más realista y las pérdidas por transmisión permiten suponer que para la alternativa de ICE-CBP, los ingresos estarían próximos a la mitad de ese monto. Para la alternativa de Morris, los ingresos serían incluso algo menores.

Por otro lado, es importante puntualizar que esos ingresos serían para la empresa concesionaria del proyecto. Al no existir impuestos a las exportaciones por la ley 1606, el Estado boliviano y los departamentos de La Paz y Beni no percibirían ningún ingreso por la energía generada por El Bala, exceptuando un monto muy pequeño por el impuesto a las utilidades que declare la empresa. Esta desfavorable situación ha llevado a otras regiones, como Tarija, a proponer leyes que graven con regalías o impuestos la exportación de energía eléctrica generada por proyectos específicos.

Existen otros beneficios de menor magnitud, como el control de inundaciones aguas abajo de la presa, que son aún más difíciles de cuantificar en el estado actual de los estudios.

### **Evaluación económica y financiera del proyecto**

La *evaluación financiera* se realiza desde el punto de vista de un inversor privado. Los egresos se refieren a la inversión financiera de capital propio y los ingresos se limitan a los recursos que son apropiados por el inversor, en este caso por la venta de energía. En la *evaluación económica* el sujeto de evaluación es la Comunidad en su conjunto, en este caso la sociedad boliviana. Los egresos se asimilan a los recursos aplicados al proyecto. Los ingresos incluyen todos los beneficios cuantificables en términos monetarios sin importar quién se apropie de los mismos.

En el nivel que se encuentran los estudios, una evaluación económica formal del proyecto del Bala es simplemente imposible. Sin embargo y con el objeto de tener al menos una idea de su rentabilidad, Reid (1999) aplicó una metodología en que se analiza rangos de precios, costos y beneficios para llegar a resultados expresados como probabilidades y no certezas. El autor trabajó en un rango de 16 a 30 \$us/MWh para precios de venta de energía y en un rango de 0.40 a 0.70 para el factor de planta. En cuanto a la inversión inicial, consideró escenarios de bajo costo y alto costo, en el primer caso multiplicando la cifra de ICE por un factor hallado en un trabajo del Banco Mundial y sumando costos de transmisión bajos, lo que dio un total de \$us 1831 millones. El escenario de alto costo usa una cifra publicada en julio de 1999 en el periódico Presencia, de 3175 millones de \$us, que se asume incluye transmisión y otros costos. La tasa de descuento utilizada fue del 12%.

Los resultados de Reid muestran que tanto desde el punto de vista económico como financiero, el proyecto sólo puede reportar pérdidas en el escenario de costos altos de 3175 millones de \$us, pérdidas que podrían alcanzar hasta 1198 millones de \$us en valor actual neto. En el escenario de costos bajos, el proyecto tiene un 19% de probabilidades de ser viable

económicamente y 11% de serlo financieramente, sin considerar costos ambientales. El autor concluye que desde la perspectiva de la sociedad boliviana, lo más probable es que los beneficios generales sean inferiores al costo de los recursos que consumiría el proyecto.

## **2.3 IMPACTOS AMBIENTALES**

El estudio a nivel de ICE incluye secciones dedicadas a los posibles impactos ambientales de la presa del Bala, que por su nivel (perfil), son de carácter puramente descriptivo. Un trabajo más reciente (Wasson, 1999) usa información topográfica, hidrológica e hidroquímica más precisa y reciente para analizar algunos impactos potenciales relevantes, entre los que destacan aquellos asociados a la enorme extensión y volumen del embalse y los impactos morfológicos aguas abajo de la presa, provocados por la retención de sedimentos en esta. Esos trabajos servirán para describir, al menos cualitativamente, los impactos ambientales más importantes que podría provocar el proyecto.

### **2.3.1 Impactos durante la construcción**

Las presas provocan un rango amplio de impactos. Si bien algunos de ellos se producen solamente durante la construcción, con frecuencia los impactos más importantes se deben a la existencia y operación a largo plazo de la presa y del embalse asociado. El proyecto del Bala no parece ser una excepción a esta regla. Sin embargo, merecen destacarse durante la fase de construcción los siguientes impactos:

- Impacto socioeconómico positivo asociado a la construcción
- Impactos provocados por la construcción de caminos nuevos.
- Impactos debidos a la extracción de áridos para construcción
- Impactos relativos al desmonte de los vasos y llenado de los embalses
- Impactos asociados al tendido de la línea de transmisión

El estudio de ICE estimó que la *inversión en obras civiles y equipos* durante la fase de construcción de las tres presas alcanzaría los 1048 millones de dólares (tabla 2.3), de los que 468 (45%) se destinarían a equipos electromecánicos importados. Del saldo restante, un monto importante se destinará a equipos de construcción que también son importados. Todo esto va de acuerdo con la tendencia mundial, que muestra que en países del tercer mundo es raro que más del 30% de la inversión en obras civiles y equipos se destine al país donde se ubica el proyecto. En la mayoría de los casos está incluso por debajo del 20%, que se destina principalmente a materiales de construcción y mano de obra. En el caso de líneas de transmisión, la inversión en el país es generalmente menor al 10%. Sin embargo, aún una inversión neta del orden de los 300 millones de dólares, durante un lapso de 8 a 10 años, sería importante por su efecto multiplicador sobre la economía local, regional y nacional.

La presa requerirá de la *construcción de un camino nuevo*, en su mayor parte a través de bosque tropical en buen estado de conservación. Aún no existe siquiera un trazo de ese camino, pero considerando la distancia a que está Rurrenabaque y el camino de acceso a esa

población, probablemente tendrá una longitud media. El problema es que se construirá sobre un sector de serranía con laderas de pendiente apreciables y excelente cobertura vegetal, lo que hace a esa zona muy sensible a cualquier acción, además de que en el futuro permitirá el acceso de cazadores y tal vez de colonizadores.

La *extracción de áridos para construcción* de las presas altera la calidad del agua de los cursos de agua próximos, provoca modificaciones locales del cauce, incrementa la erosión y el transporte de sedimentos y afecta la fauna y flora próxima. Es probable que se puedan ubicar yacimientos aguas arriba de la presa, en zonas que de todas maneras serán cubiertas por el agua cuando los embalses estén llenos, por lo que los impactos asociados serían de magnitud moderada.

El *desmante del vaso y el llenado del embalse* tienen un impacto inmediato sobre la flora y la fauna, que en el caso de esta última se trata de mitigar capturando animales y trasladándolos a otras regiones, lo que sin embargo ha demostrado tener poco efecto. Esas actividades inician también otros impactos, como los que afectan la calidad del agua, la inestabilidad de laderas y las pérdidas de propiedades y áreas cultivadas, que alcanzan su máxima magnitud durante la fase de operación, por lo que serán analizados a continuación.

El *tendido de la línea de transmisión* sin duda provocará impactos de magnitud, por su gran longitud (más de 1000 km) y trazo probable, que al menos en parte atravesará bosques y áreas en buen estado de conservación. Además requerirá de un derecho de vía y de la construcción de brechas en varios sectores, lo que contribuirá a ampliar el tipo y magnitud de los impactos.

