

SEMINARIO

“CAUDAL ECOLÓGICO, metodologías y casos aplicados”



EL CASO DEL PROYECTO RALCO

César Ormazabal P.

Santiago, 28 de abril de 2004

ESTRUCTURA DE LA PRESENTACIÓN

Aspectos Generales

1. Criterios usados en el EIA de Ralco para calcular el caudal ecológico
2. Bases de cálculo del caudal ecológico
3. Determinación del caudal ecológico
4. Caudal ecológico propuesto en el EIA
5. Resolución de Calificación ambiental del proyecto (Res 10/97)
6. Recurso de reclamación de Endesa
7. Resolución respecto de recurso de reclamación (Res 23/97)
8. Comparación de caudales naturales, caudal ecológico propuesto y caudal ecológico establecido por la autoridad
9. Control del caudal ecológico una vez que se inició el llenado del embalse

ASPECTOS GENERALES

Definiciones no concordantes

Caudal ecológico:

Es el caudal mínimo que da cuenta de la conservación de la biodiversidad propia del curso en cuestión, adecuado para asegurar el cumplimiento de las funciones y servicios ecológicos del medio acuático, como son la mineralización, asimilación, entre otros.

(esta definición estuvo un tiempo en el sitio web CONAMA).

Caudal ecológico:

Definición de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)

Régimen de caudal mínimo que se define en un curso de agua a la salida de una obra, que satisface cada uno de los caudales mínimos aconsejables (CMA) en los puntos de sensibilidad ambiental en el río aguas abajo de dicha obra con el fin de preservar las condiciones de la calidad ecológica y las demandas ambientales antrópicas.

CMA: Caudal necesario para preservar en un punto del río una demanda ambiental puntual.

Definición de la Dirección General de Aguas (DGA)

Caudal mínimo necesario para asegurar la supervivencia de un ecosistema acuático preestablecido (Caudal Mínimo Aconsejable).

Caudal ecológico:

Un caudal circulante por un cauce podría ser considerado como ecológico, siempre que fuese capaz de mantener el funcionamiento, composición y estructura del ecosistema fluvial que ese cauce contiene en condiciones naturales.

<http://www.unizar.es/fnca/congresos/congreso1/docum/comunica/308.pdf>

Artículo 2º Definición del caudal ecológico

Se conoce como caudal ecológico al volumen mínimo de agua por unidad de tiempo, necesario en una fuente o curso fluvial, para preservar la conservación de los ecosistemas fluviales actuales, en atención a los usos de agua comprometidos, a los requerimientos físicos de la corriente fluvial para mantener su estabilidad y cumplir sus funciones tales como, dilución de contaminantes, conducción de sólidos, recarga de acuíferos y mantenimiento de las características paisajistas del medio.

http://www.siamazonia.org.pe/DetallesNoticias/Setiembre%202002/proy_ley_med_ambiente.htm

Caudal ecológico:

Por definición el caudal ecológico es la cantidad y calidad de los recursos hídricos necesarios para mantener el hábitat del río y su entorno en buenas condiciones, considerando las necesidades de las poblaciones humanas, animales y vegetales, así como los requerimientos físicos para mantener su estabilidad y cumplir sus funciones tales como la de flujo de dilución, capacidad de conducción de sólidos, recarga de acuíferos, mantenimiento de las características estéticas y paisajísticas del medio.

http://www.portalagrario.gob.pe/hidro_hidro_prob.shtml

Se conoce como caudal ecológico al volumen mínimo de agua por unidad de tiempo, necesario en una fuente o curso fluvial, para preservar la conservación de los ecosistemas fluviales actuales, en atención a los usos de agua comprometidos, a los requerimientos físicos de la corriente fluvial para mantener su estabilidad y cumplir sus funciones tales como, dilución de contaminantes, conducción de sólidos, recarga de acuíferos y mantenimientos de las características paisajistas del medio.

http://www.siamazonia.org.pe/DetallesNoticias/Setiembre%202002/proy_ley_med_ambiente.htm

Frecuentemente, el concepto de caudal “ecológico” se asocia al caudal mínimo necesario para asegurar la supervivencia de un ecosistema acuático preestablecido.

<http://www.unesco.org.uy/phi/libros/VIJornadas/B27.pdf>

caudales ecológicos mínimos, definidos como aquellos que mantengan las poblaciones naturales del río y sus valores ecológicos, y que cualquier disminución de su cuantía implique una pérdida marcada de los mismos.

<http://www3.unileon.es/agua/conferencia/jornada.htm>

Caudal ecológico:

1.- Caudal mínimo que debe mantenerse en un curso fluvial al construir una represa, captación o derivación, de forma que no se alteren las condiciones naturales del biotopo y se garantice el desarrollo de una vida fluvial igual, o al menos parecida a la que existía anteriormente en el río.

2.- El agua reservada para preservar valores ecológicos; los hábitats naturales que cobijan una riqueza de flora y fauna, las funciones ambientales como purificación de aguas, amortiguación de los extremos climatológicos y hidrológicos, los parques naturales y la diversidad de paisajes.

3.- Se define el caudal ecológico muchas veces como 10 % del caudal medio anual como mínimo. O sea cuando un río transporte anualmente 1000 metros cúbicos al mar se permite consumir 900 m³ dejando en todo caso, escurrir los 100 m³ para los valores ecológicos. También suelen expresar el caudal ecológico en ciertos volúmenes por cuenca por año o en caudales mínimos a mantener en cierto río durante el año, por ejemplo que se tiene que garantizar un caudal de mínimo 1 m³ por segundo durante todo el año.

<http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?ld=4177>

Necesidad de una definición única:

Como se observa en los ejemplos anteriores, no todos los países ni las diferentes organizaciones públicas dentro del país definen caudal ecológico de igual manera.

Mientras algunas definiciones enfatizan que el caudal debe asegurar el cumplimiento de condiciones físicas y químicas del agua para sustentar la vida acuática, otras definiciones le agregan funciones de dilución de contaminantes, e incluso el mantenimiento del paisaje.

Definitivamente es necesario establecer una definición única de caudal ecológico, a lo menos para efecto de los proyectos que se presentan al SEIA en Chile.

ASPECTOS GENERALES

Valoración ecológica en cauces

La valoración de los ecosistemas existentes en los cauces se basa habitualmente en los siguientes aspectos:

- Comunidades piscícolas,
- Comunidades de macroinvertebrados,
- Vegetación acuática,
- Bentos,
- Vegetación de ribera,
- Morfología de cauces, y
- Usos de riberas.

Caudales mínimos aconsejables

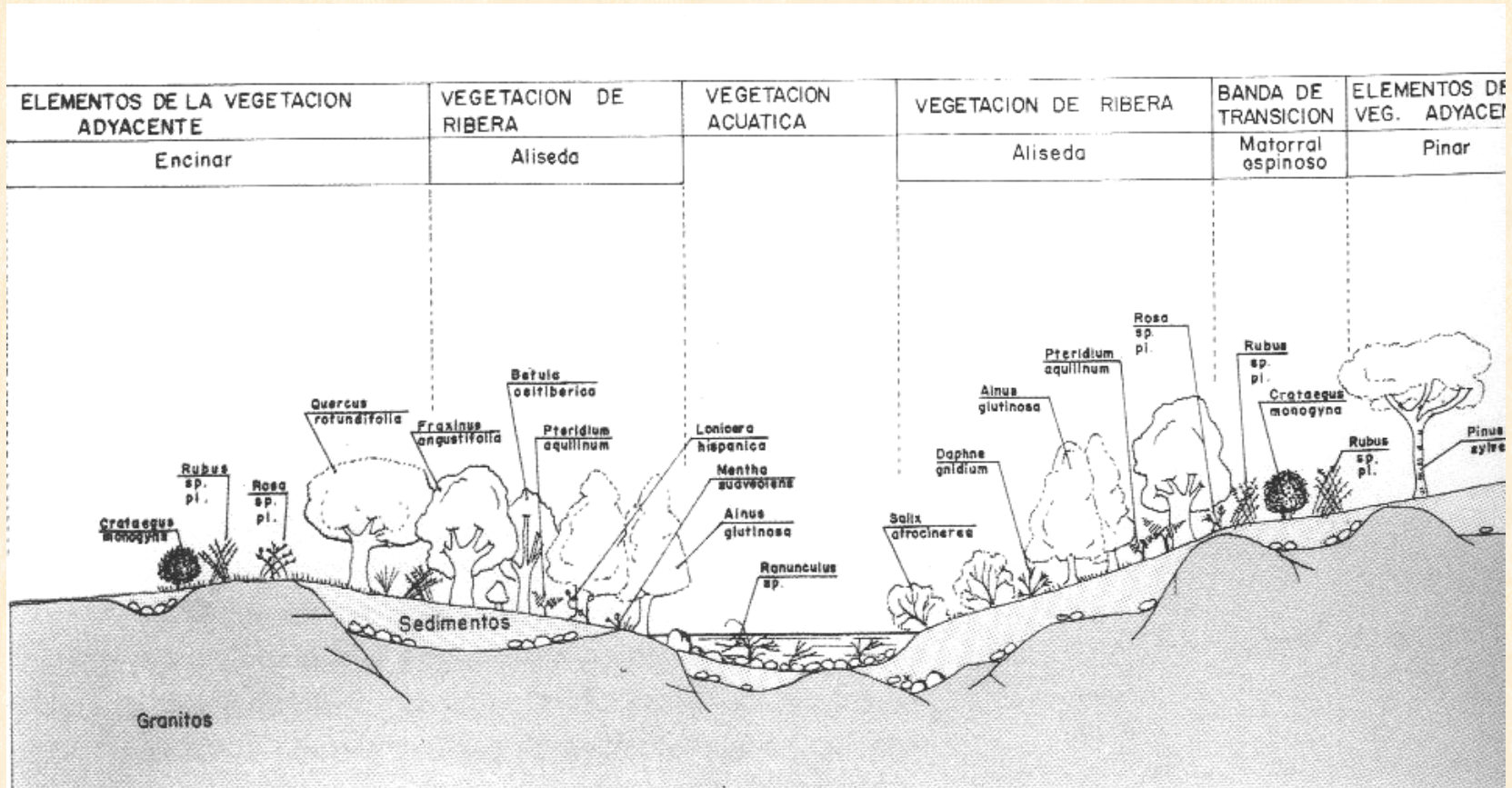
El ecosistema que puede sustentar un tramo de un río está condicionado, además de los agentes externos al cauce, por cuatro aspectos principales:

- la morfología del cauce,
- las características del agua circulante, tanto en cantidad como en calidad físico-química,
- el tipo de hábitat existente en lecho y orillas fluviales, y
- los recursos tróficos.

Fuente: Cubillo, F.; Casado, C. y Castillo, V. 1990. Caudales Ecológicos. Agencia de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid. 305 p.

