



CENTRO EULA/CHILE  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION



PERIODO  
PRESIDENCIAL  
003861  
ARCHIVO

**ANALISIS DEL INFORME DE  
"Evaluación de Impactos Ambientales  
relevantes del Proyecto PANGUE"  
REALIZADO PARA PANGUE S.A. POR  
ECOLOGY AND ENVIRONMENT, INC & AGROTEC LTDA.**

EVALUACION EFECTUADA POR CENTRO EULA CHILE, PARA LA  
COMISION DE RECURSOS NATURALES, BIENES NACIONALES Y MEDIO  
AMBIENTE DE LA HONORABLE CAMARA DE DIPUTADOS, CHILE

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 1992

CENTRO EULA/CHILE  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

ANALISIS DEL INFORME DE  
"Evaluación de Impactos Ambientales  
relevantes del Proyecto PANGUE"  
REALIZADO PARA PANGUE S.A. POR  
ECOLOGY AND ENVIRONMENT, INC. & AGROTEC LTDA.

EVALUACION EFECTUADA POR CENTRO EULA CHILE, PARA LA  
COMISION DE RECURSOS NATURALES, BIENES NACIONALES  
Y MEDIO AMBIENTE DE LA HONORABLE CAMARA DE DIPUTADOS, CHILE

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 1992

## CONTENIDO

PROLOGO.....	5
1. INTRODUCCION .....	6
2. OBSERVACIONES SOBRE EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL REALIZADOS POR ECOLOGY AND ENVIRONMENT, INC., & AGROTEC LTDA.....	12
2.1 AMBIENTE TERRESTRE.....	12
2.1.1 Metodología y Clima	
2.1.2 Geomorfología	
2.1.3 Geología	
2.1.4 Suelos	
2.1.5 Uso actual del suelo	
2.1.6 Flora	
2.1.7 Fauna	
2.1.8 Especies protegidas	
2.1.9 Turismo	
2.2 AMBIENTE ACUATICO.....	27
2.2.1 Qué significa la creación de un embalse como consecuencia de la construcción de una central hidroléctrica?	
2.2.2 Conocimientos disponibles	
2.2.3 Caracterización del ambiente acuático	
2.2.4 Usos actuales del agua	
2.2.5 Recursos acuáticos	
2.2.6 Impacto sobre la hidrología y calidad del agua	
2.2.7 Impacto durante la operación	
2.2.8 Impactos residuales	
2.2.9 Apéndice 8	
2.2.10 Apéndice 9	
2.2.11 Apéndice 12	
2.2.12 Apéndice 13	
2.2.13 Apéndice 14	
2.3 CONDICIONES SOCIALES, ECONOMICAS Y CULTURALES...34	
2.3.1 Observaciones de carácter metodológico	
2.3.2 Area de impacto social	
2.3.3 Descripción del medio ambiente actual	
2.3.4 Impactos ambientales sobre los Pehuenches	
2.3.5 Recomendaciones para la mitigación	
2.3.6 Análisis y discusiones de soluciones propuestas	

## RESUMEN EJECUTIVO

1. La Cuenca Hidrográfica del río Bío-Bío constituye un sistema natural en el cual se desarrolla una amplia gama de actividades de enorme connotación socioeconómica. Algunas de éstas actualmente en operación, y otras en fase de ejecución o de proyecto, que también harán uso de los recursos acuáticos del sistema.

2. Existe un dramático contraste entre la enorme presión de uso de los recursos renovables del sistema y el limitado conocimiento existente sobre sus características (cuali y cuantitativas) naturales y, por ende, sobre los impactos positivos y/o negativos derivados de su uso. En tal sentido, el desconocimiento en cuestión permite explicar la diversidad de problemas ambientales que han emergido de la presión ejercida a través del uso de los recursos.

3. Respecto al caso específico del Proyecto Hidroeléctrico Pangue emergen las siguientes consideraciones:

- El desarrollo del país requiere de un sustento energético, siendo el hidroeléctrico uno de los más importantes.
- Los fundamentos económicos del Proyecto indican, claramente, una relación costo - beneficio muy positiva.

4. Entre las interrogantes más críticas respecto a los impactos del Proyecto Pangue y que, como tales, no pueden quedar sin respuestas antes de dar la autorización definitiva para la construcción de la Central, debemos indicar las siguientes:

- Definir con exactitud las relaciones de los impactos potenciales del Proyecto Pangue con otros usos y/o proyectos de desarrollo y en diferentes fases de ejecución (Ejemplos: Proyecto de riego Laja-Diguillín; ampliación de las coberturas de las plantaciones forestales; construcción del oleoducto y del gaseoducto Argentina-Chile, etc.).

- Definición más precisa de las áreas de impactos directo e indirecto y del significado positivo y/o negativo de ellos.

- Definición más precisa del impacto sobre la minoría étnica Pehuenche y una decisión derivada directa y/o indirectamente del destino de estas minorías.

- Determinación de un caudal mínimo permanente del río, para obviar la discontinuidad del sistema acuático y posibilitar así una mitigación concreta y aceptable de los impactos del Proyecto Hidroeléctrico Central Pangue sobre el ecosistema acuático e influencia sobre otros usos.

• Contribución al conocimiento sobre migraciones de peces en el río, mediante un estudio específicamente diseñado para tal efecto.

• Determinar mediante un estudio específico la importancia del río Biobío en la productividad pesquera del Golfo de Arauco, para definir con un buen nivel de precisión, el significado del atrampamiento de los sedimentos en el embalse de Central Pangué (vale decir, sector alto de la Cuenca).

• Definir con precisión los criterios y controles que determinarán las responsabilidades de la Empresa respecto a daños causados a terceros durante la fase de construcción y operación de la Central.

• Definir una instancia independiente e idónea para la ejecución de estudios de monitoreo, durante las fases de construcción y operación de la Central Pangué, de los efectos sobre parámetros individualizados de los sistemas físicos, económicos y sociales que podrían ser afectados.

5. Es importante indicar que la Empresa Pangué S.A. ha efectuado diversos y numerosos estudios de carácter ambiental realizados por empresas privadas y públicas (nacionales y extranjeras) que, comparado a otros Proyectos del sector

• Un Proyecto hidroeléctrico, como el de la Central Pangué, produce una diversidad de impactos sobre los sistemas naturales, culturales, económicos y sociales, que deben ser cuantificados definiendo su significado positivo y/o negativo y, además, su carácter directo y/o indirecto. En tal sentido, el criterio básico para evaluar estos impactos ambientales es disponer de esta información antes de la iniciación del Proyecto.

• El conocimiento actual sobre la Cuenca del río Biobío es escaso. Sin embargo, a fines del presente año (1992) los resultados de las investigaciones del Proyecto EULA-CHILE (iniciadas en el año 1989) sobre "Gestión de los Recursos Hídricos de la Cuenca del río Biobío y del Área Marina Costera Adyacente", constituirán una importante referencia para permitir una mejor aproximación respecto al significado de los impactos potenciales del Proyecto Central Pangué.

• Desde el punto de vista económico y social, el río Biobío y su Cuenca representa el recurso hidrológico de mayor relevancia del país. Así, el río Biobío representa el elemento base del desarrollo de los asentamientos urbanos e industriales de la Región. Por lo tanto, es importante reiterar que cualquier alteración o modificación de su estructura y funcionamiento puede tener consecuencias de diversa naturaleza, resultantes de los diferentes usos que se efectúan sobre el recurso.

energético u otros sectores (industrial, caminero, puertos, etc.), constituyen acciones que deben ser reconocidas.

Sin embargo, el presente análisis ha detectado deficiencias en la información obtenida en los estudios aludidos.

Esta aseveración puede ser ilustrada mediante el contenido del presente Documento. Así, el análisis del Informe "Evaluación de Impactos Ambientales Relevantes del Proyecto Pangue", ha sido realizado por el Centro EULA-CHILE en el marco de una concepción sistémica que exige considerar a priori todos los elementos que, directa o indirectamente, están asociados con los impactos potenciales de un proyecto hidroeléctrico. Consecuentemente, el análisis considera la Cuenca Hidrográfica del río Biobío como la unidad territorial mínima que debe ser investigada; además, el río constituye un continuum que no puede ser parcializado en segmentos para indicar áreas directas de impacto, debido a que la condición de "continuidad" comunica al río el carácter de una unidad, desde su origen hasta su desembocadura en el Golfo de Arauco y, de esta manera, cualquier alteración causada en el curso del río influirá en la zona costera.

La concepción descrita es válida para los otros sistemas componentes de la Cuenca Hidrográfica del río Biobío y es el factor que determina la diferencia entre el enfoque de Pangue S.A. y los investigadores del Centro EULA-CHILE de la Universidad de Concepción, que han participado en los estu-

dios anteriores y en la elaboración de este Informe.

Por último, el Centro EULA-CHILE, Universidad de Concepción, reitera su intención de ofrecer toda la información de base generada por sus actividades de investigación, como una contribución para lograr los objetivos enunciados anteriormente.

3.	PREDICCIONES DE IMPACTO AMBIENTAL SOBRE EL SISTEMA FLUVIAL .....	50
3.1	ANTECEDENTES GENERALES.....	50
3.2	IMPACTOS SOBRE LOS FACTORES ABIOTICOS.....	51
3.3	IMPACTOS SOBRE LOS COMPONENTES BIOTICOS.....	59
3.4	IMPACTOS SOBRE EL USO DEL RECURSO AGUA.....	66
3.5	MEDIDAS DE MITIGACION.....	68
4.	COMENTARIOS SOBRE LA LEGISLACION VIGENTE.....	70
5.	CONCLUSIONES.....	72
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	87

**PANEL DE INVESTIGADORES CENTRO EULA**

OSCAR O. PARRA	Dr.rer.nat. Univ.Berlín Alemania	Limnólogo
HUGO CAMPOS C.	Dr.rer.nat. Univ.de Giessen Alemania	Limnólogo
EDUARDO UGARTE	Ph. D. Univ.of Iowa U.S.A.	Ecólogo Vegetal
JUAN C.ORTIZ	Dr.Biol. Univ.de París Francia	Zoólogo
JAIME MILLAN	Dr.rer.nat. Univ.Göttingen Alemania	Ing.Forestal
MARIA MARDONES	Dr.Geomorfología Univ.Montpellier Francia	Geomorfóloga
ROSA AGUILERA	Master en Economía Univ.Concepción Chile	Economía
ALFREDO SANCHEZ	M. Sc. Univ.of Reading Inglaterra	Geógrafo
FERNANDO SANTOS	Profesor Asociado Univ. Concepción Chile	Biólogo
MARCOS RISSETI	Doctorando Centro EULA/CHILE	Antropólogo
GERARDO AZOCAR	Doctorando Centro EULA/CHILE	Geógrafo
CLAUDIA DURAN	Doctorando Centro EULA/CHILE	Abogado
PATRICIA MARTINEZ	Diplomado Centro EULA/CHILE	Geógrafo
CLAUDIO MEIER	Ing. Civil Univ. Concepción Chile	Ing. Civil

LISANDRO CHUECAS

Ph. D.  
Univ. of Liverpool

Oceanógrafo

VICTOR A. GALLARDO

Ph. D.  
Univ. of South  
California

Biólogo Marino

## PROLOGO

El presente informe se ha realizado a petición de la Comisión de Recursos Naturales, Bienes nacionales y Medio Ambiente de la HONORABLE CAMARA DE DIPUTADOS DE LA REPUBLICA DE CHILE.

Las conclusiones contenidas en este documento derivan de: (1) un análisis de la información contenida en el informe efectuado para PANGUE S.A., por especialistas de Ecology and Environment, Inc. & Agrotec Ltda. (diciembre 1991); (2) la información generada por la Universidad de Concepción en los años 1987 y 1989, y (3) el conocimiento generado en el desarrollo del Proyecto EULA-CHILE.

Es importante indicar que el análisis en cuestión fue realizado en el marco de una concepción ecosistémica, la cual exige considerar a priori todos los elementos que, directa o indirectamente, están asociados a los impactos potenciales de un proyecto hidroeléctrico. Para el panel de investigadores que participó en el análisis, la unidad territorial mínima a considerar corresponde a la Hoya Hidrográfica del río Biobío; aún más, debe tenerse presente que el río Biobío constituye un continuum que no puede ser parcializado en segmentos para indicar áreas directas de impacto, ya que considerando esta condición de continuidad, el río es una sola unidad desde su origen hasta la desembocadura.

Esta misma concepción es válida para los otros sistemas componentes de la Hoya Hidrográfica del río Biobío. Esta concepción es, a juicio de los analistas, el factor que determina la diferencia entre el enfoque de Pangue S.A. y el del panel de investigadores del Centro EULA-CHILE de la Universidad de Concepción, que ha participado en los estudios anteriores y en la elaboración de este informe.

## INTRODUCCION

En 1987, en convenio con ENDESA, la Universidad de Concepción realizó estudios preliminares de evaluación de impacto ambiental por la probable construcción de seis proyectos hidroeléctricos que se ubicarían en la sub-cuenca del Alto Biobío. Posteriormente, el mismo equipo de investigación realizó un estudio preliminar y prospectivo para la Central Pangue (1989), el cual recomendó la ejecución de un Proyecto Básico de Investigación para la Evaluación de Impactos Ambientales para la Central Pangue. Este último no fue aceptado por ENDESA.

La metodología empleada en los dos proyectos preliminares correspondió a la Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A.), según lo establecido por I.C.O.L.D. (International Committee on Large Dams), utilizando para la evaluación una matriz de acuerdo a la metodología propuesta por Leopold (1971).

Para todos estos efectos, el equipo de trabajo se planteó el carácter holístico de la investigación y, por tanto, la globalidad e integralidad que debía estar presente en el desarrollo y resultados del proyecto. Al planificar la estructura y operación de los estudios para ENDESA, el grupo de trabajo de la Universidad de Concepción, definió la Hoya del río Biobío como un supersistema ambiental conformado por la conjunción e integración de los sistemas naturales, económico-sociales y culturales, los cuales se identificaron de la siguiente forma:

1. El sistema atmosférico, el cual comprende, básicamente, el clima de la hoya;
2. El sistema terrestre, integrado principalmente por el suelo, la vegetación y la fauna terrestre;
3. El sistema fluvial o limnético que comprende la red hidrográfica con sus componentes lénticos (embalses y lagos naturales) y lóticos (ríos), con el curso principal del río y su red de afluentes;
4. El sistema estuarino, que se considera como la zona de interfase entre el sistema reófilo continental y la zona costera marina de influencia, y
5. El sistema económico social y cultural que comprende los impactos de las actividades humanas sobre los componentes de la cuenca (naturales y artificiales) y sus interacciones sociales y culturales. En este último sistema se puso especial énfasis en el componente indígena, es decir, la etnia mapuche pehuenche.

El grupo de trabajo estructuró la información existente y aquella generada por el proyecto de investigación, para obtener el conocimiento de los componentes ambientales de cada sistema, antes, durante y después de los impactos, planteando en todo instante lo fundamental que era el no tener que realizar estudios de impactos sobre impactos.

En la investigación titulada "Estudio preliminar para la Evaluación del Impacto Ambiental del Sistema de Centrales del Alto Biobío (1987)", se señalaba que "no existe ningún estudio integral que pudiera ser utilizado como referencia o punto de partida para acometer una evaluación de impacto ambiental"; y que "en concordancia con lo anterior, el equipo multi e interdisciplinario de investigadores que participó en el estudio definió, en términos de perfiles de proyectos, una serie de investigaciones que se requeriría efectuar previo a la construcción de la primera represa del Proyecto Hidroeléctrico del Alto Biobío".

En el segundo estudio, titulado "Análisis de los posibles impactos de la Central Pangue en el Alto Biobío" (1989), y desarrollado por el mismo grupo de trabajo de la Universidad de Concepción, se expresa que "Esta información constituirá la base para el desarrollo de la segunda etapa de este proyecto...". Para llevar a cabo esta segunda etapa, se presentó una propuesta conteniendo proyectos específicos de investigación de aquellos componentes o sistemas que, a juicio de los grupos de investigación involucrados debían, en forma imperiosa, ser investigados con anterioridad a la construcción de la Central Pangue. Esta propuesta no fue considerada por ENDESA.

En la fase inicial del Proyecto EULA (1989-1990), se efectuó una completa recopilación de la información científica y técnica sobre los sistemas físicos o naturales, económicos, sociales y culturales de la Cuenca del Biobío, constituyéndose una base de datos con toda la información disponible. Esto confirmó la escasez de información científica con que se contaba respecto a ese sistema hidrográfico. Esto determinó que el programa de investigación de EULA debiera abordar, a través de 17 Subproyectos de investigación, todos los aspectos para obtener un conocimiento de base de la cuenca. Los temas considerados por EULA para obtener una información base de referencia sobre los sistemas físicos (naturales) y los sistemas económico-sociales y culturales de la cuenca del río Biobío y del área marina de influencia, fueron los siguientes:

1. Oceanografía química
2. Contaminación marina
3. Plancton y productividad
4. Pesquerías y producción terciaria
5. Zoobentos marino
6. Macroalgas marinas
7. Geología y sedimentología
8. Ambientes costeros
9. Meteorología y climatología
10. Comunidad bacteriana
11. Geología, Geomorfología, Suelo, Vegetación y Fauna
12. Hidrología
13. Calidad del agua
14. Uso civil del recurso agua
15. Uso industrial del recurso agua
16. Residuos sólidos
17. Actividades económicas, sociales y culturales.

La problemática ambiental de la Cuenca y de la Región del Biobío, que determinó que una parte importante del EULA abordara los temas anteriormente expuestos puede resumirse de la siguiente manera:

- El sector agrícola-forestal ocupa gran parte del territorio de la Cuenca. El 54% es de aptitud forestal y se encuentra cubierto con bosques nativos o artificiales. De estos últimos, el pino insigne, Pinus radiata ocupa una superficie predominante, siguiéndolo en importancia el Eucalyptus globulus.
- El sector agrícola es dominado por el cultivo de trigo, y el claro desarrollo del sector horto-frutícola, lo cual ha motivado el uso de fertilizantes químicos, herbicidas, etc., con una acción contaminante sobre las aguas superficiales y subterráneas.
- De un total de 2.4 millones de hectáreas de la cuenca, por lo menos 1.2 millones están afectadas por procesos erosivos de distinta magnitud. Esta superficie representa el 50% de los suelos de la cuenca, y la cifra puede ser mayor aún al cuantificar la erosión en su totalidad.
- En áreas críticas de la Hoya Hidrográfica, por el tipo de suelo, pendiente, etc., ha existido, históricamente, un uso indiscriminado de los suelos agrícolas con cultivos encarados, sin considerar prácticas de protección y conservación.
- La intensa explotación del bosque nativo en el pasado, la falta de una diversificación de las plantaciones artificiales, en cuanto a especies utilizadas, considerando la localización geográfica y existencia de áreas críticas, están ocasionando, presumiblemente, la alteración del rendimiento hidrológico de la hoya hidrográfica.

- El desarrollo forestal artificial no se ha localizado necesariamente en los terrenos de inferior calidad o deteriorados de la cuenca.
- Como consecuencia de lo anterior, falta cubierta vegetal que retenga mejor la precipitación en la cordillera y la alta precordillera, haciendo posible una adecuada infiltración de las aguas lluvias en el suelo, evitando que éstas escurran rápidamente hacia los cauces de ríos y y esteros y, luego, al mar.
- De esta forma, se provocan pérdidas progresivas de suelo, embancamiento de ríos, menor disponibilidad de agua para riego, crecidas invernales cada vez mayores que afectan a puentes, caminos, obras de regadío y asentamientos, y problemas de abastecimiento de agua para uso doméstico e industrial.
- Las ciudades e industrias no disponen de tratamiento para sus desechos líquidos, sólidos o gaseosos.
- La misma cantidad de residuos y desechos de fábricas y centros urbanos, principalmente a futuro, se diluirá en una cantidad de agua cada vez menor, por lo que las plantas de tratamiento de agua potable, ubicadas al final del sistema, pueden hacerse insuficientes, ya que en la actualidad se encuentran funcionando prácticamente a su límite.
- Las descargas industriales al río alcanzan aproximadamente a 7,5 m<sup>3</sup>/s y las de alcantarillado a 0.9 m<sup>3</sup>/s. El caudal medio de invierno es alrededor de 260 veces mayor que los vertidos de efluentes industriales, mientras que el de verano sólo es 36 veces mayor.
- El 30% de la producción mundial de harina de pescado es de origen chileno. En tal sentido, es importante reiterar que el área de pesca más importante es el Golfo de Arauco, siendo éste directamente afectado por el caudal y sedimento descargados por el río Biobío.
- La flota pesquera industrial, que opera en el sistema portuario de Talcahuano, Penco, Lirquén, Lota y Coronel, es la más importante de Chile en términos de tonelaje y extracción, constituyéndose en una de las más importantes fuentes de trabajo de la región.
- La parte alta de la Cuenca está menos alterada y contiene significativos recursos energéticos, recreacionales y forestales.

- La parte media y baja de la Cuenca, en cambio, ha sido y está sometida a importantes impactos antrópicos, particularmente agro-forestales, industriales y urbanos.
- El río Biobío representa el 80% del agua superficial captada para uso potable, sirviendo actualmente a una población de aproximadamente 500.000 habitantes.
- La densidad poblacional en el área (39,3 hab./Km<sup>2</sup>) es superior a la media nacional.
- La población rural representa cerca del 40% del total de la Cuenca.
- Un particular aspecto de la población lo constituye la minoría étnica Pehuenche (cerca de 5.000 personas), que ocupa un área de la región del Alto Biobío, con una economía de subsistencia que se identifica fuertemente con el territorio ocupado.
- La estructura socioeconómica de la población evidencia un índice relativamente bajo de ocupación estable. Entre los sectores de actividad, el terciario (63%) precede al primario y al secundario, con una connotación típica de los países en vías de desarrollo.
- La región representa uno de los polos industriales más importantes del país, con una gran diversidad de actividades productivas y de servicios. Todas las industrias utilizan aguas del río Biobío o de sus afluentes, descargando y a su vez, hacia los mismos cursos de agua.
- En la parte alta de la Región del Biobío, más precisamente en la subcuenca del río Laja, se genera cerca del 30% de la electricidad producida en el del país, mediante la operación de tres centrales hidroeléctricas.
- Si se consideran los principales ríos del país, se concluye que el Biobío es el más importante desde el punto de vista del potencial hidroeléctrico. En efecto, el potencial hidroenergético del Biobío supera en alrededor de un 28% a la potencia hidroeléctrica actualmente instalada en el país.
- El plan de desarrollo hidroeléctrico considera la construcción, en la Subcuenca del Alto Biobío, de seis centrales hidroeléctricas, con una superficie ocupada estimada en 21.000 ha. y un volumen de agua embalsado de 5.000 millones de m<sup>3</sup>. Esto generará una situación de notoria relevancia ambiental, económica y social.

A lo anterior debe agregarse una serie de proyectos de desarrollo, actualmente en diferentes fases de ejecución, tales como el proyecto de riego Laja-Diguillín, la ampliación de la cobertura vegetal artificial en aproximadamente 500.000 ha, la construcción de plantas de tratamiento de aguas servidas, la construcción de un oleoducto y gaseoducto, la recuperación de la navegabilidad del Biobío, etc.. Todos estos proyectos harán uso del mismo sistema del cual formará parte la Central Pangué, la cuenca y sistema fluvial del río Biobío, por lo que sus interacciones deberán quedar establecidas, para poder conciliar los intereses socioeconómicos y no comprometer la capacidad del sistema físico o natural.

## 2. OBSERVACIONES AL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL REALIZADO POR ECOLOGY AND ENVIRONMENT, INC. & AGROTEC LTDA.

A continuación se efectúa un análisis del informe Ejecutado por Ecology and Environment, Inc. y Agrotec Ltda., siguiendo a grandes líneas el ordenamiento de ese informe en lo que dice relación a los ambientes, es decir, terrestre, acuático, económico-social y cultural.

### 2.1. AMBIENTE TERRESTRE

#### 2.1.1 METEOROLOGIA Y CLIMA

No existe aporte nuevo. La Universidad de Concepción había considerado la necesidad de una investigación específica sobre la meteorología y climatología del área del embalse, con el objeto de determinar de manera más exacta las características de aquellos parámetros con una fuerte incidencia sobre el comportamiento del embalse (temperatura, radiación, vientos, etc.)

#### 2.1.2. GEOMORFOLOGIA

Desde el punto de vista geomorfológico, el informe es insuficiente. Las carencias se detectan desde las Bases Técnicas estipuladas para el proyecto sobre "Evaluación de Impacto Relevantes del Proyecto Pangue", en las cuales se definen cuatro áreas de preocupación que excluyen el aspecto geomorfológico.

En la descripción del ambiente actual del área del proyecto, en su parte 2.1.2., en sólo una página (pág.32), se hace referencia a la geomorfología local aunque, en sentido estricto, esto corresponde a una descripción litológica somera del volcán Callaqui y no a un reconocimiento geomorfológico.