### **2.3.2 Impactos durante la fase de operación**

Se destacan los siguientes impactos:

Sociales:

- Disminución de la magnitud de las inundaciones aguas abajo de las presas
- Desplazamiento de personas por inundación de áreas pobladas
- Pérdidas por infraestructura existente como viviendas y caminos
- Pérdidas de recursos y medios de subsistencia como caza y pesca
- Incremento de enfermedades transmitidas por vectores
- Efectos sobre el turismo

Físicos y biológicos:

- Inundación de extensas superficies, en su gran mayoría bosques primarios
- Cambios en la calidad de aguas
- Eutroficación de embalses y emisión de gases de efecto invernadero
- Pérdidas de fauna y biodiversidad acuática
- Pérdida de ecosistemas terrestres
- Incremento de riesgos geológicos: sismicidad inducida, derrumbes, deslizamientos, etc.
- Sedimentación en los embalses
- Modificación del régimen hidrológico aguas abajo

- Cambios morfológicos y del cauce aguas abajo de las presas
- Cambios en el nivel freático del agua subterránea en el embalse
- Generación de gases de efecto invernadero

### **Impactos sociales**

Un embalse de la magnitud del Bala tendrá la capacidad de amortiguar las crecidas extraordinarias, reduciendo grandemente los caudales pico. Todo ello *disminuiría la magnitud y efectos destructivos de las inundaciones* aguas abajo de la presa, especialmente para las poblaciones de Rurrenabaque y San Buenaventura, las únicas de importancia. Además se reduciría la frecuencia de las crecidas ordinarias, aunque no existe una valoración monetaria de los efectos de esas inundaciones. Por otro lado, la existencia de las presas implica la posibilidad (aunque con una probabilidad muy remota) de inundaciones catastróficas por falla parcial o total.

Como la región está muy poco poblada (ver subcapítulo 2.2), se puede afirmar *que menos de 1000 personas serían directamente afectadas por el embalse* y tendrían que ser relocalizadas. El problema es que la mayor parte serían pueblos originarios. En cuanto a *pérdidas de infraestructura*, serían ante todo algunas viviendas y albergues turísticos ya construidos y en funcionamiento como Charque y Chalalán.

Las presas y embalses asociados forman una barrera física que interrumpe el tránsito de fauna terrestre y bloquea la migración de peces y puede provocar efectos importantes sobre algunas especies. Desde el punto social, *la disminución y/o extinción de esas especies se traducirá en pérdidas económicas para la población local* e impactos sobre las condiciones de vida de comunidades originarias, para las que la caza y la pesca pueden representar fuentes importantes de proteínas.

La experiencia de otros grandes embalses en la región amazónica, como Tucuruí en Brasil, obliga a considerar el riesgo *de que el embalse del Bala pueda incrementar los habitats de los vectores* (mosquitos y moluscos) de enfermedades como el paludismo, la leishmaniasis y la esquistosomiasis, que ya existen en la región. Estos vectores se reproducen en aguas estancadas y en la materia orgánica que contienen. También el mosquito *Aedes aegypti*, vector de la fiebre amarilla y el dengue, puede verse favorecido por el embalse y la presa, lo que unido a la presencia de personas provenientes de otras regiones, podría provocar brotes de esas enfermedades.

*El turismo* ya es una actividad de importancia para la región, con más de 10000 visitantes en años recientes (ver subcapítulo 2.1) en Rurrenabaque, de los que aproximadamente la mitad llegaron a la zona del río Tuichi, navegando aguas arriba por el río Beni y el angosto del Bala. Aún cuando gran parte de esos turistas son calificados de “mochileros”, su número se incrementa a una de las más altas tasas del país y se están realizando esfuerzos serios para construir infraestructura y mejorar los servicios turísticos en Rurrenabaque, San Buenaventura y dentro del mismo Parque Madidi. Indudablemente todo esto se vería afectado negativamente

por el proyecto del Bala, aunque por otro lado puede argumentarse que la misma presa y embalse podrían convertirse en sitios de interés turístico.

### **Impactos físicos y biológicos**

En años recientes, investigadores como Wasson (1999) mostraron que los más grandes impactos ambientales del proyecto Bala estarían asociados a la enorme superficie del embalse. Para una altura de presa de 169 m, se *inundaría una superficie* de 2505 km<sup>2</sup> (250500 hectáreas), casi toda cubierta por bosque primario tropical en muy buen estado de conservación. El embalse ocuparía además un volumen de 226 km<sup>3</sup>, lo que lo convertiría en uno de los más grandes del mundo tanto por superficie como por volumen. Asumiendo que en el río se deja fluir el caudal mínimo mensual, el embalse tardaría 5 años en llenarse, tiempo en el cual la central hidroeléctrica no funcionaría y el tiempo de renovación del agua sería muy largo, 3.5 años en promedio, con zonas en que sería mucho mayor por la morfología del embalse. Además funcionaría mal desde el punto de vista hidrológico, debido a su forma, constituida por dos zonas muy diferentes: la primera y más grande corresponde a una extendida depresión de la región subandina, en los valles bajos de los ríos Tuichi y Quiquibey, que formaría un lago muy ancho cuyo eje es perpendicular al río Beni. Aguas arriba, el embalse se extiende a lo largo del estrecho valle de este río en una longitud cercana a los 100 km. En estas condiciones, el embalse adquiere la forma de una raya, cuyo cuerpo es el lago subandino y cuya cola es el valle inundado del río Beni (ver figura 2.2). Tomando en cuenta esos problemas, la propuesta de Morris busca disminuir el tamaño del embalse, a través de dos presas que en conjunto inundarían una superficie de 854 km<sup>2</sup> y tendrían un volumen de 30 km<sup>3</sup>.

El primer impacto previsible es un *fuerte deterioro de la calidad del agua en el embalse*, que puede evaluarse en base a tres parámetros: la biomasa vegetal inundada, la morfología del embalse y el tiempo de renovación del agua. En el caso del Bala, casi toda el área inundable está cubierta por una selva tropical primaria de gran biomasa vegetal, parte de la cual (hojas, ramitas) se descompondría en sólo algunos meses, mientras los troncos tardarían de 10 a 100 años. La descomposición inicial consume muy rápidamente el oxígeno y produce una gran cantidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que acidifica el agua. Al disminuir el oxígeno, la descomposición se vuelve más lenta y provoca la formación de metano y anhídrido sulfúrico. En condiciones favorables, el viento y los aportes de agua limpia por los afluentes llegan a regenerar rápidamente el oxígeno. Este no sería el caso del Bala, por el gran volumen y profundidad del lago subandino, que provocaría en primer lugar una estratificación térmica del agua, es decir una capa superficial más caliente y una capa profunda más fría y densa, que no se mezclarían, lo que impide la reoxigenación de las zonas profundas. En segundo lugar, por el gran volumen del embalse, el tiempo de renovación del agua es muy largo. Se dan así las condiciones para que las aguas profundas queden desoxigenadas y ácidas durante decenios (Wasson, 1999).

Estos efectos se conocen hace años por las malas experiencias de embalses construidos en regiones de selva tropical. Por su cercanía, se mencionan el embalse de Brokopondo en Surinam y el embalse de Tucuruí en Brasil. El primero entró en servicio en 1964, tiene una

superficie de 1700 km<sup>2</sup> y un tiempo de retención de 2 años. Provocó efectos ecológicos desastrosos, observándose que el agua salió cargada de anhídrido sulfúrico durante más de 10 años y que la superficie del embalse se cubrió de macrófitas que impiden la reoxigenación del agua. En el caso de Tucuruí, de 2430 km<sup>2</sup> se superficie, los efectos fueron menores por su corto tiempo de retención (45 días). En cambio, el muy largo tiempo de retención del embalse propuesto por ICE (3.5 años) hace esperar que en el caso del Bala los efectos serían peores que en los dos embalses mencionados (Wasson, 1999).

Bajo las condiciones descritas, seguramente el embalse del Bala se *eutroficaría*, es decir se produciría un desarrollo sobreabundante de algas y plantas flotantes debido al incremento de nutrientes en el agua, lo que provoca a su vez un deterioro adicional de la calidad del agua (disminución de oxígeno).