Este concepto de caudal mínimo aconsejable es puntual, a diferencia del caudal ecológico, que es lineal, válido para un tramo del cauce

Representación gráfica de los principales elementos que influyen en la características físicas, químicas y biológicas de un caudal en un tramo rural



Caudal ecológico del proyecto Ralco

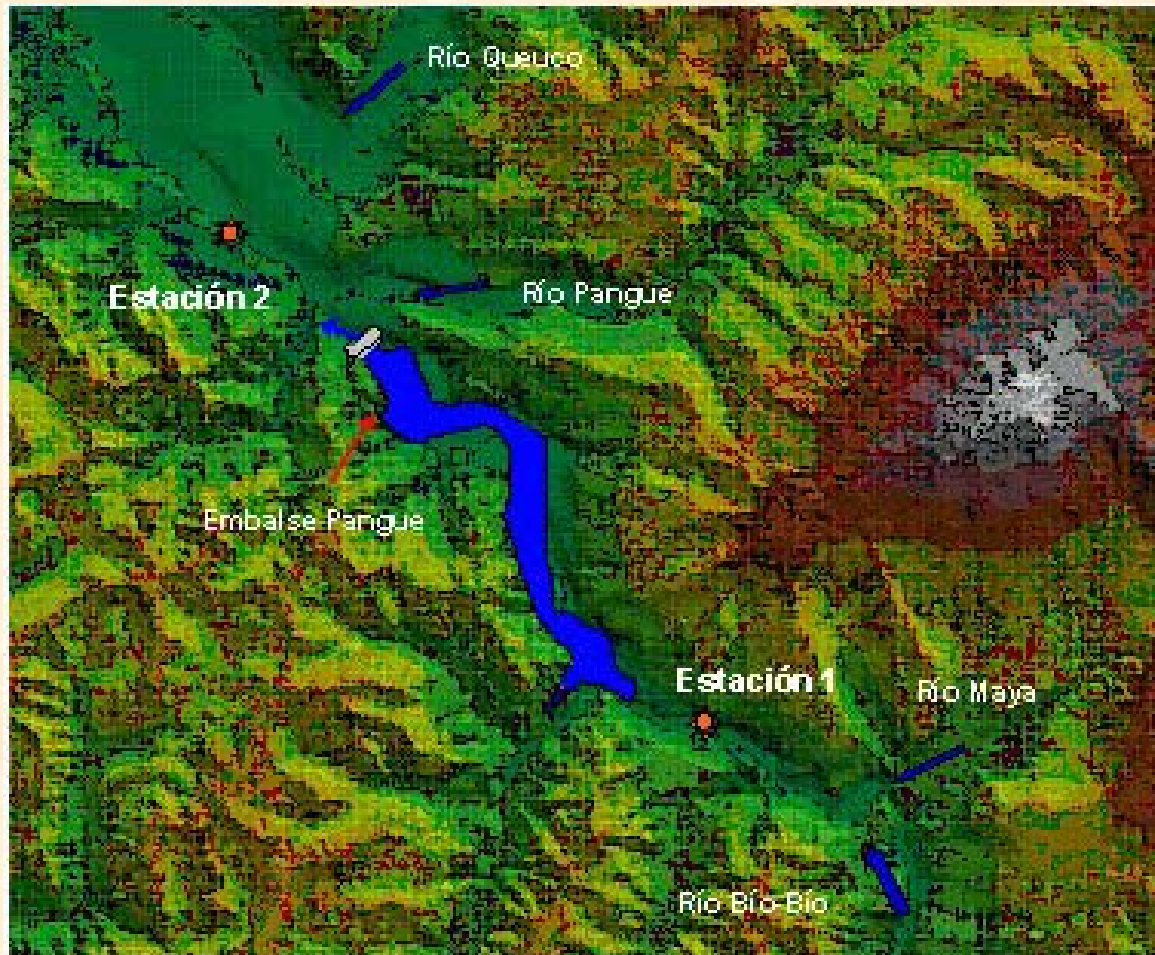


Tabla 1: Hitos del EIA de Ralco

Hito	Mes y Año
Inicio Elaboración del EIA, por la empresa consultora Electrowatt	Diciembre de 1994
Presentación del EIA al SEIA	Marzo 1996
Adenddum N° 1 del EIA	Febrero 1997
Adenddum N° 2 del EIA	Mayo 1997
Resolución de Calificación Ambiental del Proyecto Ralco (N° 10)	Junio 1997
Recurso de Reclamación contra la Resolución N° 10, presentado por Endesa a Conama	Julio 1997
Resolución que resolvió el Recurso de Reclamación (N° 23)	Septiembre 1997

Caudal ecológico calculado hace 10 años en el EIA de Ralco

Dado que el EIA del proyecto hidroeléctrico Ralco se elaboró entre 1994 y 1996, hay que considerar los métodos usados internacionalmente para determinar caudales ecológicos en esa época y la claridad técnica y desarrollo que tenía el tema en Chile en ese período, a nivel de organismos públicos sectoriales, centros académicos y empresas consultoras.

1. CRITERIOS USADOS EN EL EIA DE RALCO PARA CALCULAR EL CAUDAL ECOLÓGICO

- Requerimientos mínimos de subsistencia de la fauna íctica
- Profundidades mínimas para el desplazamiento de los peces
- Ancho mojado
- Caudales aportados por la cuenca intermedia
- Norma extranjera utilizada como referencia

CRITERIO 1: **Requerimientos mínimos subsistencia fauna íctica (1)**

El criterio referencial empleado en otros estudios similares, en relación con las condiciones de hábitat bajo la óptica de mantener una calidad de agua, es el de renovar el volumen de agua tres veces en un día en el tramo de caudal mínimo.

Fuente: Assesment of the Downstream Impacts Pangué Power Station, Ecology & Environment, 1993.

De acuerdo con este criterio, se calculó el caudal equivalente mínimo que debía escurrir en el tramo Presa Ralco - descarga Central Ralco, para cumplir con la condición de que el volumen de agua en ese tramo se renueve tres veces al día.

Fuente: **EIA DEL PROYECTO. CAP. 5 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO RALCO**

5.3.1 Plan de Medidas de Mitigación
5.3.1.2 Aspectos Hidrológicos y de Calidad del Agua

CRITERIO 1: **Requerimientos mínimos subsistencia fauna íctica (2)**

En el cálculo no se consideran los aportes de la cuenca intermedia. Esto obliga a un valor más alto de caudal para cumplir con la condición exigida (todo el caudal debe salir de la presa).

Para el cálculo se simuló el eje hidráulico del tramo de interés en el tramo Presa - Descarga para diversos caudales ($Q_e = 11, 10, 7, 5$ y $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$), tomando como base los perfiles disponibles del río. De esta forma se obtuvo las áreas de escurrimiento en cada uno de los perfiles.

A partir de dichas áreas y las distancias intermedias, se calculó para cada caudal entregado desde la presa, el volumen total incluido en el tramo de interés (v_i). Este volumen así determinado se multiplica por tres y se divide por los segundos del día, obteniéndose como resultado el caudal equivalente (Q_{eq}), que permite renovar tres veces al día el volumen del tramo.

CRITERIO 1: Requerimientos mínimos subsistencia fauna íctica (3)

Cuando el caudal evacuado desde la presa (Q_e) se iguala al caudal equivalente (Q_{eq}), se encuentra la solución para el caudal mínimo necesario para asegurar condiciones mínimas de supervivencia de fauna íctica.

Los resultados del cálculo fueron los siguientes:

Tabla 2 Caudales evacuados de presa		
Q_e m ³ /s	V_i m ³ /s	Q_{eq} m ³ /s
11,0	150.411	5,22
10,0	142.363	4,94
7,0	119.223	4,14
5,0	104.565	3,63
2,5	82.361	2,86

CRITERIO 2: Profundidades mínimas para desplazamiento de peces

En el punto anterior se obtuvo el valor mínimo de caudal de supervivencia, pero además de ello es necesario determinar una profundidad media, cuya mantención permita el desplazamiento de las especies de fauna íctica.

Dicha profundidad depende de la forma física de los peces y de sus dimensiones o morfología. Se estimó que una columna de agua que permita el desplazamiento horizontal y vertical de los peces debe estar en el rango de 3 a 4 veces la mayor dimensión transversal de los ejemplares.

Considerando el tamaño máximo normal de las especies de peces nativos en ese tramo del río Biobío la profundidad mínima se definió en 30 cm.

ESPECIES DE INTERÉS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Las especies de interés para la conservación de la biodiversidad en ese tramo del Río Bío Bío corresponden a:

- bagre (Diplomystes nahuelbutensis, en peligro de extinción);
- carmelita de Concepción (Percillia irwini, en peligro);
- bagre chico (Trichomycterus aerolatus, vulnerable),
- bagrecito (Bullockia maldonadoi, vulnerable), y
- pejerrey (Basilichthys australis, vulnerable).

Todas estas especies son de tamaño pequeño, con características morfológicas de desarrollo longitudinal, lo cual las hace especialmente adaptables a aguas someras, sin que por ello deban quedar con una profundidad que las haga vulnerables a los predadores.

CRITERIO 3: Ancho mojado

El ancho mojado está relacionado con la supervivencia del bentos que permite mantener la cadena trófica.

Si bien en sectores puntuales se puede permitir anchos pequeños, como ocurre en todos los ríos en tramos encajonados y profundos, en aquellos sectores aptos para frezaderos (baja velocidad y profundidad, con un mayor ancho superficial), se debe dejar un ancho mínimo de 20 metros para aquellos sectores con velocidad menor que 1 m/s.

CRITERIO 4: Caudales aportados en cuenca intermedia (1)

Se determinaron los caudales medios mensuales afluentes al río Biobío entre la presa Ralco y el punto en que la central, después de turbinar las aguas la devuelve al río (restitución).

Los afluentes principales son:

- río Malla,
- río Grande,
- estero Ñireco, y
- estero San Juan.

Los caudales aportados por cada cauce se calcularon proporcionalmente a la Cuenca Intermedia, de 300 km², con régimen nivopluvial y rendimiento específico de 82,8 l/s/km², con su distribución unitaria mensual de caudales. Los caudales medios mensuales fueron calculados en función del gasto diferencial promedio mensual entre las estaciones Biobío en Angostura de Ralco y Biobío en San Pedro.

CRITERIO 4: Caudales aportados en cuenca intermedia (2)

En las tablas 3 y 4 se reseñan los caudales medios mensuales de la Cuenca Intermedia y de sus tributarios, distribuidos mensualmente.

Se observa la característica pluvionival del régimen hídrico y el aumento de caudal a lo largo del tramo entre la presa y el punto de restitución, motivado por dichos aportes.