El informe de las consultoras, siendo un estudio de carácter definitivo, desconoce la dimensión del impacto geomorfológico que el embalse tendrá sobre todo el valle del Biobío, desde el lugar de su construcción hasta el delta submarino del río, en el Golfo de Arauco. ¿Cómo puede obviarse la importancia de este impacto?, si consideramos que la represa modificará fuertemente la dinámica natural del más grande sistema morfogénico de la VIII Región.

Un sistema morfogénico fluvial, como corresponde al del Biobío, está compuesto por (1) el curso superior de la hoya o área principal de alimentación de flujos hídricos y sólidos, donde dominan los procesos erosivos; (2) el curso medio, cuyo perfil longitudinal de equilibrio relativo proporciona energía suficiente para el transporte de los sedimentos, y (3) el curso inferior, donde las pendientes débiles favorecen los procesos de acumulación de sedimentos procedentes de las secciones anteriores y del entorno local.

La localización del embalse Pangué, en la sección terminal del curso superior del valle del Alto Biobío, bloqueará toda influencia de la dinámica alto andina, en el curso medio e inferior del río, quedando interferidos los aportes sólidos transportados por saltación y tracción. Debido a la rapidez de renovación del embalse, continuará río abajo una determinada proporción de sedimentos en flotación y solución. Este hecho provocará la transformación de un área con procesos de erosión y transporte dominantes, en un área con procesos de sedimentación dominantes.

Si suponemos un aumento del nivel del agua, valle arriba, la pendiente topográfica disminuirá la corriente fluvial, que será "bruscamente frenada" por el agua embalsada constituyéndose un importante delta sublacustre. Lo mismo ocurrirá en la desembocadura de todos los ríos y esteros laterales. No obstante, si los procesos de sedimentación deltaica aumentan, sea por aporte volcánico o derivado de procesos de erosión antrópica, la pendiente del delta aumentará favoreciendo el desarrollo de corrientes de turbidez, de alta capacidad erosiva, en el fondo del lago. Como la profundidad del lago disminuirá hacia el alto valle, esto generará una gradación sedimentológica, quedando la sedimentación fina confinada cerca del área de la presa, lugar que tendrá por esta razón mayor riesgo de tales tipos de corrientes.

Las crecidas e inundaciones fluviales se producen cuando los caudales no pueden acomodarse en el cauce normal del río, razón por la cual el agua se descarga hacia los terrenos circundantes. Estos fenómenos pueden relacionarse directamente con la pluviometría en la Hoya, con la evolución del nivel del lecho del río asociado a un mayor aporte de sedimentos frente a la misma capacidad de carga o de transporte o, finalmente, con el aumento del flujo superficial de escorrentía, debido a la falta de cobertura vegetal.

De estas consideraciones generales se deduce que la preparación de técnicas de control y de métodos para aminorar los impactos negativos y acrecentar los positivos requerirán:

- a) La identificación y cuantificación exacta de los impactos geomorfológicos directos sobre fondos y laderas del valle, a corto y a largo plazo (escala 1:10.000).
- b) La evaluación precisa del riesgo que significa construir una represa en las faldas de un volcán activo, el Callaqui considerado por ONEMI como de alto riesgo de explosión.

Según ONEMI (1984) y Marangunic (1981), existe un alto riesgo de actividad volcánica procedente del Callaqui, cerca de la presa Pangue. Aunque no puede ser exactamente evaluado, este riesgo puede involucrar: caída de piroclastos, y flujos lávicos y laháricos, los que serían principalmente canalizados por los valles Ralco-Malla y Epún-Río Pangue. Como los dos primeros valles señalados drenan directamente al embalse, éste puede verse amenazado por un fuerte aumento de los niveles del embalse.

El riesgo se debe a la presencia de 32 glaciares sobre el volcán Callaqui, los que corresponden a un casquete de hielo de 1.107 hectáreas y el resto a pequeños glaciares y manto de nieve. Los glaciares que drenan hacia el futuro Embalse Pangue representan un volumen equivalente en agua estimado en 855 millones de  $m^3$ . Se calcula que una erupción de tipo stromboliana descargaría lahares con un volumen de 243 millones de  $m^3$  de agua y detritos, los que alcanzarían el embalse entre 1 a 4 horas luego de ocurrida la erupción. Si la explosión fuera de tipo peleana el volumen de lahares podría alcanzar a 900 millones de  $m^3$ , los que superan ampliamente la capacidad del embalse de 175 millones de  $m^3$ .

- c) Finalmente, no debe omitirse en un estudio de impacto, el análisis integrado del sistema geográfico, al interior del cual los flujos determinados por los procesos geomorfológicos de erosión y de acumulación, activados por la obra u otras acciones antrópicas asociadas, pueden desencadenar impactos en los otros elementos del sistema, tales como reorganización de la napa freática, modificación de algunos ecosistemas, cambios del uso del suelo, etc.

### 2.1.3 GEOLOGIA

No existen nuevos aportes.

#### 2.1.4 SUELO

Un estudio de Evaluación de Impacto Ambiental sobre el suelo se inicia ejecutando una descripción del área en que se ejecutará el proyecto, para lo cual se realiza un inventario ambiental.

En este contexto, el informe en comento presenta una caracterización de la flora y fauna del Area Pangué, recurriendo principalmente a los informes de la Universidad de Concepción y a algunas publicaciones de carácter general sobre la vegetación y fauna de la zona.

La metodología usada en la obtención de información adicional a la disponible, para caracterizar la situación "pre-Proyecto", es la usual en este tipo de estudios y los resultados concuerdan con aquellos obtenidos por la Universidad de Concepción, que fueran presentados en el "Estudio Preliminar para la Evaluación del Impacto Ambiental de la Central Pangué" (Univesidad de Concepción, 1989).

La caracterización y clasificación de los suelos (apéndice 2 del informe de las consultoras) es generalista y está basada en antecedentes originados en publicaciones no específicas para el área en estudio, como es el "Proyecto Suelos Forestales de la VIII Región", efectuado por el Departamento de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción, entre 1987 y 1990. Los datos que se presentan para caracterizar el área de la Central Pangué se han obtenido del proyecto anterior, en el cual no se realizó ningún muestreo de suelos en el área que ahora interesa. En la transcripción de resultados se incurre en un error al mencionar que el contenido de materia orgánica es de 20%, lo que constituye un exceso evidente.

En resumen, en la caracterización de los suelos, el Informe de las consultoras se limita a presentar antecedentes de estudios no efectuados en la zona de Pangué.

#### 2.1.5 USO ACTUAL DEL SUELO

En la descripción del Uso Actual de los Suelos (pág.36), se puso énfasis en las formas de uso, para lo cual, tras una fotointerpretación, se realizó un muestreo aleatorio con el 90% de las 44 unidades muestrales ubicadas dentro de las zona a inundar por el embalse, dejando sólo 5 unidades en el sector vecino y norte del mismo. En consecuencia, no se efectuó ninguna evaluación de los sectores colindantes y ubicados dentro de la subcuenca en que se localiza el proyecto hidroeléctrico.

Los resultados del muestreo se emplean para describir las distintas formas vegetacionales, en términos de distribuciones diamétricas, sin describir estructuras, coberturas y la participación de especies distintas a Roble, Raulí y Coigüe, limitándose a englobarlas bajo la denominación "otras especies". Como el mismo Informe señala, en su página 132, que "las obras de la Central producirán un impacto negativo menor sobre las especies vegetales con problemas de conservación" y las identifica como Ciprés de la Cordillera, Tapa, y Guindo Santo, a las que en la página 138 agrega Chupón, Chupalla y Chagual, habría resultado conveniente determinar los lugares en que estas especies se distribuyen, así como su densidad, para justificar la expresión de "impacto negativo menor".

Cuando el Informe describe los recursos forestales del área en estudio (página 40), lo hace en términos muy generales, a nivel de tipos y subtipos, sin entrar a evaluar su estructura, composición, incluyendo las especies arbustivas y herbáceas acompañantes, y su distribución en el área en estudio y la zona influida por el Proyecto Pangué.

En lo que respecta a la estimación de la biomasa presente en el área a inundar (página 41), ella ésta basada en extrapolaciones de estudios efectuados en otras zonas. Habría resultado muy conveniente efectuar un muestreo, en terreno, para justificar la validez de la extrapolación.

El segundo paso en un Estudio de Impacto Ambiental tiende a evaluar preliminarmente los impactos ambientales, empleando para ello indicadores de impacto que proporcionen la medida de su magnitud, tanto cualitativa como cuantitativamente.

En un buen sistema de evaluación, es preciso disponer de una función de valores asociadas a ese parámetro, suficientemente definida como para establecer la correspondiente calidad ambiental. Los indicadores más correctos son las normas o estándares de calidad del aire y del agua, seguidos de las tasas de productividad medidas a nivel del ecosistema o espacio considerado, si se trata de detectar los cambios en las especies y poblaciones. El indicador de impacto puede reflejar el cambio en el número de especies, a través del análisis de la capacidad de la tierra para soportar las poblaciones, para lo cual se suele operar con indicadores como rentabilidad. Una vez establecidos los indicadores de impacto, se calculan sus valores y ponderación.

Si se analiza el Informe de las consultoras, en el marco conceptual anterior, se comprueba que en la Evaluación de Impactos, en lo que corresponde a Suelos (página 130), no se emplean indicadores de impacto, que permitan evaluar su magnitud.

También llama la atención que el análisis se restrinja al área a inundar y se haga sólo una referencia (página 135) respecto al efecto que producirá en las riberas la fluctuación del nivel de las aguas del embalse.

En lo que corresponde a la vegetación, se realiza sólo una descripción de impactos generales, sin definir su magnitud mediante indicadores.

Como consecuencia de las características del estudio efectuado, las recomendaciones del Informe para la mitigación de los Impactos Ambientales, correspondientes al tercer paso en este tipo de trabajos y que se presentan en la página 162 y siguientes, resultan parciales y no están descritas ni especificadas de una manera que permita su realización en terreno.

Como es indudable que el impacto de una obra de la magnitud de la Central Pangue no se limita al área a inundar por el embalse, el estudio debe ampliarse a la consideración de sus efectos sobre el resto de la Cuenca en que está radicada.

En resumen, en lo que respecta a suelos y vegetación, el Informe no pasa de ser una Evaluación Preliminar de Impacto Ambiental, para la zona que será inundada.

#### 2.1.6 FLORA

La información de referencia que se utiliza, proviene evidentemente del estudio realizado por la Universidad de Concepción, aunque esto no aparece explícitamente señalado. Sólo se agregó a los listados una evaluación acerca del estado de conservación de las especies y antecedentes extraídos de la literatura para aquellas que aparecían como posiblemente amenazadas. El agregar nombres vulgares a las especies no es de mayor relevancia para los fines de evaluación de impacto.

Es necesario tener en cuenta que los listados y diagnósticos sobre el estado de conservación de las especies, según se señala en los listados nacionales existentes, es sólo preliminar y está basado en el juicio subjetivo de investigadores convocados por CONAF en un par de ocasiones. Lo mismo vale para listados generados por Carlos Muñoz Pizarro y Clodomiro Marticorena, no citados por los autores y sí en el informe de la Universidad de Concepción. Ambos autores son connotados botánicos nacionales. En todos los casos se trata de juicios basados en la distribución, aparentemente, registrada (no se señala fuentes específicas en el informe), y no en los tamaños de las poblaciones; para esto no existen estudios acabados, salvo para Araucaria araucana, según estudio realizado por la Universidad de Concepción para CONAF.

Se hace evidente en el informe, la falta de información acerca de la estructura y dinámica de las comunidades naturales. Esta se presenta a la forma de tipos forestales que constituyen generalizaciones demasiado amplias para la escala en que se enfocó el análisis. En forma separada, se entregan comunidades vegetales muy imprecisamente descritas sin indicar la metodología que se utilizó para determinarlas, ni los muestreos específicos, ni menos las tablas de composición que avalen la clasificación. No aparece claro la diferenciación o complementación entre esas comunidades y los tipos forestales. Tampoco se consideró el análisis preliminar entregado en el informe de la Universidad de Concepción, que fue basado en un muestreo orientado y tabulado, según la metodología europea. De esta forma, esta parte del informe sólo puede ser calificada como imprecisa.

Hay comunidades de la Hoya Hidrográfica que fueron excluidas, como los pastizales de altura, las comunidades del límite de crecimiento arbóreo, los bosques puros de Araucaria o de esta especie en mezcla con otros árboles, las coigüerías, en las depresiones asociadas a cabeceras de vertientes, las comunidades litorales y las transitorias sobre el lecho del río. Tampoco se menciona a comunidades importantes, como la dominada por coigüe, actuando como invasor en coladas de lava, cerca del Malla, o las comunidades en que participa Ciprés de la Cordillera en el mismo sector.

No se incluye en el informe consideraciones acerca de las relaciones dinámicas entre las comunidades, y de éstas con el ambiente abiótico. Por ejemplo, el efecto del fuego, el uso del suelo y procesos de erosión contaminantes no considerados aún para el área que circundará el embalse, pese a que es perfectamente conocido que ese tipo de procesos influye en la vida media de este último. En general, es sabido que todos los factores que afectan a la relación suelo-vegetación influirán la dinámica erosiva, en particular, aquellos relacionados con la degradación de la vegetación. La única consideración que al respecto se hace en el informe es que "...las condiciones edafoclimáticas del sector no presentan restricciones para el desarrollo de la vegetación antes descrita, por esta razón, los bosques podrían presentar alta potencialidad". Si la vegetación está allí, obviamente, es porque para ella no hay restricciones, y no es aparente porqué, por esta razón, los bosques deberían presentar algún tipo de "alta potencialidad". Tampoco aclara el texto a que tipo de potencialidad se está haciendo referencia.

También, en relación con dinámica, pero ahora de regeneración, se afirma que "las investigaciones de terreno determinaron que los bosques existentes presentan un alto grado de regeneración vegetativa (70%) debido a la pérdida

y/o perturbación de sus doseles, como puede apreciarse en los resultados de las mediciones dasométricas efectuadas en terreno...". Hay que suponer que los autores se refieren a regeneración por rebrotes desde tocones, lo que es típico de los renovales cordilleranos ya que, prácticamente, todas las especies de importancia, en términos de predominio ecológico, no se reproducen vegetativamente.

Respecto de la regeneración a partir de semilla, es decir plántulas y juveniles, no es informada como tal y hay que suponer que se encuentra confundida con los rebrotes de tocones. En las tablas de rodal, a que se alude como evidencia, la información se presenta en dos grupos, para roble, raulí y coigüe y para "otras especies". De este modo, resulta difícil entender de dónde se deriva ese 70% (ver más arriba) atribuido a regeneración vegetativa y, de ninguna manera, podrá plantearse un manejo de la vegetación de la hoya basándolo en esta información. Es sintomático, por ejemplo, que no haya información sobre regeneración en el bosque de Araucaria, de interés obvio por su particular estado de conservación. Tampoco se hace referencia al efecto del ganado sobre la vegetación y su regeneración.

En resumen, la información sobre regeneración no es representativa, en términos del área incluida en los muestreos (todo el muestreo de rodales se hizo sólo en el área inundable) y menos por el tipo de información presentada, donde las especies se encuentran agrupadas y algunas fueron definitivamente excluidas, como la Araucaria.

#### Sobre la metodología de evaluación de impactos ambientales relativo a flora y vegetación

Llama la atención que no se intentara aplicar algunos de los instrumentos metodológicos, recomendados por la literatura relacionada con Evaluación de Impacto Ambiental. No se preparó, por ejemplo, una matriz general en que se contrasten factores de impacto con efectos en los componentes naturales. Este tipo de valoración permite una visión global y facilita el análisis comparativo y de valoración relativa.

Por otra parte, el análisis estuvo restringido, prácticamente, al área de inundación considerada de impacto directo. El resto de la hoya y del curso del río es considerada de impacto indirecto, aunque es evidente que, por ejemplo, las fluctuaciones de caudales asociadas al llenado de la presa y durante la operación deberán afectar a todas las comunidades ribereñas río abajo y a todas aquellas que dependen de las fluctuaciones de aguas subterráneas, en su funcionamiento. La literatura ecológica señala evidencias más que concluyentes de que la mantención

de esas comunidades está determinada, en primer lugar, por las fluctuaciones del nivel de agua. El efecto sobre la fauna que se reproduce, alimenta o refugia en esas comunidades, debería manifestarse a continuación de la alteración experimentada por las comunidades vegetales. Se concluye entonces en la necesidad de ampliar el área considerada de impacto directo, al menos a la que será afectada por la fluctuaciones en los niveles de agua río abajo.

Aunque se alude al uso de literatura y experiencias extraídas de proyectos anteriores, en general no aparecen estos documentos citados como referencias en el texto. Tampoco, se explicita las técnicas cuantitativas que, según el tercer párrafo de la página 129, se usaron para definir tipos de impacto, tales como los "modelos predictivos de calidad de agua o experiencias obtenidas de proyectos similares" que allí son mencionados.

#### Sobre los impactos ambientales (pág. 128)

Se reiteran las observaciones realizadas en la sección anterior, acerca del área que debió ser considerada para el análisis de impacto. El impacto de las fluctuaciones de nivel es reconocido por su efecto, sobre las comunidades ribereñas sólo en términos de la falta de protección de las riberas y subsecuente aumento de la erosión, pero aunque el impacto es reconocido como de carácter permanente, es calificado por los autores como "... de significancia menor...". Esa conclusión no esta avalada ni por observaciones realizadas en el terreno ni por la literatura especializada.

Tampoco es evaluada apropiadamente la mayor actividad forestal a que se verá sometida el área circundante a la hoya del Pangué. Esta será estimulada por la infraestructura caminera de primera calidad resultante de la construcción. De ahí que el régimen de propiedad de la tierra debe ser revisado con mucha cautela, de tal modo de asegurar la propiedad a las comunidades pehuenches y el régimen de uso que ellos hacen de las comunidades boscosas. Sería de esperar un activo traspaso de propiedades a empresas forestales o particulares interesados en producir chips o establecer plantaciones (ver 2.3.4).

#### Sobre las recomendaciones para la mitigación de impactos ambientales

Los planes que se sugiere son planteados en términos demasiado generales e imprecisos como para comentarlos con propiedad (construcción de taludes, roce de vegetación).

### 2.1.7 FAUNA

El trabajo sobre fauna, como se señala en la página 43 del Informe de las consultoras, se efectuó fundamentalmente en base a referencias bibliográficas y, en especial, a los trabajos originados por la Universidad de Concepción: "Estudio preliminar para la evaluación del impacto ambiental, del sistema de Centrales Hidroeléctricas del Alto Biobío 1987) y "Análisis de posibles impactos de la Central Pangué en el Alto Biobío" (1989). En el estudio se consigna una prospección a terreno puntual en el tiempo, a la Cuesta La Zorra y al Estero El Prisionero. Estos fueron considerados como habitats representativos del área, pero sin señalar cuales fueron los criterios que determinaron el carácter representativo.

Este estudio, a pesar de que no fue exhaustivo como lo señalan los autores, mostró un número importante de especies de las ya señaladas por el informe de la Universidad de Concepción (Tabla 1.) pero, además, incluye la presencia de otras 4 especies (un ave, dos reptiles y un anfibio), lo que haría un total de 125 especies nativas de fauna.

Tabla 1. Número de especies de vertebrados terrestres, encontrados en el área de la Central Pangué.

GRUPO FAUNISTICO	U.de Concepción	Informe
Mamíferos	23	8
Aves	84	30
Reptiles	6	8
Anfibios	8	2
TOTAL	121	48

Esto ratifica la importancia que representa el sector Pangué como un área de concentración de fauna.

El informe utiliza la técnica de filtro fino (Noss, 1987), la cual considera la protección de especies focales con problemas de conservación, sin considerar por lo tanto la mayoría de las especies presentes, ni tampoco un estudio basado en áreas ecológicas de impacto; esto no permite analizar en forma más precisa la situación actual de la fauna, así como los impactos que se tendrán sobre las otras especies que no presentan estado de conservación peligroso en la región, pero que podrían llegar a adquirirlo. A causa de esto, no se consideró en el estudio hacer una diferencia entre las áreas de inundación, las áreas de influencia directa y la de influencia indirecta, lo que habría aportado datos interesantes para cuantificar mejor los impactos y monitorearlos en el tiempo.

De igual forma, a pesar que se reconoce la importancia que representa el río como un corredor para la fauna ornitológica, tampoco se enfatizó un estudio exhaustivo de lugares de nidificación, y menos aún se menciona algo sobre la fauna del suelo, que así como la fauna de invertebrados (insectos, arácnidos, etc.), forman el grupo más importante en cuanto a la biodiversidad presente, desde un punto de vista cuantitativo. Hoy en día el concepto de biodiversidad no sólo considera a las especies de vertebrados con problemas de conservación, sino que incluye además a las especies de vertebrados sin problemas de conservación, junto con todas las especies de invertebrados y microorganismos, de las cuales se desconoce totalmente su situación en cuanto a estado de conservación.

La evaluación de los impactos se expresa en forma cualitativa, no existiendo una cuantificación real del efecto que éstos tendrán sobre la fauna.

En cuanto a los impactos directos en fase de construcción, no sólo se producen impactos negativos de carácter restringido, que se traducen en abandono de los sitios por la fauna existente, sino que estos son más drásticos aún, pues conllevan la eliminación total de la fauna en los campamentos, áreas de extracción de materiales y lugar de construcción de la represa.

Lo mismo sucederá en el área de inundación, donde prácticamente toda la fauna terrestre se verá afectada. Sería importante determinar y cuantificar el número de especies y de individuos que se perderán por estos impactos. Las recomendaciones para minimizar este impacto coinciden en general con las propuestas por la U. de Concepción, esto es, (1) efectuar un llenado lento, para permitir un desplazamiento de aquellas especies con poca capacidad de movilización, (2) así como implementar un plan de rescate y traslado de especies, durante el período de llenado. No se ha realizado un estudio que considere el comportamiento estacional de la fauna, al menos en un período anual, ni las condiciones de los sitios de nidificación.

De la misma manera, a lo largo del río aguas abajo, la fauna se verá afectada al cambiar el régimen de inundación y sequía, como puede suceder en las comunidades de vegas y pantanos y otras que dependen directamente de pulsaciones de la napa freática, que está en directa relación con el caudal y niveles del río.

El análisis que el Informe hace sobre los impactos directos que recibirán las especies de vertebrados terrestres con problemas de conservación es acertado (ver página 138-140).

La fauna, que siempre está ligada a una comunidad vegetal de la cual depende en gran medida, será influida por los impactos que se puede ocasionar, especialmente en las zonas adyacentes al espejo de agua. Esto porque producirá cambios en la estructura y/o composición de la flora, lo que afectará la pedogénesis, produciendo así cambios en las comunidades de vertebrados e invertebrados terrestres, como en la fauna hipógea.

La represa producirá una retención de nutrientes orgánicos, lo que hará disminuir su cantidad aguas abajo. Uno de los impactos que podría producirse sería la disminución en la productividad, afectando la capacidad del sector estuarino para recibir a las aves migratorias del hemisferio norte en el período estival. Esto es una situación de gran interés, ya que la desembocadura del río Bío Bío es una de las áreas importantes de concentración de aves playeras que migran anualmente desde las costas de Norteamérica a pasar su temporada invernal boreal en el hemisferio sur. Esta zona estuarina, al tener una alta productividad, permite sostener altas densidades de aves durante nuestro período de verano.

Finalmente, en relación a las especies amenazadas que se encuentran en el área de Pangué, el Informe hace alusión a que ninguna presenta una distribución geográfica restringida sólo a esta zona, pero no es menos cierto que el 48% de ellas se encuentra en categorías críticas de conservación (vulnerable o en peligro de extinción).

Los impactos negativos sobre la fauna de vertebrados, durante la construcción y la operación, sólo están referidos a aquella con problemas de conservación, sin indicar nada sobre los efectos que se originarían sobre el resto de la fauna.

De aquí que las consideraciones referentes a los efectos sobre la fauna son muy sesgadas e incompletas, lo que deja traslucir que el estudio en cuestión no fue intensivo ni profundo en el tiempo. Lo adecuado habría sido efectuar una investigación de por lo menos un año biológico (15 meses), para haber logrado conclusiones avaladas con mayor conocimiento directo más que bibliográfico.

#### 2.1.8. ESPECIES PROTEGIDAS

Los comentarios se incluyan en los puntos 2.1.6 y 2.1.7, tratados anteriormente.

## 2.1.9. TURISMO

### Recursos turísticos

La información relativa a recursos naturales del área es descriptiva y muy general para servir de base a una evaluación de la actividad turística en el área. Por su carácter general, se profundiza poco, y no son considerados aspectos importantes como: fauna, relieves estructurales, sistemas lénticos, pueblos autóctonos, etc., lo cual hace que la descripción resulte, a nuestro juicio, superficial.

### Infraestructura

La situación actual se logra describir en cuanto a infraestructura, estado de caminos y accesibilidad en que se encuentra el área de estudio.

### Explotación turística y recreacional

Se entrega una información efectiva en cuanto al uso turístico y recreativo actual que se le da a esta área. Esta se refiere, especialmente a los deportes acuáticos que se realizan en el río, y a su aptitud para este tipo de actividad.