El deterioro de la calidad del agua, junto a otros problemas, tendría un *impacto fuerte sobre la fauna y biodiversidad acuática*, que es muy grande: se han registrado 136 especies solamente en la cuenca subandina del río Beni (Sarmiento y Barrera, 1997, citados por Wasson, 1999). Las zonas ribereñas, que son lugares preferidos para el desove de los peces y un hábitat esencial para muchos organismos, se verían afectadas para la vida acuática por las laderas rocosas y muy empinadas del embalse, con poca deposición de materia vegetal y por el hecho de que las plantas acuáticas enraizadas, que constituyen un hábitat favorable, no podrían instalarse en las riberas debido a una variación anual demasiado amplia. del nivel del agua. En el mismo embalse, las condiciones adversas limitarían por varios decenios el desarrollo de una comunidad acuática equilibrada y diversificada. En los primeros años se puede anticipar el desarrollo de una comunidad de aguas superficiales que subsistiría en base a la producción de plancton, lo que favorecería a ciertas especies de peces planctófagos e ictiófagos, pero perjudicaría a otros como el surubí y el pacú, de más interés para la pesca. Es difícil prever las condiciones a largo plazo, aunque el escenario más probable es una disminución del número de especies, subsistiendo aquellas que se puedan adaptar al lago (Wasson, 1999).

La fauna acuática podría verse aún más afectada por la presencia de mercurio en la cuenca y las concentraciones de ese metal por encima de los límites permisibles en peces carnívoros (Maurice-Bourgoin et al, 1999). En su forma metálica, tal como se encuentra en los sedimentos, el mercurio no presenta una fuerte toxicidad. Pero en condiciones anaeróbicas (sin oxígeno), el mercurio se convierte en una forma orgánica muy tóxica, el methyl-mercurio. En esta forma pasa al agua, entra en la cadena alimenticia y se acumula en los peces carnívoros y finalmente en el hombre. Justamente por las condiciones de desoxigenación previsibles en el lago subandino, existe el riesgo de que el mercurio acumulado en el sistema se transforme en methyl-mercurio, contaminando a los peces carnívoros a un nivel tal que impediría todo consumo y comercialización (Wasson, 1999).

La presa constituirá un obstáculo definitivo a la migración de numerosas especies de peces que se reproducen en los ríos de la cuenca alta. Los más abundantes y conocidos son los sábalos, que representan una fuente importante de proteínas para muchos pobladores ribereños y que desovan en ríos de aguas claras al inicio de la época de lluvias, para que posteriormente los huevos y alevines sean transportados aguas abajo. La presa cortaría el ciclo y el acceso a



lugares de reproducción de estos peces, reduciendo así sus poblaciones y en el caso de alguna especie, colocándola en riesgo de extinción (Wasson, 1999).

La inundación del embalse provocará la *pérdida de ecosistemas terrestres* en buen estado de conservación, con la consiguiente pérdida de fauna en un área de gran biodiversidad, lo que no podrá ser remediado con medidas como el rescate y traslado de ejemplares, que han demostrado ser ineficaces. Pero los ecosistemas terrestres afectados no se limitarían a la zona del embalse. El bosque de galería en las riberas aguas abajo del Bala, de gran riqueza biológica, se vería afectado por cualquier cambio en la dinámica fluvial, como la disminución de las inundaciones y del aporte de sedimentos y nutrientes por el río. A mediano y largo plazo, estos fenómenos disminuirían la extensión, productividad y biodiversidad de ese bosque. Un cambio en esa dinámica también produciría efectos importantes sobre las sabanas situadas a ambos lados del río, que se inundan estacionalmente. Si se profundiza el lecho y con ello baja el nivel del río Beni, se facilitaría el drenaje, lo que tendría como consecuencia probable una disminución de la extensión y duración de las inundaciones y del aporte de nutrientes, lo que afectaría negativamente la fertilidad de los suelos e indirectamente la actividad ganadera que se desarrolla en esas zonas (Wasson, 1999).

Desde hace tiempo se conoce que un embalse puede *incrementar los riesgos geológicos* en el área inundada. En primer lugar se tiende a inducir sismos cuya importancia depende de la magnitud de los sismos que se presentan naturalmente en el área. Por otro lado, el nivel del agua en el embalse, mucho más alto que en condiciones naturales, tiende a disminuir el rozamiento interno entre partículas, lo que contribuye a inestabilizar las laderas, aumentando el riesgo de derrumbes y deslizamientos. Estos riesgos son más grandes mientras más rápida es la variación del nivel freático y dependen mucho de la geología local. En el caso del Bala, la zona inundada es muy grande y no se dispone de estudios geológicos de suficiente detalle. El estudio de ICE-CBP menciona que debe tenerse especial cuidado con las serranías en que las areniscas cretácicas estén a una cota (nivel topográfico) baja, porque esta formación es muy permeable y por tanto susceptible a la filtración y a inestabilizarse.

*La sedimentación a producirse en el embalse*, además de ser un impacto de importancia, puede definir su vida útil económica. El transporte medio anual de sedimentos en suspensión de 212 millones de toneladas del río Beni en el Bala (ver subcapítulo 2.1) equivale a un volumen de  $0.17 \text{ km}^3/\text{año}$  (Barragán, 1990), que podría incrementarse en un valor que se estima inferior al 5% por la carga de fondo. Para la alternativa de ICE-CBP y si el embalse atrapase la totalidad de ese sedimento, se llenaría completamente en más de 1000 años y probablemente tardaría más de 700 años para llegar al nivel de las tomas. Evidentemente para esa alternativa, la vida útil del embalse es muy larga y por tanto no afecta su viabilidad económica. Sin embargo, es posible prever impactos ambientales porque los sedimentos tenderían a depositarse inicialmente en el extremo superior del embalse, en los valles del Alto Beni y sus afluentes. Además el gran tamaño y las bajas velocidades de flujo en el lago subandino harían que la eficiencia de atrape de sedimentos sea muy alta, probablemente del 100%.

La situación es muy diferente para la alternativa propuesta por Morris. Como el volumen combinado de las dos embalses es de solamente  $30 \text{ km}^3$ , se llenarían completamente en menos

de 180 años si la eficiencia de atrape fuese del 100% y probablemente en menos de 150 años hasta el nivel de las tomas. Como cada embalse tendría 15 km<sup>3</sup> de capacidad, esos tiempos serían menores para cada uno considerado individualmente. Vidas útiles tan cortas afectarían fuertemente la viabilidad económica del proyecto. Puede argumentarse que los embalses no atraparán todo el sedimento y que mediante un manejo adecuado, especialmente durante crecidas, puede lograrse que gran parte del sedimento pase río abajo. Este efecto depende fundamentalmente de la forma del embalse: las condiciones más favorables se dan en embalses alargados y estrechos, como probablemente sea el que se forme con la presa a ubicar en la serranía de Chepite. Por el contrario, un embalse ancho y profundo que provoque bajas velocidades de flujo, como el que se formaría detrás de una presa en El Bala, probablemente atrape casi todo el sedimento. Métodos rápidos como el de Brune dan valores de eficiencia de atrape de más del 90% para cualquiera de los dos embalses. En todo caso, serán necesarios estudios más profundos para definir este tema.

El *régimen hidrológico aguas abajo de la presa* será profundamente modificado por la regulación del caudal para la operación de la central. Este efecto será importante en los 620 km hasta la confluencia con el río Madre de Dios, ya que los tributarios de este tramo aportan un caudal que equivale sólo al 40% del río Beni en El Bala. En primer lugar, los caudales mínimos mensuales subirán grandemente, duplicando o triplicando el caudal del mes más seco (agosto). En segundo lugar, tanto las crecidas extraordinarias como las ordinarias serán amortiguadas y además disminuirá su frecuencia. Si por un lado, se puede considerar que hay un impacto positivo por la reducción de inundaciones catastróficas, por otro diversas investigaciones han mostrado que las inundaciones anuales son esenciales para el sistema y el mantenimiento de su gran riqueza biológica. Son las crecidas las que regeneran la morfología fluvial, creando una red de cauces y lagunas conectadas con el cauce principal, manteniendo así una gran diversidad de hábitats para la fauna acuática. En particular los peces se reproducen en las zonas de inundación, que son por tanto esenciales para la riqueza piscícola del río (Wasson, 1999). Por estas razones es cada vez más frecuente que en el manejo de grandes embalses sea obligatorio dejar salir caudales altos, superiores a los requeridos por la central, durante los meses húmedos, con el objeto de mantener artificialmente un periodo de crecida.