TABLA 3 CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m³/s) DE CAUCES AFLUENTES A LA CUENCA INTERMEDIA

Cuenca	Superficie (km ²)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Intermedia	300,0	12,8	22,4	36,6	43,4	34,3	27,8	36,8	29,0	19,7	12,2	11,0	12,0
Distribución Unitaria		0,51	0,90	1,47	1,74	1,38	1,12	1,48	1,17	0,79	0,49	0,44	0,48
Tramo Presa - Restitución													
Río Grande	12,3	0,5	0,9	1,5	1,8	1,4	1,1	1,5	1,2	0,8	0,5	0,5	0,5
Estero S. Juan	3,2	0,1	0,2	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1
Cuenca 1	12,9	0,6	1,0	1,6	1,9	1,5	1,2	1,6	1,2	0,8	0,5	0,5	0,5
Cuenca 2	13,2	0,6	1,0	1,6	1,9	1,5	1,2	1,6	1,3	0,9	0,5	0,5	0,5
Río Malla	51,3	2,2	3,8	6,3	7,4	5,9	4,8	6,3	5,0	3,4	2,1	1,9	2,1
Estero Nireco	15,1	0,6	1,1	1,8	2,2	1,7	1,4	1,9	1,5	1,0	0,6	0,6	0,6
Cuenca 3	6,9	0,3	0,5	0,8	1,0	0,8	0,6	0,8	0,7	0,5	0,3	0,3	0,3
Total Tramo:	114,9	4,9	8,6	14,0	16,6	13,1	10,6	14,1	11,1	7,5	4,7	4,2	4,6

TABLA 4 TRAMO PRESA - RESTITUCIÓN

Cuenca	Kilometraje (km)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Tramo Presa - Restitución													
Río Grande	0,30	0,5	0,9	1,5	1,8	1,4	1,1	1,5	1,2	0,8	0,5	0,5	0,5
Estero S. Juan	1,10	0,7	1,2	1,9	2,2	1,8	1,4	1,9	1,5	1,0	0,6	0,6	0,6
Cuenca 1	2,10	1,2	2,1	3,5	4,1	3,2	2,6	3,5	2,7	1,9	1,2	1,0	1,1
Cuenca 2	3,50	1,8	3,1	5,1	6,0	4,8	3,9	5,1	4,0	2,7	1,7	1,5	1,7
Río Malla	4,00	4,0	6,9	11,3	13,4	10,6	8,6	11,4	9,0	6,1	3,8	3,4	3,7
Estero Nireco	5,00	4,6	8,1	13,2	15,6	12,3	10,0	13,2	10,4	7,1	4,4	4,0	4,3
Cuenca 3	9,30	4,9	8,6	14,0	16,6	13,1	10,6	14,1	11,1	7,5	4,7	4,2	4,6

Fuente: EIA Ralco

CRITERIO 5: Norma extranjera utilizada como referencia

En el EIA de Ralco se optó por utilizar referencialmente una normativa de un país con experiencia en materia de caudales de sostenimiento ecológico. Se seleccionó la legislación suiza por los siguientes motivos:

- Suiza es un país que posee una larga trayectoria en materia de protección del medio ambiente; y
- En materia de caudales ecológicos, la legislación Suiza ha avanzado en el tiempo, luego de la experiencia adquirida. Esta contiene modificaciones que han permitido conciliar objetivos ambientales con objetivos de desarrollo y crecimiento económico; lo que ha sido producto de una larga serie de aprendizajes a lo largo de la segunda mitad del siglo XX.

EXIGENCIAS DE LA LEGISLACIÓN SUIZA DE 1995 EN CUANTO A CAUDALES ECOLÓGICOS (1)

La legislación Suiza, en la época de elaboración del EIA (1994-1995) establecía:

- El caudal mínimo cualitativo corresponde al caudal que permite mantener la calidad físico-química de las aguas superficiales, considerando los vertidos de aguas residuales tanto existentes como previstos en los planes respectivos. Asimismo, deben protegerse y conservarse los biotopos y la biocenosis singulares, y los lugares de esparcimiento particularmente atractivos cuyo aspecto estético y ambiental depende del caudal de agua circulante.
- El caudal mínimo cuantitativo se define en función del caudal Q_{347} ; es decir, el que es superado 347 días al año, teniendo además en cuenta las siguientes consideraciones:
 - Exigencias mínimas generales,
 - El caudal mínimo será al menos de 50 l/s,
 - Para los cursos de agua cuyo Q_{347} sea inferior a 1.000 l/s, el caudal mínimo debe corresponder a lo menos al 35 % del caudal Q_{347} , y
- Exigencias mínimas para las aguas piscícolas.

EXIGENCIAS DE LA LEGISLACIÓN SUIZA DE 1995 EN CUANTO A CAUDALES ECOLÓGICOS (2)

El caudal mínimo debe representar al menos:

- Q_{347} menor o igual a 60 l/s	50 l/s
y por cada 10 l/s suplementarios	8 l/s
- Q_{347} menor o igual a 160 l/s	130 l/s
y por cada 10 l/s suplementarios	4,4 l/s
- Q_{347} menor o igual a 500 l/s	280 l/s
y por cada 100 l/s suplementarios	31 l/s
- Q_{347} menor o igual a 2.500 l/s	900 l/s
y por cada 100 l/s suplementarios	21,3 l/s
- Q_{347} menor o igual a 10.000 l/s	2.500 l/s
y por cada 1000 l/s suplementarios	150 l/s
- Q_{347} superior a 60.000 l/s	10.000 l/s

EXIGENCIAS DE LA LEGISLACIÓN SUIZA EN CUANTO A CAUDALES ECOLÓGICOS (3)

Para mantener el movimiento migratorio de los peces se debe garantizar una profundidad de a lo menos 20 cm, si el Q347 es superior a 50 l/s.

La Legislación Suiza no exige más de 10 m³/s, para cualquier río que tenga un caudal de más de 60 m³/s 347 o más días al año. El motivo de este límite, es que la experiencia Suiza indica que caudales de ese orden permiten sustentar la vida acuática, a la vez de no perjudicar el desarrollo de actividades productivas.

Establece además que dicho caudal puede ser disminuido en el tramo de 1.000 m aguas abajo de una captación, si hay aportes adicionales en ese tramo.

APLICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN SUIZA PARA CALCULAR EL CAUDAL ECOLÓGICO DE RALCO

Mediante la aplicación de los criterios la legislación suiza anteriormente descritos se evaluaron caudales ecológicos aguas abajo de la presa Ralco, en base a los caudales medios diarios del río Ralco en Angostura de Ralco.

La Tabla 5 muestra los caudales ecológicos calculados, para un lapso de 20 años (1972/73 a 1993/94). Este caudal es 9,2 m³/s en promedio y varía entre 6,7 y 10 m³/s

TABLA 5 CAUDAL ECOLÓGICO PARA EL PROYECTO RALCO, SEGÚN LEGISLACIÓN SUIZA

Año	Caudal (m³/s)
1972-73	10,0
1973-74	8,9
1974-75	10,0
1975-76	9,9
1976-77	9,1
1977-78	9,5
1978-79	8,6
1979-80	10,0
1980-81	10,0
1981-82	9,1
1982-83	10,0
1983-84	8,65
1984-85	10,0
1985-86	9,6
1986-87	10,0
1987-88	9,5
1988-89	6,9
1989-90	6,7
1990-91	7,5
1991-92	9,5
1992-93	10,0
1993-94	10,0
Máximo	10,0
Mínimo	6,7
Promedio	9,2

Fuente: EIA Ralco.

2. BASES DE CÁLCULO

Con la finalidad de establecer el comportamiento hidráulico del río Biobío en el tramo en estudio, se realizaron estudios de morfología del cauce y eje hidráulico, cuyas bases de cálculo se presentan a continuación:

- i) Morfología del cauce, y
- ii) Eje hidráulico en el tramo intermedio.

MORFOLOGÍA DEL CAUCE

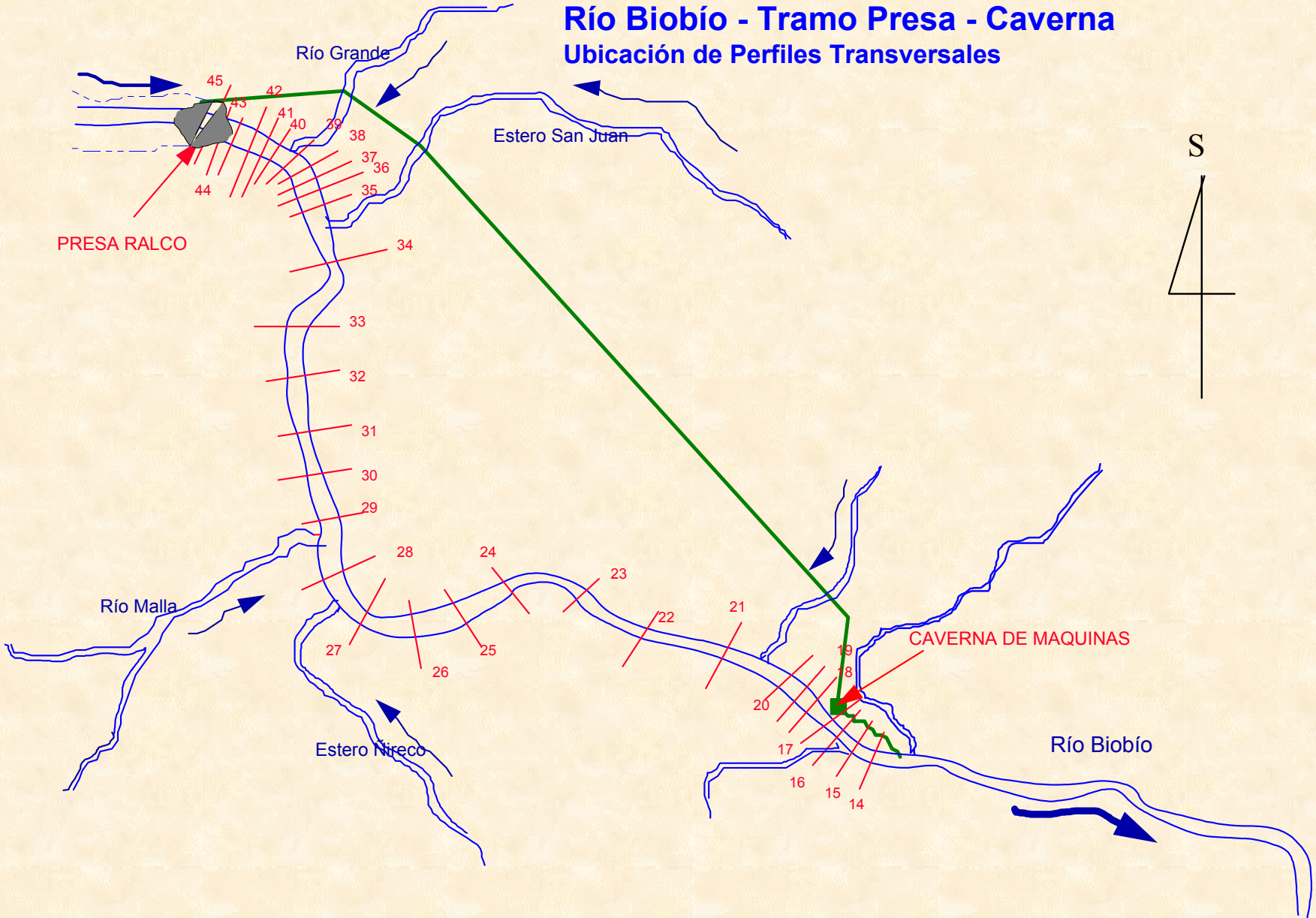
El cauce del río Biobío entre la presa Ralco y la ubicación de la caverna de máquinas es de características rítrónicas y se presenta en general encajonado, con algunos tramos abiertos en curvas y zonas bajas.