Cabe señalar que el sector ofrece otras múltiples actividades (pesca, excursión, observación de la flora y fauna, fotografía, etc.), sin embargo, el auge de ellas aún es incipiente, ya que se realiza a nivel particular y familiar, por lo que no existen registros en cuanto al flujo turístico real que ingresa a la zona.

Respecto al comentario sobre el aumento de turistas en el verano de 1991, es poco consistente como para afirmar que la construcción de la Central Pangué y, a futuro, la de Ralco, podrían generar un aumento en el flujo de turistas. Más bien produciría el efecto contrario, si se toma en cuenta el comentario de la página 82 del Informe, donde se dice que el turismo de aventura ha experimentado un gran auge en los últimos años, siendo el que atrae la mayor cantidad de visitantes al sector. El comentario es en parte cierto; el turista generalmente busca disfrutar de los lugares naturales y no así de los artificiales. Estos podrían generar una atracción al comienzo, ya que la presa representaría una obra de ingeniería de gran magnitud. Sin embargo. La atracción sería sólo para el chileno, pues el extranjero no vendría a Chile, ni a la región, para buscar ese tipo de paisaje, que podría encontrar en su propio país. Por lo tanto, es una contradicción el afirmar que es el turismo de aventura el que atrae al visitante nacional y, especialmente, que el paisaje artificial que se originaría con la central produciría el mismo efecto.

## Descripción del río Bío Bío para la práctica de deportes acuáticos ("rafting y kayaking")

Se entrega una buena descripción del tipo de actividad deportiva que se realiza en el río Biobío, detallándose itinerarios, costos e ingresos para las agencias y el país.

### Proyecciones turísticas

En cuanto a la creación de un centro de atracción turística como consecuencia directa de la construcción de la Central, en ninguna parte del Informe se comenta el cambio que esto produciría en el entorno, o bien que la actividad deportiva actual de tanto auge ("rafting" y "kayaking") ya no podría realizarse, perdiendo la zona su interés para todos aquellos entusiastas del deporte acuático, del turismo de aventura y del paisaje natural.

Es cierto que podrían desarrollarse otras actividades como vela, paseos náuticos, etc. en este medio artificial que, muy probablemente, no significarán una atracción de importancia para el turista internacional. Tal vez el chileno sería atraído, momentáneamente, mientras tenga curiosidad de conocer una "gran obra de ingeniería que ha causado tanta polémica". Sin embargo, para el turista extranjero y también el nacional la calidad del paisaje se vería bastante disminuida, pues como se ha indicado, es precisamente la "naturalidad" del entorno lo que lo atrae: el sentir un río torrentoso, sus rápidos, las laderas abruptas, los bosques de araucarias, lenga, coigüe, los poblados autóctonos, los saltos de agua, los lagos naturales, etc.; una serie de elementos que no puede encontrar en su país o en otras regiones de nuestro país, ni alrededores.

Con respecto a los objetivos planteados para la "protección del lago", estos son muy amplios. La palabra protección significa: amparar, defender, resguardar; sería más apropiado utilizar conservar, manejar. Los recursos pueden ser utilizados, siempre y cuando sea de manera racional, y eso se logra por medio de estudios adecuados y específicos.

En cuanto a la "evaluación" de los futuros sitios para el establecimiento de infraestructuras y servicios para uso turístico, no hay claras referencias de cómo se realizó dicha evaluación. Los atractivos mencionados, como ser el factor estético y la pendiente "moderada", que son propiedades físicas, no son suficientes argumentos para proponer el uso de un área, aunque sólo sea para "camping". Existen otros factores que influyen como: vegetación, fauna, exposición de laderas, drenaje, suelo, relieve, áreas de riesgos, acceso, etc., los que al parecer no fueron considerados. Por lo tanto, las áreas propuestas para el establecimiento de in-

fraestructura turística no tendrían mayor validez si se utilizaron sólo las variables mencionadas para su determinación.

#### El cuestionario PROYECTO PANGUE (turismo y recreación)

El título es un tanto amplio para lo que realmente parece ser lo importante en la encuesta. El objetivo era conocer la opinión de las agencias turísticas acerca de las actividades deportivas (especialmente el "rafting") que se desarrollan en el río, el auge que estas tienen, el ingreso que generan, el efecto que tendrá para dichas actividades la construcción de la central y las alternativas recreativas que ésta podría generar. Interesantes son las respuestas, especialmente la de Altué Expediciones. Esta expresa claramente el efecto que produciría la central, no sólo para el turismo extranjero y el nacional, sino también para el entorno, y la actitud que asumiría el visitante ante el paisaje artificial que se crearía.

La actividad turística deja muchas huellas, como ocurre con: (1) la población del lugar, (2) el poblamiento de los espacios definidos por esta actividad, (3) lo cultural y modos de vida, (4) el contexto económico y (5) el ambiente.

Todas estas influencias son dignas de ser tomadas en cuenta. Sin embargo, se estima que las de mayor trascendencia corresponden a aquellas que afectan a la economía y al medio de vida.

Así, el impacto económico del turismo bien planificado puede ser muy significativo para el desarrollo futuro del área del Alto Biobío. Pero debe indicarse que los efectos negativos, como la degradación del medio natural y la ruptura del equilibrio ecológico, tienen la mayor relevancia al momento de tomar una decisión de tanta importancia como la construcción de una central hidroeléctrica.

Este planteamiento no figura en el estudio, limitándose éste sólo a enumerar posibles prácticas deportivas, aprovechando la pendiente y velocidad de las aguas en dichas áreas. En síntesis, fué omitida la consideración que el turismo es hoy día un importante recurso productivo en cualquier estrategia de desarrollo.

El turismo puede generar más recursos en el largo plazo como actividad económica que la Central, programada para algo más de 100 años. Hay que considerar que el río es un "pasaje" natural hacia Argentina y puede ser parte de circuitos muy interesantes en lo paisajístico, excursiones, "camping", etc..

De nuevo es detectado el error de no evaluar los efectos río arriba y abajo de la presa, limitándose sólo a analizar el lugar de emplazamiento de ésta.

## 2.2 AMBIENTE ACUATICO

### 2.2.1 ¿Qué significa la creación de un embalse como consecuencia de la construcción de una central hidroeléctrica?

La literatura enseña que "el embalse es un híbrido de río y lago, y su estudio se ha de basar en una visión completa de la limnología". En otras palabras, un embalse no se puede comparar, en cuanto a comportamiento, con un lago o un río lento (Kennedy y col. 1985). Esto hace que su estudio sea muy complejo y los resultados difíciles de extrapolar.

El embalse regula y retarda el flujo del río original. La tasa de renovación es más lenta que un río pero más rápida que un lago. Su morfología se destaca por una gran asimetría que no se da en los lagos, como son una cola (origen del embalse en su afluente fluvial) y un sector profundo, frente al dique o presa. Sus aguas tienen movimientos horizontales, perturbando los procesos de mezcla y estratificación térmica de los lagos. Esto se debe a que el agua que penetra desde el río al embalse, de acuerdo a su densidad (basada en la temperatura y materiales en suspensión) se puede extender hacia la superficie, sobre el fondo (en invierno) o en un nivel intermedio (en verano).

Estos movimientos, la profundidad del embalse y la velocidad de renovación, influyen en la presencia de la termoclina (línea o capa que caracteriza la estratificación térmica) o en su alteración por procesos de turbulencia.

La termoclina en embalses es muy débil, y generalmente más profunda que en lagos de tamaño comparable.

Otro aspecto importante que se debe tener en cuenta es la acorta vida útil de los embalses comparado con los lagos o ríos. En promedio, los embalses tienen una vida de 70 a 100 años. La vida útil del embalse Pangue se calcula en 121 años, mientras que los lagos más recientes en Chile son los de origen glacial, con cerca de diez mil años. Esto significa que en un reducido período el embalse nace, como un "ecosistema artificial" y muere. Así procesos evolutivos importantes son casi inimaginables en los embalses.

El nacimiento del embalse se hace en condiciones heterotróficas, por tener que transformar la materia orgánica (suelo, material vegetal y animal) de la cuenca inundada.

Esto trae problemas de oxidación de esta materia orgánica que consume grandes cantidades de oxígeno y lleva a procesos de

anoxia de importantes consecuencias para los organismos vivos del embalse o aguas río abajo.

En una segunda etapa, los embalses sufren un proceso de eutrofización. Es conocido que esta eutrofización aumenta en el tiempo por aumento de nutrientes (fósforo y nitrógeno) que se manifiesta, principalmente, en el fitoplancton como productor primario. Este proceso retiene una importante cantidad de nutrientes inorgánicos, como el fósforo para arrastrarlo a los sedimentos.

En su funcionamiento, los embalses manifiestan continuas fluctuaciones de los niveles del espejo de agua, lo que enturbia el agua, produciendo una mayor sedimentación y las comunidades son de composición más pobre que los ríos. La vida útil del embalse se termina por el aumento de sedimento inorgánico, tanto de origen externo como interno, al colmarse éste.

Los embalses tienen importantes efectos aguas abajo, tanto en las condiciones hidrológicas, como físicas y químicas los que a su vez afectan a las comunidades biológicas.

Las condiciones hidrológicas, en cuanto al efecto de mayor o menor caudal sobre la terraza fluvial, originan inundaciones o sequedad diferentes a las del río en su estado original.

Alteraciones en la condiciones físicas son los cambios de color y turbidez, especialmente, durante el llenado del embalse, como también cambios térmicos. Las alteraciones químicas se refieren al desplazamiento de las capas anóxicas y nutrientes provenientes del arrastre del fitoplancton (Kennedy y col. 1985).

#### 2.2.2 CONOCIMIENTOS DISPONIBLES

Así como se tiene un conocimiento de la literatura sobre los embalses, se recurre también a los conocimientos del ambiente donde se ubicará el embalse creado por la Central.

Los estudios hidrológicos del proyecto de la Central Pangué, según información de ENDESA, se iniciaron ha lo menos 30 años atrás con mediciones de caudal y, posteriormente, de sedimentos. También, como se indicó anteriormente, hay adecuados estudios geológicos. Sin embargo, dichos estudios fueron orientados, principalmente, a responder interrogantes sobre el proyecto de ingeniería.

La variedad y duración de estos estudios, no se compara con las numerosas investigaciones realizadas acerca de los aspectos ambientales de la hoya.

Como se ha indicado ENDESA encargó a la Universidad de Concepción (1987 y 1989), la recopilación de antecedentes del sector Pangué y Hoya del Biobío, en general. Los antecedentes recopilados demostraron ser insuficientes y, en algunas materias, inexistentes.

En dos expediciones realizadas en el estudio de la Universidad de Concepción, (enero y febrero, 1989) se hicieron mediciones, colecta de material biológico y análisis químicos, que dieron una primera idea de los constituyentes del ecosistema. El estudio concluyó que era fundamental realizar, en el área limnológica, un ciclo completo de análisis, (por lo menos durante un año) de las condiciones físicas, químicas y biológicas de las aguas del río Biobío y sus afluentes en el sector Pangué y en algunas estaciones río arriba y río abajo. Además se insistió en estudios puntuales de gran importancia, como la migración de peces.

Pasaron tres años sin que ENDESA y, posteriormente, PANGUE S.A. acogiera las recomendaciones hechas en ese estudio. En otras palabras, no se avanzó en el conocimiento ya obtenido. Hemos recibido el Informe realizado por las consultoras, donde se efectuó una segunda investigación en el sector del río Biobío, donde se construirá la represa Pangué, con un plan de estudio casi igual al realizado en 1989, incluso en el mismo mes de enero en 1991.

El estudio de las consultoras entrega información científica que, en gran parte, comprueba lo existente y propone una serie de investigaciones, post-construcción de la represa, que el estudio de 1989 se recomendaba hacerlas antes de la construcción de la represa.

En 1988 se había iniciado una fuerte polémica pública que, en parte, aminoró durante la realización del estudio. Sin embargo, ya en 1989 habíamos indicado que un solo muestreo en el río era insuficiente para realizar una predicción sobre impacto ambiental. Al respecto, Central Pangué S.A. argumentó tales estudios demandarían un tiempo demaciado prolongado (Esto es dos años) aptando por alternativa de realizar otro estudio semejante a anterior, perdiéndose así la oportunidad de disponer en la actualidad de valiosa información de referencia.

La situación actual es que se han ejecutado obras para construir la represa, lo que revelarían, que no habría modificaciones de los planos de construcción si el estudio revelara algunas sugerencias en ese sentido. Debido a que la polémica se mantiene, consideramos que el estudio de las consultoras no aporta mayores conocimientos para predecir el impacto sobre el sistema acuático del río Biobío.

### 2.2.3 CARACTERIZACION DEL AMBIENTE ACUATICO

En esta sección, los antecedentes de morfología general, caudales sólidos suspendidos, existían en la literatura y fueron mencionados ya en el informe de Universidad de Concepción.

Las características físico-químicas del agua del sector, están en el análisis de verano (Enero- Febrero) de la Universidad de Concepción (1989) y el obtenido por los consultores (1991). En esta información hay un error de transcripción y, por lo tanto, de errónea interpretación en los nutrientes. En la página 62 se entregan los valores obtenidos en Febrero 1991, por los consultores.

En la Tabla 2-11 se dan valores de fósforo total (P-tot) en mg/l. En cuanto al P-tot el estudio de la Universidad de Concepción obtuvo valores entre 14 a 70  $\mu$ /l. Si bien estos valores son más altos, lo que no es comprensible es ¿porqué el ortofosfato sale en muchas estaciones mayor que el P-total?, en circunstancias que el  $PO_4$ -P es una parte del P-tot. Además los valores de ortofosfatos son extraordinariamente altos para este tipo de aguas si los comparamos con los resultados de 1989 que fueron muy inferiores.

Otro aspecto discutible son las concentraciones de Nitrato que entrega la Tabla 2-11. Estos valores son tan bajos que incluso llegan a 0,0 mg/l. Nuestros datos son mucho más altos, como sucede con estos nutrientes de nitrógeno. Por otra parte, los valores de Amonio de 1991 son muy altos en comparación a los nuestros. Emerge la interrogante, ¿de dónde proviene ese amonio?, generalmente producto de una desnitrificación o actividad orgánica de putrefacción. Esta es una situación para ser investigada.

Todas estas interrogantes ameritan un estudio más detallado de la química del agua, en forma mensual, o, como mínimo, estacional durante un ciclo anual. Los antecedentes obtenidos sobre caracterización química no son suficientes.

### 2.2.4 USOS ACTUALES DEL AGUA

No se agrega nada nuevo a lo conocido anteriormente.

### 2.2.5 RECURSO ACUATICO

En esta sección se agregan Tablas como la 2.13 de la Universidad de Concepción, que nuestros conocimientos actuales (Proyecto EULA) ya las han superado. Los escasos antecedentes de abundancia de bentos son claramente deficitarios. La lista de flora acuática y ribereña es un buen aporte.

## 2.2.6 IMPACTO SOBRE LA HIDROLOGIA Y CALIDAD DEL AGUA

En este capítulo y el siguiente, se presenta en el informe, una predicción de lo que podrá suceder en el medio con la construcción de la represa y su futura operación. Sin embargo, los antecedentes reales de ese sector del río Biobío no son suficientes para permitir estas extrapolaciones.

## 2.2.7 IMPACTO DURANTE LA OPERACION

Esta sección se refiere a varios procesos que se supone podrían suceder en el embalse. Entre ellos están:

Temperatura: Se calcula en 5° a 23° C. Es dudoso que el embalse alcance tan bajas temperaturas en invierno.

Oxígeno: Estamos de acuerdo que se producirá una capa anóxica que va a influir río abajo.

Sedimentos: La capacidad de retención de sedimentos no está muy clara. La sedimentación depende del tamaño de la partícula y la velocidad del agua. Así, a velocidades de 10 cm/seg se forma un fondo de arena o barro. No se conoce la velocidad promedio que tendría el embalse. En todo caso, en los grandes aumentos de caudal, por el rebalse de la represa saldría una cantidad importante de sedimento.

Se asegura que las condiciones del embalse son favorables para mostrar una buena calidad del agua, tanto en el embalse, como río abajo. Creemos que los antecedentes son insuficientes para permitir tal aseveración dado que saldría agua a mayor temperatura, menor concentración de oxígeno (sector profundo anóxico), probables gases tóxicos (H<sub>2</sub>S, metano), nutrientes como fósforo y nitrógeno reactivados por las algas en los procesos de eutroficación y otros.

Se especula que el embalse será una buena fuente de recreación, pesca, transporte, etc. La Cuenca del río Biobío tiene dos lagos naturales (Icalma y Galletué) excelentes para el turismo, pesca, etc. No se ven las ventajas del embalse en un terreno escarpado, con litoral fluctuante. La pesca deportiva existe y es más atractiva en los sistemas lóticos que lénticos. En todo caso, estos argumentos que parecen tan positivos, son de importancia secundaria, en una región que ya tiene lagos naturales (Icalma y Galletué) para la recreación.

Las consecuencias de las fluctuaciones de caudal aguas abajo de la represa y su efecto sobre la fauna no están estudiados. Esta es una seria limitante del estudio. Debe estudiarse con mayor detalle las condiciones físicas y químicas del sector inferior que se verá afectado por aguas de distintas calidades.

### 2.2.8 IMPACTOS RESIDUALES

Se indica que el impacto más importante es el cambio de sistema lótico a léntico para un sector del río y la creación de un ecosistema lacustre de pequeñas dimensiones.

En la definición de embalse indicamos que ellos son un híbrido entre río y lago. Por lo tanto, los embalses no son homologables a los lagos naturales.

En la tabla referente a los impactos positivos y negativos, hay varias decisiones sobre impactos positivos que no son fundamentadas fehacientemente. Por ejemplo, se considera positivos cambios térmicos para las algas. Esto significa en el hecho procesos de eutrofia para el fitoplancton que no pueden ser positivos, ya que implica pérdida de biodiversidad.

El mismo comentario sirve respecto a la mayor disponibilidad de nutrientes que originan eutroficación. En general, estas apreciaciones de las tablas son discutibles.

### 2.2.9 APENDICE 8: METODOLOGIAS EMPLEADAS PARA LA CARACTERIZACION DEL AREA ACUATICA Y LIMNOLOGICA

La metodología es, a nuestro criterio apropiada, pero se aplica en un solo mes, lo que en ningún caso es representativo para la mayoría de los parámetros considerados.

### 2.2.10 APENDICE 9: CARACTERIZACION DEL FUTURO ECOSISTEMA DEL EMBALSE

En general, la caracterización es muy especulativa por los escasos conocimientos que se dispone del medio. Esto es válido para los factores físicos, químicos y biológicos. Sólo se dispone de buenos antecedentes hidrológicos.

Temperatura Se predice la ubicación de la termoclima y de allí se sacan muchas conclusiones sobre el hipolimnio. Es interesante indicar que la profundidad media se calcula en 34 m. No se entrega un gráfico hypsográfico para calcular el porcentaje en área y volumen que alcanza la profundidad media. En todo caso, debe ser por sobre el 60% del embalse. Se calculó una termoclima en verano de más o menos 10 m, para un metalimnio hasta 40 m, el verdadero hipolimnio con baja temperatura en verano, queda reducido entre los 60 y 80 m de profundidad. Esto significa que en verano, saldrá una importante cantidad de agua con alta temperatura, sin considerar que las mezclas de agua son altas en el embalse, frente a una rápida renovación del agua. Respecto a la estratificación, estimamos que será muy irregular y frágil.

No se indican apreciaciones sobre el color, turbidez y penetración de la luz que tendría el embalse. Esto es posible calcularlo en base a la proyección de los sólidos en suspensión.

Sedimento: El aumento de la materia orgánica y su descomposición es un punto clave para el primer período de la represa. Varios cálculos entregados parecen estar bien. Sin embargo, no considera la calidad del material vegetal y sus procesos de lixiviación, además de los efectos de la temperatura en la aceleración de la descomposición orgánica.

Nutrientes: Algunas extrapolaciones nos parecen muy especulativas porque los antecedentes de que se disponen son escasos y poco confiables en cuanto a las concentraciones de nitrógeno y fosfatos.

#### Comunidades del ecosistema acuático

Este capítulo es muy general. Falta una mejor relación entre la hipotética flora con la real disponibilidad de nutrientes y sus factores físicos. Es fundamental considerar las variables de una posible eutroficación.

En cuanto a la fauna, la predicción de la fauna bentónica es insuficiente.

La fauna íctica está bien lograda, y es comparable a la presentada en el informe de Universidad de Concepción y, actualmente significativamente superada por la información generada por el Proyecto EULA-CHILE.

#### Manejo del recurso acuático

En general, las recomendaciones, parecen acertadas. El gran error que ellas revisten es que la mayoría de las investigaciones propuestas se realizarían después de construir la represa.

Entre ellas se destacan:

- (1) estudio del curso inferior del río Biobío
- (2) estudio del ciclo anual de los factores físicos y químicos;
- (3) estudio del bentos
- (4) migración de peces.

#### **2.2.11 APENDICE 12: "PROGRAMA DE APROVECHAMIENTO DEL EMBALSE PANGUE PARA LA PRODUCCION DE PECES**

Los estudios sobre aprovechamiento del embalse Pangue para la producción de peces parecen interesantes en cuanto a que proponen estudios básicos sobre los peces nativos.

Es necesario reconocer que sería muy importante realizar esos estudios, pero ellos corresponden a un programa sobre usos biológicos de los embalses y no sobre impacto ambiental.

#### **2.2.12 APENDICE 13: "DESARROLLO DE UN PLAN DE CONSERVACION DE ESPECIES ICTICAS EN EL SECTOR PANGUE"**

Esta sería una excelente propuesta, cada vez que para materializarla se realizarán estudios ecológicos de una mayor profundidad y, como lo indican los consultores, con un trabajo intensivo de por lo menos 18 meses. ¿Cuándo se realizarán estos estudios?. Es necesario que se efectuen antes de la construcción.

#### **2.2.13 APENDICE 14: "ESTUDIOS DE MIGRACIONES DE LAS ESPECIES ICTICAS DEL SECTOR PANGUE: PROPOSICION DE UNA METODOLOGIA"**

Los consultores hacen sólo una proposición de estudio y optan por un método (el telemétrico) para seguir el movimiento de los peces. La Universidad de Concepción había considerado la necesidad de desarrollar estos estudios antes del inicio de la construcción de la obra. Se corrobora la tendencia observada en el informe de los consultores, en cuanto a que no existe ninguna posibilidad de modificar el proyecto de ingeniería, teniendo como base la información sobre las modificaciones del ambiente acuático.

### **2.3 CONDICIONES SOCIALES ECONOMICAS Y CULTURALES**

#### **2.3.1 OBSERVACIONES DE CARACTER METODOLOGICO**

Como metodología de análisis de los aspectos económicos, habría tenido que considerarse el sistema económico global del cual el área de estudio forma parte y no corresponde sólo al área afectada por el proyecto. El estudio de las consultoras, como se comentó anteriormente, se apoyó en las Bases Técnicas que solicitó el estudio del efecto de la construcción y operación de la Central Pangue sobre las comunidades más próximas al área de las obras y embalse.

Sin embargo, debe enfatizarse que el área de estudio se enmarca dentro de un sistema económico de uso y gestión de los recursos, más amplio que el determinado por los estrictos límites naturales de dicha área; por tanto, es necesario contar con la referencia económica global para comprender a cabalidad la magnitud e importancia de los efectos del proyecto. No nos referimos a los impactos que trascienden dicha área, sino a considerar la disponibilidad y demandas de los recursos de manera integral, para relacionar los efectos económicos localizados en el área de estudio con los aspectos

económicos macrorregionales que caracterizan el desarrollo de esta región. Así es posible formarse una visión de la orientación de dichos procesos a futuro, sustentada en las potencialidades de sus recursos naturales de la región.

La disponibilidad de la visión del sistema Económico Regional a través de variables, como la estructura del PGB, Empleo y Exportaciones por sectores de actividad económica, y Perfiles Sectoriales, relevantes dentro del área de estudio revisten gran importancia. Si ellas hubieran sido contemplados por los consultoras, los antecedentes proporcionados en su Informe sobre actividades productivas realizadas, habían adquirido una dimensión real, tanto de los procesos generados por la actividad económica en el área (demandas de comercio, servicios, vivienda, salud, educación, infraestructuras, etc.), como de las oportunidades futuras de acceso a recursos ( actividades de turismo y recreación, agropecuarias, forestales y las correspondientes demandas derivadas por estos usos).

Si bien en el análisis del estado actual del medio se entrega información desagregada por variables que las consultoras consideraron relevantes, en particular con un esfuerzo de tipo cuantitativo, el análisis de impactos socioeconómicos solo tiene un carácter cualitativo.

Consecuentemente, ello no permite apreciar la correspondencia necesaria entre el criterio de adopción de variables relevantes para el estudio y el análisis de impactos para cada una de esas variables.

Las proposiciones de recomendaciones socioeconómicas se consideran ajustadas al manejo de situaciones de lo que el estudio entrega como impactos, dada la necesidad real de minimizar los efectos que provoca un proceso más rápido de desarrollo del área, debido a la construcción de la Central. En tal sentido, se considera que es científico tratar de mantener un nivel de objetividad técnica en el análisis, dados los impactos económicos positivos para la zona.