Las presas producirán *cambios morfológicos y del cauce aguas abajo*, en primer lugar por la retención de sedimentos en el embalse. Un primer cambio morfológico de importancia es la profundización gradual del lecho del río aguas abajo de la presa, lo que provoca a su vez una *disminución en los niveles freáticos* del agua subterránea en las zonas ribereñas. Es difícil prever la magnitud y extensión de este fenómeno, en parte por falta de información topográfica. La pendiente del río Beni aguas abajo de Rurrenabaque está en el orden de 9 a 18 cm/km, pero existen controles geomorfológicos como los afloramientos rocosos en las cachuelas próximas a la confluencia con el Madre de Dios, que indudablemente limitarían esa profundización, cuyo valor máximo se produciría probablemente al pie de la represa, con el consiguiente peligro para la estabilidad y seguridad de las estructuras. Por otro lado, al no conocerse con suficiente precisión el funcionamiento hidrogeológico de la llanura circundante al río Beni, no es posible prever la magnitud de los impactos que provocaría el descenso del nivel freático sobre el bosque galería y las sabanas.

La profundización del lecho podría tener un efecto adicional muy fuerte sobre los peces, al aislar el curso principal del río de sus lagunas anexas y zonas de inundación, que como ya se vio, son áreas de reproducción. Además la profundización del lecho del río Beni, significará también la profundización del lecho de los afluentes, al menos en su tramo final antes de su confluencia con el curso principal. En general existirá degradación del sistema fluvial por socavación directa del fondo y orillas.

Un otro impacto de importancia es la disminución del aporte de nutrientes hacia las zonas ribereñas y de inundación. La deposición de sedimentos fértiles en estas zonas favorece el crecimiento de un ancho bosque galería, cuya riqueza biológica depende de ese aporte anual y es la razón de que sean justamente las áreas que tienen los mejores suelos, cuyas propiedades se verán afectadas por la retención de los sedimentos en el embalse.

Un otro impacto asociado a un proyecto de este tipo es el *cambio en el nivel freático del agua subterránea en la zona adyacente al embalse*, que tenderá a aumentar junto con el del agua retenida en el embalse y además variará más rápidamente que en condiciones naturales siguiendo las fluctuaciones por la operación del embalse. Estas fluctuaciones, además de afectar los acuíferos próximos, incrementan los riesgos geológicos.

Se conoce ya con certidumbre que los embalses tropicales producen fuertes *emisiones de gases de efecto invernadero* (Fearnside, 1995), que pueden perfectamente superar las emisiones de una planta termoeléctrica de potencia equivalente, por la gran biomasa que inundan y que entra en descomposición. Por esta razón, un embalse como El Bala seguramente no sería sujeto de beneficios como los previstos por el acuerdo de Kioto, que pueden contribuir grandemente a la viabilidad de un proyecto hidroeléctrico.

## Capítulo 3

### ANÁLISIS DEL PROYECTO

#### 3.1 ANÁLISIS AMBIENTAL

Las grandes presas son proyectos controvertidos y frecuentemente objeto de debates muy polarizados. Sin embargo, no todas las presas son iguales en términos de impactos sociales y ambientales. Un reciente trabajo del Banco Mundial (Ledec et al, 1999) muestra claramente que algunas grandes presas (denominadas por los autores “presas buenas”) son relativamente benignas en cuanto a impactos, mientras que otras han causado grandes daños ambientales y sociales: son las “presas malas”.

Un otro problema es que las evaluaciones de impacto ambiental de los proyectos de grandes presas tienden a describir un amplio rango de impactos, pero sin llegar a conclusiones o recomendaciones sobre la conveniencia o no, desde el punto de vista socioambiental, de llevar a cabo un determinado proyecto. Los autores del trabajo mencionado proponen una metodología simple, basada en unos cuantos indicadores, que permite clasificar a las presas cuyo fin principal es la producción de energía hidroeléctrica, en “buenas” o “malas”. Esa metodología se usará en el presente trabajo.

Ledec et al proponen siete indicadores clave y varios complementarios, que se listan en la tabla 3.1. Estos indicadores fueron escogidos tanto por su relevancia ambiental como por la relativa facilidad con que pueden ser obtenidos en base a los datos técnicos del proyecto. Incluso se puede llegar a conclusiones útiles en base a algunos de ellos, en caso de que no se puedan estimar todos. Los autores encontraron que los dos indicadores más importantes son la relación de hectáreas inundadas por megawatt de potencia y el número de personas desplazadas por megawatt. Si varios indicadores clave de un determinado proyecto son “malos”, el proyecto no es recomendable desde el punto de vista social y ambiental y deberían buscarse proyectos alternativos.

**Tabla 3.1: Indicadores socioambientales de proyectos de presas**

<b>Indicadores clave</b>	<b>Indicadores complementarios</b>
Personas desplazadas por megawatt	Habitats críticos afectados
Area inundada por megawatt	Propiedad cultural afectada
Tiempo de retención del agua en el embalse	Diversidad de peces en riesgo
Biomasa cubierta por las aguas en ton/hectárea	Longitud seca de río
Longitud de río embalsado	Vida útil del embalse
Número de tributarios aguas abajo	Probabilidad de estratificación térmica
Camino de acceso a través de bosques inalterados	Eutroficación y crecimiento de algas
	Riesgo de expansión de enfermedades
	Pérdidas de infraestructura y tierras productivas
	Inundación de bosques naturales

Fuente: Ledec et al, 1999

**Tabla 3.2: Valoración de indicadores sociales y ambientales**

<b>Indicador</b>	<b>Presa “buena”</b>	<b>Presa “mala”</b>
<b>Indicadores clave</b>		
Número de personas desplazadas por megawatt	Bajo (<10 personas por megawatt)	Alto (>50 personas por megawatt)
Area inundada por megawatt	Baja (<5 hectáreas por megawatt)	Alta (>50 hectáreas por megawatt)
Tiempo de retención del agua en el embalse	Menor a 2 meses	Mayor a 6 meses
Biomasa cubierta por las aguas en toneladas por hectárea	Menor a 50 toneladas por hectárea	Mayor a 150 toneladas por hectárea
Longitud de río embalsado (km/km)	<0.05	>0.25
Número de tributarios aguas abajo de la presa	>75%	<30% En el río principal con pocos o ningún tributario importante aguas abajo
Camino de acceso a través de bosques inalterados	No atraviesa bosques o es de muy corta longitud	Camino de longitud apreciable
<b>Indicadores complementarios</b>		
Personas pobres o comunidades indígenas afectadas	No	Sí
Propiedad cultural afectada	?	?
Habitats naturales críticos afectados	No	Sí
Diversidad de peces en riesgo	Pocas especies (típico de ríos de alta montaña)	Muchas especies (típico de ríos tropicales de llanura)
Longitud seca de río	No	Sí
Vida útil del embalse	Mayor a 400 años	Menor a 100 años
Eutroficación y crecimiento de algas	No se presenta, embalse oligotrófico	Alta probabilidad de eutroficación en el embalse
Riesgo de expansión de enfermedades	Ninguno (debido a grandes altitudes o latitudes)	Serio (malaria, esquistosomiasis, etc)
Pérdidas de vida animal salvaje	Bajas por pérdida mínima de hábitat	Altas, incluso con esfuerzos cosméticos de rescate
Pérdidas de infraestructura y tierras productivas (\$)	?	?
Inundación de bosques	Poca o ninguna	Extensa, lo que está asociado a problemas de calidad de aguas

Fuente: Ledec et al (1999), complementado por el autor

Cada uno de los indicadores clave expresa la importancia de ciertos impactos. Así el *número de personas desplazadas por megawatt* es una medida muy útil de los impactos sociales del proyecto. El *área inundada por el embalse* está relacionada a varios impactos ambientales como la pérdida de habitats y fauna y a la propagación de enfermedades y eutroficación en los trópicos. El *tiempo de retención de agua* es muy útil para estimar la posibilidad de que un embalse tenga problemas de calidad de aguas a largo plazo. Mientras más corto sea ese tiempo, menores serán esos problemas. Se calcula como una función del volumen del embalse y el caudal medio del río. La *biomasa cubierta por el agua* da una clara idea del tipo de vegetación a inundar por el embalse. La inundación de bosques tropicales densos afecta la

biodiversidad y favorece la eutroficación y la liberación de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono y metano). Para conservar la biodiversidad acuática y ribereña los embalses deberían *minimizar la longitud (medida en km) de río embalsado* (río principal más afluentes), calculada para el periodo de aguas altas. La ubicación de la presa en el sistema fluvial se expresa como el *número de tributarios importantes no embalsados* aguas abajo de la presa. Mientras más tributarios existan, habrán mejores posibilidades de mantener: a) ambientes accesibles para peces migratorios, b) el régimen hidrológico natural del río, c) aportes de nutrientes y sedimentos a los tramos aguas abajo. Finalmente, los proyectos deberían *minimizar la longitud de los caminos nuevos a través de o próximos a bosques inalterados*, por el riesgo asociado de inducir deforestación.