Para el tramo en análisis, el lecho del río se encuentra dominado por la presencia de bolones de diferentes tamaños generalmente mono o biestratificados, dependiendo del tamaño de la piedra (entre piedras grandes los espacios son llenados por dos o tres estratos de piedras pequeñas), formando una estructura densa.

Para la caracterización del tramo de interés, se realizó un levantamiento de 60 perfiles transversales batimétricos, con una densidad de puntos en la sección de cada perfil que van desde 14 hasta 25, incluyendo los bajo agua.

Para el estudio de caudal ecológico presentan interés los 32 perfiles que van desde el 14 hasta el 45.

Río Biobío - Tramo Presa - Caverna Ubicación de Perfiles Transversales



EJE HIDRÁULICO EN EL TRAMO INTERMEDIO (1)

A fin cautelar la presencia de un caudal ecológico, caracterizar el cauce y verificar el cumplimiento de las condiciones necesarias para la vida acuática, en el tramo comprendido entre la presa y la restitución de la central Ralco, se calculó el eje hidráulico para el tramo mencionado.

Con el fin de detectar los perfiles del río en los cuales la condición de escurrimiento es crítica, se procedió a la determinación del comportamiento del eje hidráulico dicho tramo.

El tramo de interés tiene una longitud de 9,3 km, aproximadamente con caudales comprendidos entre 163 y 72 m³/s.

EJE HIDRÁULICO EN EL TRAMO INTERMEDIO (2)

En la Tabla 6 se indica la cota del punto más bajo de cada perfil, la cota media de fondo y la cota de la superficie del escurrimiento, medida durante el levantamiento.

TABLA 6 COTAS CARACTERÍSTICAS DE PERFILES BATIMÉTRICOS

Perfil N°	Cota (m.s.n.m.)			Perfil N°	Cota (m.s.n.m.)		
	Inferior	Media	Superficie		Inferior	Media	Superficie
45	588,23	591,17	595,43	29	580,34	582,32	583,72
44	590,92	592,46	595,44	28	572,28	573,39	575,19
43	589,52	590,64	595,70	27	570,45	571,40	572,75
42	591,01	592,80	595,67	26	561,79	562,85	564,71
41	589,82	591,94	595,60	25	555,39	556,84	558,07
40	589,66	592,69	595,62	24	546,56	547,54	549,32
39	590,99	593,43	595,56	23	538,13	540,19	543,21
38	591,75	593,30	595,19	22	532,08	534,28	536,42
37	591,78	593,18	595,15	21	526,72	527,97	530,34
36	590,21	591,95	594,97	20	524,00	526,70	530,01
35	590,61	591,60	594,79	19	526,58	527,82	529,86
34	589,95	591,55	594,75	18	527,08	527,66	529,20
33	589,92	591,38	593,42	17	521,56	524,06	525,26
32	585,90	588,15	592,82	16	520,19	522,38	525,07
31	584,23	585,52	587,33	15	522,64	523,46	524,36
30	581,57	583,34	586,29	14	520,59	521,42	522,79

Fuente: EIA Ralco

EJE HIDRÁULICO EN EL TRAMO INTERMEDIO (3)

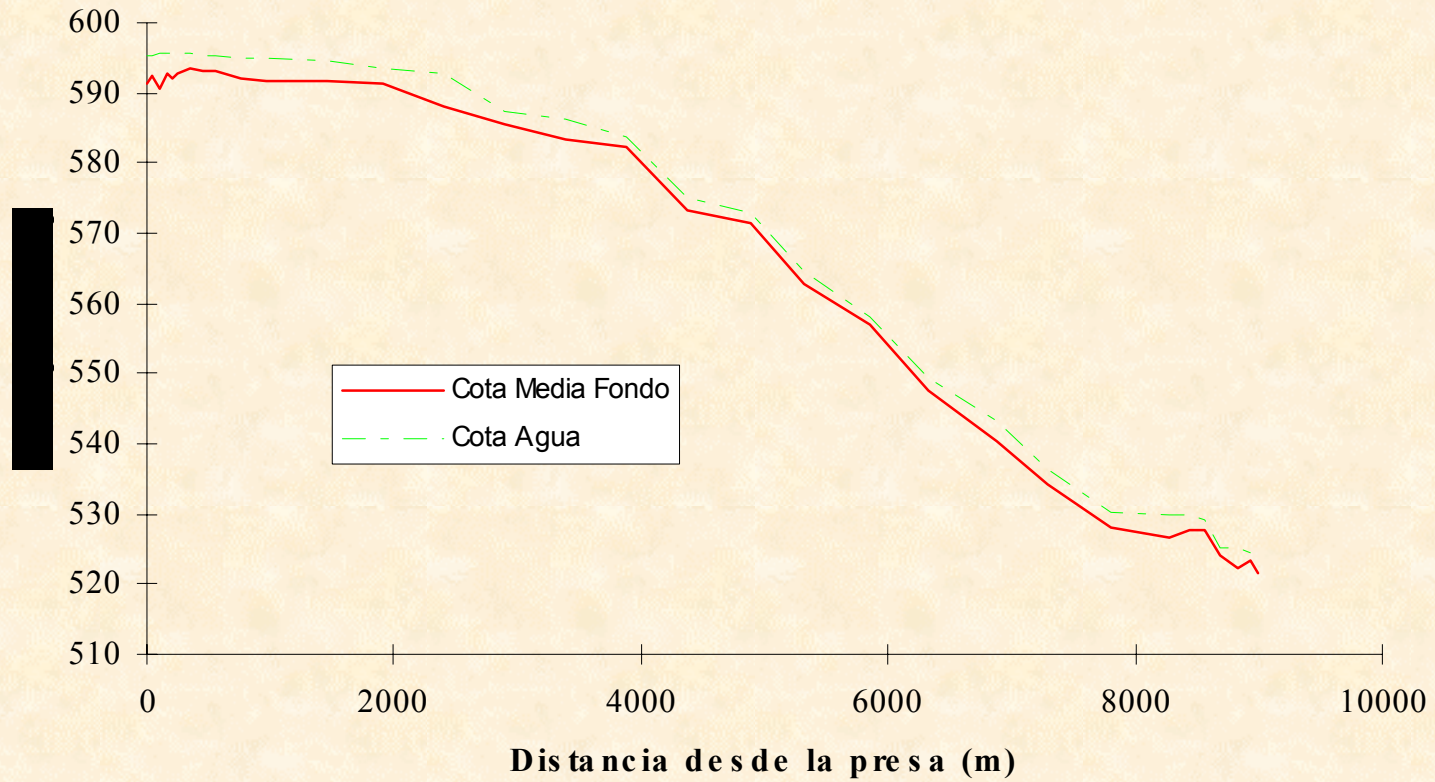
La cota media de fondo indicada en la Tabla 6, se calculó restando a la cota de la superficie libre del escurrimiento, medida en el levantamiento, la profundidad media del escurrimiento (h_{med}), que se calcula resolviendo para cada perfil batimétrico la siguiente ecuación:

$$h_{med} = \frac{\text{Area}}{\text{Ancho superficial}}$$

La cota media de fondo calculada de este modo, permite determinar la pendiente media de cada tramo, evitando los problemas creados por la existencia de puntos singulares en los perfiles batimétricos.

EJE HIDRÁULICO EN EL TRAMO INTERMEDIO (4)

Perfil Longitudinal Tramo Intermedio



3. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO

i) Criterio General

El criterio general para la determinación del caudal ecológico se basó en el cumplimiento de las restricciones descritas en las diferentes consideraciones utilizadas:

- Requerimientos mínimos de subsistencia de fauna íctica,
- Profundidades mínimas para desplazamiento de peces,
- Ancho mojado, y
- Cumplimiento de la norma extranjera de referencia.

Para el cálculo del caudal ecológico se consideró el caudal mínimo a ser liberado a pie de presa y los aportes que recibe el río en el tramo donde durante el funcionamiento del embalse se reduce su caudal natural.

ii) Rango de Caudales Estudiados

Como primera aproximación para la definición del caudal ecológico necesario de ser liberado por la presa, el EIA estableció que inmediatamente aguas abajo del tramo de influencia de las obras de evacuación de crecidas, el caudal cumpla la legislación suiza.

En condiciones de hidrología seca (situación desfavorable), el caudal mínimo a ser liberado por la presa para cumplir con la condición anterior es $6,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (en este tramo de aproximadamente 400 metros se tiene el aporte del río Grande, que para la situación de sequía es de $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ en promedio).

Luego en el EIA se estudió el eje hidráulico y el ancho mojado del río en el tramo en estudio, para caudales liberados por la presa, equivalentes a $6,1 \text{ m}^3/\text{s}$, $7 \text{ m}^3/\text{s}$, $8 \text{ m}^3/\text{s}$ y $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

RESULTADOS OBTENIDOS

Se calculó el eje hidráulico y el ancho superficial en el río Biobío para las diferentes condiciones hidrológicas (seca, media y húmeda). Como base para este cálculo se consideró los caudales liberados por la presa en cada caso y los aportados por la cuenca intermedia.

Los resultados se presentan en el EIA en varias tablas, una de la cuales se presenta a continuación, a manera de ejemplo.