El equipo de trabajo de las consultoras no consultó especialistas en el área de la economía, lo cual induce a pensar que el informe carece de los aspectos mencionados en los puntos anteriores y, consecuentemente, la carencia de bibliografía especializada en dicha unidad temática.

Del mismo modo en la lista de participantes en el estudio, no figura ningún geógrafo. Considerando que el trabajo consiste en un análisis de espacio humanizado, tal como los autores lo indican a través de su informe, lo anterior representa una seria deficiencia.

En cuanto a la bibliografía, en el área socio-económica, no aparece ningún trabajo que caracterice el marco regional de la problemática de desarrollo económico de la región, en circunstancia, que existen numerosos trabajos de investigación publicados por investigadores de la Universidad de Concepción en esta temática. De tal forma que debido a que el estudio carece de la perspectiva macroeconómica regional, difícilmente puede lograr un conocimiento acabado de la situación en el Alto Biobío y sólo puede limitarse a enumerar una serie de actividades productivas.

En cuanto a la descripción demográfica del área se confunde ésta con los aspectos sociales. Luego, la intención de establecer analogías a distintas escalas, esto es, hacer comparaciones entre la situación de una comuna del Alto Biobío (de características rurales) y la región del Biobío (con marcado carácter urbano), sólo puede llegar a una conclusión: Toda vez que de acuerdo con la literatura especializada en el tema "el grado de influencia urbana en el entorno rural varía inversamente, con la distancia a la ciudad más próxima y directamente con el tamaño de la ciudad". En consecuencia, la actitud y valores de los habitantes del Alto Biobío, debe explicarse en base a su libertad individual para buscar nuevas oportunidades de desarrollo.

Tal vez, una buena aproximación al tema, es comparar la situación demográfica entre la comuna de Santa Bárbara con otra de igual grado de desarrollo económico y similar localización geográfica. De lo contrario, en cualquier análisis demográfico, el resultado será siempre negativo para el sector de menor nivel de desarrollo.

Las migraciones. Para todos es conocido que la productividad de la tierra en el sector del Alto Biobío no tiene un rendimiento óptimo, pero que esta situación conduzca, finalmente, a un proceso de aculturación es poco probable, ya que en los habitantes del área existe un marcado carácter de arraigo a la tierra y su entorno.

Lo anterior podría haberse medido mediante el Índice de Intensidad Migratoria, que fija la relación que existe entre el tamaño y forma de las unidades espaciales de salida y destino utilizadas en la comparación.

Índice de pobreza. A partir de la descripción demográfica el estudio deriva en la condición de subdesarrollo del Alto Biobío. Al respecto, la metodología seguida para llegar a dicha conclusión es sólo un marco de referencia para enfrentar esta problemática.

En síntesis, el tema de la Pobreza debe enfrentarse con mayor rigurosidad, toda vez que existen metodologías apropiadas para ello. En el caso particular del sector del Alto

Biobío, lo más conveniente es medir la concentración y/o dispersión de la población, según la disponibilidad de información en el área. Una vez definidas estas tendencias se analiza en forma conjunta el comportamiento de todos los indicadores que permiten concluir con un resultado confiable.

**Los impactos socioeconómicos.** No se aprecia una relación entre las variables sociales descritas en el estudio y el impacto que la construcción de la Central Pangué significa para el área.

Cuando se habla de impactos socio-económicos, existe una relación CAUSA-EFECTO entre las distintas variables que caracterizan el fenómeno. Sin embargo, esta relación no aparece con claridad en el estudio.

Así, cuando se plantea el tema de las ventajas que, en términos económicos, significará la construcción de la Central Pangué, para los habitantes del Alto Biobío, dichas ventajas, son relativas, por cuanto en la forma de vida de los habitantes del Alto Biobío hay un fuerte arraigo con su medio ambiente. Este arraigo viene por generaciones y debe tomarse en cuenta, al momento de considerar los impactos en la evaluación del proyecto.

Este mismo argumento es válido para el caso de las variables que conllevan a un informe de los aspectos sociales. En otras palabras, el estudio sostiene que la presencia de una Central Hidroeléctrica, llevará a un mejoramiento de la calidad de vida en el área. Luego, se enumeran una serie de indicadores sociales que, eventualmente, elevarán sus niveles, en comparación con los actuales. Pero estas aseveraciones no considera la antigua tradición cultural imperante en el área.

Consecuentemente, resulta difícil llegar a conclusiones categóricas en este campo. Pareciera que el estudio pretende minimizar cualquier efecto negativo que la construcción de la Central Pangué pueda producir tanto en el área como sobre sus habitantes.

Resulta difícil llegar a conclusiones categóricas cuando, en alguna medida, no se trabajó con las metodologías apropiadas, y cuando se realizaron comparaciones independientemente de las escalas de análisis o comparando dos realidades distintas.

### 2.3.2 AREA DE IMPACTO SOCIAL

En el párrafo correspondiente a este punto (2.1, pág.28) se describe la cuenca tributaria para el embalse Pangué y a ella la define utilizando como deslinde al Sur-Este, el muro proyectado para la futura Central Ralco.

El estudio contempló la definición y evaluación de impactos sobre la comunidad de Quepuca-Ralco (además de Callaqui y Pitril). También infiere de él que, posteriormente, se llegará a impactar la parte de la cuenca del río Biobío, aguas arriba de Pangue, y la subcuenca del río Lomín debido al Proyecto Ralco. Por lo tanto, el planteamiento de lo que hoy se considera como medidas o soluciones correctivas e implementación de acciones que mitiguen el deterioro en la etnia (considerando pasado, presente y futuro), no puede quedar circunscrito a un estudio particular del área sólo correspondiente a la definida para Pangue, y tampoco a las soluciones a aplicar en ese sector. Debe considerarse toda el área pehuenche que corresponda estadísticamente al universo Pehuenche. Para el caso del trabajo analizado sólo se plantea la opinión de algunos representantes de Quepuca-Ralco, Callaqui y Pitril.

En tal sentido, se observa escepticismo en las opiniones de los Pehuenches respecto a lo positivo que tiene el proyecto en cuanto a DESARROLLO y PROGRESO propio e incluso, el hecho de llegar a negar el beneficio, logrado con la venta de artesanía a los turistas extranjeros. En Quepuca-Ralco es donde han sido más beneficiados por este tipo de actividades, (incluso se comercializa en dólares) aprovechando los lugares de descanso de los canoistas. Esta relación es consecuente con lo planteado por el Cacique de Quepuca-Ralco (Don José del Carmen Levi Sandoval), en el sentido de reforzar la artesanía y la organización para la comercialización, así como el establecimiento de nuevos mercados, favoreciendo la cultura, el quehacer de la mujer (elemento fundamental de endoculturación) y la propia economía.

Desde hace algunos años, se aprecia el mayor beneficio de lo anterior por el aumento del quehacer artesanal y por la diferencia de valores (a favor), en comparación con la venta en otras comunidades (Ralco Lepoy-Trapa Trapa).

No puede utilizarse como indicador de diagnóstico del presente y pasado próximo, que el uso recreativo del río y sus riberas o entorno no sea significativo. Lo anterior demuestra lo contrario.

También, es importante considerar que la opinión de los Pehuenches se refiere sólo a Pangue y no a los otros embalses proyectados. Esta situación, proyectada a futuro, demostraría el desconocimiento de los últimos (de lo cual no son responsables) en cuanto a que generarían problemas irreversibles a las comunidades pehuenches.

### 2.3.3 DESCRIPCION DEL MEDIO AMBIENTE ACTUAL

Se señala (pág.81) que es necesario invertir una gran cantidad de recursos para hacer llegar a ellos (los pehuenches) los beneficios básicos que proporciona el Estado, como son la

educación, salud, subsidios, viviendas, deportes y otros. Esto es integracionismo y no corresponde a un análisis serio de lo que los indígenas quieren o realmente necesitan. Si no se toman en cuenta estos y otros factores culturales, es probable que ocurra el efecto contrario, donde el remedio sea peor que la enfermedad. Experiencias sobre esto hay muchas y los efectos negativos son considerables, sin tomar en cuenta la pérdida de los recursos invertidos.

Es relativo que el proceso de aculturación y asimilación influyan en la migración (pág.89). Incluso se puede llegar a plantear que la aculturación es un mecanismo cultural para evitar la asimilación.

Los índices de pobreza (CAS II) están confeccionados para poblaciones tipo, o sea una familia chilena tradicional, sin tomar en cuenta las poblaciones especiales o atípicas en relación a la familia chilena. Por ello, creemos que el uso de este criterio no es conveniente para caracterizar a este tipo de familias, pues hay consideraciones culturales, incluso históricas, que hacen notables diferencias. Estos estudios sólo sirven como datos comparativos.

Se señala (pág.91) que la vivienda sería precaria, y que sólo es necesario repararlas y preservarlas debido a su alta eficiencia. Sin embargo, se plantea la necesidad de construir nuevas casas a través de subsidio estatal, sin tomar en cuenta si éstas son o no funcionales para ellos. Es necesario tomar en cuenta varios elementos antes de entregar una casa del tipo tradicional, de los planes de subsidio, pues no existe una preocupación de si esta nueva vivienda cumple con la funcionalidad requerida por ellos. Caso concreto: estas casas tienen piso de madera, donde es imposible hacer fuego para cocinar, se incluye entonces una pieza de cocina adaptada para un artefacto de cocina tipo gas u otro, creando así nuevas necesidades difíciles de solucionar. Así como este ejemplo hay muchos, y es necesario hacer varias investigaciones al respecto antes de proponer estas soluciones.

La importancia del tipo de vivienda (pág.119), su relación con las características climáticas, su eficiencia, su relación con la madera nativa y la escasez de esta última. Los bosques aunque no tengan importancia económica, sí la tendrían en la sustentación de la protección de la vida de las familias pehuenches.

Por otro lado, se aprecia más adelante en el estudio analizado, el apoyo que se debe dar al levantamiento de casas con subsidio estatal y que ellos han estado recibiendo, y pese a que se plantea a través de las consultorías que esa vivienda no es apta, sugieren reforzar estas expectativas que son negativas. Aún más, el informe dice que este tipo de casas financiadas con subsidio estatal han tenido un proceso lento. En este sentido, entonces, mayor es la contradicción planteada.

En el planteamiento que se hace con respecto a la educación (pág.92), se ignora el rol negativo que tiene ella al estar diseñada para una sociedad distinta y que no contempla la enseñanza del mapudungu, idioma propio de la cultura pehuenche.

En lo que concierne al alfabetismo (pág.94), no se señala la importancia del bilingüismo, porcentajes de éste, etc. El bilingüismo es un elemento muy importante en estos casos, pues es el vehículo de transporte de información desde fuera del grupo, por una parte, y al interior del mismo, por otra. Falta una descripción más detallada respecto a la tenencia de la tierra en el sector, en su aspecto jurídico (pág.99 y siguientes), haciéndose necesario un análisis exhaustivo de las características de tenencia, en el área de estudio, su variación en el tiempo y la existencia de relación o no con una propia decisión Pehuenche (pág.103). Sólo se menciona el número total de lotes en que fueron divididos los terrenos comunitarios. No se analiza la estructura de propiedad, según el número de asignatarios, tampoco la asignación de tierras por grupo familiar y otras distribuciones que pudieran ser relevantes. Existen problemas puntuales de tenencia - usurpaciones de terrenos, conflictos entre reducciones - que tampoco son considerados en el análisis. Los antecedentes que se entregan, en este sentido, son demasiado generales y poco relevantes para una evaluación de impacto ambiental que debe considerar, en forma detallada, este tipo de situaciones.

Se expresa que toda la comunidad de Callaqui "estaría" con sus títulos de dominio (pág.104), como así también la comunidad de Pitril. Sin embargo, no se entregan antecedentes respecto a las adjudicaciones e inscripciones de dichos títulos, en el Conservador de Bienes Raíces de Los Angeles y al juicio que dió origen a dicha adjudicación.

Es importante conocer los problemas de usura y aquellos de venta ilegal de bebidas alcohólicas, en el poblado de Ralco, por ser ambas situaciones muy conflictivas en la zona (pág.105 y 106).

En forma textual se indica que: "Los callaquinos han derivado su actividad, principalmente, a los trabajos remunerados fuera de la comunidad y en actividades agrícolas, forestales y de infraestructura de caminos". No se aprecia un argumento sólido que permita definir las características de la economía pehuenche ni tampoco los diversos matices que podemos encontrar dentro de una reducción o un grupo de ellas.

Se plantea la importancia del trabajo asalariado en la reducción de Callaqui, lo que es contradictorio con lo señalado en la página 105, donde se indica que la agricultura es la base de la economía pehuenche. Es necesario un apoyo estadístico que sustente esta afirmación.

A modo de sugerencia, hacemos presente que debiera tratarse, en forma especial, por la importancia práctica que implica para la implementación de un plan de manejo en el sector, todo aquello referido a áreas y especies vegetales y animales bajo régimen legal de protección (áreas de protección).

#### 2.3.4 IMPACTOS AMBIENTALES SOBRE LOS PEHUENCHES

No obstante lo comentado en relación al Capítulo Antecedentes Generales, en el sentido de no existir una base de información adecuada que permita una efectiva evaluación de impacto ambiental, se procederá a comentar los contenidos de esta parte del informe. En este sentido, resulta consecuente que al estar incompleta la información de base, adolece de una sustentación científica de información que permita identificar, con exactitud, los impactos que originará la represa Pangué.

En cuanto a la erradicación que afectaría a nueve familias no pehuenches y que se plantea como un impacto, por la importancia de los efectos que este desplazamiento origina en dichos grupos familiares, ello debió ser tratado en forma especial en el capítulo. Descripción del Medio Ambiente. Asimismo, en dicho capítulo debiera entregarse un mayor volumen de información respecto de estas familias, su relación con los pehuenches (grado de parentesco) y tiempo de residencia en el lugar. No debe olvidarse que sus terrenos formaban parte de la comunidad indígena "Ralco".

Sobre los impactos socioeconómicos derivados de la transformación del camino a la central Pangué (pág.155), se menciona como impacto negativo, dentro de los efectos económicos, producto de la nueva vía que une la ciudad de Los Angeles con el poblado de Ralco, y las futuras vías de penetración del área, la mayor presión sobre la explotación del bosque nativo. Esto es acertado; sin embargo, y como consecuencia de la no relación entre los resultados de los análisis entregados en el capítulo Descripción, y la definición de los impactos, no se evalúa este proceso de explotación en el contexto de los efectos que puede provocar en la tenencia de la tierra. Por ejemplo, no se entregan antecedentes sobre las características actuales de la explotación ilegal del bosque nativo en tierras indígenas, es decir, no se cuenta con un parámetro válido que permita evaluar futuros cambios o tendencias. Dada la magnitud de la explotación ilegal de bosque nativo en tierras indígenas del sector (pág. 181), es necesario precisar los objetivos y alcances que tendría el convenio que Pangué S.A. celebrará con CONAF.

Plantear que la apertura de la comunicación (pág. 156) con los centros urbanos mayores (el término "apertura" es sólo relativo), con los sectores de agricultura intensiva de las

zonas de riego y con la creciente industria de la región producirán, potencialmente, un incremento de las oportunidades de trabajo y un aumento de ingresos, tanto de colonos, como de mapuches, no sería del todo válido. Uno de los efectos que provocaría la contratación de mano de obra indígena en los diversos mercados laborales, sería deprimir los salarios. En efecto, este contingente acepta las peores condiciones laborales en las diversas ocupaciones que realizan. Es decir, se puede plantear que el trabajo asalariado puede aumentar en la zona, pero ello no necesariamente se traduce en un aumento lineal de los ingresos. Al igual que en el caso anterior, no se entregan antecedentes al respecto, con lo cual se hace muy difícil evaluar este tipo de proceso.

Si bien esta probable mayor presión sobre la tierra no afecta las tierras indígenas, sí lo hará sobre el recurso bosque. En general, se observa cómo en estas proposiciones se concluye, sobre la base de argumentaciones muy débiles, que no tienen un fundamento científico que las avale.

Es positiva la creación de nuevas oportunidades laborales para la población colona y pehuenche, pero no se señala el peligro que representa el trabajo asalariado para la consolidación y fortalecimiento del sistema productivo indígena. Este se basa, fundamentalmente, en la mano de obra familiar para realizar las diferentes actividades productivas ligadas a la agricultura, la ganadería, la recolección y la explotación de bosque nativo. En otras palabras, es posible que los predios indígenas se transformen en explotaciones "dormitorios", con la consiguiente subutilización del recurso tierra. En la actualidad, este proceso se observa en la reducción de Callaqui.

Se plantea que más del 85% de los ingresos en Callaqui, Pitril y Quepuca-Ralco, proviene de su propia producción (pág. 110). Esto es lo que habría que reforzar. Su propia producción. Esto es permanente. Los empleos transitorios podrán tener consecuencias fáciles de prever, a no ser que se intente condicionar situaciones futuras.

Con respecto al ingreso se indica que es, actualmente, promedio por familia, de \$25.749 y tiene su origen en la agricultura y ganadería. Es insuficiente. Durante los 5 años que duren las obras contempladas en el proyecto PANGUE, probablemente, los contratistas le cancelen cifras un poco superiores, pero posteriormente, cuando termine la actividad laboral de las obras no sólo se ha acabado ésta, sino también, la ganadería y agricultura, ya que los suelos seguirían sobredegradándose y la ejecución de cultivos y atención de animales sería menor o estaría ausente.

Sobre los impactos socioeconómicos durante el período de construcción de la Central Pangue (pág. 157), se plantea como positiva la posibilidad de que la población pehuenche pueda obtener mayores ingresos, producto de su probable contratación en la construcción de la Central Pangue. Cabe señalar que en el supuesto de ser contratada, sólo será por un lapso no superior a los tres años y a partir del segundo año de construcción. Aún cuando no disponemos del calendario de la construcción, nos parece extraño que sólo se contrate esta mano de obra a partir del segundo año. Normalmente, se requiere mano de obra desde los inicios de ésta, ya sea para construcción de caminos, instalación de campamentos, etc.

Sobre los impactos socioeconómicos, durante el período de operación de la central Pangue (pág. 160), se requerirá personal especializado. La mano de obra no calificada sólo tendrá acceso a las actividades de servicio. No se mencionan en el capítulo 2, correspondiente a la Descripción del Medio Ambiente, cuáles son estas actividades, ni el número ni tipo de trabajadores que se necesitará.

En cuanto a la población pehuenche y colonos que a esa fecha quede sin trabajo, por la finalización de las obras, cabría preguntarse: en qué situación laboral quedarían y qué sucedería con sus ingresos. En tal sentido, no existe una definición clara de los posibles efectos que esto produce en el tiempo. Por otra parte, los dineros que se paguen por concepto de previsión, en esa época, serán sin destino, pues antes no tenían cotizaciones y después tampoco tendrán. Sería interesante proponer algunas alternativas al respecto.

#### 2.3.5 METODOLOGIA EMPLEADA PARA LA CARACTERIZACION, DETERMINACION DE IMPACTOS Y RECOMENDACIONES DEL AREA SOCIOECONOMICA O CULTURAL

a) Se señala que, a partir del análisis global de la información (contenida en el volumen 1) se identificarán los posibles impactos derivados del Proyecto Pangue y se propondrán recomendaciones para mitigar sus efectos. Sin embargo, se observa una total independencia entre los resultados de estos análisis, los procedimientos metodológicos mediante los cuales se obtuvieron y la identificación y valoración de los impactos.

b) Según los antecedentes bibliográficos presentados en este informe, es imposible "arribar" a una caracterización histórica antropológica de la región en estudio. Faltan muchas investigaciones realizadas en el área, así como también, estudios generales sobre la problemática pehuenche, mapuche e indígena en general.

c) Se habla de un acercamiento culturalista en el estudio. ¿Qué significa esto?; ¿por qué ese y no otro acercamiento, u otros acercamientos?. Para un estudio de este tipo, se requiere de otras formas de análisis, ojalá orientadas al problema que se quiere conocer, específicos en los temas y áreas que se están estudiando. Por otra parte, hay que señalar la justificación de tal o cual elección. De lo contrario, se puede interpretar como una metodología y éste no es el caso.

d) "Es necesario conocer cuáles son las pautas tradicionales del análisis histórico". ¿Existen acaso pautas no tradicionales?. Esto es impreciso y requiere de un análisis conceptual más específico. En definitiva, para hacer un análisis histórico, existe un método, es el método científico de toda investigación histórica, en este caso no se está haciendo un análisis histórico de la región, sino un estudio de impacto, hacia el futuro. Es necesario definir qué se estudiará en el análisis histórico, si será un período, un proceso, etc.

e) Cuáles son las premisas propias del análisis antropológico?; ¿de dónde salieron?; ¿dónde se han aplicado?; ¿con qué resultados?. Se generan muchas interrogantes referente a validez del análisis antropológico realizado, pues no se puede afirmar que existan premisas propias de tal o cual disciplina. En caso que se ocupe algún modelo, hay que señalar, claramente, las referencias y las justificaciones para su utilización.

f) La utilización del método de "estudio de casos" es efectiva cuando ya se tiene un estudio general del área. Para este estudio general, se emplean otros métodos y no el estudio de casos. De lo contrario, no se puede saber si la elección de éstos es correcta o no, pues no se tienen parámetros de medida previos. Ello hace que los resultados de las entrevistas, en cada caso, tenga poca validez científica.

g) Con los estudios de casos se puede llegar, en algunas ocasiones muy especiales, a conocer las valoraciones que los actores hacen de su situación y de su entorno. Para ello es necesario contar con informantes (casos) muy bien seleccionados que deben cumplir con características muy especiales.

Sin embargo, es imposible conocer mediante esta vía las valoraciones de los procesos de cambios que, en el corto plazo, deberán vivir. Estos son análisis futuristas muy subjetivos.

h) En general, la metodología empleada adolece de múltiples falencias. Entre las más importantes podríamos mencionar la ausencia de estudios comparativos en otras áreas donde se

han realizado obras de gran envergadura, ya sea centrales hidroeléctricas u otras. Existe bastante documentación al respecto; el estudio comparativo, en estos casos, es muy importante.

### 2.3.6 ANALISIS Y DISCUSION DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS. RECOMENDACIONES PARA LA MITIGACION

#### Recomendaciones socioeconómicas

En el Informe en general, los denominados "Impactos Ambientales" no tienen una contrapartida lógica en este capítulo; ello como consecuencia de que no estarían, suficientemente, identificados los impactos potenciales como tampoco las expectativas de la población local, como se señala erróneamente al inicio de este subcapítulo.

Hay una suerte de contradicción en lo global (pág. 174), pues de una parte se plantea que los adelantos realizados y por realizar por Pangue S.A., ayudarán a los indígenas a salir de su estado de extrema pobreza, produciéndose una chilenización; por otro lado, se dice que es preocupación fundamental de Pangue S.A. el fortalecimiento de la cultura pehuenche. Estos dos elementos pueden ser hasta diametralmente opuestos y no se pueden compatibilizar simultáneamente. No se puede fortalecer una cultura desde el exterior; son los propios individuos de un grupo cultural quienes adoptan los elementos que ellos definen como factibles de ser incorporados a su vida cotidiana. Este es un proceso lento y requiere de múltiples ensayos con diferentes alternativas. Sin embargo, en el presente caso estamos frente a un hecho establecido, impuesto desde el exterior, donde la población no tiene otra opción. Difícilmente, podríamos creer en un fortalecimiento de su propia cultura. Podrán haber modificaciones para adaptarse a esta nueva situación, pero pasados los cinco años de construcción, tendrán que enfrentar nuevamente su realidad.

Lo anterior se ve refrendado por lo indicado en el mismo informe: "Las conclusiones alcanzadas en las secciones anteriores, nos permiten reconocer, que si bien el proyecto Pangue es un acelerador de la asimilación cultural, por la vía de la modernización..." "...y a un afianzamiento de su identidad cultural...", y permite distinguir dos cuestiones fundamentales; punto 4.4. (pág. 174):

- a) Se reconoce el efecto de "asimilación".
- b) Se plantea la contradicción entre asimilación y "afianzamiento de la identidad cultural". Son caminos divergentes.

Dentro de las soluciones propuestas aparecen como muy positiva la creación de una Fundación de Desarrollo Pehuenche (proposición del Prof. Manuel Dannemann, consultor para Pangué S.A., expresada personalmente en el Seminario EULA-ENDESA, Diciembre 1991 Concepción).

Pangué S.A. debería estar financiando esta Fundación (parcial o totalmente) y no con una participación de gestión directa en ella.

La situación planteada por la consultoría pudiera hacer expedita una instrumentalización de los programas que la Fundación de desarrollo Pehuenche pudiera necesitar.

Es favorable la creación de la Fundación promovida por la Unidad Gestión Ambiental y Asuntos Externos de Pangué S.A. (pág.176). Sin embargo, se reitera que no existe una relación clara entre cada una de las iniciativas propuestas por esta Fundación, con la descripción de las condiciones sociales, económicas y culturales (capítulo 2) y con la identificación de los impactos ambientales socioeconómicos (capítulo 3).