La tabla 3.2 muestra cuantitativamente o cualitativamente los valores sugeridos para cada indicador, para que una presa sea calificada de “buena” o “mala”. Esos valores se obtuvieron en base al análisis de datos de muchas presas ya construidas en América y el resto del mundo. Se aplicó esa metodología a la alternativa ICE-CBP, para la que se cuenta con más información. Sin embargo, por su interés práctico se aplicó también a la alternativa más reciente de Morris en base a la información disponible, a la que se generó para el presente estudio y finalmente, al criterio personal del autor. De todas maneras, la información disponible y obtenida no permitió la aplicación de todos los indicadores, especialmente en el caso de la segunda alternativa.

La tabla 3.3 muestra los resultados de aplicar la metodología descrita en forma de valores numéricos (cuando corresponde) y su calificación como M (“mala”), B (“buena”) y a veces I (“intermedia”). La forma en que se aplicaron algunos indicadores al proyecto El Bala merece alguna explicación complementaria. Para la biomasa inundada se estimaron valores de densidad en base a referencias generales y los datos obtenidos en el embalse de Tucuruí y otros embalses de la Amazonía brasileña (Fearnside, 1995), que se supusieron similares a la región del Bala. La longitud de río embalsado se midió sobre el curso principal del río Beni, y es aproximadamente igual (130 km) para las dos alternativas, que se dividió por la longitud total del río Beni hasta El Bala (440 km). La alternativa de Morris afecta una menor longitud de ríos tributarios, en particular el Tuichi y el Quiquibey, pero no del río principal.

Para el número de tributarios aguas abajo, se consideró que la cuenca del río Beni se extiende hasta la confluencia con el río Madre de Dios, tal como aparece en prácticamente todos los mapas de cuencas de Bolivia. Aguas abajo del Bala, el río Beni sólo tiene un tributario de importancia, el río Madidi (Roche et al, 1992), estando todos los demás situados aguas arriba. De ahí el valor bajo de este indicador.

Varios indicadores complementarios se evaluaron en base a los datos y estimaciones descritos en el subcapítulo 2.4, como por ejemplo el gran número de especies de peces en riesgo, la vida útil probable de los embalses y los riesgos de eutroficación y de expansión de enfermedades. Para el indicador de hectáreas de bosque inundadas se supuso que prácticamente toda el área a inundarse es bosque primario. Se consideró que en ninguna época del año se dejará en seco algún tramo del río Beni, lo que es razonable por la forma en que se espera operará la central.

**Tabla 3.3: Indicadores ambientales del proyecto El Bala**

Indicador	ICE-CBP		MORRIS	
<b>Indicadores clave</b>				
Número de personas desplazadas por megawatt	<1	B	<1	B
Area inundada por megawatt (ha/Mw)	>100	M	48	I
Tiempo de retención del agua (meses)	42	M	6	I
Biomasa cubierta por las aguas en toneladas por hectárea	>200	M	>200	M
Longitud de río embalsado (km/km) 130	0.3	M	0.3	M
Número de tributarios no alterados aguas abajo	<0.25	M	<0.25	M
Camino de acceso a través de bosques inalterados (km)	>10	I	>40	M
<b>Indicadores complementarios</b>				
Personas pobres o comunidades indígenas afectadas	Si	M	Si	M
Especies de peces en riesgo	Muchas	M	Muchas	M
Longitud seca de río (km)	0	B	0	B
Vida útil del embalse (años)	>1000	B	<200	I
Eutroficación y crecimiento de algas	Si	M	Si	M
Riesgo de expansión de enfermedades	Si	M	Si	M
Pérdidas de infraestructura y áreas productivas	No	B	No	B
Inundación de bosques (ha/Mw)	>100	M	47	M

Fuente: Elaboración propia en base a datos de ICE-CBPBE (Mayo 1998)

La tabla 3.3 muestra que la alternativa ICE-CBP obtiene calificaciones malas (en realidad muy malas) en dos indicadores clave como son el área inundada por megawatt y el tiempo de retención en el embalse, frente a valores en un rango intermedio para la alternativa Morris. Sin embargo, esta última obtiene una calificación mala en el camino de acceso, lo que se debe a que la presa adicional en Chepite requerirá un camino adicional de longitud apreciable a través de bosques prístinos. En conjunto, la alternativa ICE-CBP obtiene cinco indicadores clave malos y la alternativa Morris cuatro malos de siete. Los indicadores complementarios no varían esta situación, ya que la mayoría obtiene calificación mala para las dos alternativas. Se destaca que la alternativa de Morris presenta una calificación peor que la de ICE-CBP (I frente a B) en el indicador de vida útil.

El proyecto Bala obtiene calificación “buena” en el indicador social de personas desplazadas, por ser muy pocas las personas que habitan la zona a inundarse, aunque gran parte pertenecen a comunidades indígenas, lo que se refleja en ese indicador complementario.

En resumen, el proyecto Bala, para las dos alternativas analizadas, presenta impactos negativos en número y magnitud tal que el proyecto puede calificarse como “malo” desde el punto de vista ambiental. La alternativa presentada por Morris disminuye la magnitud de los impactos asociados a dos indicadores clave, pero incrementa otro, por lo que al menos según esta

evaluación preliminar, la reducción global de impactos negativos para esta alternativa no es suficiente para evitar esa calificación.

### **3.2 ANALISIS ECONOMICO Y TECNICO**

Los resultados negativos obtenidos por Reid (1999) para la evaluación económica y financiera de la alternativa ICE-CBP, descritos en el subcapítulo 2.2, se basan en que el único mercado posible actualmente es el brasileño, lo que concuerda con las conclusiones de Lara (1999), quien después de analizar los mercados energéticos de todos los países limítrofes, mostró que o son muy pequeños para la magnitud del proyecto El Bala (Paraguay), o tienen oferta en exceso y precios de venta bajos (Argentina), o una combinación de esos y otros factores (Perú y Chile).

Sin embargo, es necesario analizar los resultados de Reid desde una perspectiva amplia. Por un lado, cabe imaginar la posibilidad de que el concesionario obtenga financiamiento a una tasa menor a la del 12 % que usó Reid en sus cálculos. Esta situación, bastante frecuente, se presenta por ejemplo cuando una empresa recurre a Fondos o Agencias descentralizadas del Gobierno de su país de origen, a tasas de interés más bajas que las del mercado. Este fue el caso de la empresa Gas Oriente Boliviano cuando recurrió al financiamiento de la Overseas Investment Private Corporation (OPIC) estadounidense para el gasoducto San Miguel-San Matías-Cuiabá, actualmente en construcción.