**TABLA 7 RELACIÓN ANCHO SUPERFICIAL Y PROFUNDIDAD MEDIA
 TRAMO INTERMEDIO PARA CAUDAL DE 6,1 m³/s**

Perfil N°	km		6,1 m ³ /s Descarga Presa Ralco					
			Ancho Superficial			Profundidad Media		
	Inicial	Acum.	Seco	Med.	Húm.	Seco	Med.	Húm.
14	0	0	14.66	16.73	20.16	0.33	0.38	0.43
15	63	63	19.42	21.35	23.65	0.31	0.37	0.45
16	103	166	33.47	35.60	38.23	1.93	1.94	1.96
17	134	300	13.22	14.00	14.92	0.84	0.94	1.06
18	115	415	23.48	25.86	29.75	0.27	0.33	0.38
19	130	545	41.70	43.52	45.10	0.61	0.70	0.80
20	157	702	38.79	39.35	40.01	2.17	2.26	2.36
21	480	1182	18.30	18.83	20.06	0.78	0.91	1.05
22	520	1702	11.17	11.52	11.94	0.46	0.58	0.71
23	400	2102	15.09	17.41	20.12	0.46	0.52	0.61
24	555	2657	16.20	17.54	19.23	0.37	0.44	0.52
25	485	3142	19.82	23.13	26.88	0.32	0.37	0.43
26	525	3667	19.43	20.59	22.03	0.31	0.38	0.47
27	440	4107	21.66	22.87	33.70	0.28	0.35	0.35
28	505	4612	34.06	38.91	39.36	0.36	0.42	0.51
29	485	5097	11.96	15.13	19.70	0.41	0.44	0.47
30	500	5597	19.73	20.53	21.55	0.51	0.55	0.60
31	500	6097	14.77	15.23	23.57	0.40	0.43	0.37
32	495	6592	24.69	25.07	25.86	0.61	0.65	0.74
33	495	7087	11.31	11.75	12.30	0.35	0.38	0.42
34	450	7537	22.25	23.31	35.16	0.77	0.83	0.73
35	495	8032	29.18	30.45	31.68	0.47	0.52	0.64
36	203	8235	31.14	31.80	33.11	0.44	0.47	0.54
37	193	8428	24.62	25.37	26.38	0.31	0.32	0.34
38	100	8528	24.80	25.18	25.41	0.83	0.84	0.87
39	110	8638	32.76	33.13	33.61	0.99	1.00	1.02
40	100	8738	19.62	19.76	19.95	1.89	1.90	1.92
41	46	8784	28.06	28.15	28.25	2.12	2.14	2.17
42	35	8819	30.15	30.31	30.52	1.21	1.23	1.25
43	65	8884	28.72	28.77	28.85	3.27	3.29	3.32
44	62	8946	27.57	27.70	27.87	1.69	1.71	1.74
45	41	8987	25.91	25.97	26.05	3.51	3.53	3.56

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS (1)

Los resultados obtenidos indican que las secciones del río que se presentan como críticas desde el punto de vista de las restricciones de profundidad media y ancho mojado establecidos corresponden a los perfiles 18 y 27.

Para establecer el caudal ecológico, en el EIA se analizó los perfiles 18 y 27, de forma de cumplir con las condiciones necesarias para el mantenimiento de las condiciones que permitan la subsistencia de la fauna íctica y bentónica (30 cm de columna de agua y ancho superficial no menor de 20 m en secciones del río con velocidades < 1 m/s).

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS (2)

El análisis consideró tres hidrologías: año seco, medio y húmedo, y descargar desde la presa caudales que, sumados al aporte de la cuenca intermedia entre el muro y la restitución, para diferentes hidrologías, aseguren satisfacer en los perfiles críticos 18 y 27 las condiciones mínimas calculadas.

Como conclusión de dicho análisis, el perfil más crítico es el 18, el cual para un año seco cumple con las condiciones mínimas cuando por él fluyen $12,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

A partir de ese cálculo, el EIA estableció que el caudal mínimo o ecológico que deberá fluir por el tramo debe cumplir con la condición de mantener un caudal mínimo de $12,2 \text{ m}^3/\text{s}$ en el perfil 18. Tomando referencias geográficas, el caudal aguas abajo del estero Ñireco debe ser como mínimo dicho valor. Al establecer como punto de cumplimiento de los $12,2 \text{ m}^3/\text{s}$ la confluencia del río Biobío con el estero Ñireco se supera la necesidad mínima de caudal, ya que no considera los aportes de la cuenca intermedia en un tramo de 3 km aproximadamente.

Para la situación hidrológica seca, que constituye lo más desfavorable dentro del análisis, el caudal mínimo a liberar por la presa para cumplir con la condición señalada es de $8 \text{ m}^3/\text{s}$.

CONCLUSIONES GENERALES (1)

En base a los antecedentes precedentemente expuestos, se presentan a continuación las siguientes puntos que constituyen referentes para la determinación del caudal ecológico:

- La cuenca aportante en el tramo intermedio presa Ralco - restitución de las aguas, posee varios tributarios, que en conjunto han registrado un mínimo de caudal medio mensual para el período comprendido entre 1941 y 1995 de $4,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (en febrero de ...). Entre estos afluentes destaca el río Malla con un caudal medio mensual promedio estimado en torno a los $4 \text{ m}^3/\text{s}$ y caudales mínimos cercanos a los $2 \text{ m}^3/\text{s}$ y máximos que superarían los $7 \text{ m}^3/\text{s}$. El aporte total de dicha cuenca intermedia se ha estimado, como promedio anual, en $9,5 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Desde el punto de vista morfológico, el cauce en el tramo en estudio es de características ritrónicas, básicamente encajonado con algunas zonas de tramos más abiertos y con un lecho de río dominado por la presencia de bolones de diferentes tamaños. Estos bolones se encuentran por lo general mono o biestratificados formando una estructura densa.

CONCLUSIONES GENERALES (2)

- Al aplicar referencialmente lo establecido en la legislación Suiza respecto de caudales de sostenimiento ecológico, se obtiene que para el caso del proyecto Ralco, el caudal mínimo para cumplir con dicha legislación es 6,7 m³/s.
- En términos de hábitat y recursos bióticos, el tramo intermedio en estudio presenta como se ha dicho, características de ritrón. Ello al parecer, no constituye un hábitat adecuado para las dos especies de fauna íctica nativa de interés (Diplomystes nahuelbutensis y Percilia irwini, catalogadas en peligro) las cuales requerirían de aguas más someras y de menor velocidad de escurrimiento, donde encuentran condiciones favorables de desarrollo del bentos.

CONCLUSIONES GENERALES (3)

Desde el punto de vista de las condiciones de profundidad media que permiten el desplazamiento de los peces, se ha determinado que la sección crítica corresponde al perfil N° 18, donde deben escurrir como mínimo 12,2 m³/s.

En base a lo anterior, se ha determinado que:

La condición que debe cumplir el caudal de entrega desde la presa es la siguiente:

$$Q_e = Q_{18} - Q_i$$

donde:

- Q_e = caudal medido en la entrega a pie de presa,
- Q_{18} = caudal mínimo requerido perfil N° 18 = 12,2 m³/s, y
- Q_i = caudal medido en cada aporte intermedio.

CONCLUSIONES GENERALES (4)

Según lo determinado por el EIA en conformidad con la norma suiza, el caudal ecológico mínimo debe ser $6,7 \text{ m}^3/\text{s}$.

En el EIA se propuso que este caudal de $6,7 \text{ m}^3/\text{s}$ se midiera aproximadamente 400 metros aguas abajo de la presa; vale decir, fuera del área de influencia del vertedero. El EIA propuso que al pie de presa se virtieran $6,1 \text{ m}^3/\text{s}$ y que los $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ faltantes para cumplir el mínimo según la norma suiza fueran completados por el aporte de río Grande, que es un afluente intermedio en el tramo de influencia del vertedero.

Por otra parte en el plan de seguimiento propuesto en el EIA se indicó que, si mediante el monitoreo se detecta que el caudal en la sección de confluencia del Biobío y el río Ñireco es inferior a $12,2 \text{ m}^3/\text{s}$, se debía evacuar mayor caudal que los $6,1 \text{ m}^3/\text{s}$ propuesto para el pie de presa, de modo de garantizar en todo momento que esa sección crítica del río lleve un caudal de a lo menos $12,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

CONCLUSIONES GENERALES (4)

Dado que según las estadísticas del período 1941 - 1995 se registró un caudal medio de $4,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (febrero ...), cabe deducir que las descargas mínimas previstas al pie de la presa podría alcanzar hasta $8 \text{ m}^3/\text{s}$.

El tramo de río con caudal ecológico presentará probablemente condiciones del cauce más tendidas que las actuales, con mezcla de parches arenosos y bolones de distintos tamaños. Este tramo medio permitirá la existencia de un gran número de microhábitats, con una coexistencia de aguas remansadas y aguas rápidas. Esta presunción se funda en el hecho que los dos puntos muestreados en los estudios de línea base que presentaron valores más altos de diversidad (río Lolco y río Quepuca), son ríos de caudales y velocidades moderados y constituyen una característica intermedia entre los biotopos típicos de río y de estero, lo cual ofrece probablemente un mayor número de microhábitats favorables.

CONCLUSIONES GENERALES (5)

Las condiciones que favorecerán el desarrollo de la flora acuática son, por orden de importancia:

- Homogeneización de los caudales,
- Estabilización del lecho del río y orillas, y
- Disminución de la turbidez.

Ello debería propender a favorecer la posibilidad de desarrollo de la fauna íctica nativa, en especial de Diplomystes nahuelbutensis, ya que esta especie requiere hábitats de aguas someras y de baja velocidad de escurrimiento, en las cuales se presentan condiciones favorables para el desarrollo del bentos.

ESTACIONALIDAD DEL CAUDAL ECOLÓGICO (1)

En relación al caudal ecológico propuesto, éste es independiente de la situación hidrológica, por lo que en el EIA la estacionalidad se analizó para $6,1 \text{ m}^3/\text{s}$ como mínimo vertiendo desde la presa. El caudal en el tramo afectado no sería parejo y presentaría oscilaciones estacionales, lo que constituiría una situación de mayor "naturalidad" que la de un caudal constante a lo largo del año.

El caudal ecológico propuesto sería igual o superior al caudal entregado en todo el tramo entre la presa Ralco y el punto de restitución de las aguas (Huiru-Huiru) y poseería variaciones estacionales proporcionalmente similares a las de un régimen natural.