No se señalan los criterios que determinan que el trabajo de la Fundación sólo estará orientado a determinadas comunidades del Alto Biobío (pág.176 y siguientes). Por ejemplo, los programas de capacitación contemplan a Callaqui, Pitril, Quepuca-Ralco y Poblado de Ralco. La población indígena de todo el Alto Bio-Bío debiera considerarse como potenciales beneficiarios de los distintos programas de transferencia de la fundación.

Es importante contar con las personas involucradas en la gestión de esta Fundación, pero mucho más importantes son las personas que puedan conocer otras experiencias realizadas. Esto no puede ser planteado en forma experimental o como proyecto piloto. Debe ser dirigida por especialistas que conozcan el problema y sepan cuáles son las soluciones y los posibles riesgos.

Es la Fundación la que a través de sus miembros representantes Pehuenches, legitimados por su comunidad como tales, debería definir y evaluar, con las asesorías que ellos estimen pertinentes, los posibles programas de acción.

Las campañas destinadas a dar a conocer la cultura pehuenche deberían ir dirigidas a toda la comunidad, local, regional y nacional.

Muy positivas las sugerencias de alimentación, transferencias, de organización para la comercialización, etc.

En cuanto a Programas habitacionales es importante rescatar lo planteado en el análisis crítico del punto 2.3.2.3. (Vivienda tradicional y lo planteado con respecto al tipo de vivienda de los programas estatales).

Es muy importante lo sugerido en cuanto a la generación y ejecución de programas de Capacitación Pehuenche y, particularmente, en la medida que Pangué S.A. financie un organismo o empresa especializada y experiencia demostrada, y que con posterioridad a su ejecución sea debidamente evaluada en el contexto de la cultura Pehuenche.

En lo referente a Artesanía, al igual que la construcción de viviendas, es donde se hace, fundamentalmente, el rescate de los modelos de producción propios y del saber popular al interior de la comunidad, y no "INNOVAR" y "MEJORAR" implementando tecnologías que desplazan lo propio de la Etnia.

Se reitera que lo propuesto es rescatar y no, falsamente, mejorar.

La artesanía lanar implica cantidad de lana y ello cantidad de ovejas, la cual está estrechamente asociada a la capacidad de sostenimiento a través de empastadas y calidad del suelo.

Finalmente, reconociendo como positivas las acciones propuestas en cuanto a la probabilidad de contratación real, digna y significativa de mano de obra, convenios y actividades misceláneas sugeridas, conviene destacar en estas últimas aquellas actividades determinadas para la prevención del alcoholismo y otras enfermedades.

En cuanto al reasentamiento de familias afectadas por la erradicación (pág. 175), no ha sido suficientemente analizado como ya se mencionó. Para el caso de los propietarios, Pangué S.A. deberá elaborar un plan de erradicación, de acuerdo a la Ley General de Servicios Eléctricos. Para aquellos que no son propietarios, será Pangué quien, a través de un plan, deberá hacerse cargo, directamente, de erradicar a estas familias. En ambos casos debiera entregarse la información correspondiente.

De manera general se puede indicar que las conclusiones planteadas por las consultorías expresan algunos impactos e indicadores ya establecidos en los estudios de la Universidad de Concepción y que son coincidentes en muchos aspectos, aunque no se contemplan un gran número de ellos y que quedaron señalados en los trabajos referidos (por ejemplo, respecto a la autoridad y no intervención o manipulación de la comunidad, generación de divisiones internas), pero cuya profundización de estudio, en el tiempo, pudiera informar de manera distinta tanto cualitativa como cuantitativamente. Es

muy general la forma de referirse a lo que pudiera corresponder a la magnitud e importancia de los impactos.

En particular:

Se han realizado estudios por parte de la consultora que corresponde a impacto sobre impactos.

Debería haberse investigado el universo Pehuenche (o muestra estadísticamente válida) para rescatar el punto de vista de todas las comunidades indígenas Pehuenches presentes en la cuenca del río Biobío y sus tributarias Lomín y Queuco y no solo Callaqui, Pitril y Quepuca Ralco.

Aun más, Callaqui es una comunidad muy deteriorada física, social y culturalmente y corresponde a una interfaz entre los pehuenches y la sociedad global.

Debe recordarse que ella está próxima a Ralco y que este pueblito aparece en la década del 30. Ya en 1945 era una empresa de gran envergadura la que, fundamentalmente, constituía esta estructura semi urbana con gran influencia sobre la comunidad de Callaqui y generando graves problemas a la comunidad indígena tanto por la tala de Araucarias (hasta las Vegas de Ralco-Lepoy, por el Volcán Callaqui), como por la presión ejercida sobre los Pehuenches con distintos fines, (intereses empresariales).

Se plantea la gran importancia que tiene para los indígenas las oportunidades de trabajo. Es en este aspecto en donde encuentran, fundamentalmente, la respuesta positiva por parte de los encuestadores.

Pero no debe dejarse de lado los inconvenientes temporales, montos (2.3.4) y que aún más abiertamente reconoce, posteriormente, que al término de las obras (fase de construcción) se produciría una grave depresión o contracción de la actividad y por tanto de los ingresos, lo que afectaría enormemente a los Pehuenches. Aquí, además, pareciera dejarse entrever la posibilidad de la continuidad de trabajos con los otros proyectos. (Esto es válido suponerlo que ya se parte del esquema del complejo proyectado).

En el trabajo no se habla de tipo de previsión, tipo de trabajo, cantidad de personal contratado, etc, y sin embargo se plantea "mejoramiento del futuro pehuenche".

Una cuestión muy fundamental y básica y no tocada es el siguiente hecho: se plantea la degradación del suelo y la escasa o nula importancia de la vegetación presente en las áreas del embalse, así como en las áreas pehuenches.

Aquí importa plantear la necesidad de recuperar la cubierta vegetal, así como el mejoramiento consecuente del recurso suelo y el recurso riego. Este último es inexistente en muchas de las comunidades.

Ninguna solución de Horticultura, Cunicultura, Agricultura con énfasis en empastadas y sostenimiento de masa ovina ( y cantidad de lana producida) podría dar resultado sin una intensa acción en el sentido antes señalado.

Se debe insistir que éste es un aspecto medular para el mejoramiento del futuro de las comunidades pehuenches y debe ser asumido por la gestión de apoyo que se otorgaría por parte de Pangue S.A. a la comunidad.

Finalmente, al plantearse las posibilidades de acciones que pudieran "mitigar" los impactos, no se explicitan, los CRITERIOS DE PRIORIZACION y APLICACION; tampoco los PROCEDIMIENTOS y los MECANISMOS que permitan y cautelen su ejecución y seguimiento evaluativo pertinente.

### 3. PREDICCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES SOBRE EL SISTEMA FLUVIAL

#### 3.1 ANTECEDENTES GENERALES

Los impactos sobre el sistema natural causados por grandes represas están bien documentados, por ejemplo en las revisiones Baxter (1985), Baxter y Glaude (1980) y en el texto de Goudie (1990).

Una temática específica de particular interés se refiere al estudio de los impactos causados en el sistema fluvial, aguas abajo de una presa, por los cambios en la cantidad y calidad del agua efluente del embalse. Estos impactos pueden afectar a una gran variedad de características del ambiente natural, así como a diversos usos humanos, actuales o potenciales, del curso de agua. Revisiones recientes y exhaustivas de estos temas son las de Gore y Petts (1990), Craig y Kemper (1987), Sale (1985), Petts (1984), y Ward y Stanford (1979a). Además se publica desde 1987 una revista especializada en este campo, titulada "Regulated Rivers: Research and Management" (G.E. Petts, Editor). Finalmente, existe una gran cantidad de trabajos sobre impactos específicos publicados en diversas revistas especializadas, algunos de los cuales serán citados en este trabajo cuando corresponda.

En general, existe una cantidad creciente de conocimiento acerca del impacto ambiental causado por grandes represas. Esta es un área de estudio muy activa en la actualidad, de mucho interés para la comunidad científica, y cuya temática de investigación está asociada a la ecología y gestión de los recursos acuáticos. En este ámbito, dos de las temáticas de mayor relevancia, por las problemáticas que plantean, son: (a) el impacto acumulativo de diferentes proyectos de desarrollo a nivel de cuenca (Paquet y Witmer, 1985), por ejemplo, la problemática en la cuenca del río Biobío con la Central Pangué, el Canal Laja-Diguillín, los riles de las celulosas, y las descargas de aguas servidas de los centros urbanos y el aprovisionamiento de agua de estos mismos centros, y (b) los impactos sobre la estructura y la dinámica fluvial que ocurren a escalas temporales amplias (Petts, 1984 y 1987), en particular en lo que se refiere a la tendencia hacia nuevas situaciones de equilibrio, ya sea ecológico o bien morfológico.

En el presente trabajo, se analiza los diversos impactos que podría causar la Central Pangué en base a una revisión de la literatura especializada considerando, además, el conocimiento de las características del sistema fluvial del río Biobío, generado por el proyecto EULA.

Sobre la base anterior, y para cada área temática analizada, se critica el Informe elaborado para Pangué S.A.. Esta evaluación no se orienta sólo al contenido del Informe de las consultoras, sino que también incluye diversos aspectos que no fueron considerados en tal Informe.

De esta forma, la revisión agrupa en tres grandes capítulos los temas siguientes: impactos sobre los factores abióticos (físicos y químicos), sobre los componentes bióticos y sobre los actuales usos antrópicos del curso de agua. Se menciona luego, en forma muy general, algunas medidas de mitigación que podrían ser implementadas para aminorar los impactos esperados del proyecto.

Por último, se efectúa un análisis de las investigaciones necesarias para poder prever, con un margen de seguridad aceptable, cuales serán los mayores impactos de la Central Pangué.

### 3.2 IMPACTOS SOBRE LOS FACTORES ABIOTICOS

#### A) CAUDALES AGUAS ABAJO DE LA PRESA

Las alteraciones causadas en un río aguas abajo de una presa, por cambios en la cantidad y calidad del agua, son tal vez el principal impacto que ocurre sobre el medio abiótico.

A continuación analizaremos de qué formas se verán alterados los caudales del río Biobío aguas abajo de la central Pangué, y cómo se consideró esta situación en el Informe que se está criticando.

##### i) Operación de la represa

De acuerdo con el Informe, la operación normal elegida para la presa Pangué será del tipo denominado "de punta", con generación a plena carga durante las horas de máxima demanda de energía. Durante las demás horas del día, la generación sería variable, dependiendo de la demanda en el SIC, del caudal afluente al embalse y del volumen embalsado. Debe mencionarse que este tipo de operación es mucho más dañino que aquél que consiste en generar, continuamente, con el caudal afluente al embalse, denominado "de paso". Los impactos que pueden causar las fluctuaciones del caudal son numerosos, y serán explicitados más adelante.

Como el caudal mínimo de generación considerado en el diseño es de 112.5 m<sup>3</sup>/s, el esquema propuesto significará importantes variaciones diarias del gasto liberado, sobre todo en los meses de verano y comienzos del otoño (variaciones de 0 a 500 m<sup>3</sup>/s en menos de una hora según el Informe). De hecho, Pangué S.A. pretende secar un tramo del río durante gran

parte del día, en estos períodos. Esto no debe permitirse puesto que puede acarrear consecuencias que no han sido evaluadas, lo cual se discutirá en otros capítulos.

No obstante lo recién mencionado, el Informe advierte también sobre la posibilidad de que ocurran eventuales emergencias, lo que conllevaría alteraciones significativas en la operación. Esta situación debe controlarse cuidadosamente, debido al potencial que tienen estas emergencias de causar daños extensos, tanto en el embalse, por las variaciones mayores del nivel, como aguas abajo, por las fluctuaciones del caudal.

#### ii) Uso diario del agua

El procedimiento utilizado por las consultoras para determinar el número de días al año y de horas al día en que no habrá generación, secándose por ende el río aguas abajo de la presa, es inadecuado. En efecto, para cada mes del año, se consideró como caudal representativo el promedio de la serie histórica de caudales medios mensuales, ocultándose así toda la variabilidad que poseen los gastos:

- variabilidad interanual: como se considera el promedio de todos los años de registro, aquellos más secos se confunden con los más húmedos en un valor medio.
- variabilidad dentro de cada mes: como se utiliza caudales medios mensuales, los días con mayor o menor caudal en un mes dado desaparecen en la cifra media.

Esta metodología no corresponde utilizarla en un estudio ambiental, donde lo que interesa conocer es la probabilidad de ocurrencia de situaciones más desfavorables, que son aquellas que, precisamente, producirán los mayores impactos (Petersen et al., 1987). Esto resalta claramente si analizamos los resultados contenidos en el Informe. Se dice que habrá días en el año en que el río será secado por lapsos de a lo más 14 horas de duración. Con toda seguridad, si se estudiara las series de caudales diarios, se vería que habrá, de hecho, varios días al año en que el río será secado por 20 o más horas. Esto se debe a que la metodología utilizada en el Informe considera que, por ejemplo, todos los días de todos los meses de marzo habrá siempre un caudal constante, igual al promedio histórico para marzo, que es de 99.4 m<sup>3</sup>/s. Ahora bien, lo cierto es que para marzo, habrá algunos días con caudales menores que 70 o incluso que 60 m<sup>3</sup>/s. Esto traerá como consecuencia que el período diario de cierre de bocatomas supere las 20 horas.

De todos los impactos ecológicos que ocurrirán en el sistema fluvial, el mayor será aquél causado al secar diariamente, durante los lapsos mencionados, el río Biobío. Esta situación no debe permitirse, considerando los efectos que tendría para la ecología del sistema fluvial en su totalidad. Si se recuerda que el sistema fluvial es un continuum estructural y funcional (Minshall, 1988; Vannote et al, 1980; Minshall et al., 1985; Décamps y Naiman 1989; Cummins et al, 1984; Hynes, 1975; Cummins, 1977), tal como se indicó en la introducción en tomar, la interrupción del flujo significa comprometer esta continuidad, con las correspondientes secuelas. Se debe enfatizar que esta interrupción implica descontinuar no sólo el flujo del curso principal, sino que el aporte de miles de ríos de los primeros órdenes, los cuales contribuyen con la mayor parte del material nutritivo que permite la productividad de todo el sistema.

Para tener un conocimiento más acabado de la situación anterior, la forma correcta de analizar estos aspectos sería considerando caudales medios diarios, utilizando la curva de duración de caudales, o bien caudales medios mensuales pero con probabilidades de excedencia. De esta forma se contemplaría una situación más desfavorable que el simple promedio de varios años de registro. Por ejemplo, para el caso mencionado, podría utilizarse el caudal excedido un 90 % del tiempo para marzo, valor que alcanza a 68 m<sup>3</sup>/s (ENDESA, 1978). Muestra clara de lo inadecuado que resulta considerar promedios, es que al hacer el análisis de frecuencia ya no es Marzo el mes más desfavorable, sino que Abril, con un caudal de 61 m<sup>3</sup>/s excedido el 90 % del tiempo. Esto se debe a la mayor variabilidad que muestran los caudales en este mes.

Esta consideración, que es de extrema importancia, se menciona, veladamente, al final del capítulo correspondiente (vol.2, página 41 ) donde se dice: "Estas estimaciones (de horas diarias sin generación) pueden aumentar si se utilizan las estadísticas de probabilidad de excedencia de caudales, ya que los promedios tienden a disminuir los días con flujos (caudales) extremos". La verdad completa al respecto sería decir: "Estas estimaciones de horas diarias sin generación aumentan fuertemente si se utiliza estadísticas de probabilidad de excedencia de caudales, puesto que el utilizar promedios disminuye los días con caudales mínimos extremos".

Resumiendo, debe decirse que en un estudio de este tipo, donde lo que interesa destacar son los probables impactos negativos que causará un proyecto, no es válido trabajar con condiciones promedio, sino que debe considerarse, de alguna forma, situaciones más desfavorables.

En base a lo anterior, se recomienda hacer nuevamente esta parte del estudio considerando la metodología ya descrita.

consultora. Se plantea aquí que el río Biobío contendría en la actualidad oxígeno a un 80 % del valor de saturación, lo cual es, sin lugar a dudas, una equivocación: un curso de agua con una turbulencia tal como la del Biobío es muy improbable que contenga contenidos de oxígeno bajo el 100 % del valor de saturación. Esto se debe a la fuerte mezcla que sufren las aguas, lo que las mantiene continuamente oxigenadas, incluso a sobresaturación. Varios "sets" de mediciones realizados por el Proyecto EULA, en distintas estaciones del año y a lo largo del río confirman lo anterior. Lo único que puede suponerse es que los datos entregados en el Informe estén errados, ya sea debido a un muestreo no representativo o a fallas en las técnicas de análisis.

Los estudios por realizar debieran estimar cuánto disminuirá el oxígeno disuelto de las aguas de salida con respecto a las afluentes al embalse y cuánto tardará en recuperarse el nivel de oxigenación aguas abajo; este análisis debe realizarse para diferentes caudales.

### iii) Temperatura

De acuerdo con los resultados obtenidos al aplicar un modelo de circulación para el embalse, se indica en el Informe que las temperaturas de las aguas a la salida serán, a lo más, 2 ó 3 grados mayores que las de entrada, lo cual es considerado como un impacto menor, sin ningún tipo de justificación.

Independientemente de la validez de los resultados de la modelación, la que se discute a continuación, es necesario preguntarse cómo las alteraciones en las aguas de devolución afectarán a las temperaturas aguas abajo, particularmente en el caso de caudales bajos o nulos. En efecto, en estos casos, las velocidades de viaje del agua a lo largo del cauce serán menores, así como las profundidades de escurrimiento, por lo que el agua tendrá mayores oportunidades de captar calor, es decir, de calentarse más, en la estación desfavorable, con un probable impacto sobre todas aquellas especies sensibles.

A este respecto, es necesario considerar estudios pertinentes sobre los impactos que causarán estas alteraciones de las temperaturas sobre la biota y los demás usos del agua, río abajo. Deberá simularse el comportamiento de la temperatura aguas abajo de la presa, para caudales bajos.

### iv) Modelación hidrodinámica (y no hidrológica!)

En el Informe se indica que se aplicó un modelo de simulación hidrológica, correspondiendo en verdad a un modelo de simulación hidrodinámica. Este modelo se utilizó para analizar la circulación del agua en el embalse, así como el comportamiento de algunos factores abióticos, particularmente

la temperatura y oxígeno disuelto. En la introducción de este capítulo se explicita que un embalse o lago artificial corresponde a un híbrido entre un sistema limnético (lago) y un sistema reófilo (río), con propiedades muy singulares, que lo diferencian de los dos sistemas mencionados en un grado tal, que dificulta extrapolaciones a partir del comportamiento de estos sistemas.

El modelo utilizado, denominado CE-QUAL-W2, tendría por autores al "Engineer Military Corps" (no será el "U.S. Army Corps of Engineers" en Vicksburg, Mississippi?). Se desconoce este modelo, aunque sí se ha trabajado con el QUAL-2E, de la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (ROESNER et al., 1981). Este último es un modelo unidimensional (lineal) de calidad de agua, por lo que tiene sólo aplicación para sistemas fluviales y no lacustres. Puede, en todo caso, tratarse sólo de un alcance de nombres, pero no habría estado de más incluir en la bibliografía alguna referencia relativa al modelo utilizado (el "user's manual", por ejemplo).

Referente a la aplicación de este modelo se expresan las consideraciones siguientes:

i) Los datos de entrada al modelo son nuevamente promedios de valores medios mensuales, por lo que no permiten al modelo representar situaciones desfavorables.

ii) El modelo se calibró asumiendo valores para la turbulencia y transparencia de las aguas. En la introducción de este capítulo se critica que el estudio de las consultoras haya considerado un solo muestreo, lo cual no permite conocer la variación, al menos estacional, del comportamiento de los numerosos parámetros físicos y químicos. Es muy probable que los resultados de la modelación sean altamente sensibles a algunos parámetros de entrada, por ejemplo a la transparencia, por lo que se necesita ser muy cuidadoso a la hora de asumir estos valores.

iii) Es importante destacar que muchos de los supuestos hechos en el Informe, acerca de los impactos que ocurrirán (o más bien que no ocurrirán), se basan en los resultados de esta modelación. Por lo anterior, es necesario asegurarse de la representatividad de estos resultados y de la sensibilidad que puedan mostrar ante variaciones en las condiciones de entrada y en los parámetros de la modelación.

### C. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

En referencia a los análisis sedimentológicos entregados en el Informe, estos merecen varios comentarios:

i) No se indica las metodologías utilizadas para realizarlos.

ii) Los resultados presentan algunas incertezas, las cuales se comentan a continuación.

La tabla 5.1 (vol.2, página 51) muestra los valores para el transporte de sedimentos, en miles de toneladas al año, para 11 diferentes clases de tamaño del sedimento. No nos explicamos de qué manera las 8 primeras de las 11 clases entregan un valor idéntico, que alcanza a las 47.6 mil T/año, la novena clase muestra un valor que es exactamente el doble del anterior, es decir, 95.2 mil T/año y las dos restantes entregan, cada una, la cifra de 639.5 mil T/año.

A su vez, la tabla 5.2 entrega (con 5 cifras decimales!) el porcentaje de arcillas que quedaría retenido en el embalse, para cada mes del año. No se indica cuál fue la metodología utilizada para llegar a resultados tan precisos.

En virtud de lo anterior, se cree necesario efectuar estudios que permitan determinar la carga de sedimentos del río y obtener una estimación, lo más real posible, de la fracción que quedará retenida aguas arriba del muro. Lo anterior es de una importancia trascendente, tanto para predecir el comportamiento del embalse como para conocer la calidad del agua que éste liberará y cómo ésta, a su vez, afectará la calidad del agua y la morfología del cauce río abajo (Milhous, 1985)

#### D. MORFOLOGIA DEL CAUCE

La morfología del cauce aguas abajo de una presa puede verse notablemente alterada, al intentar el sistema fluvial recuperar un equilibrio o régimen para condiciones diferentes de las originales, puesto que los flujos de agua y de sedimento, que determinan la forma del cauce, han sido alterados (Hey, 1987; UNESCO, 1985; Einstein, 1961; Simons, 1979). Las escalas temporales de ocurrencia de estos cambios, y de sus efectos sobre la biota acuática, pueden cubrir un rango muy amplio (Petts, 1987). En general, la intensidad de estos impactos aminora a medida que aumenta la distancia aguas abajo, por los aportes de los tributarios.

En general, el Informe es muy pobre en este aspecto, limitándose a presentar datos de transporte de sedimentos y a concluir, sin justificaciones, que "el impacto erosivo es menor" (vol.1, página 135). Al respecto se aconseja lograr una mayor aproximación a través de un estudio específico.

Los dos efectos principales que podrían llevar a una alteración de la morfología del cauce son:

a) La retención de la mayor parte de la carga de sedimentos aguas arriba de la presa; como consecuencia de esto, tiende a producirse el denominado efecto de agua limpia ("clearwater

effect"): para las condiciones existentes en el cauce aluvial (pendiente, rugosidad, ancho, etc.), el agua requiere una carga mayor de sedimentos para alcanzar el equilibrio, e intentará recuperarla erosionando las riberas y ensanchando así el cauce (Baker, 1988) o bien degradando (socavando) el lecho, particularmente para caudales fuertes (Bull, 1988; Galay, 1983; Stanford y Ward, 1979). Esto se debe al hecho que el río ha tendido, con el tiempo, a una morfología tal que es capaz de transportar el sedimento que ingresa al cauce con la energía disponible (la cual depende del caudal). Si el ingreso de sedimento o la capacidad de transporte (determinada por el caudal) se alejan de la situación de equilibrio, entonces el río comenzará a erosionar o bien a acumular material (Leopold et al., 1964). Es poco probable, considerando la granulometría del substrato en el Biobío, que ocurra degradación del lecho. Lo anterior debe ser de todas formas rigurosamente investigado. Lo que sí podría suceder es erosión de las riberas, donde el material que las conforma así lo permita. Esto se vería acentuado por las constantes fluctuaciones violentas del caudal por la operación del embalse, que implican cambios notorios en los niveles de las aguas, favoreciendo la erosión ribereña por una parte, y afectando la producción biológica en el cauce.

b) La alteración de la capacidad de transporte: en efecto, la curva de duración de caudales se verá afectada, puesto que con la represa ocurrirán ya sea caudales grandes (500 m<sup>3</sup>/s) o muy bajos (cerca de 0 m<sup>3</sup>/s), en vez de los caudales normales para el verano (alrededor de 90 m<sup>3</sup>/s). Como la relación entre el caudal y la capacidad de transporte es no lineal, se tendrá que la nueva distribución de caudales podría implicar una mayor capacidad de transporte que la original.

Se piensa que no ocurrirán situaciones de sedimentación, agradación o disminución de la capacidad del cauce, puesto que los caudales de mantención del cauce o caudales dominantes (caudales mayores a un cierto umbral, que son capaces de modelar la forma del cauce) no se verán alterados sustancialmente, debido a la poca capacidad de regulación del embalse en el período invernal.

La retención de sedimentos en el embalse se analiza en forma muy general en el Informe, mientras que las consecuencias aguas abajo son pasadas por alto. El aumento de la capacidad de transporte por alteración de los caudales no se menciona.