Por otro lado, la evaluación económica del proyecto Bala es muy sensible a la inversión inicial. Lara (1999) expresó las cosas de esta manera: para un precio promedio de venta de 28 \$us/MWh, la inversión unitaria no podrá ser mayor a 950 \$us/Kw instalado, lo que aplicado a la alternativa de 2460 MW equivaldría a una inversión máxima total de 2340 millones de \$us para que el proyecto pudiera ser rentable. Y aquí surge una pregunta, ¿debe ser atribuido al Bala todo el costo de la línea de transmisión hasta el estado de Mato Grosso en Brasil? Si la respuesta es sí, el proyecto tiene pocas probabilidades de ser rentable, aún asumiendo que las condiciones favorables del angosto permitan que la inversión en obras civiles y equipo sea relativamente baja, tal como lo indica la estimación de ICE. Esto muy probablemente sea válido incluso para otras alternativas, como la de Morris, cuyo costo total no debería exceder de 1700 millones de \$us para una potencia de 1800 MW.

Sin embargo, cabe imaginarse otras situaciones. Lara (1999) presentó un posible escenario en que Bolivia empezase a exportar energía eléctrica generada por plantas térmicas a gas ubicadas en el Chapare cochabambino, lo que implica el tendido de una línea de transmisión desde esa región hasta la frontera brasileña. La ubicación de una planta termoeléctrica en el Chapare podría tener sentido si deja de regir el actual precio único (“estampilla”) del gas en cualquier punto del país (lo que de todas maneras es muy improbable, según lo que se infiere de las recientes declaraciones de las autoridades bolivianas), lo que haría que el precio en regiones productoras como el Chapare fuera más bajo que en la frontera, en Puerto Suárez. El gobierno debe tomar una decisión sobre este tema el año 2001. En ese hipotético caso, el Bala sólo tendría que conectarse hasta la central del Chapare a través de una línea de transmisión de unos



400 km de longitud, en vez de los más de 1000 km que se requieren hasta la frontera brasileña, con lo que podría volverse un proyecto competitivo al reducirse grandemente la inversión inicial. En resumen, si bien en el nivel que se encuentra el proyecto no se pueden determinar costos ni realizar una evaluación formal, es claro que la factibilidad económica del proyecto depende mucho del costo y longitud de la línea de transmisión que debe transportar la energía generada por El Bala hacia su mercado de consumo.

La situación descrita en el párrafo anterior también favorecería, y en un grado tal vez mayor, a otros proyectos hidroeléctricos situados en el mismo Chapare o en la cuenca andina del río Beni, pero más cerca, como las centrales en cascada del río Altamachi, listadas en la tabla 2 del anexo. Esta es una razón adicional para estudiar el potencial hidroeléctrico de toda la cuenca del río Beni y no solamente del Bala.

También es relevante identificar quienes se beneficiarían económicamente con el proyecto y quienes pagarían los costos. De acuerdo a Reid (1999), los probables beneficiarios serían las empresas constructoras y consultoras que se harían cargo del proyecto, seguramente extranjeras en su mayoría, los proveedores extranjeros de equipo, las fábricas de cemento, las empresas locales de servicios y los trabajadores calificados. En cambio, quienes pagarían los costos serían las comunidades indígenas afectadas por el embalse, el sector turístico y si el proyecto requiere de algún tipo de subvención, los bolivianos en general.

Es importante volver a puntualizar que bajo las leyes vigentes, ni el país ni la región recibirían ingresos por impuestos o regalías sobre exportación de energía, lo que no sería el caso si esa energía se destinase al mercado doméstico, donde sí se pagan impuestos. Sin impuestos ni regalías y en el caso de que el proyecto fuese construido y manejado por capital privado, no es posible imaginar de donde saldrían los fondos para desarrollar el ecoturismo y financiar la extensión y manejo de las áreas protegidas en la región, tal como sugiere Morris (1999). La única forma de que el Estado boliviano reciba ingresos concretos es a través de la promulgación de leyes específicas que creen esas regalías, como ya se dio en el proyecto de las presas del río Bermejo. Por otro lado, un nuevo impuesto influiría negativamente sobre la rentabilidad financiera del proyecto.

### **Aspectos técnicos**

La gran extensión del embalse para la alternativa ICE-CBP implica serios problemas técnicos, como el tiempo muy largo de llenado del embalse (5 años), el probable deterioro de los equipos por deterioro de la calidad del agua y los problemas de sedimentación. Sin embargo, aparte de la descripción técnica incluida en el subcapítulo 2.2 y a diferencia del tema ambiental, es poco lo que se puede añadir sobre aspectos técnicos, ya que los estudios disponibles son de carácter muy preliminar. Aquellos temas que podrían despertar preocupación, como la geología del sitio de presa y de la zona a inundar por el embalse, seguramente serán abordados en los estudios de prefactibilidad, que también deberán incluir una adecuada evaluación de los impactos ambientales.

### 3.3 SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO

En el momento en que se concluía el presente informe (Abril de 2000), la Prefectura de La Paz publicó por prensa la licitación para que empresas consultoras se hagan cargo de la elaboración de los pliegos de condiciones (términos de referencia) para los estudios de prefactibilidad, iniciando así formalmente el largo proceso de estudios y diseños del proyecto. Este proceso, que continuaría con los estudios de factibilidad y posteriormente con los de diseño final, puede fácilmente durar 10 años. Si a esto se añaden los 8 a 10 años que ICE-CBP estimaron para la construcción, se tiene que en el escenario más optimista la central hidroeléctrica del Bala podría empezar a funcionar en 15 a 20 años, y en 30 a 40 años para un escenario más realista.

El costo de los estudios de prefactibilidad, estimado por la empresa ICE en alrededor de 4 millones de dólares, al parecer será cubierto con fondos de la Prefectura de La Paz, que es el gobierno departamental. Considerando la magnitud del proyecto, el costo global de todos los estudios hasta el de diseño final puede fácilmente acercarse a los 100 millones de dólares, suficientemente grande como para merecer una amplia discusión sobre quien debe asumirlo y en qué condiciones.

Existe además la posibilidad de que el tiempo y dinero a invertir en El Bala signifiquen la postergación de otros programas o proyectos que tendrán gran impacto sobre el desarrollo de la región. Sin duda uno de ellos es el disponer de una infraestructura vial confiable, con caminos transitables todo el año, que integren efectivamente la ciudad de La Paz con los Yungas y las tierras bajas del Norte, que diversos análisis (Reid, 1999) muestran que es la inversión en infraestructura que reportará los mayores beneficios en el corto y el largo plazo. Por otro lado y considerando las incertidumbres que acompañan al proyecto, cualquier estudio serio debería incluir una evaluación del enorme potencial hidroenergético de toda la cuenca andina del río Beni, estimado preliminarmente en 22000 MW (55% del correspondiente a todo el país). De un estudio así podrían surgir otros proyectos alternativos (o complementarios) al Bala, en caso de que este no fuese factible o provocase impactos sociales y ambientales negativos demasiado grandes.

En 1998 el Congreso boliviano promulgó por segunda vez una ley que declara al Bala como prioridad nacional y recomienda la creación de un Comité Impulsor, que fue formado posteriormente. En la gestión del actual prefecto Luis Alberto Valle, fue asumido como una reivindicación regional y presentado como el proyecto estrella de su propuesta de desarrollo. Un enfoque así, que convierte al Bala en una meta aún antes de saber si es factible, conlleva el riesgo de que algunos sectores que impulsan el proyecto caigan en el discurso político, evitando el análisis y la discusión abierta, que son tan necesarios para que la ciudadanía tenga los elementos necesarios para decidir sobre la conveniencia o no de llevarlo a cabo.

## Capítulo 4

### CONCLUSIONES

El proyecto Bala contempla la construcción de una o más presas en una de las regiones de más alta biodiversidad del planeta, al mismo tiempo poco desarrollada y escasamente poblada. Las metas fijadas en la década del 50 para este proyecto se han mantenido hasta el presente y son: generación de energía, control de inundaciones, habilitación de tierras agrícolas y mejoramiento de la navegación. Es la primera de ellas la que en años recientes ha inyectado nueva vida al Bala por la posibilidad de exportar energía eléctrica al Brasil.