Ello es el resultado de:

$$K + (Q_i + Q_v)$$

donde:

- K = Caudal constante entregado al pie de presa (definido en este caso como $6,1 \text{ m}^3/\text{s}$)
- Q_i = Caudal variable (i = aportes de cuenca intermedia)
- Q_v = Caudal variable (v = vertidos de la presa Ralco)

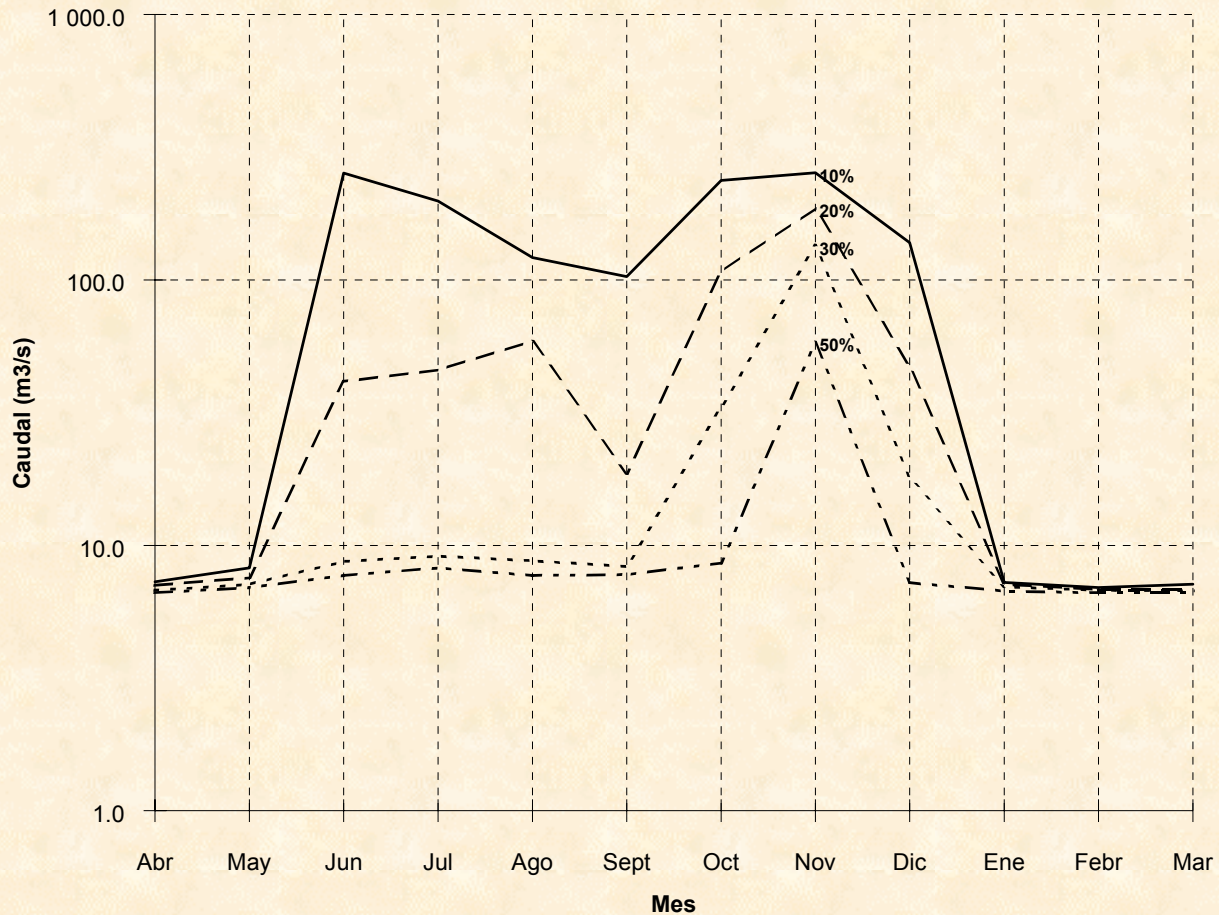
ESTACIONALIDAD DEL CAUDAL ECOLÓGICO (2)

La situación más crítica corresponde al tramo entre el muro de la presa y el primer kilómetro (estero San Juan), el gráfico de caudales para distintas probabilidades de excedencia (vertidos) resultantes de la simulación de la operación de la central Ralco, de los aportes de la cuenca intermedia y de la descarga constante de $6,1 \text{ m}^3/\text{s}$ desde la presa.

A continuación la figura muestra el punto situado en la confluencia del estero Ñireco con el río Biobío, en el cual ya se aprecia la influencia de la estacionalidad de la cuenca intermedia, en particular para los caudales más bajos.

ESTACIONALIDAD DEL CAUDAL ECOLÓGICO (3)

Probabilidad de Excedencia de Caudales
Tramo de caudales mínimos bajo muro
(Incluye vertimientos y descargas 1941 a 1981)



4. CAUDAL ECOLÓGICO PROPUESTO EN EL EIA (1)

El EIA propuso que el caudal ecológico fuera:

Caudal a ser liberado por la presa fuera **6,1 m³/s**)

Caudal mínimo requerido perfil N° 18 = **12,2 m³/s.**

Según el EIA esta norma para el establecimiento del caudal a ser liberado por la presa, garantiza la supervivencia de la fauna íctica y cumple, a partir de 400 metros aguas debajo de la presa, con las disposiciones contenidas en la legislación suiza.

CAUDAL ECOLÓGICO PROPUESTO EN EL EIA (2)

Al proponer el EIA liberar $6,1 \text{ m}^3/\text{s}$ también en periodo de caudales superiores a $6,1 \text{ m}^3/\text{s}$ en la cuenca intermedia (periodos de lluvia y/o de deshielos), el EIA propuso un caudal que no consideró la estacionalidad de los caudales afluentes al embalse, así como tampoco la variabilidad estacional de los tributarios del río Biobío en la cuenca analizada.

La única distinción realizada fue proponer $6,1 \text{ m}^3/\text{s}$ a liberar en la presa en los años de hidrología media y húmeda, y aumentar a $8 \text{ m}^3/\text{s}$ durante los años de hidrología seca, en los cuales los aportes de caudales en la cuenca intermedia alcanzan sólo a $4,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

5. RESOLUCIÓN DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL

RESOLUCIÓN N° 10/97 DE CONAMA (1)

“Existen diversas metodologías basadas en modelos matemáticos que, ..., es posible obtener valores de caudales muy diferentes dependiendo de la metodología utilizada, como se aprecia en la siguiente tabla:” (pag. 26/66).

Método	Qec (m ³ /s)	Qentrega (m ³ /s)	Qec de HLF (%)
•Método Tennant (USA)			
Intermediate (7% de MAF)	20.00	15.80	51%
Degrading (10% de MAF)	27.10	22.90	69%
Fair (20% de MAF)	54.19	49.99	138%
Good (30% de MAF)	81.29	77.09	207%
Q95% (30-day low flow)	50.00	45.80	127%
Q98% (10-day low flow)	47.50	43.30	121%
•Francés (5% de MAF)	13.55	9.35	34%
•Asturiana Nivel I (Esp.)	31.25	27.05	80%
Asturiana Nivel II (Esp.)	41.51	37.31	106%
Asturiana Nivel III (Esp.)	51.77	47.57	132%
•New England (USA)	98.50	94.30	251%
•Propuesta en el EIA	12.2	8.00	31%

Leyenda:

MAF	Caudal Medio Anual (271 m ³ /s)
HLF	Caudal Mínimo Histórico (39,3 m ³ /s) para Abril
Qec	Caudal ecológico
Qentrega	Descarga entregada desde la presa
Qintermedia	Descarga en la hoya intermedia desde los afluentes (4,2 m ³ /s)

RESOLUCIÓN N° 10/97 DE CONAMA (2)

.... la utilización de normas de referencia extranjeras, en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambientalen el caso que se utilicen,, éstas deben aplicarse en su integridad.

.....el artículo 33 de la citada norma Suiza establece criterios que se oponen particularmente a una captación de agua, tales como:

- a) la importancia del flujo de agua como elemento del paisaje;
- b) la importancia del río como biotopo para el mantenimiento de la diversidad de la flora y fauna que dependen de ella, así como la conservación del rendimiento de la pesca y la reproducción natural de peces;
- c) el mantenimiento de un caudal que garantice, a largo plazo, el respeto de las exigencias en cuanto a la calidad de las aguas.

En el caso analizado es claro que los efectos del proyecto sobre el río Bío Bío constituyen un elemento de relevancia en el paisaje en el área de influencia del mismo. Sin perjuicio que es un hecho que **este tipo proyecto produce una transformación radical del paisaje**, ello no obsta que se tomen medidas para asegurar que la entrega de las aguas desde la presa permita la existencia de dicho tramo del río como parte del paisaje en el tramo afectado. En este sentido **el mantenimiento del caudal ecológico equivalente al mínimo histórico registrado en el río permitirá atenuar el impacto** en el tramo presa Ralco-punto de restitución de las aguas.

6. RECURSO DE RECLAMACIÓN DE ENDESA

Endesa interpuso un recurso de reclamación en contra de la Resolución de Calificación del Proyecto (Res. 10/97), la cual lo calificó favorablemente, sujeto a una serie de condiciones para su ejecución.

Entre ellas cabe destacar que Endesa reclamó por la magnitud del caudal ecológico impuesto por la Autoridad Ambiental.

Insistió en la validez en la metodología de cálculo aplicada en el EIA y refutó uno a uno los argumentos establecidos en la Resolución 10/97 para rechazar el caudal ecológico propuesto en el EIA.

7. RESOLUCIÓN RESPECTO DEL RECURSO DE RECLAMACIÓN

Resolución N° 023/97 de Conama (1)

..... el Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente considera que, tal como lo señala la Resolución recurrida, el paisaje de una zona, concebido como expresión espacial y visual de la misma, se puede considerar compuesto por la agregación de los distintos elementos del medio; cualquier alteración sobre dichos elementos afectará a las características visuales globales. La construcción de un proyecto de esta naturaleza provoca un impacto irreversible en el paisaje, cual es el cambio de un río torrentoso por un embalse.

Sin embargo, este proyecto ha considerado, entre otras las siguientes medidas: el mantenimiento de un caudal ecológico que permitirá disminuir el impacto visual en el tramo presa-punto de restitución;

Obviamente el paisaje es un elemento que será alterado por el proyecto Central Hidroeléctrica Ralco. Esta alteración constituye un impacto ambiental de éste, y en general se encuentra asociado directamente a la ejecución de una presa, las que por lo demás existen en nuestro país. Cada vez que se construye una presa sea para almacenar agua para uso de la población, sea para generación eléctrica, significará una modificación del paisaje. También es importante recalcar que esta modificación del paisaje no constituye necesariamente un impacto negativo, por cuanto importa el reemplazo de un tipo de paisaje por otro, ambos pueden ser igualmente valiosos o rescatables. Por otra parte, esta actividad económica se ha venido realizando por muchos años, ha incorporado las modificaciones de paisajes diferentes, ha interrumpido cauces naturales, con el objeto de crear otro bien apreciado por el hombre. Es claro que la irrupción de la ley 19.300 no ha tenido por objeto transformar una actividad hasta este momento lícita, en una actividad peligrosa y perseguida, sino que pretende lograr que estas actividades, que continúan siendo lícitas, incorporen en sus costos de construcción y operación todos aquellos costos tendientes a minimizar los impactos ambientales de su desarrollo, de modo que estos no sean absorbidos por terceros.

De este modo, sin perjuicio que para este tipo de proyecto, el generar un cambio en el paisaje es un hecho consustancial a su desarrollo, en la Resolución recurrida se consideran todas las medidas posibles tendientes a mitigar dicho impacto. No es posible, sin embargo, evitar la pérdida de paisaje asociado directamente a su condición de río profundo, lo cual es intrínseco a este tipo de proyecto.