Será necesario llevar a cabo diversos estudios que permitan predecir si ocurrirán cambios en la morfología debido a los dos mecanismos mencionados. Cambios en la morfología impactarían a las comunidades bióticas, ya que es la geomorfología fluvial que determina la diversidad del hábitat en el ambiente acuático (Bravard et al., 1986).

### 3.3 IMPACTOS SOBRE LOS COMPONENTES BIOTICOS

#### A. PRODUCTIVIDAD PRIMARIA

Se ha mencionado, con anterioridad, que el río probablemente tendrá aguas abajo de la presa una turbidez mucho menor que la actual. Si bien esto debe investigarse detenidamente, la situación actual permite pensar que así sucederá. En efecto, en el período en que el Biobío acarrea una alta carga en suspensión (Washload), correspondientes a aportes por deshiero a través del río Malla, se tiene que ocurre sedimentación, aclarándose las aguas en su trayecto aguas abajo. Así las aguas que muestran una alta turbidez a la altura de la Angostura Pangué ya han aclarado notablemente cuando pasan bajo el puente Biobío, en San Carlos de Purén. Como el tiempo de permanencia en el embalse será probablemente superior a los actuales tiempos de viaje a lo largo del cauce, y además la turbulencia es mucho menor en un embalse que en un río, puede suponerse que se tendrá un agua efluente con una turbidez muy baja.

Además se tendrá, aguas abajo del embalse, una disponibilidad mayor de nutrientes inorgánicos, lo que sumado a la menor turbidez podría causar un fuerte aumento de la productividad primaria en el cauce, que se traduciría en un incremento de la biomasa de algas epilíticas (Dufford et al., 1987; Lowe, 1979) también conocidas como Aufwuchs o perifiton. Esto ocurriría, particularmente, en las zonas de "riffles" (rápidos de baja profundidad) siempre que no se secase el cauce, porque en tal caso estas zonas quedarían expuestas y, además, la velocidad del escurrimiento sería menor, afectando ambas situaciones al crecimiento algal y por ende al sistema trófico. Es importante estudiar, cuidadosamente, los efectos que esta alteración pudiese tener sobre la productividad secundaria en el río, así como las implicancias para la calidad del agua en la parte baja del Biobío.

#### B. MACROINVERTEBRADOS BENTICOS

Las comunidades bentónicas, que son altamente sensibles a las alteraciones en la calidad y flujos de agua, son trascendentes para el adecuado funcionamiento ecológico de un sistema fluvial. En efecto, a través de ellas se transmite la energía a los niveles tróficos superiores, es decir, son la fuente principal de alimentación para los peces. Este flujo energético puede tener su base en la fotosíntesis "in-situ", a través de cadenas productor-consumidor primario, o bien en materia orgánica alóctona, a lo largo de cadenas detritívoras.

La composición de la comunidad bentónica queda determinada por muchos factores abióticos y bióticos, y es un buen indicador de las condiciones ecológicas prevalecientes. En el caso de cursos de agua sin alterar, los factores más importantes que determinan la distribución del macrozoobentos son los patrones de caudales y temperaturas y las características (tamaño y estabilidad) del substrato (Statzner et al, 1988; Gore et al, 1980; Ward, 1984). En base a esto, puede pensarse que los impactos sobre los factores abióticos causados por la presa afectarán de maneras muy variadas a los invertebrados benthicos (Debrey and Lockwood, 1990; Irvine, 1985; Rader and Ward, 1988).

Las respuestas características del zoobentos ante la regulación (Ward y Stanford, 1987) son una reducción en la diversidad biológica (Stanford y Ward, 1979; Williams y Winget, 1979), producida por cambios en la composición (particularmente en los grupos funcionales por hábitos alimenticios) y por disminución o aumento de la abundancia (disminución causada por caudales fluctuantes). Alteraciones en los regímenes de temperatura pueden causar la desaparición local de algunas especies, en particular, si se rompen los patrones periódicos (estacionales) (Ward and Stanford, 1979 b). Tal como se mencionó, se espera un fuerte aumento de la productividad primaria. Si a esto sumamos el hecho que gran parte de la materia orgánica particulada quedará retenida en el embalse, puede esperarse un cambio en la composición por hábitos de alimentación (o grupos funcionales), de manera tal, que especies ramoneadoras (raspadoras) desplacen a especies desmenuzadoras (detritívoras). Debería ocurrir un aumento notorio de la biomasa, pero esto dependerá del manejo del embalse. En efecto, caudales rápidamente fluctuantes tienden a disminuir, fuertemente, la abundancia (Trotzky y Gregory, 1974; Gaschignard y Berly, 1987), debido a las varaciones de larvas que ocurren para gastos mínimos o nulos, y al aumento en la deriva del bentos causado por incrementos rápidos del caudal. La mantención de un caudal mínimo en el cauce lograría evitar, en gran parte, estos efectos (Weisberg et al., 1990) y permitiría que se pudiera aprovechar el predicho aumento en productividad primaria para sostener una mayor producción de bentos, y por ende de peces. Este último punto es de la mayor importancia y merece que se insista sobre el tema: si se seca el río, no podrán aprovecharse los beneficios de la mayor productividad primaria que se espera aguas abajo de la presa, sino que probablemente, disminuirá la productividad.

Además, la deriva desde aguas arriba se verá impedida por la presencia del muro, afectando la recolonización de los sectores despoblados de algunas especies de la biota. El tramo aguas arriba de la presa, también, verá alterada la composición de la comunidad, ya que los insectos adultos no podrán remontar la presa para volver a desovar.

Las alteraciones en la calidad del agua bajo la presa podrían también afectar al macrozoobentos, a través de tres mecanismos: cambios en los patrones normales de temperatura, episodios de hipoxia o anoxia al entregar aguas hipolimnéticas al cauce, y aumento en la exportación de plancton desde el embalse, lo que alteraría la composición, favoreciendo fuertemente a las especies filtradoras (particularmente a algunos géneros de Trichoptera).

Otro tipo de impacto que puede esperarse a un plazo mayor, es la alteración en la diversidad y biomasa causada por cambios en la morfología del cauce, por ejemplo, cambios en la composición granulométrica del sustrato.

### C. ICTIOFAUNA

La comunidad que mayormente refleja las condiciones actuales en un río es aquella conformada por las poblaciones de peces que lo habitan. Además, estas poblaciones representan los últimos eslabones de las cadenas tróficas del sistema fluvial por lo que cualquier alteración en las bases de éstas (detritus, productores primarios y secundarios, etc..) quedarán reflejadas en esta comunidad. Por otra parte, en el caso de centrales hidroeléctricas, también se produce una alteración directa sobre las poblaciones de peces, en particular en aquellas de hábitos migratorios (Rizzo 1985). Desgraciadamente, estos aspectos han sido hasta el momento muy poco estudiados y prácticamente el Informe de las consultoras sólo se limita a indicar la necesidad de estudiar estas migraciones e incluso desarrollar un manejo de las especies nativas para su conservación. Esto ya había sido recomendado en los informes de la Universidad de Concepción (1987, 1989), donde se insistió además en la necesidad imperiosa de hacer estos estudios con anterioridad a la construcción de la represa, y no después como recomiendan las consultoras. Esto adquiere trascendencia particular por estar asociado a la necesidad "imperiosa" de determinar un caudal mínimo a mantener en el cauce inmediatamente aguas abajo de la represa.

En relación a lo planteado en el Informe de las consultoras acerca de la fauna ictica, se hacen los siguientes comentarios:

i) Nos parece dudosa la afirmación que la trucha café, Salmo trutta, se verá favorecida por la construcción de la presa, por sobre la trucha arcoiris, Oncorhynchus mykiss. En efecto, se dice en el Informe (vol.2, página 62) : "...la trucha café, S. trutta, ... , ampliará su distribución espacial ubicándose principalmente en el embalse, con un aumento significativo de la abundancia, llegando a ser probablemente la especie ictica dominante en el embalse. La trucha arcoiris, O. mykiss (y no mikiss, como se lee en el texto),

prácticamente conservará las características poblacionales observadas actualmente .... siempre que los rangos de temperatura del agua del embalse no sobrepasen los límites de tolerancia de la especie (10-24 grados C)." El decir esto indica un desconocimiento de la ecología de estas especies, muy comunes en casi todas las aguas frías del planeta, puesto que es bien sabido que S. trutta tiene requerimientos ambientales más estrictos que O. mykiss, particularmente en cuanto a temperatura y oxigenación de las aguas; consúltese, por ejemplo, Bjornn y Reiser (1991). En los hechos, las características anticipadas para el embalse por el mismo Informe indican un hábitat marginal para S. trutta, al menos en los estratos de agua superficiales (temperaturas máximas entre 23 y 24 grados). Además, el problema de reproducción mencionado no será para las truchas del lago, sino que para las poblaciones aguas abajo de la presa.

ii) Debe destacarse que los impactos mayores sobre la ictiofauna serán aquellos debidos al impedimento de las migraciones y aquellos causados aguas abajo de la presa, en particular por la disminución en el hábitat disponible y por los cambios en la calidad del agua. Es evidente que la transformación de un tramo del río a un sistema léntico causará también impactos en ese tramo, pero esto no es lo más importante, como se ha intentado destacar en el informe.

iii) Se menciona repetidamente la condición de pez piscívoro (ictiófago) que tendría la trucha chilena, Percichthys trucha. Se pone en duda lo anterior, ya que nuestra experiencia al respecto indica que este pez es preferentemente bentívoro, alimentándose sólo en forma ocasional de otros peces, siempre de un tamaño muy inferior al propio.

iv) Un impacto potencial que no es mencionado en el Informe, a pesar de ser muy común en otros proyectos de este tipo, es la enfermedad denominada "gas-bubble disease", que es causada por una sobresaturación de gases atmosféricos en el agua, particularmente nitrógeno, al airearse violentamente aquellas aguas que son devueltas al río a través del vertedero (Petts. 1984). Como en este caso la capacidad de regulación es muy pequeña, se tendrá que el vertedero será usado con una alta frecuencia durante el invierno, por lo que su diseño debe ser tal de disminuir la incorporación de aire, de manera de no causar este problema.

v) El impedir las migraciones no sólo afecta a O. mykiss, como se plantea en el informe (vol.1, página 151 y vol.2, página 62), sino que a todas las demás especies migradoras presentes en el sistema. Los peces salmónidos se verán particularmente afectados (S. trutta, posiblemente S. salar y otras especies anádromas del género Oncorhynchus). Este impacto afecta tanto a los peces que intentan remontar como a

aquellos que pretenden bajar por el río. Se estima que las especies salmonídeas mencionadas, muy lejos de "adaptarse bien a las condiciones a pesar de la interrupción de sus migraciones", como menciona el Informe para la trucha arcoiris, podrían tal vez sufrir una regresión aguas abajo del embalse, debido a:

(a) Disminución del hábitat disponible: para caudales muy bajos o muy altos, disminuye notablemente el hábitat disponible para especies fluviales, y esto es exactamente lo que ocurriría en este caso, dado el esquema de operación que ha sido elegido para el embalse. En efecto, para caudales bajos o nulos, se tiene que gran parte del lecho queda expuesto, en particular las zonas de "riffles", que tienen la más alta productividad. Esto restringe notablemente el microhábitat disponible, exponiendo los individuos al peligro de la varazón. Además, las bajas velocidades y profundidades del escurrimiento permiten que aumente la temperatura de las aguas, lo que puede limitar el macrohábitat disponible para especies más sensibles. A esto se suma una probable disminución en el contenido de oxígeno disuelto, debido al aumento de la temperatura, a la disminución de la turbulencia y al hecho que los aportes son principalmente subterráneos cuando se seca el lecho de un río. A su vez, para caudales fuertes, el hábitat disponible se ve seriamente limitado por el aumento en las velocidades de escurrimiento, lo que causa desalojo de larvas y juveniles, y limita fuertemente el microhábitat disponible para adultos. Finalmente, un problema importante es aquél debido a las fluctuaciones violentas: tanto caudales demasiado bajos como muy fuertes son dañinos para las poblaciones fluviales, limitando la disponibilidad de hábitat (White et al, 1975), pero el hecho que haya alternancia diaria, con cambios bruscos e imprevisibles, agrava aún más esta situación pues impide la aclimatación.

(b.) pérdida de áreas de desove debido a la discontinuidad impuesta por el muro: ningún salmónido es capaz de desovar en un sedimento de bolones como el que compone el lecho del Biobío en la zona ubicada aguas abajo de la represa, sino que requiere de gravas sin finos (Shirazi y Seim, 1981, Milhous, 1982, Young et al., 1991, Bjornn y Reiser, 1991). Por lo anterior, las poblaciones de salmonídeos que habitan el río Biobío en el sector aguas abajo de la presa sólo poseen dos alternativas en la actualidad para efectuar su desove anual: remontar el eje principal del río, hasta encontrar en éste el substrato adecuado, o bien remontar tributarios. Una vez construida la presa es probable que una gran cantidad de adultos se vean impedidos de remontar y se concentren al pie del muro. Sin duda, muchos individuos ascenderán el río Pangué en busca de sectores aptos para el desove, pero la fuerte pendiente y grueso sedimento de este último hacen pensar que las áreas adecuadas deben ser más bien limitadas,

y en ningún caso capaces de permitir el desove de las poblaciones de salmonídeos que remonten el Biobío. Todo estos aspectos se han comentado para peces salmonídeos pues existe amplia información acerca de sus requerimientos ambientales e historias de vida. Como este conocimiento no está presente para la mayoría de las especies nativas, no se hacen comentarios al respecto, pero debería quedar claro que también se verán afectadas. Lo anterior indica la necesidad evidente de realizar investigación acerca de estas especies.

Por todo lo anterior, se piensa que el impacto negativo que causará la presa sobre las poblaciones de truchas debe considerarse significativo y no menor, como se estima en el Informe (tabla 3-7, página 57). También debe mencionarse el potencial incremento en las poblaciones que podría causar un aumento de la productividad primaria y secundaria, pero como ya se mencionó, esto queda supeditado al manejo que se le dé al embalse.

Es importante considerar la extensión espacial de los impactos causados por la presa sobre la biota. En efecto, el Informe menciona la ocurrencia de impactos significativos sólo en el tramo entre la presa y la confluencia con el río Pangue (vol.1, página 150). Si se considera la razón entre los caudales, se verá que este afluente sólo aporta una muy pequeña fracción del caudal del Biobío. El caudal del río Pangue será entonces insuficiente para permitir la recuperación en el hábitat. Por lo anterior, puede plantearse que en realidad el tramo de río donde seguramente habrá un impacto significativo será aquél comprendido entre la presa y la confluencia con el río Queuco, el cual sí aporta un caudal de un orden de magnitud comparable con el del río Biobío. No obstante lo anterior, también existe la posibilidad que ocurran impactos en sectores valle abajo, lo que se comentará en el capítulo sobre usos humanos del río.

Nuevamente se evidencia entonces la necesidad de que el esquema de operación para la Central Pangue considere mantener continuamente un caudal mínimo aguas abajo de la presa. En este caso la finalidad sería permitir la mantención de condiciones habitables en el cauce (Orth y Leonard, 1987), para un tramo que cubriría, al menos, la distancia entre la presa y la confluencia con el río Queuco. Debe mencionarse que el mantener un caudal en el cauce no sólo cumple fines de conservación sino que permite, además, alcanzar objetivos para la mantención de deportes y recreación, calidad del agua y conservación del paisaje (estética). Este caudal mínimo también debiera aplicarse durante la fase de llenado de la presa, es decir, el río no debiera ser secado ni un solo instante.

El modelo más usado en la actualidad para la determinación de caudales mínimos es el "Instream Flow Incremental Methodology" (metodología incremental para la determinación de caudales mínimos a mantener en el cauce) desarrollado en Fort Collins, Colorado, por el "Cooperative Instream Flow Service Group" (Bovee, 1982; Orth 1982). Este es un grupo de trabajo conformado por especialistas del Fish and Wildlife Service, de la EPA, del Soil Conservation Service y del Geological Survey, lo que indica el enfoque netamente interdisciplinario que subyace al modelo.

Los estudios que debieran realizarse antes de la construcción de la represa, tendientes a la determinación de un caudal mínimo a mantener en el cauce debieran comprender (O'Brien, 1987):

i) Un estudio morfológico e hidráulico del río, al menos para el tramo entre la ubicación de la futura presa y la confluencia con el río Queuco. Este estudio deberá considerar varios tramos representativos, que incluyan secuencias "pool-riffle" (pozón-rápido). El análisis de los caudales afluentes al tramo (incluyendo el del río Queuco) deberá realizarse para los meses más desfavorables del año (Febrero, Marzo y Abril), mientras que el estudio del comportamiento hidráulico deberá considerar las diferentes estaciones del año, de manera de cubrir todo el rango de caudales hasta el caudal máximo de generación previsto, que es de 500 m<sup>3</sup>/s. Desgraciadamente no será posible estudiar "in-situ" el comportamiento del río para caudales muy bajos, cercanos a cero, puesto que estos no ocurren naturalmente en las condiciones actuales. Por lo anterior, será necesario efectuar simulaciones en base a la forma del cauce. El estudio morfológico es entonces indispensable para poder simular el comportamiento hidráulico, pero deberá además incluir un completo estudio del substrato, de manera de poder servir como estudio de línea-base de las condiciones prístinas del sistema inalterado. Esto permitirá documentar claramente las alteraciones que podrían ocurrir en la forma y composición del cauce debido a la implementación del proyecto. La información disponible en la actualidad no permite en ningún caso hacer tal tipo de comparaciones.

ii) Un estudio de las especies presentes en el sistema, particularmente aquellas con problemas de conservación: éste deberá entregar información acerca de los requerimientos ambientales, particularmente de hábitat, y las historias de vida de las especies que se desee favorecer con la implementación del caudal mínimo. Es necesario decir aquí que la determinación de un caudal mínimo se hace en base a un objetivo de conservación, el que puede estar referido a una o varias especies, y a uno o varios estadios de vida de éstas. En el caso analizado, sólo existe información para las especies salmonídeas, y ésta fue obtenida para poblaciones en el

hemisferio norte. No existe información disponible para especies endémicas, ni para especies introducidas adaptadas a las condiciones de nuestros ríos (asilvestradas), por lo que es necesario desarrollar una amplia gama de investigaciones que permitan describir sus necesidades ambientales en las diferentes etapas de vida. Estos estudios deben realizarse antes de la construcción de la represa y no después, cuando ya sea imposible o demasiado costoso alterar significativamente el proyecto ingenieril. Es oportuno recordar que de todos los impactos posibles, la extinción de especies es el más irreversible (de hecho es totalmente irreversible), por lo que no puede admitirse que ocurra, menos bajo un enfoque de desarrollo sustentable. Véase, por ejemplo, Winston et. al 1991).

#### **3.4 IMPACTOS SOBRE EL USO DEL RECURSO AGUA**

Este análisis debe hacerse considerando la siguiente premisa: la Central Pangué es un proyecto de desarrollo que debe insertarse en el sistema fluvial del río Biobío siguiendo un criterio de uso múltiple del recurso. Esto significa que deben tenerse en cuenta todas las interrelaciones posibles que existen con los actuales usos del recurso agua y las necesidades futuras de éste.

Es sabido que existen en la actualidad diversos proyectos de desarrollo planificados en la cuenca del río Biobío, los que implican una alta demanda potencial por el recurso agua, y cuyos efectos, en función de la capacidad del sistema, no han sido evaluados.

Otro elemento significativo es la configuración del paisaje natural de la cuenca cuyo potencial recreacional y turístico disminuirá como consecuencia del proceso de "artificialización" por la expansión, en el territorio, de estas actividades económicas.

Según nuestro enfoque, evaluar el impacto ambiental considerando la sola realidad de la Central Pangué y no las otras cinco centrales incluidas en el proyecto de desarrollo hidroeléctrico del Alto Biobío, puede significar una omisión peligrosa, ya que limita, metodológicamente, la evaluación de posibles alternativas de desarrollo para el territorio de la cuenca del Alto Biobío.

Existe un efecto de impacto acumulativo que emerge del conjunto de centrales que significa, en el hecho, una ocupación del territorio de la cuenca del Alto Biobío por el sector hidroeléctrico que, consecuentemente, definirá todos los otros usos potenciales que este territorio ofrece. Debe tenerse presente que la construcción de la primera central,

en este caso la Central Pangué, significa un cambio trascendente de la estructura y funcionamiento del río. Por lo tanto, pensamos que si se autorizara, con los estudios ambientales apropiados, gran parte del desarrollo hidroeléctrico, esto permitiría definir un proyecto de desarrollo global para la parte alta de la cuenca y así también, proyectar sus efectos globales sobre los otros usos del recurso agua y del territorio. Cómo puede resolverse esta situación?. Es indudable que la Construcción del complejo hidroeléctrico del Alto Biobío, debe evaluarse en el contexto de las necesidades de energía globales del país. Por lo tanto, deberá definirse, a priori, fuentes alternativas de energía que eventualmente pudieran suplir la potencial energía de la cual dispone la cuenca del Alto Biobío. Solo lo anterior, definido rigurosamente, podría dar una respuesta para decidir si ninguna, una o varias centrales han de construirse sobre el río Biobío. Estos posibles escenarios de desarrollo, ya sea del uso del recurso agua, como del territorio, dificultan enormemente efectuar evaluaciones de impacto ambiental si no se toman decisiones que consideren la integridad total de la cuenca. Al respecto, puede decirse que hay una cantidad tal de interrogantes que emergen, ya sea considerando una o varias centrales que prácticamente las predicciones llegan a ser sólo especulaciones, que no permiten definir orientaciones para los que deban tomar las decisiones. En un país como el nuestro, donde se han desarrollado complejos hidroeléctricos de envergadura, no existe posibilidad alguna de poder extraer información para extrapolarla a otras situaciones. Al respecto, hubiese tenido un valor inestimable el haber conocido las condiciones naturales de los sistemas afectados, de manera de haber podido documentar los cambios acaecidos en esos sistemas y luego intentar extrapolar. Por ejemplo, qué información podemos utilizar respecto de aquello que aconteció con la construcción del complejo hidroeléctrico del río Maule? o de Canutillar?. De todas formas, si dispusiésemos de esa información, en qué medida sería ésta aplicable al caso que nos preocupa dada la gran complejidad natural y de uso de los recursos hídricos, y la importancia trascendente que el río Biobío ha tenido para el desarrollo de la región del Biobío.

Respecto de los estudios a realizar para estimar los impactos que pudiera causar la regulación sobre los demás usos del agua, puede mencionarse lo siguiente:

Debe estudiarse el efecto que tendrán los períodos de no-generación sobre los caudales aguas abajo. En efecto, períodos largos con caudales nulos podrían hacerse sentir a distancias considerables, afectando las sustracciones para irrigación, o aumentando las concentraciones de contaminantes, en especial en el tramo entre Santa Bárbara y Nacimiento. Por lo anterior, será necesario llevar a cabo estu-

dios que permitan estimar los tiempos de viaje del agua a lo largo del cauce, especialmente para caudales bajos. Para realizar este análisis se requiere tener una caracterización de la morfología del cauce, en el tramo que va desde la presa hasta Rucalhue. El proyecto EULA ya ha realizado tal caracterización, desde Rucalhue hasta la desembocadura del río.

Debe también analizarse el impacto que tendrán los bajos caudales sobre la calidad del agua río abajo de la presa, ya que pueden ocurrir cambios notorios en la temperatura y contenido de oxígeno disuelto, en particular, durante el período de estiaje. Para lo anterior, será de gran utilidad el modelo de simulación de calidad del agua que se está desarrollando en el proyecto EULA.

Otro uso que puede verse fuertemente afectado es la pesca deportiva y, en forma más general, todos los usos recreativos que ocupen el cauce del río ("instream uses") (Mosley, 1982). Será necesario implementar un sistema de seguridad para evitar accidentes que pudiera causar la onda de crecida a pescadores, bañistas, adeptos a deportes náuticos, etc..

Además, estos usos serán impactados por la falta de agua en el cauce. Por ejemplo, el "rafting" y "kayaking" se verán impedidos, al menos, en el tramo comprendido entre El Avellano y la confluencia con el río Queuco.

Todo lo anterior amerita, nuevamente, insistir en la necesidad de determinar un caudal mínimo a mantener en el cauce, el cual atenuaría la mayor parte de los potenciales impactos mencionados.

### 3.5 MEDIDAS DE MITIGACION

Para finalizar, se indica algunas medidas de mitigación que podrían ser consideradas para disminuir los impactos negativos del proyecto, si los estudios más acabados que deben desarrollarse así lo aconsejaran. Estas medidas podrían consistir, por ejemplo, en la instalación de turbinas de potencia desigual escalonadas (Ver, por ejemplo, Bowman et al, 1985), en la construcción de bocatomas a diferentes profundidades o en la implementación de obras que permitan el paso de especies migradoras (Gessel et al. 1991; Rizzo, 1985). También, es necesario considerar la posibilidad de operar la represa en una forma que cause un daño ambiental menor. Finalmente, considerando los aspectos anteriormente mencionados, se insiste en la necesidad de determinar un caudal mínimo en el cauce, aguas abajo de la presa.

El informe no considera, en forma seria, la posibilidad de implementar medidas de mitigación o cambios en el diseño

ingenieril básico para aminorar los potenciales impactos negativos que pudiera causar la represa. Esto ocurre por la sencilla razón que, en la mayoría de los casos, estos impactos se desconocen, esto es, no se mencionan o se califican de "menores" sin mediar justificación alguna.