Desde el punto de vista ambiental, las dos alternativas del proyecto analizadas en el presente trabajo provocarían grandes impactos negativos, una conclusión que muy probablemente se podría extender a cualquier presa de más de 50 m de altura que se construyese sobre el curso principal del río Beni, en el tramo donde este río cruza las serranías del Subandino. Merece destacarse que la alternativa más reciente propuesta por Morris disminuiría significativamente, con respecto a la alternativa ICE-CBP, los impactos asociados al área y volumen del embalse, pero incrementaría los impactos asociados al camino de acceso. La combinación de esos factores no puede impedir que el proyecto sea calificado de “malo” para cualquiera de las alternativas, por la magnitud de los impactos. Por otro lado, pocas personas serían desplazadas por el embalse que se formaría detrás de la presa, lo que se debe a que la zona a inundarse está muy despoblada.

Desde el punto de vista económico y financiero, el proyecto depende mucho de la magnitud de la inversión inicial, una parte importante de la cual es la línea de transmisión que conectará la central hidroeléctrica con su mercado de consumo. Como el mercado brasileño se vislumbra como el único posible, si todo el costo de la línea de transmisión hasta la región centro occidental de Brasil es atribuido al Bala, el proyecto tiene pocas probabilidades de ser rentable, aún asumiendo que las condiciones favorables del angosto permitan que la inversión en obras civiles y equipo sea relativamente baja. Sin embargo, la construcción de plantas térmicas a gas de tamaño comparable al Bala en territorio boliviano, y particularmente en la región del Chapare, con el mismo propósito de exportar energía eléctrica al Brasil, podría volver competitivo al proyecto al reducir grandemente la longitud de la línea de transmisión

Actualmente ya están en marcha proyectos de exportación de energía generada por plantas termoeléctricas ubicadas en la zona fronteriza de Puerto Suárez. La ubicación de una planta termoeléctrica en el Chapare podría tener sentido si deja de regir el actual precio único del gas en cualquier punto de Bolivia (aunque esto es muy improbable), lo que haría que el precio en regiones productoras como el Chapare fuera más bajo que en la frontera. En ese hipotético caso, el Bala sólo tendría que conectarse hasta una central en el Chapare a través de una línea de transmisión de unos 400 km de longitud, en vez de los más de 1000 km que se requieren hasta la frontera brasileña. En resumen, si bien a corto plazo el mercado brasileño de energía será cubierto mediante térmicas a ser instaladas en ese país y en la región fronteriza, abastecidas con gas natural boliviano, a largo plazo puede concebirse un escenario en que los proyectos termoeléctricos se complementen con proyectos hidroeléctricos como El Bala.

Un otro aspecto a tomar en cuenta es que bajo las leyes vigentes, ni el país ni la región recibirían ingresos por impuestos o regalías sobre exportación de energía, lo que no sería el caso si esa energía se destinase al mercado doméstico, donde sí se pagan impuestos. La única forma de que el Estado boliviano reciba ingresos concretos es a través de la promulgación de leyes específicas que creen esas regalías, como ya se dio en el proyecto de las presas de la cuenca del río Bermejo.

La discusión y análisis sobre el proyecto inevitablemente lleva al tema del desarrollo regional y de la infraestructura que ese desarrollo requiere. Según lo expresado por los propios pobladores en varios talleres realizados en la zona, incluyendo el de julio del 2000, las dos necesidades prioritarias en infraestructura son, en ese orden, caminos y energía barata. Disponer de una infraestructura vial confiable, con caminos transitables todo el año, que integren efectivamente la ciudad de La Paz con los Yungas y las tierras bajas del Norte es la inversión en infraestructura que, según diversos analistas, reportará los mayores beneficios en el corto y el largo plazo. Para el suministro de energía en el área de influencia del proyecto, incluyendo las poblaciones de San Buenaventura y Rurrenabaque, se han planteado varias alternativas, incluyendo proyectos hidroeléctricos de escala mucho menor que El Bala, que en el corto plazo podrían resolver el problema de disponer de energía confiable y más barata que en la actualidad. Por otro lado, parece muy sensato realizar una evaluación detallada del gran potencial hidroenergético de toda la cuenca andina del río Beni, estimado preliminarmente en 22000 MW (55% del correspondiente a todo el país). De un estudio así podrían surgir otros proyectos alternativos (o complementarios) al Bala.

Finalmente y considerando las limitaciones del país en cuanto a fondos para el desarrollo, la selección de inversiones alternativas debería hacerse en el marco de una planificación regional con estrategias y propósitos claros, que tome en cuenta las ventajas comparativas existentes. Al mismo tiempo, debe impulsarse el análisis y la discusión abierta, que proporcione a la ciudadanía los elementos necesarios para decidir sobre la conveniencia o no de llevar a cabo megaproyectos como El Bala.

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor desea expresar su agradecimiento a las siguientes personas por la información brindada, sus comentarios y/o apoyo:

Lourdes Calla, Foro Paceño del Medio Ambiente y Desarrollo

Danitza Defilippis, Consultor

Benito Fernández, Foro Paceño del Medio Ambiente y Desarrollo

Jenny Gruenberger

Armando Lara, Iberdrola

Rogel Mattos, Consultor

Freddy Miranda y Juan Pablo Arce, CI-Bolivia

Patricia Molina, Foro Boliviano del Medio Ambiente y Desarrollo

Bernard Pouyaud, IRD

John Reid, Conservation Strategy Fund

Daniel Robison, Consultor

Glen Switkes, International Rivers Network

Jean Gabriel Wasson, IRD

## REFERENCIAS

- Bacon, R.W., Besant-Jones J.E. y Heidarian J. (1996): "Estimating construction costs and schedules: Experience with power generation projects in developing countries". World Bank Technical Paper No. 325. Washington DC.
- Barragán, C. (1990): "Estudio sedimentológico de la cuenca andina del río Beni". Tesis Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- Campos (1990): "Estudio climatológico de la cuenca andina del río Beni". Tesis Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- CBP (1995): "Proyecto de aprovechamiento integral del río Beni. Estudio a nivel de perfil". Cochabamba, Bolivia.
- Fearnside, P. (1995): "Hydroelectric Dams in the Brazilian Amazon as sources of "Greenhouse" Gases. En Environmental Conservation, Vol. 22, No. 1.
- Guyot (1992): "Hidrogéochimie des fleuves de l'Amazonie bolivienne". Thèse de Doctorat. Université de Bordeaux, Francia.
- Guyot, J.L., Quintanilla, J., Cortes, J., Filizola, N. (1995): "Les flux de matières dissoutes et particulaires des Andes de Bolivie vers le rio Madeira en Amazonie Brésilienne". Seminario Aguas glaciares y cambios climáticos en los Andes tropicales", La Paz.
- Lara, A. (1999): "Mercados para el proyecto Bala y comentarios al trabajo de J. Reid". La Paz.
- Ledec, G., Quintero, J., Mejía M. (1999): "Good Dams and Bad Dams: Environmental and Social Criteria for Choosing Project Sites". The World Bank, Environment Unit. Mayo 1999.
- Kemper, S. (2000): "El Parque Nacional Madidi". Revista National Geographic, marzo 2000.
- Pouyaud, B., Diaz, C., Fraizy, P., Bourgoïn, L. (1999): "Variabilité interannuelle des caractéristiques du rio Beni au site du projet de barrage de Angosto del Bala et conséquences previsibles".
- Prefectura del Departamento de La Paz y Morris, G. (1999): "Un Nuevo Enfoque sobre el proyecto Bala". La Paz.
- Reid, J. (1999): "Dos Caminos y un lago. Análisis económico del desarrollo de infraestructura en la cuenca del río Beni". Conservation Strategy Fund, CA, USA.
- Ribera, M.O., Libermann, M., Beck, S., Moraes, M. (1994): "Mapa de la vegetación y áreas protegidas de Bolivia". La Paz.

Roche M.A. et al (1992): "Balance Hídrico Superficial de Bolivia". Publicación PHICAB, La Paz, 28 p.