Resolución N° 023/97 de Conama (2)

- 11.1. Que en su reclamación, el proponente ha invocado una serie de razones para que se modifique el caudal ecológico definido por la Dirección Ejecutiva en la resolución N° 010, del 06 de junio de 1997. Que asimismo, se han recibido informes de los Servicios Públicos competentes y de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente que se acompañaron a la discusión en que da cuenta de la opinión divergente respecto de la esgrimida por el titular.
- 11.2. Que respecto de la definición de caudales ecológicos para efectos de aprobación de nuevos proyectos de inversión, existe poca o escasa práctica en nuestro país, y no existe norma alguna al respecto. Por ello, parece coherente definir criterios que, teniendo la flexibilidad de modificarse según las circunstancias del caso, permitan establecer pautas de acción clarificadoras sobre la materia.
- 11.3. Que del informe del Consejo Consultivo, del cual forman partes dos representantes de universidades, que son autoridades académicas a nivel nacional respecto del tema, ha quedado establecida la dificultad del presente punto, no pudiendo dicho Consejo encontrar argumentos para inclinarse por ninguna de las tres alternativas que analizó ese órgano, a la luz del recurso presentado. Que aún así, la dificultad de pronunciarse no puede ser motivo para obviar o aplazar indebidamente una resolución sobre la materia, por cuanto este Consejo estaría eludiendo su deber de dar respuesta a las reclamaciones de fondo interpuesta, y a la necesidad que tiene todo proponente, de disponer de reglas que le permitan tomar decisiones sobre las condiciones necesarias para desarrollar su proyecto, o de las razones que pudieren impedirlo.

Resolución N° 023/97 de Conama (3)

- 11.4. Que en este caso, merece especial mención **el informe emitido por el Director General de Aguas, en el cual explica la poca conveniencia técnica de aplicar en esta materia el criterio de la legislación Suiza**; sin perjuicio de ello, tampoco es procedente jurídicamente su utilización a este caso, en el contexto de lo establecido en el inciso final del artículo 11 de la Ley 19.300, por no tratarse de una norma de emisión o calidad ambiental. Además, en el antedicho informe se señalan los procedimientos habituales que utiliza dicha Dirección para otorgar o constituir derechos de agua, y la forma de cálculo de los caudales ecológicos. **El criterio citado coincide con la legislación francesa, correspondiendo al 10% del caudal medio anual, evaluado con datos de un período mínimo de 5 años.** Dado que a juicio de los diversos servicios informantes, ENDESA no ha podido demostrar en el Estudio de Impacto Ambiental que con el caudal que propuso, la vida de la fauna íctica se preservará adecuadamente en la zona señalada, parece conveniente que la autoridad utilice un criterio general que sirva para resolver este tipo de situaciones u otras análogas, entretanto no exista normativa expresa. Es por ello que **parece conveniente utilizar el procedimiento habitual, correspondiente al citado 10% del caudal medio anual,** modificando de este modo el definido originalmente por la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, el cual, pudiendo considerarse muy precautorio, constituye un criterio que establece diferencias no claramente justificadas respecto de otros casos similares, y que por las razones invocadas por el Consejo Consultivo, importa definir un criterio aleatorio a nivel nacional, y que dependería exclusivamente del volumen de información estadística respecto de cada sistema hidrológico.
- 11.5. Que es necesario indicar que el criterio utilizado por la Dirección General de Agua se ha venido usando en los últimos años, existiendo precedentes que permiten legitimar su aplicación, y considerarla de gran utilidad para zanjar situaciones complejas como las previstas, salvo que existan antecedentes adicionales que aconsejen hacerlo más restrictivo o más holgado según las situaciones específicas del lugar.

Resolución N° 023/97 de Conama (4)

- 8.1.4. En Relación al caudal ecológico entre el tramo Presa Ralco-Punto de Restitución:

La disminución del caudal en el tramo Presa Ralco-Punto de Restitución de las aguas constituye un impacto negativo de alta significancia con potencial pérdida de ejemplares de flora y fauna acuática. Como medida de mitigación de este impacto, se ha aplicado en diversos casos el establecimiento de un caudal ecológico.

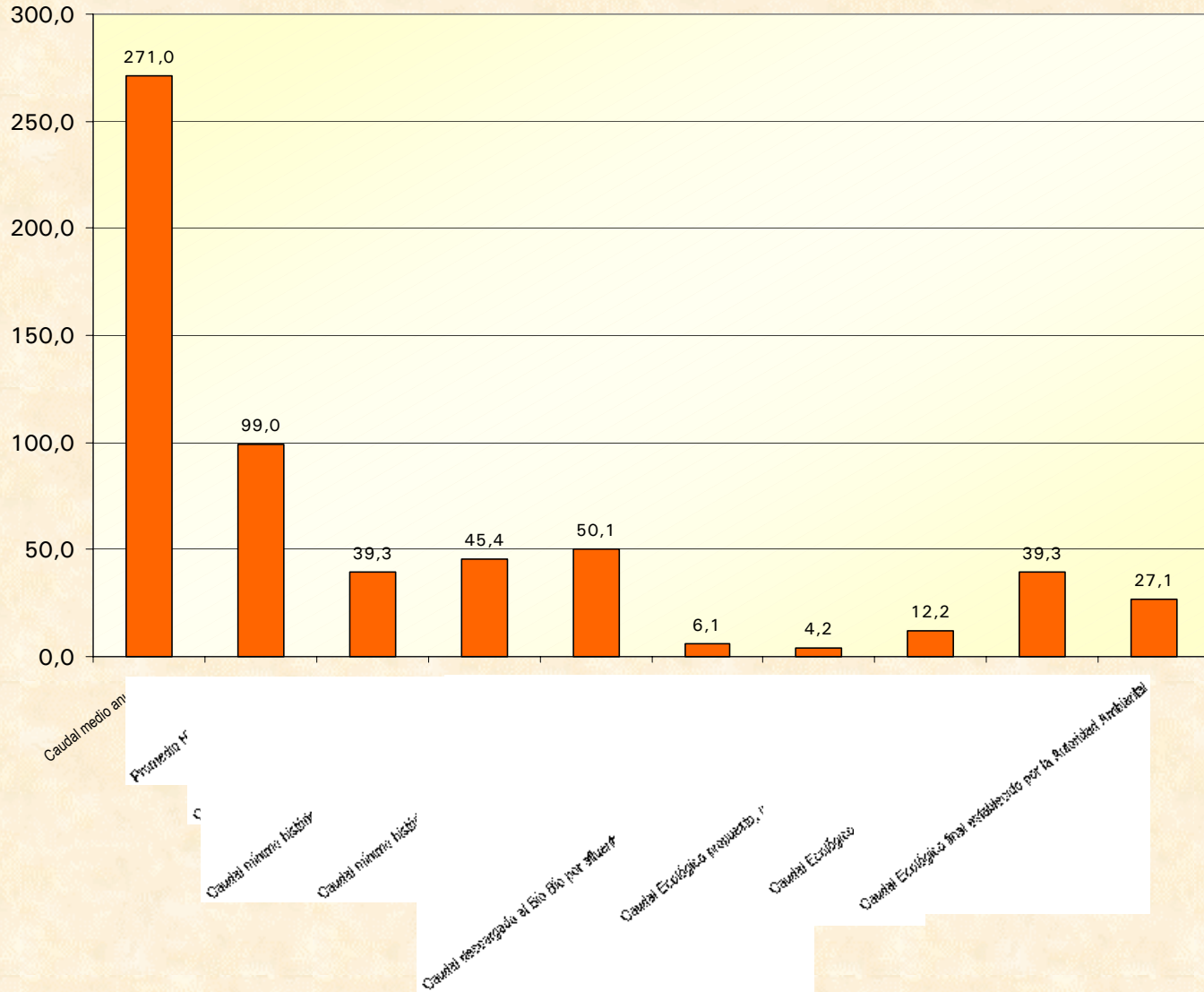
El caudal requerido para mitigar dicho impacto y a mantener en el tramo Presa Ralco-Punto de Restitución de las aguas deberá ser, a lo menos, **veintisiete coma un metros cúbicos por segundo (27,1 m³/s)**. La descarga de caudal ecológico deberá comenzar a operar desde el inicio del proceso de llenado del embalse.

Estas medidas se acompañarán de la ejecución de un programa de monitoreo del recurso hídrico (en cuanto a calidad y cantidad) y el biológico asociado, para establecer la eficacia de las medidas de mitigación durante los primeros cinco años.

A partir de los resultados obtenidos por el plan de seguimiento ambiental se deberán analizar y evaluar dichos antecedentes, a fin de establecer un plan de variación de caudales, si corresponde, en función de los impactos detectados. Dicha variación podrá ser positiva o negativa y el plan deberá ser sancionado por la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, en base a la opinión de los organismos de la administración del Estado competentes en la materia.

8. COMPARACIÓN DE CAUDALES NATURALES, CAUDAL ECOLÓGICO PROPUESTO Y CAUDAL ESTABLECIDO POR LA AUTORIDAD

TABLA 8 Caudales del río Biobío, Caudal ecológico propuesto en el EIA y Caudal Ecológico establecido por la Autoridad Ambiental			
Caudales	Caudales río Biobío (m³/s)	Fuente	Porcentaje respecto al caudal medio anual (%)
Crecida milenaria	6.700	EIA	2472,3
Caudal medio mensual máximo	844	EIA	311,4
Caudal medio anual	271,0	EIA	100,0
Promedio Histórico (abril)	99,0	EIA	36,5
Caudal mínimo histórico (abril)	39,3	EIA	14,5
Caudal mínimo histórico (48 años: 1941/1942-1988/1989)	45,4	Recurso de Reclamación, presentado por ENDESA	16,8
Caudal mínimo histórico (40 años: 1949/1950-1988/1989)	50,1	Recurso de Reclamación, presentado por ENDESA	18,5
Caudal Ecológico propuesto en el EIA a pie de presa, año de	8	EIA	3,0
Caudal Ecológico propuesto en el EIA a pie de presa, año de hidrología media y húmeda	6,1	EIA	2,3
Caudal descargado al Bío Bío por afluentes, entre la presa y el punto de restitución	4,2	EIA	1,5
Caudal Ecológico propuesto, medido aguas arriba del río Ñireco	12,2	EIA	4,5
Caudal Ecológico establecido por la Autoridad Ambiental	39,3	Resolución 10/97 de CONAMA	14,5

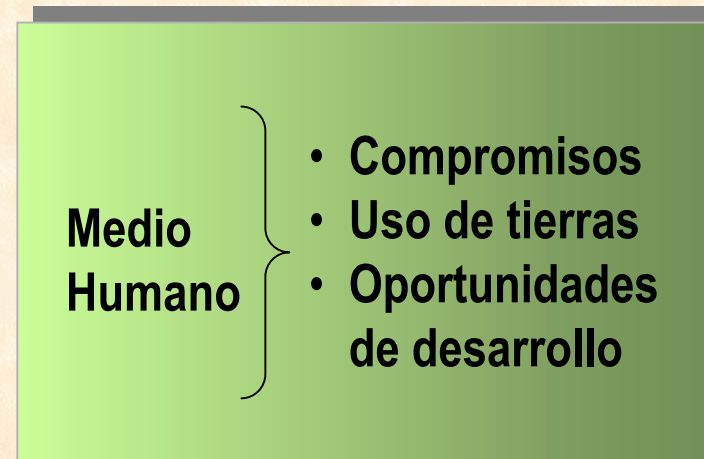


9. CONTROL DE CAUDAL ECOLÓGICO UNA VEZ QUE SE INICIÓ EL LLENADO DEL EMBALSE

9.1 Tipos de variables monitoreadas en la etapa de operación del proyecto (1)



Tipos de variables monitoreadas en la etapa de operación del proyecto (2)



9. CONTROL DE CAUDAL ECOLÓGICO UNA VEZ QUE SE INICIÓ EL LLENADO DEL EMBALSE

9.2 Monitoreos físico - químicos

- Características físico – químicas (temperatura, oxígeno, metales pesados, parámetros de calidad);
- Material particulado – régimen sedimentológico; y
- Eutroficación.