Se destaca la necesidad imperiosa de realizar estudios que permitan definir un caudal mínimo para el río, aguas abajo de la presa. El informe no considera, en parte alguna, este último aspecto y se limita a asumir que un tramo del río Biobío será secado a pesar de las consecuencias que esto puede acarrear. Como éste es, de hecho, uno de los principales impactos directos que tendrá esta obra si se opera en la forma prevista, es sorprendente que el estudio de impacto ambiental lo haya pasado por alto. Esto es aún más extraño si se considera que en los EE.UU., país de origen de la empresa consultora que ejecutó el trabajo, la determinación de caudales mínimos y el cumplimiento de estos son requisitos indispensables para que las centrales hidroeléctricas puedan aprobar el difícil proceso de obtención de licencia. Varios países europeos también exigen el cumplimiento de normas estrictas en lo que se refiere a la mantención de caudales mínimos en los cauces ("instream flow requirements"). Estos últimos pueden definirse para cumplir con fines tan diversos como la mantención de los demás usos humanos del río, o bien la protección de la fauna acuática, de la calidad del agua o del paisaje.

Es bueno insistir en que el proyecto es el que debe estar supeditado a los resultados del estudio de impactos que se realice y no vice-versa, como en este caso, donde se ejecutó un informe considerando, de antemano, que el proyecto era ambientalmente benigno. Este último enfoque no permite adecuar el diseño ingenieril del proyecto a los requerimientos ambientales, por lo que el estudio pasa a ser una mera formalidad administrativa, sin relación alguna con la salvaguarda del ambiente natural. Una discusión reciente y acabada de la relación que debe existir entre la toma de decisiones, el diseño ingenieril de proyectos de aprovechamiento de los recursos hídricos y los efectos ecológicos de estos proyectos puede encontrarse en el trabajo de la IAHR (International Association of Hydraulic Research, 1991).

#### 4. COMENTARIOS SOBRE LA LEGISLACION VIGENTE Y EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL

Si bien en el informe se señala que las evaluaciones de impacto ambiental no son requeridas explícitamente en la legislación vigente, ellas están implícitas en la multiplicidad de disposiciones que cautelan el ambiente y que se encuentran dispersas, principalmente en el Código de Aguas y en la ley de bosques. Esto evidencia la necesidad de un Informe Técnico de tipo legal, preparado por especialistas en legislación ambiental.

En el mismo informe se señala que la Dirección General de Aguas (DGA) otorga el derecho siempre que ".. exista disponibilidad del recurso y que su uso no menoscabe los intereses de terceros.." Se podría argumentar que se actuó con ligereza al otorgar el derecho a la autorización de construcción. Emerge ahí un posible enjuiciamiento a los organismos del Estado por no evaluar apropiadamente la ".. disponibilidad.." ni menos los ".. intereses de terceros.." En la misma resolución de la DGA se señala que ENDESA sería responsable por daños o perjuicios que la variación de caudales cause a terceros. ¿Qué criterios se aplicarían para evaluar este aspecto?.

Respecto al párrafo anterior es evidente que era necesario incluir un análisis histórico acerca de las fluctuaciones de caudales y disponibilidad del recurso sobre todo a la luz de las experiencias de que se dispone en otras centrales, aun cuando lo años de operación en Chile no cubran el rango de tiempo deseable, si se considera los ciclos de años secos o de precipitaciones por sobre lo normal. El análisis de los antecedentes en el ámbito Internacional tampoco se menciona; la experiencia de otros proyectos en el mundo puede ser de mucha utilidad en una evaluación bien planteada.

Sólo dos preguntas bastan para ilustrar la necesidad de considerar al río completo en la evaluación: ¿Quién se responsabiliza por los daños causados cuando el río deje de escurrir o su caudal sea mínimo durante la fase de llenado y la fase de operación de la represa? Hay ahí efectos no evaluados apropiadamente sobre la fauna y flora del río (cauce y riberas) y sobre las aguas subterráneas, que a su vez, alimentan sistemas naturales dependientes del río para su funcionamiento. ¿Quién pone precio o evalúa económicamente la pérdida que experimenta el río y su hoya en cuanto al atractivo turístico al interrumpirse abruptamente las líneas de continuidad natural por un estanque artificial? La artificialización del paisaje es un costo que puede y

debería ser evaluado económicamente, y es el Estado, es decir, todos los chilenos quienes deberíamos ser incluidos entre los "... terceros..." que según la resolución de la DGA podrían ser dañados. Un río en estado natural es hoy en día un recurso paisajístico económicamente valioso, dado el deterioro creciente experimentado por los paisajes naturales en el país y en el mundo.

Para nada ha sido considerado en la evaluación el "valor de existencia" que usan los economistas para referirse a la disposición a pagar de personas para que alguna cosa siga existiendo, aunque las personas no la utilicen directamente. Este valor aunque difícil de evaluar (aun cuando existen metodologías propuestas) es apropiado considerarlo incluso a nivel cualitativo, sobre todo en relación con los valores que definen el patrimonio nacional. Esto es todavía más relevante si se considera que uno de los puntos conflictivos del proyecto se refiere a la situación de la etnia pehuenche.

En el contexto de lo anterior, es necesario considerar la flora y la fauna. La flora integrada en comunidades, es parte vital en la conformación del paisaje y debe ser considerada, en forma integral, y desde el punto de vista de la interrupción del "continuum" natural que representa la instalación de las estructuras artificiales.

En relación con los "daños a terceros", también llama la atención que no se haya planteado una evaluación en condiciones de catástrofe. Aquí cabe preguntarse si la Empresa propietaria de la represa se haría responsable por los daños generados por una posible erupción del volcán Callaqui, seguida de una ruptura de la presa y avalancha aguas abajo.

## CONCLUSIONES

Este capítulo resume el análisis efectuado por el panel de investigadores del Centro EULA-CHILE del Informe titulado "Evaluación de Impactos Ambientales Relevantes del Proyecto Pangué", preparado para Pangué S.A. por las consultoras Ecology and Environment, Inc. y Agrotec Ltda. También, contiene las opiniones del panel en cuanto a aspectos deficitarios no abordados hasta ahora por los estudios encargados por Central Pangué S.A., que consideramos necesarios contemplar previamente a la construcción de obra.

El presente Informe, como indicado en el prólogo, ha sido concebido y elaborado con el objeto de contribuir a la respuesta de interrogantes derivadas de inquietudes de la comunidad y autoridades respecto a los impactos que este importante proyecto de desarrollo del sector energético pudiera causar en el sistema ambiental de la Cuenca del río Biobío.

La presentación de las Conclusiones es realizada a continuación, considerando la secuencia establecida en el análisis efectuado.

### AMBIENTE TERRESTRE

#### METEOROLOGIA Y CLIMA

Se insiste en la necesidad de una investigación específica sobre la meteorología y climatología del área del embalse, con el objeto de determinar las características de parámetros con una fuerte incidencia en el comportamiento del futuro embalse (temperatura, radiación, vientos, etc.). Esto facilitará la aplicación del modelo de comportamiento y calidad del agua del embalse, que se requiere definir con una mayor precisión.

#### GEOMORFOLOGIA

El informe de las consultoras, siendo un estudio de carácter definitivo, desconoce la dimensión del impacto geomorfológico que el embalse tendrá sobre todo el valle del Biobío, desde el lugar de su construcción hasta el delta submarino del río, en el Golfo Arauco.

En virtud de lo anterior, se hace necesario la identificación de técnicas de control y de métodos para aminorar los impactos negativos y acrecentar los positivos para lo cual se requerirían los siguientes estudios:

- \* identificación y cuantificación exacta de los impactos geomorfológicos directos sobre fondos y laderas del valle, a corto y a largo plazo (escala 1:10.000).
- \* identificación y cuantificación de los impactos en el curso medio e inferior del sistema hídrico afectado.
- \* evaluación precisa del riesgo que significa construir una represa, en las faldas de un volcán activo (El Callaqui) considerado por ONEMI como de alto riesgo de explosión.

#### GEOLOGIA

No existen nuevos aportes a los ya conocidos. Estudios efectuados por encargo de la Empresa han sido en este aspecto muy completos y detallados.

#### SUELO

En la descripción del Uso actual de los Suelos, no se efectuó ninguna evaluación de los sectores colindantes y ubicados dentro de la subcuenca en que se localiza el Proyecto Hidroeléctrico.

La estimación de la biomasa presente en el área a inundar está basada en extrapolaciones de estudios efectuados en otras zonas. Habría resultado muy conveniente efectuar un muestreo, en terreno, para justificar la validez de la extrapolación.

No se emplean indicadores que objetiven y que permitan evaluar impactos en relación a Suelos. El análisis sólo se restringe al área a inundar y sólo se hace referencia al efecto que producirá en las riberas la fluctuación del nivel de las aguas del embalse.

En lo que corresponde a la vegetación, se realiza sólo una descripción de impactos generales, sin definir su magnitud.

En lo que respecta a suelos y vegetación, el Informe corresponde sólo a una Evaluación Preliminar de Impacto Ambiental y restringido sólo a la zona que será inundada.

#### FLORA

Se hace evidente la falta de información acerca de la estructura y dinámica de las comunidades naturales. Esta se presenta a la forma de tipos forestales que constituyen generalizaciones demasiado amplias para la escala en que se enfocó el análisis. Se entregan comunidades vegetales descritas sin indicar la metodología que se utilizó para deter

minarlas, ni los muestreos específicos, ni menos las tablas de composición que avalen la clasificación. No aparece claro la diferenciación o complementación entre esas comunidades y los tipos forestales.

No hay información sobre regeneración, en el bosque de Araucaria, de interés obvio por su particular estado de conservación. Tampoco se hace referencia al efecto del ganado sobre la vegetación y su regeneración.

No se aplicaron algunos instrumentos metodológicos, recomendados por la literatura relacionada con Evaluación de Impacto Ambiental. No se preparó, por ejemplo, una matriz general en que se contrasten factores de impacto con efectos en los componentes naturales. Este tipo de valoración permite una visión global y facilita el análisis comparativo y de valoración relativa.

#### FAUNA

El estudio no consideró la mayoría de las especies presentes, ni tampoco el contenido en áreas ecológicas de impacto. Esto no permitió analizar en forma precisa la situación actual de la fauna ni los impactos sobre las otras especies que no presentan estado de conservación peligroso, pero que podrían llegar a adquirirlo. No se consideró en el estudio diferenciar las áreas de inundación, las áreas de influencia directa y las de influencia indirecta. Esto habría aportado datos para cuantificar mejor los impactos y monitorearlos en el tiempo.

En consecuencia, respecto a los efectos sobre la fauna, son incompletos y sugieren que el estudio no fue intensivo. Lo recomendable habría sido efectuar una investigación de por lo menos un año biológico (15 meses), para haber esperado conclusiones respaldadas con un mayor conocimiento directo que bibliográfico.

#### TURISMO

La información relativa a recursos naturales del área es sólo descriptiva y muy general para servir de base a una evaluación para la actividad turística en el área. Se profundiza poco y no se toman en cuenta aspectos importantes como: fauna, relieves estructurales, sistemas lénticos, pueblos autóctonos, pintorescos, etc., lo que determinó que la descripción resulte superficial.

En cuanto a la creación de un centro de atracción turística, como consecuencia directa de la construcción de la Central, en ninguna parte del informe se comenta el cambio que se produciría en el entorno, o que la actividad deportiva actual

de tanto auge ("rafting" y "kayaking") ya no podría realizarse, perdiendo la zona interés para todos los entusiastas del deporte acuático, del turismo de aventura y el paisaje natural.

El turismo, como actividad económica, podría generar más recursos en el largo plazo que la Central, programada para algo más de 100 años. Hay que considerar que el río es un "pasaje" natural hacia Argentina y puede ser parte de circuitos muy interesantes en lo paisajístico, excursiones, "camping", etc.

En este contexto se considera de extrema importancia evaluar los efectos río arriba y río abajo de la presa y no sólo remitiéndose al lugar de emplazamiento de ésta.

#### AMBIENTE ACUATICO

El estudio de la Universidad de Concepción (1989), concluyó que era fundamental realizar un ciclo completo de análisis, a lo menos durante un año, de las condiciones físicas, químicas y biológicas de las aguas del río Biobío y sus afluentes en el sector Pangue y en algunas estaciones río arriba y abajo. Además, se insistió en estudios puntuales de gran importancia, como la migración de peces.

El estudio de las consultoras presenta información científica que significa poco avance respecto a lo ya conocido, y propone una serie de investigaciones post-construcción de la represa, que el estudio de la Universidad recomendaba ejecutar previamente.

La situación actual es que se han montado obras para construir la represa, lo que revela, aparentemente, que no habría modificaciones a los planos de construcción, aunque el estudio revelara algunas sugerencias en ese sentido. La polémica se mantiene, y continuará, ya que el estudio de las consultoras no aporta mayores conocimientos para predecir el impacto en el sistema acuático del río Biobío.

Los estudios de la Universidad de Concepción demostraron que la información científica de base era totalmente insuficiente y en algunas materias inexistente. Esto dificulta enormemente la predicción de los impactos.

Lo anterior indica la necesidad de un estudio más detallado de las características físicas y químicas del agua, en forma mensual, o como mínimo estacional, durante un ciclo anual, con al menos, una frecuencia estacional.

Sobre la hidrología y calidad del agua se hace una predicción de lo que podrá suceder en el medio con la construcción de la

represa y su futura operación. Se asegura que las condiciones del embalse son favorables para mostrar una buena calidad del agua, tanto del embalse, como río abajo. Creemos que los antecedentes son insuficientes para formular esta aseveración.

Las consecuencias de las fluctuaciones de nivel sobre las riberas del río aguas abajo de la represa y su efecto en la fauna no están estudiadas. Esta es una seria limitante en este estudio. A esto se agrega el poco conocimiento de las condiciones físicas y químicas del sector inferior, que se verá afectado por aguas de distinta calidad.

La caracterización del futuro ecosistema del embalse es especulativa por los escasos conocimientos que se dispone del medio. Esto es válido para los factores físicos, químicos y biológicos.

No se indican apreciaciones sobre el color, turbidez y penetración de la luz que tendría el embalse. Esto es posible calcularlo en base a la proyección de los sólidos en suspensión.

Todas las recomendaciones referentes al manejo del recurso acuático en general, parecen acertadas. El gran error que ellas tienen es que la mayoría de los trabajos propuestos deben realizarse antes de construir la represa y no después.

Antes de la construcción de la represa, deberán realizarse al menos los siguientes estudios:

- (1) morfológico e hidráulico del curso inferior del Biobío
- (2) ciclo anual de los factores físicos y químicos
- (3) bentos
- (4) migración de peces

El proyecto sobre aprovechamiento del embalse Pangue para la producción de peces parece interesante, en cuanto propone estudios básicos de los peces nativos.

Es necesario reconocer que sería muy importante realizar esos estudios, pero ellos corresponden a un programa sobre usos biológicos de los embalses y no sobre impacto ambiental.

El desarrollo de un Plan de Conservación de Especies Icticas en el Sector Pangue es una excelente propuesta, pero para materializarla se requiere la realización de estudios ecológicos de una mayor profundidad, y como lo indican los consultores, con un trabajo intensivo de al menos 18 meses.

Respecto a los estudios de migraciones de las especies icticas del Sector Pangue, los consultores hacen sólo una

proposición de estudio y optan por un método (el telemétrico) para seguir el movimiento de los peces. La Universidad de Concepción había considerado la necesidad de desarrollar estos estudios antes del inicio de la construcción de la obra. Esto corrobora la tendencia observada en el informe de los consultores, cual es que no existe ninguna posibilidad de modificar el proyecto de ingeniería teniendo como base la información sobre las modificaciones del ambiente acuático.

#### CONDICIONES SOCIALES, ECONOMICAS Y CULTURALES

El análisis de los aspectos económicos, en particular de la descripción del medio actual, habría tenido que considerar el sistema económico global del cual el área de estudio forma parte, y no sólo al área de impacto directo afectada por el proyecto, como fue el caso del estudio de las consultoras. De tal forma que el estudio, al carecer de la perspectiva macroeconómica regional, difícilmente puede lograr un conocimiento acabado de la situación en el Alto Biobío y sólo puede limitarse a enumerar una serie de actividades productivas.

El análisis de impactos socioeconómicos es en gran parte de carácter cualitativo.

El equipo de trabajo no consultó especialistas en el área de la economía y geografía, lo cual induce a pensar que el informe careció de los aspectos mencionados por la ausencia de la visión técnica del sistema económico.

En relación a los impactos socioeconómicos, no se aprecia una relación entre las variables sociales descritas en el estudio y el impacto que la construcción de la Central Pangué significará para el área.

Cuando se habla de impactos socioeconómicos, existe una relación CAUSA-EFECTO entre las distintas variables que caracterizan el fenómeno. Sin embargo, esta relación no se aprecia con claridad en el estudio.

El planteamiento de lo que hoy se considera como medidas de mitigación de impactos no puede quedar circunscrito a un estudio particular del área definida para Pangué. Debe considerarse al menos lo que, estadísticamente, corresponda al universo Pehuenche. Para el caso del trabajo analizado sólo se plantea la opinión de algunos representantes de Quepuca-Ralco, Callaqui y Pitril.

Se señala que es necesario invertir una gran cantidad de recursos para que los pehuenches obtengan los beneficios básicos que proporciona el Estado. Esto es integracionismo y como tal no corresponde a un análisis que considere de lo que los indígenas quieren o necesitan.

Es relativo que el proceso de aculturación y asimilación influya en la migración. Incluso se puede llegar a plantear que la aculturación es un mecanismo para evitar la asimilación.

Falta una descripción más detallada, en el aspecto jurídico, respecto a la tenencia de la tierra en el sector, haciéndose necesario un análisis exhaustivo de las características de la tenencia de la tierra, en el área de estudio y su variación en el tiempo y la existencia de relación o no con una propia decisión Pehuenche.

No se aprecia un argumento sólido que permita definir las características de la economía pehuenche ni tampoco los diversos matices que podemos encontrar dentro de una reducción o un grupo de ellas.

La destrucción de bosques, en cualquier estado que ellos se encuentren, provoca impacto negativo en el paisaje Pehuenche. Dada la magnitud de la explotación ilegal de bosque nativo en tierras indígenas del sector, es necesario precisar los alcances que tendría el convenio que PANGUE S.A. celebrará con CONAF.

Es positiva la creación de nuevas oportunidades laborales para la población de colonos y pehuenches. Sin embargo, no se señala el peligro que representa el trabajo asalariado para la consolidación y fortalecimiento del sistema productivo indígena, que está se basado fundamentalmente en la mano de obra familiar para realizar las diferentes actividades productivas ligadas a la agricultura, la ganadería, la recolección y la explotación de bosque nativo. En otras palabras, es posible que los predios indígenas se transformen en explotaciones "dormitorios", con la consiguiente subutilización del recurso tierra. En la actualidad, este proceso se observa en la reducción de Callaqui.

En general, la metodología empleada en el estudio de la etnia adolece de múltiples falencias. Entre las más notorias, podríamos mencionar la ausencia de estudios comparativos en otras áreas donde se han realizado obras de gran envergadura, ya sea centrales hidroeléctricas u otras. En este sentido, existe bastante documentación que indica que el estudio comparativo, en estos casos, es muy importante.

Hay una contradicción en el enfoque global del sistema pehuenche, pues de una parte se plantea que los adelantos realizados y por realizar por Pangué S.A., ayudarán a los indígenas a salir de su estado de extrema pobreza, produciéndose una "chilenización"; por otro lado, se dice que es preocupación fundamental de Pangué S.A. el fortalecimiento de la cultura pehuenche. Estos dos elementos pueden ser hasta diametralmente opuestos.

Es relativo que el proceso de aculturación y asimilación influya en la migración. Incluso se puede llegar a plantear que la aculturación es un mecanismo para evitar la asimilación.

Falta una descripción más detallada, en el aspecto jurídico, respecto a la tenencia de la tierra en el sector, haciéndose necesario un análisis exhaustivo de las características de la tenencia de la tierra, en el área de estudio y su variación en el tiempo y la existencia de relación o no con una propia decisión Pehuenche.

No se aprecia un argumento sólido que permita definir las características de la economía pehuenche ni tampoco los diversos matices que podemos encontrar dentro de una reducción o un grupo de ellas.

La destrucción de bosques, en cualquier estado que ellos se encuentren, provoca impacto negativo en el paisaje Pehuenche. Dada la magnitud de la explotación ilegal de bosque nativo en tierras indígenas del sector, es necesario precisar los alcances que tendría el convenio que PANGUE S.A. celebrará con CONAF.

Es positiva la creación de nuevas oportunidades laborales para la población de colonos y pehuenches. Sin embargo, no se señala el peligro que representa el trabajo asalariado para la consolidación y fortalecimiento del sistema productivo indígena, que está se basado fundamentalmente en la mano de obra familiar para realizar las diferentes actividades productivas ligadas a la agricultura, la ganadería, la recolección y la explotación de bosque nativo. En otras palabras, es posible que los predios indígenas se transformen en explotaciones "dormitorios", con la consiguiente subutilización del recurso tierra. En la actualidad, este proceso se observa en la reducción de Callaqui.

En general, la metodología empleada en el estudio de la etnia adolece de múltiples falencias. Entre las más notorias, podríamos mencionar la ausencia de estudios comparativos en otras áreas donde se han realizado obras de gran envergadura, ya sea centrales hidroeléctricas u otras. En este sentido, existe bastante documentación que indica que el estudio comparativo, en estos casos, es muy importante.

Hay una contradicción en el enfoque global del sistema pehuenche, pues de una parte se plantea que los adelantos realizados y por realizar por Pangue S.A., ayudarán a los indígenas a salir de su estado de extrema pobreza, produciéndose una "chilenización"; por otro lado, se dice que es preocupación fundamental de Pangue S.A. el fortalecimiento de la cultura pehuenche. Estos dos elementos pueden ser hasta diametralmente opuestos.

No se debe fortalecer una cultura desde el exterior; son los propios individuos de un grupo cultural quienes adoptan los elementos que ellos definan como factibles de ser incorporados a su vida cotidiana.

La Fundación promovida por la Unidad Gestión Ambiental y Asuntos Externos de Pangue S.A. es una medida plausible. Sin embargo, se reitera que no existe una relación entre cada una de las iniciativas propuestas por esta Fundación, con la descripción de las condiciones sociales, económicas, culturales y la identificación de los impactos ambientales socioeconómicos.

Los criterios que determinan que el trabajo de la Fundación sólo están orientados a determinadas comunidades del Alto Biobío. Por ejemplo, los programas de capacitación contemplan a Callaqui, Pitril, Quepuca-Ralco y Poblado de Ralco. La población indígena de todo el Alto Biobío debiera considerarse como potenciales beneficiarios de los distintos programas de transferencia de la Fundación.

Las conclusiones planteadas por las consultoras expresan algunos impactos e indicadores ya establecidos en los estudios de la Universidad de Concepción que coinciden en muchos aspectos. Sin embargo, aunque no se contemplan algunos de ellos que fueron señalados en los trabajos referidos (por ej. respecto a la autoridad y no intervención o manipulación de la comunidad, generación de divisiones internas), cuya profundización de estudio, pudiera informar de manera distinta tanto cualitativa como cuantitativamente.

Una cuestión muy fundamental y básica y no tocada es el siguiente hecho: se plantea la degradación del suelo y la escasa o nula importancia de la vegetación presente en las áreas del embalse, así como en las áreas pehuenches.

Aquí importa plantear la necesidad de recuperar la cubierta vegetal, así como el mejoramiento consecuente del recurso suelo y el recurso riego. Este último es inexistente en muchas de las comunidades.

Ninguna solución de Horticultura, Cunicultura, Agricultura con énfasis en empastadas y sostenimiento de masa ovina (y cantidad de lana producida) podría dar resultado sin una intensa acción en el sentido antes señalado.

Se debe insistir que éste es un aspecto medular para el mejoramiento del futuro de las comunidades pehuenches y debe ser asumido por la gestión de apoyo que se otorgaría por parte de Pangue S.A. a la comunidad.

Finalmente, al plantearse las posibilidades de acciones que pudieran "mitigar" los impactos, no se explicitan los CRITERIOS DE PRIORIZACION y APLICACION, PROCEDIMIENTO y MECANISMO que permitan y cautelen su ejecución y monitoreo pertinente.

### IMPACTOS SOBRE EL ECOSISTEMA FLUVIAL

La operación normal elegida para la presa Pangué sería del tipo denominado "de punta", con generación a plena carga durante las horas de máxima demanda de energía. Durante las demás horas del día, la generación sería variable, dependiendo de la demanda en el SIC, del caudal afluente al embalse y del volumen embalsado. Debe mencionarse que este tipo de operación es mucho más dañino que aquél que consiste en generar, continuamente, con el caudal afluente al embalse, denominado "de paso". Los impactos que pueden causar las fluctuaciones del caudal son numerosos.