Wasson, J.G. (1999): "Posibles impactos del proyecto hidroeléctrico Bala en los ecosistemas acuáticos". La Paz, Bolivia.

## GLOSARIO

*Agua regulada:* Volumen de agua que es regulado mediante medios artificiales como presas y embalses

*Análisis de sensibilidad:* Técnica que permite determinar que parámetros, al variar, influyen más en los resultados (de la evaluación económica para el caso presente)

*Caudal de estiaje:* Caudal que se presenta en un río o curso de agua durante los meses más secos

*Caudal pico:* Caudal máximo que se presenta durante una crecida

*Crecida:* Aumento drástico del caudal o agua en un río como consecuencia de lluvias intensas

*Desmonte:* Remoción de la vegetación de una zona boscosa

*Embalse:* Lago artificial que se forma detrás de una presa

*Escurrimiento:* Parte del agua de lluvia que llega al suelo y fluye sobre la superficie de éste

*Eutroficación:* Desarrollo sobreabundante de algas y plantas flotantes en un lago o embalse con la consecuente disminución de oxígeno en el agua

*Estudio de prefactibilidad:* Estudio de carácter inicial para un proyecto, en que se estudian varias alternativas posibles, para definir si alguna o algunas son económica y técnicamente factibles

*Hormigón compactado:* Hormigón (mezcla de cemento, grava, arena y agua) que se coloca en capas compactándolo con maquinaria

*Laminación:* Reducción del caudal máximo de una crecida

*Mitigación y restauración:* Conjunto de medidas que tienen por objeto disminuir o contrarrestar impactos ambientales negativos y/o volver un área afectada por algún proyecto o actividad a un estado lo más próximo posible a su estado previo

*Nivel máximo de operación:* Nivel máximo que puede alcanzar el agua en un embalse para que funcionen las obras o equipos asociados, como por ejemplo las turbinas de una central hidroeléctrica

*Nivel freático:* Nivel que alcanza el agua subterránea



*Periodo de retorno:* Tiempo promedio que transcurre para que una crecida de magnitud dada sea igualada o superada

*Población mínima viable:* En Biología, número mínimo de ejemplares para que una determinada especie animal no se extinga en una región

*Potencia instalada:* Potencia nominal total de las turbinas de generación de una central eléctrica

*Presa:* Barrera de contención colocada transversalmente a un río para almacenar el agua y/o elevar su nivel

*Resuspensión de limos:* Proceso por el cual partículas finas del lecho de un río son levantadas y luego transportadas por el agua

*Tasa de descuento:* Tasa usada para el cálculo de rentabilidad de un proyecto, por ejemplo la tasa de interés que se cobraría por el préstamo para llevar a cabo el proyecto

*Tasa interna de retorno:* Tasa que mide la rentabilidad del capital invertido, que se define como aquella para la cual los costos igualan a los beneficios de un proyecto

*Tiempo de residencia:* Tiempo promedio que el agua que ingresa a un embalse permanece en él.

*Valor actual neto:* Valor al tiempo presente de una inversión, que se obtiene actualizando los beneficios y costos usando la tasa de descuento

*Vaso:* Espacio físico que será ocupado por un embalse

*Vertedero de excedencias:* Obra hidráulica que se construye para descargar el agua en exceso acumulada en el embalse a partir de un nivel determinado

*Vida útil del embalse:* Tiempo en años que tarda el embalse en llenarse de sedimentos hasta un nivel que afecte seriamente su capacidad de regular el caudal del río o la operación de las obras asociadas

*Volumen anual de escurrimiento:* Flujo superficial de una cuenca calculado como volumen anual en m<sup>3</sup>.

## ANEXO

**Tabla 1: Potencial hidroenergetico estimado  
Cuenca del río Beni hasta Angosto del Bala**

SUBCUENCA	AREA	EFIR	EMED	PIN	ESP
Luribay	2244	191	290	66	0.13
Ayopaya	2590	340	756	173	0.29
La Paz	2872	731	1625	371	0.56
Alto Beni	2641	700	1556	355	0.59
Calambita	2090	562	1249	285	0.60
Inquisivi	885	252	561	128	0.63
Santa Rosa	2179	673	1496	342	0.68
Tuichi	4256	1375	3056	698	0.72
Quiquibey	3821	1278	2841	649	0.74
Quendeque	4192	1412	3138	716	0.75
Aten	3115	1134	2520	575	0.81
Santa Elena	2795	1221	2714	620	0.97
Cocapata	1141	579	1286	194	1.12
Altamachi	3103	1900	4223	964	1.36
Taipiplaya	2423	1620	3600	822	1.48
Miguillas	1077	789	1753	400	1.63
Tipuani	2359	1782	3959	904	1.68
Consata	4333	3471	7714	1761	1.78
Tamampaya	3115	2601	5780	1320	1.85
Zongo	1487	1299	2887	659	1.94
Charazani	2154	2050	4555	1040	2.11
Challana	1397	1403	3117	712	2.23
Boopi	3013	3341	7425	1695	2.46
Pelechuco	4551	5306	11790	2692	2.59
Cotacajes	2000	2403	5339	1219	2.67
Kaka	1667	5445	12101	2763	7.26
<b>TOTAL CUENCA</b>	<b>67500</b>	<b>43799</b>	<b>97331</b>	<b>22222</b>	<b>1.52</b>

Fuente: CBP (1995)

- AREA = área de drenaje de la cuenca (km<sup>2</sup>)
- EFIR = energía firme (Gwh/año)
- EMED = energía media (Gwh/año)
- PIN = potencia instalable (Mw)
- ESP = energía específica (Gwh/año\*km<sup>2</sup>)

**Tabla 2: Centrales hidroeléctricas identificadas en la cuenca del río Beni**

No.	Nombre del Proyecto	Río	Tipo	Potencia MW	Energía GWh/Año	Estado Actual
1	Altamachi 1a	Altamachi	E	220.0	665	P
2	Altamachi 1b	Altamachi	E	186.0	570	P
3	Altamachi 2b	Altamachi	E	73.0	224	P
4	Cocapata	Cocapata	E	40.0	250	P
5	Misicuni	Misicuni	M	120.0	500	DF
6	Condor Cala	Miguillas	E	75.0	350	P
7	Tangara	Miguillas	E	108.0	715	P
8	Palillada	Miguillas	E	110.0	584	PF
9	Ichoca	Ichoca	E	22.4	98	P
10	Tirata	La Paz	E	94.0	409	P
11	Lloja	La Paz	E	130.0	583	P
12	Huara	La Paz	E	100.0	380	P
13	Santa Rosa	Tamampaya	E	23.0	105	P
14	Umabamba	Tamampaya	E	37.5	166	P
15	Ilumaya	Tamampaya	E	54.0	235	P
16	Imamblaya	Tamampaya	E	80.8	455	P
17	Siete Lomas	Tamampaya	E	242.0	1039	P
18	Sakhahuaya	Unduavi/Taquesi	E	76.0	434	DF
19	Tiquimani	Coroico	E	50.0	340	P
20	Pabellonani	Coroico	E	50.0	337	P
21	Huancane	Coroico	E	110.0	760	P
22	Challa	Coroico	E	35.0	235	P
23	Choro	Coroico	E	100.0	740	P
24	Pachalaca	Zongo	E	15.7	100	P
25	Broncini	Broncini	E	4.4	34	I
26	Yolosani	Yolosani	E	1.6	12	I
27	Challana	Challana	E	3.8	33	I
28	Muñecas	Coroico	E	40.0	336	I
29	Chimate	Mapiri	E			I
30	Asunta	Boopi	E			I
31	Charazani	Charazani	E	50.0		I
32	Bala	Beni	M	2460.0	21200	P
	<b>TOTAL</b>			<b>4712.2</b>	<b>31889</b>	

Fuente: CBP (1995) según datos de ENDE

1 Tipo: E = Solo energía M = Múltiple

2 Estado Actual: P = Prediseño, PF = Prefactibilidad, DF = Diseño Final