9. CONTROL DE CAUDAL ECOLÓGICO UNA VEZ QUE SE INICIÓ EL LLENADO DEL EMBALSE

9.3 Monitoreos biológicos

- Colonización;
- Dominancia;
- Tamaño de las poblaciones de cada especie íctica;
- Especies indicadoras; y
- Relaciones tróficas.

Monitoreos de caudal (1)

Estación río Bío Bío Angostura Ralco 1 (Estación 51) Caudal (m³/seg)

Caudales medidos en algunas horas representativas del periodo anterior y posterior al inicio del llenado del embalse Ralco

Datos entre el 19 al 22 de abril de 2004

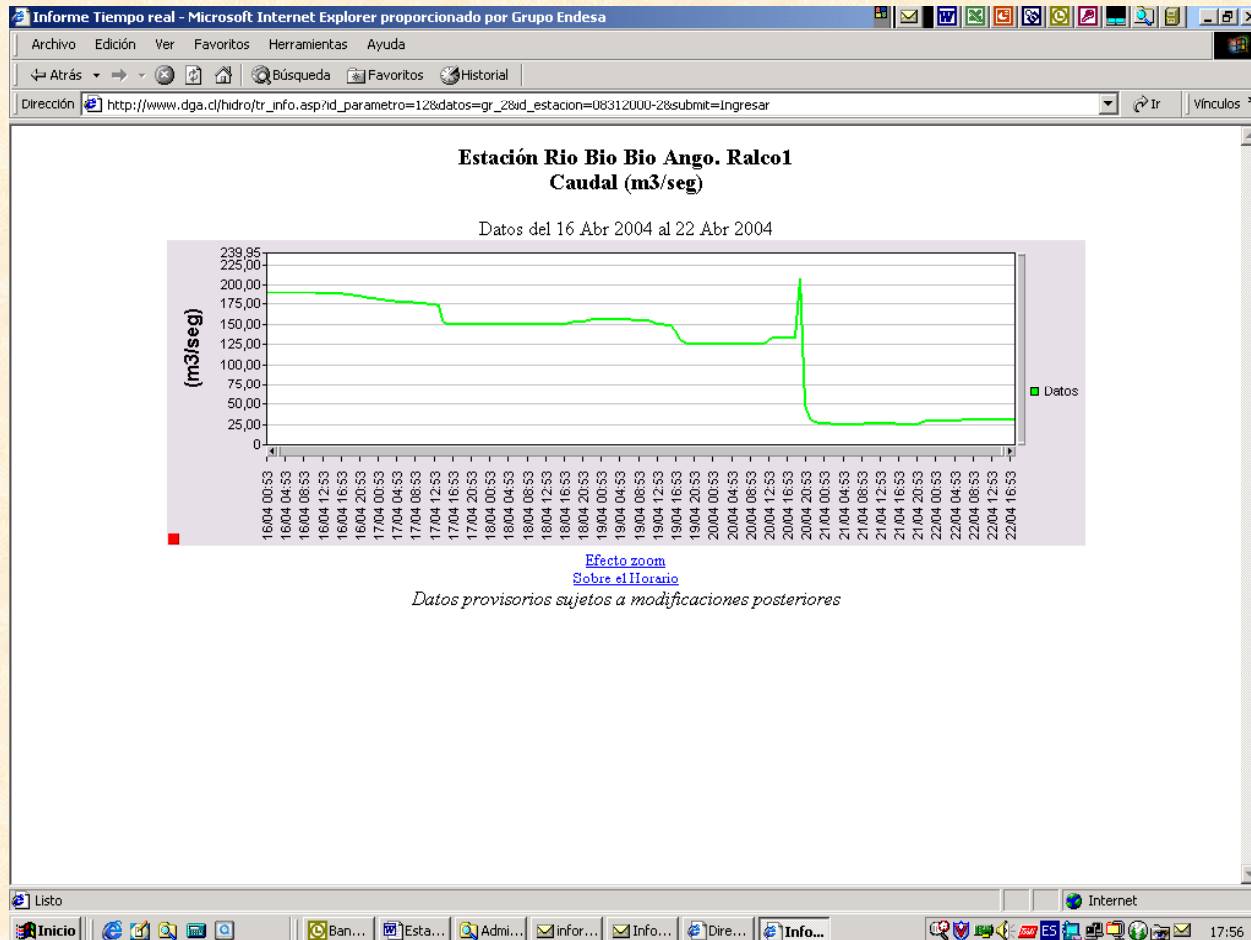
Datos on line medidos en el río y transmitidos vía satélite, disponibles hora a hora en el sitio web de la DGA.

Fecha/Hora	Medición (m ³ /seg)
22 Abr 04 06:53	32.400
22 Abr 04 05:53	31.800
22 Abr 04 04:53	31.800
21 Abr 04 01:53	27.600
21 Abr 04 00:53	27.600
20 Abr 04 23:53	28.200
20 Abr 04 22:53	29.400
20 Abr 04 21:53	33.000
20 Abr 04 20:53	50.250
20 Abr 04 19:53	208.650
20 Abr 04 18:53	135.900
20 Abr 04 12:53	131.700
19 Abr 04 21:53	127.500
19 Abr 04 20:53	127.500
19 Abr 04 19:53	127.500
19 Abr 04 18:53	128.900
19 Abr 04 17:53	131.700
19 Abr 04 16:53	142.900
19 Abr 04 15:53	149.925
19 Abr 04 14:53	149.925
19 Abr 04 13:53	151.350
19 Abr 04 12:53	151.350

Monitoreos de caudal (2)

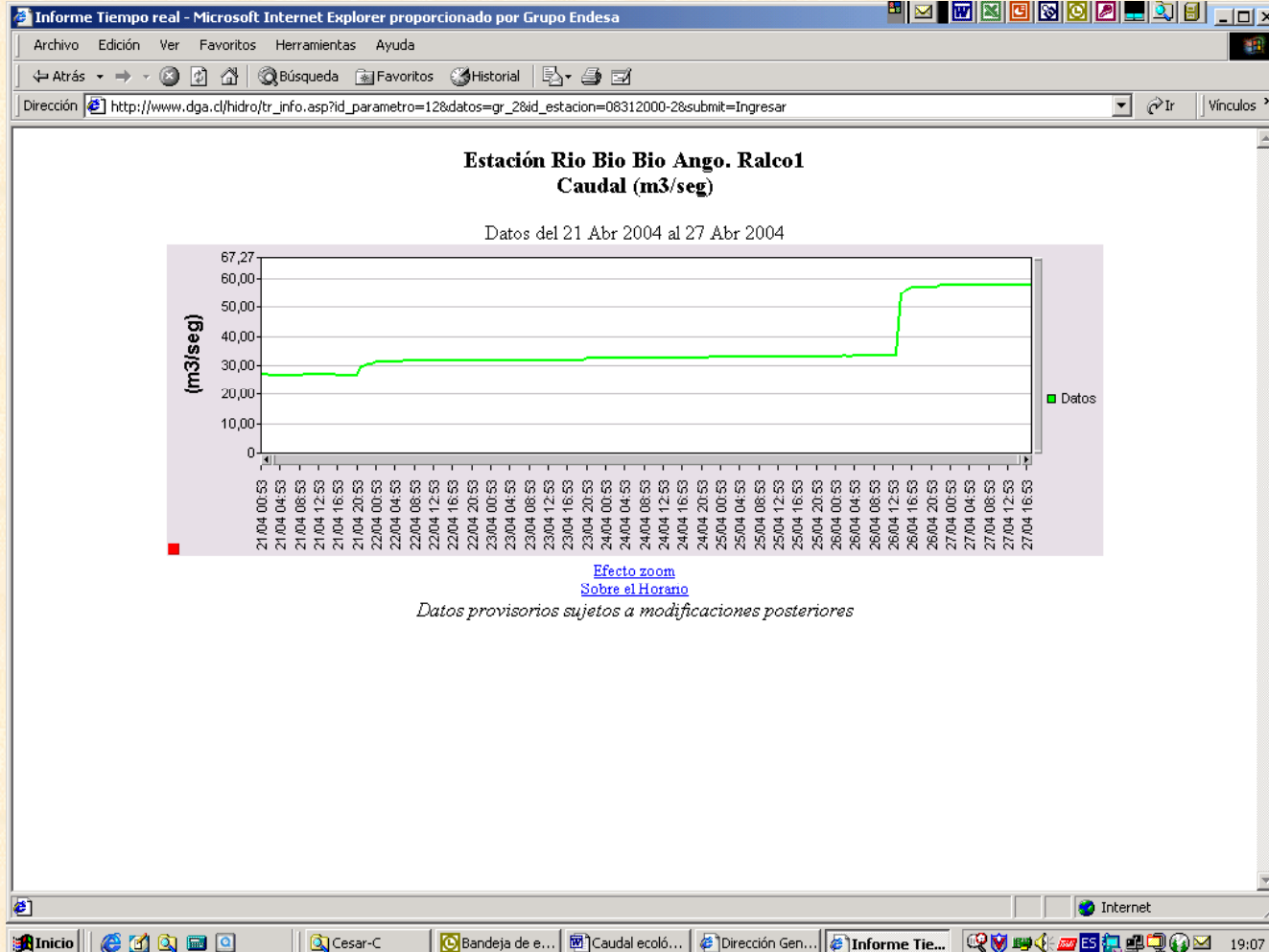
Estación río Bío Bío Angostura Ralco1
Caudal (m³/seg)

Caudales medidos del 16 al 22 de abril de 2004



Monitoreos de caudal (3)

Caudales medidos del 21 al 27 de abril de 2004



A continuación se presentan algunas fotos del llenado del embalse Ralco, a seis días de su inicio.

La primera corresponde a la zona adyacente a la presa y las siguientes a tramos intermedios.

En estas últimas se observa una faja de bosque cortado a un mismo nivel, que corresponde a la zona de fluctuación de niveles del embalse, entre la cotas 700 y 725 m.s.n.m.