Según el esquema de operación propuesto, existirá importantes variaciones diarias del gasto liberado, sobre todo en los meses de verano y comienzos del otoño (variaciones de 0 a 500 m<sup>3</sup>/s en menos de una hora). De hecho, Pangué S.A. pretende secar un tramo por río durante gran parte del día, en estos períodos.

De todos los impactos ecológicos que ocurrirán en el sistema fluvial, el mayor será aquél causado al secar diariamente, durante los lapsos mencionados, el río Biobío. Esta situación no debe permitirse, considerando los efectos que tendría para la ecología del sistema fluvial en su totalidad. Si se recuerda que el sistema fluvial es un continuo estructural y funcional, tal como se indicó en la introducción, la interrupción del flujo significa comprometer esta continuidad, con sus correspondientes secuelas. Se debe enfatizar que esta interrupción implica discontinuar no sólo el flujo del curso principal, sino que el aporte de miles de ríos de los primeros órdenes, los cuales contribuyen con la mayor parte del material nutritivo que permite una regulada productividad en todo el sistema.

En un estudio de este tipo, donde lo que interesa destacar son los probables impactos negativos que causará un proyecto, no es válido trabajar con condiciones promedio, sino que debe considerarse, de alguna forma, situaciones más desfavorables.

En base a lo anterior, se recomienda hacer nuevamente esta parte del estudio considerando la metodología ya descrita. Como los datos de caudales intervienen en una serie de otros aspectos evaluados, será también necesario repetir otros estudios. Algunos de los análisis en los cuales se utilizó datos de caudales obtenidos con esta metodología inadecuada,

son los siguientes: uso diario del agua (distribución de las horas de cierre), balances hídricos, tiempos de renovación, modelación hidrodinámica, atrapamiento de finos en el embalse, etc...

Los estudios por realizar debieran estimar cuánto disminuirá el oxígeno disuelto de las aguas de salida con respecto a las afluentes al embalse y cuánto tardará en recuperarse el nivel de oxigenación hacia aguas abajo; este análisis debe realizarse para diferentes caudales.

A este respecto, es necesario considerar estudios pertinentes sobre los impactos que causarán estas alteraciones de las temperaturas sobre la biota y los demás usos del agua, río abajo.

Es necesario realizar estudios sedimentológicos más detallados, que permitan conocer con certeza la distribución del material fino transportado, para poder estimar mejor la turbidez a la salida del embalse. Debe tomarse en cuenta la estacionalidad, puesto que gran parte del sólido en suspensión, en el Biobío, es aportado por el río Malla, en los períodos de deshielo.

Referente a la aplicación del modelo de predicción se puede expresar las consideraciones siguientes:

- \* Los datos de entrada al modelo son nuevamente promedios de valores medios mensuales, por la que no incluyen valores que permitan al modelo representar situaciones desfavorables.
- \* El modelo se calibró asumiendo valores para la turbulencia y transparencia de las agua. En la introducción de este capítulo se critica que el estudio de las consultoras haya considerado un solo muestreo, lo cual no permite en absoluto conocer la variación, al menos estacional, del comportamiento de los numerosos parámetros físicos y químicos. Es muy probable que los resultados de la modelación sean altamente sensible a algunos parámetros de entrada, por ejemplo, a la transparencia, por lo que se necesita ser muy cuidadoso a la hora de asumir estos valores.
- \* Es importante destacar que muchos de los supuestos hechos, acerca de los impactos que ocurrirán (o más bien que no ocurrirán) se basan en los resultados de esta modelación. Por lo anterior, es necesario asegurarse de la representatividad de estos resultados y de la sensibilidad que puedan mostrar ante variaciones en las condiciones de entrada y en los parámetros de la modelación.

En virtud de lo anterior, creemos necesario repetir estos estudios para determinar la carga de sedimentos del río y para obtener una estimación, lo más real posible, de la fracción que quedará retenida aguas arriba del muro. Lo anterior es de una importancia trascendente, tanto para predecir el comportamiento del embalse como para conocer la calidad del agua que éste liberará y cómo ésta, a su vez, afectará la calidad del agua río abajo. A este respecto, reiteramos en forma insistente la condición de continuidad del río y el uso al que se encuentra sometido aguas abajo.

La morfología del cauce aguas abajo de una presa puede verse notablemente alterada, al intentar el sistema fluvial recuperar un equilibrio o régimen para condiciones diferentes de las originales, puesto que los flujos de agua y de sedimento, que determinan la forma del cauce, han sido alterados. Las escalas temporales de ocurrencia de estos cambios, y sus efectos sobre la biota acuática, pueden ser muy diversos.

En general, el Informe es muy pobre en este aspecto, limitándose a presentar datos de transporte de sedimentos y a concluir, sin justificaciones, que "el impacto erosivo es menor". Al respecto se aconseja lograr una mayor aproximación a través de un estudio específico.

Los dos efectos principales que podrían llevar a una alteración de la morfología del cauce son:

- \* La retención de la mayor parte de la carga de sedimentos aguas arriba de la presa; como consecuencia de esto, tiende a producirse el denominado efecto de agua limpia favoreciendo la erosión ribereña y alterando la población biológica.
- \* La alteración de la capacidad de transporte, ya que la curva de duración de caudales se verá afectada por la variaciones producidas por la operación de la Central.

Se piensa que no ocurrirán situaciones de sedimentación, agradación o disminución de la capacidad del cauce, puesto que los caudales de mantención del cauce o caudales dominantes (caudales mayores a un cierto umbral, que son capaces de modelar la forma del cauce) no se verán alterados sustancialmente, debido a la poca capacidad de regulación del embalse.

La retención de sedimentos en el embalse se analiza en forma muy general, mientras que las consecuencias aguas abajo son pasadas por alto. El aumento de la capacidad de transporte por alteración de los caudales no se menciona.

Será necesario llevar a cabo diversos estudios que permitan concluir si ocurrirán cambios en la morfología debido a los dos mecanismos mencionados. Cambios en la morfología impactarían a las comunidades bióticas, ya que es la geomorfología fluvial que determina la diversidad de hábitats en el ambiente acuático.

Además se tendrá, aguas abajo del embalse, una disponibilidad mayor de nutrientes inorgánicos, lo que sumado a la menor turbidez podría causar un fuerte aumento de la productividad primaria en el cauce, que se traduciría en un incremento de la biomasa de algas epilíticas. Esto ocurriría particularmente en las zonas de "riffles" (rápidos de baja profundidad), y siempre que no se secase el cauce, porque en tal caso estas zonas quedarían expuestas y, además, la velocidad del escurrimiento sería menor, afectando ambas situaciones al crecimiento algal y por ende al sistema trófico. Es importante estudiar cuidadosamente los efectos que esta alteración pudiese tener sobre la productividad secundaria en el río, así como las implicancias para la calidad del agua en la parte baja del Biobío. Esto último en relación al uso para consumo humano e industrial.

Las alteraciones en la calidad del agua bajo la presa pueden también afectar al macrozoobentos, a través de tres mecanismos: cambios en los patrones normales de temperatura, episodios de hipoxia o anoxia al entregar aguas hipolimnéticas al cauce, y aumento en la exportación de plancton desde el embalse, lo que alterará la composición, favoreciendo fuertemente a las especies filtradoras (particularmente a algunos géneros de Trichoptera).

Otro tipo de impacto que puede esperarse, a un plazo mayor, es la alteración en la diversidad y biomasa causada por cambios en la morfología del cauce, por ejemplo, cambios en la composición del sustrato.

Respecto a la ictiofauna debe destacarse que los impactos mayores serán aquellos debidos al impedimento de las migraciones y aquellos causados aguas abajo de la presa, en particular por la disminución en el hábitat disponible y por los cambios en la calidad del agua. Es evidente que la transformación de un tramo del río a un sistema léntico causará también impactos en ese tramo, pero esto no es lo más importante, como se ha intentado destacar en el informe.

Un impacto potencial que no es mencionado a pesar de ser muy común en otros proyectos de este tipo, es la enfermedad denominada "gas-bubble disease", que es causada por una sobresaturación de gases atmosféricos en el agua, particularmente nitrógeno, al aerearse violentamente las aguas que son devueltas al río a través del vertedero.

Por todo lo anterior, se piensa que el impacto negativo que causará la presa sobre las poblaciones de truchas y peces nativos debe considerarse significativo y no menor, como se estima en el Informe. También debe mencionarse el potencial incremento en las poblaciones que podría causar un aumento de la productividad primaria y secundaria, pero, como ya se mencionó, esto queda supeditado al manejo que se le dé al embalse.

Nuevamente se evidencia entonces la necesidad de que el esquema de operación para la Central Pangue considere mantener continuamente un caudal mínimo aguas abajo de la presa. En este caso la finalidad sería permitir la mantención de condiciones habitables en el cauce, para un tramo que cubriría al menos la distancia entre la presa y la confluencia con el río Queuco. Debe mencionarse que el mantener un caudal en el cauce no sólo cumple fines de conservación sino que además permite alcanzar objetivos para la mantención de deportes y recreación, calidad del agua y conservación del paisaje (estética). Este caudal mínimo también debiera aplicarse durante la fase de llenado de la presa, es decir, el río no debiera ser secado ni un solo instante.

Los estudios que debieran realizarse antes de la construcción de la represa, tendientes a la determinación de un caudal mínimo a mantener en el cauce debieran comprender:

- (1) Un estudio morfológico e hidráulico del río, al menos para el tramo entre la ubicación de la futura presa y la confluencia con el río Queuco. Este estudio deberá considerar varios tramos representativos, que incluyan secuencias "pool-riffle" (pozón-rápido). El análisis de los caudales afluentes al tramo (incluyendo el del río Queuco) deberá realizarse para los meses más desfavorables del año (Febrero, Marzo y Abril), mientras que el estudio del comportamiento hidráulico deberá considerar varias estaciones, de manera de cubrir todo el rango de caudales hasta el caudal máximo de generación previsto, que es de 500 m<sup>3</sup>/s. Desgraciadamente no será posible estudiar "in-situ" el comportamiento del río para caudales muy bajos, cercanos a cero, puesto que estos no ocurren en las condiciones actuales. Por lo anterior, será necesario efectuar simulaciones en base a la forma del cauce. El estudio morfológico es entonces indispensable para poder simular el comportamiento hidráulico, pero deberá además incluir un completo estudio del substrato, de manera de poder servir como estudio de línea-base de las condiciones prístinas del sistema inalterado. Esto permitirá documentar claramente las alteraciones que podrían ocurrir debido a la implementación del proyecto en la forma y composición del cauce. La información disponible en la actualidad no permite en ningún caso hacer tal tipo de comparaciones.

(2) Un estudio de las diversas especies presentes en el sistema, particularmente aquellas con problemas de conservación. Este estudio deberá entregar información acerca de los requerimientos ambientales, particularmente de hábitat, y las historias de vida de las especies que se desee favorecer con la implementación del caudal mínimo. Es necesario decir aquí que la determinación de un caudal mínimo se hace en base a un objetivo de conservación, el que puede tocar a una o varias especies, y a uno o varios estadios de vida de éstas. En el caso analizado, sólo existe información para las especies salmonídeas, y ésta fue obtenida para poblaciones en el hemisferio norte. No existe información disponible para especies endémicas, ni para especies introducidas adaptadas a las condiciones de nuestros ríos (asilvestradas), por lo que es necesario desarrollar una amplia gama de investigaciones que permitan describir sus necesidades ambientales en las diferentes etapas de vida. Estos estudios deben realizarse antes de la construcción de la represa y no después, cuando ya sea imposible o demasiado costoso alterar significativamente el proyecto. Es oportuno recordar que de todos los impactos posibles, la extinción de especies es el más irreversible (de hecho es totalmente irreversible), por lo que no puede admitirse que ocurra, bajo un enfoque de desarrollo sustentable.

3) Debe estudiarse el efecto que tendrá la no-generación sobre los caudales hacia aguas abajo. En efecto, períodos largos con caudales nulos podrían hacerse sentir a distancias considerables, afectando las sustraciones para irrigación, o aumentando las concentraciones de contaminantes, en especial en el tramo entre Santa Barbara y Nacimiento. Por lo anterior, será necesario llevar a cabo estudios que permitan simular los tiempos de viaje del agua a lo largo del cauce, especialmente para caudales bajos.

Todo lo anterior amerita, nuevamente, insistir en la necesidad de determinar un caudal mínimo a mantener en el cauce, el cual atenuaría la mayor parte de los impactos potenciales mencionados.

Según nuestro enfoque, evaluar el impacto ambiental considerando la sola realidad de la Central Pangue y no las demás cinco centrales incluidas en el proyecto de desarrollo hidroeléctrico del Alto Biobío, puede significar una omisión peligrosa, ya que limita metodológicamente la evaluación de posibles alternativas de desarrollo del territorio de la cuenca del Alto Biobío. Es muy diferente un escenario de desarrollo hidroeléctrico con una sola central, que cualquier otro con dos o más centrales. Existe un efecto de impacto acumulativo que emerge del conjunto de centrales que significa, en el hecho, una ocupación del territorio de la cuenca

del Alto Biobío por el sector hidroeléctrico que, consecuentemente, definirá todos los otros usos potenciales que este territorio ofrece. Debe tenerse presente que la construcción de la primera central, en este caso la Central Pangué, significa un cambio trascendente de la estructura y funcionamiento del río. Por lo tanto, pensamos que si se autorizara, con los estudios ambientales apropiados, gran parte del desarrollo hidroeléctrico, esto permitiría definir un proyecto de desarrollo global para la parte alta de la cuenca y así, también, proyectar sus efectos globales sobre los otros usos del recurso agua y del territorio.

El informe no considera, la posibilidad de implementar medidas de mitigación o cambios en el diseño ingenieril básico, para aminorar los potenciales impactos negativos que pudiera causar la represa. Esto ocurre por la sencilla razón que, en la mayoría de los casos, estos impactos se desconocen, esto es, no se mencionan o se califican de "menores" sin mediar justificación alguna.

Es bueno insistir en que el proyecto es el que debe estar supeditado a los resultados del estudio de impactos que se realice y no vice-versa, como en este caso, donde se ejecutó un informe considerando, de antemano, que el proyecto era ambientalmente benigno. Este último enfoque no permite adecuar el diseño ingenieril del proyecto a los requerimientos ambientales, por lo que el estudio pasa a ser una mera formalidad administrativa, sin relación alguna con la salvaguarda del ambiente natural. Debe existir una clara relación entre la toma de decisiones, el diseño ingenieril de proyectos de aprovechamiento de los recursos hídricos y los efectos ecológicos de estos proyectos.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Baker V.R. 1988. Flood Erosion. In: Baker et al. (1988).
- Baker V.R., R.C. Kochel & P.C. Patton (Eds.). 1988. "Flood Geomorphology". Wiley-Interscience, New York.
- Baxter R.M. 1985. Environmental effects of reservoirs. Chapter 1 in: Gunnison (1985).
- Baxter R.M. y P. Glaude. 1980. Environmental effects of dams and impoundments in Canada: experience and prospects. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 205: 34p.
- Bjornn T.C. and D.W. Reiser. 1991. Habitat requirements of salmonids in streams. In: Meehan (1991).
- Bovee K.D. 1982. A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology. Instream Flow Inf. Paper 12. U.S.D.A. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services. FWS/OBS-82/26. 248 pp.
- Bowman M.L. and Weisberg S.B. 1985. Use of multiple unequal-sized turbines to reduce flow fluctuations below hydroelectric dams. In: Olson et al. (1985).
- Bravard J.P., C. Amoros & G. Pautou. 1986. Impact of civil engineering works on the successions of communities in a fluvial system. Oikos 47: 92-111.
- Bull W.B. 1988. Floods: degradation and aggradation. In: Baker et al. (1988).
- Craig J.F. & J.B. Kemper (Eds.). 1987. "Regulated Streams: Advances in Ecology". Plenum Press, New York.
- Cummins K.W. 1977. From headwater streams to rivers. American Biology Teacher. Vol 39: 305-312.
- Cummins K.W., G.W. Minshall, J.R. Sedell, C.E. Cushing, and R.C. Peterson. 1984. Stream ecosystem theory. Verh. Internat. Verein. Limnol. 22:1818-1827.
- DeBrey L.D. & J.A. Lockwood. 1990. Effects of sediment and flow regime on the aquatic insects of a high mountain stream. Regulated Rivers: Research and Management, Vol.5: 241-250.
- Décamps H. & R.J. Naiman. 1989. L'écologie des fleuves. La Recherche 208: 310-319.

- Dufford R.G., H.J. Zimmerman, L.C. Cline & J.V. Ward. 1987. Responses of epilithic algae to regulation of Rocky Mountain streams. In: Craig & Kemper (1987).
- Ecology and Environment, Inc. & Agrotec Ltda. 1991. "Evaluación de Impactos Ambientales Relevantes del Proyecto Pangué". Informe final preparado para Pangué S.A.
- Einstein H.A. 1971. On Secondary Currents and Sediment Motion. In: "River Mechanics", Vol 1. H.W. Shen (Ed.). 1971.
- ENDESA. 1978. "Hidrología de las Centrales Ralco y Pangué". División de Estudios Hidrológicos.
- Galay V.J. 1983. Causes of river-bed degradation. Water Resources Research 19(5), 1057-1090.
- Gaschignard O. & A. Berly. 1987. Impact of large discharge fluctuations on the macroinvertebrate populations downstream of a dam. In: Craig & Kemper (1987).
- Gessel M.H., J.G. Williams, D.A. Brege, R.F. Krcma & D.R. Chambers. 1991. Juvenile Salmonid guidance at the Bonneville Dam Second Powerhouse, Columbia River, 1983-1989. North American Journal of Fisheries Management, Vol.11(3), 400-412.
- Gore J.A. & G.E. Petts (Eds.). 1990. "Alternatives in Regulated Rivers Management". CRC Press, Boca Raton, Florida (no visto; revisado en: Transactions of the American Fisheries Society, Vol.120(1), 131-132).
- Gore J.A. & R.D. Judy Jr. 1980. Predictive models of benthic macroinvertebrate density for use in instream flow studies and regulated flow management. Canadian J. of Fisheries and Aquatic Sciences 38: 1363-1370.
- Goudie A. 1990. "The Human Impact on the Natural Environment", 3rd edition. Basil Blackwell, Oxford.
- Gunnison D. (Ed.). 1985. "Microbial Processes in Reservoirs". Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht. Netherlands.
- Hannan H.H. 1979. Chemical Modifications in Reservoir Regulated Streams. In: Ward & Stanford (1979 a).
- Hey R.D. 1987. River dynamics, flow regime and sediment transport. In: Thorne et al. (1987).
- Hynes H.B.N. 1975. The stream and its valley. Edgardo Baldi Memorial Lecture. Verh. Internat. Verein. Limnol. 19:1-15.

IAHR (International Association of Hydraulic Research) 1991. Hydraulics and the environment: partnership in sustainable development. Journal of Hydraulic Research, Vol.29, Extra Issue.

Irvine J.R. 1985. Effects of successive flow perturbations on stream invertebrates. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 42: 1922-1927.

Kennedy R.H., K.W. Thornton & D.E. Ford. 1985. Characterization of the reservoir ecosystem. Chapter 2 in: Gunnison (1985).

Leopold L.B., Clarke F.E., Hansan B.B. and Balsely J.R., 1971. A procedure for evaluating environmental impact. US Geological Survey Circular 645. Washington, D.C.

Leopold L.B., M.G. Wolman and J.P. Miller. 1964. "Fluvial Processes in Geomorphology". W.H. Freeman, San Francisco.

Lowe R.L. 1979. Phytobenthic Ecology and Regulated Streams. In: Ward & Stanford (1979 a).

Marangunic 1981. Posibles efectos del volcán Callaqui en obras de la Central Pangué. Informe OICOI N°6/81. ENDESA.

Meehan W.R. (Ed.) 1991. "Influences of Forest and Rangeland Management on Salmonid Fishes". American Fisheries Society Special Publication 19. Bethesda, Maryland.

Milhous R.T. 1985. Sediment transport, instream flows and the small hydro project. In: Olson et al. (1985)

Milhous R.T. 1982. Effect of sediment transport and flow regulation on the ecology of gravel-bed rivers. In: "Gravel-bed Rivers". R.D. Hey, J.C. Bathurst and C.R. Thorne (Eds.). Wiley, Chichester, U.K.

Minshall G.W. et al. (six authors). 1985. Developments in stream ecosystem theory. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42:1045

Minshall G.W. 1988. Stream ecosystem theory: a global perspective. J. N.Am. Benthological Soc. 7(4):263-288.

Mosley M.P. 1982. Analysis of the effect of changing discharge on channel morphology and instream uses in a braided river, Ohau River, New Zealand. Water Resources Research, Vol.18(4): 800-812.

Newcombe C.P. & D.D. MacDonald. 1991. Effects of suspended sediments on aquatic ecosystems. North American Journal of Fisheries Management, Vol 11(1), 72-82.

Noss. 1987. Citado en Ecology and Environment, Inc. y Agrotec Ltda. (página 43). No se encuentra en las referencias de dicho trabajo.

O'Brien J.S. 1987. A case study of minimum streamflow for fishery habitat in the Yampa River. In: Thorne et al. (1987).

Olson F.W., R.G. White & R.H. Hamre (Eds.). 1985. "Proceedings of the Symposium on Small Hydropower and Fisheries". American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.

ONEMI (Moreno et al.) 1984. Estudio del volcán Callaqui: geología y riesgo volcánico. U. de Chile. ENDESA. OICB-01.

Orth D.J. 1982. Evaluation of the incremental methodology for recommending instream flows for fishes. Trans. Am. Fish. Soc. Vol.111(4):413-445.

Orth D.J. 1987. Ecological considerations in the development and application of instream flow-habitat models. Regulated Rivers: Research & Management Vol.1:171-181.

Orth D.J. & P.M. Leonard. 1990. Comparison of discharge methods and habitat optimization for recommending instream flows to protect fish habitat. Regulated Rivers: Research and Management Vol.5: 129-138.

Paquet P.J. & Witmer G.W. 1985. Cumulative impacts of small hydropower developments. In: Olson et al. (1985).

Petersen Jr. R.C. et al. (six authors). 1987. Stream management: emerging global similarities. Ambio Vol.16(4): 166-179.

Petts G.E. 1987. Time-scales for ecological change in regulated rivers. In: Craig & Kemper (1987).

Petts G.E. 1984. "Impounded Rivers: Perspectives for Ecological Management". Wiley, Chichester, U.K.

Rader R.B. & Ward J.V. 1988. Influence of regulation on environmental conditions and the macroinvertebrate community in the upper Colorado River. Regulated Rivers: Research and Management, Vol.2: 597-618.

Rizzo B. 1985. Fish migration at small hydropower developments. In: Olson et al. (1985).

Roesner L.A., P.R. Giguere and D.E. Evenson. 1981. "User's Manual for Stream Quality Model (QUAL-II)". US. Env. Prot. Agency, Athens, Georgia. EPA-600/9-81-015. February 1981.

Sale M.J. 1985. Aquatic ecosystem response to flow modification: an overview of the issues. In: Olson et al. (1985).

- Shirazi M.A. and W.K. Seim. 1981. Stream system evaluation with emphasis on spawning habitat for salmonids. *Water Resources Research* 17:592-594.
- Simonds D.B. 1979. Effects of Stream Regulation on Channel Morphology. In: Ward & Stanford (1979 a).
- Stanford J.A. and J.V. Ward. 1979. Stream Regulation in North-America. In: Ward & Stanford (1979 a).
- Staztner B., J.A. Gore and V.H. Resh. 1988. Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential applications. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, Vol. 7(4): 307-360.
- Thorne C.R., J.C. Bathurst and R.D. Hey (Eds.). 1987. "Sediment Transport in Gravel-bed Rivers". Wiley, Chichester, U.K.
- Trotzky H.M. & R.W. Gregory. 1974. The effects of water flows manipulation below a hydroelectric power dam on the bottom fauna of the Upper Kennebec River, Maine. *Transactions of the American Fisheries Society*, 103: 318-324.
- UNESCO. 1985. "Methods of Computing Sedimentation in Lakes in Reservoirs". Contribution to the International Hydrological Programme, Jaroslav Cerni Institute for the Development of Water Resources, Belgrade, Yugoslavia
- Universidad de Concepción, "Estudio Preliminar para la Evaluación del Impacto Ambiental del Sistema de Centrales del Alto Biobío", Mayo 1987.
- Universidad de Concepción, "Análisis de los posibles impactos de la Central Pangué en el Alto Biobío", Abril 1989.
- Vannote R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell and C.E. Cushing. 1980. The River Continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:130-137.
- Ward J.V. 1984. Ecological perspectives in the management of aquatic insect habitat. In: "The Ecology of Aquatic Insects". Resh V.H. & Rosenberg D.M.. Praeger, New York.
- Ward J.V. y J.A. Stanford. 1979 a. "The Ecology of Regulated Streams". Plenum Press. New York.
- Ward J.V. and J.A. Stanford. 1979 b. Ecological Factors Controlling Stream Zoobenthos with Emphasis on Thermal Modification of Regulated Streams. In: Ward & Stanford (1979 a).
- Ward J.V. & J.A. Stanford. 1987. The ecology of regulated streams: past accomplishments and directions for future research. In: Craig & Kemper (1987).