



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS



SEMINARIO TÉCNICO N° 1- 2004
“CAUDAL ECOLÓGICO, METODOLOGÍAS Y
CASOS APLICADOS
Santiago – 28 de abril 2004

EXPERIENCIA DE LA DIRECCIÓN DE
OBRAS HIDRÁULICAS

Antonio Saldías A.
Jefe Unidad de Medio Ambiente



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS



CONTENIDO DE LA EXPOSICIÓN



Obras
Hidráulicas

Unidad de
Medio Ambiente

PRIMERA PARTE

**EVOLUCIÓN DE LOS ESTUDIOS DE Q ECOLÓGICOS
EN LA DOH**

SEGUNDA PARTE

**DETERMINACIÓN DE Q ECOLÓGICOS A A PARTIR
DEL REGLAMENTO DEL SEIA (1997) EN EIA**

TERCERA PARTE

**CONTENIDOS DE TERMINOS DE REFERENCIA PARA
ESTUDIO ESPECÍFICO DE Q ECOLÓGICO**

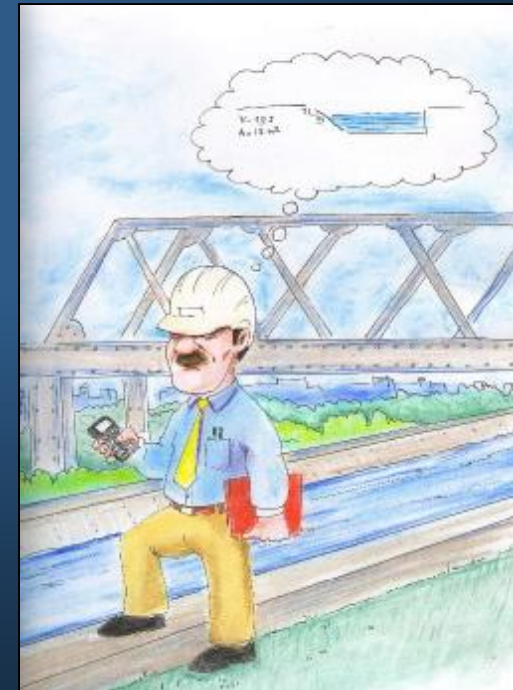


GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS



PARTE AMBIENTAL

PARTE INGENIERÍA

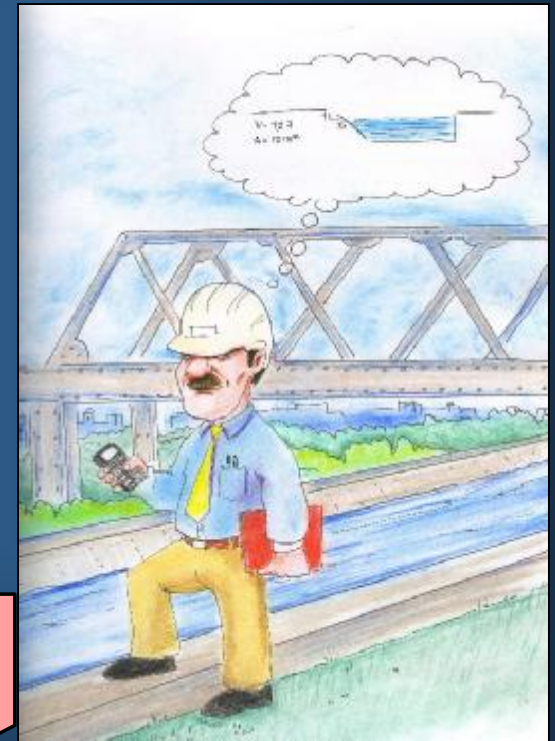
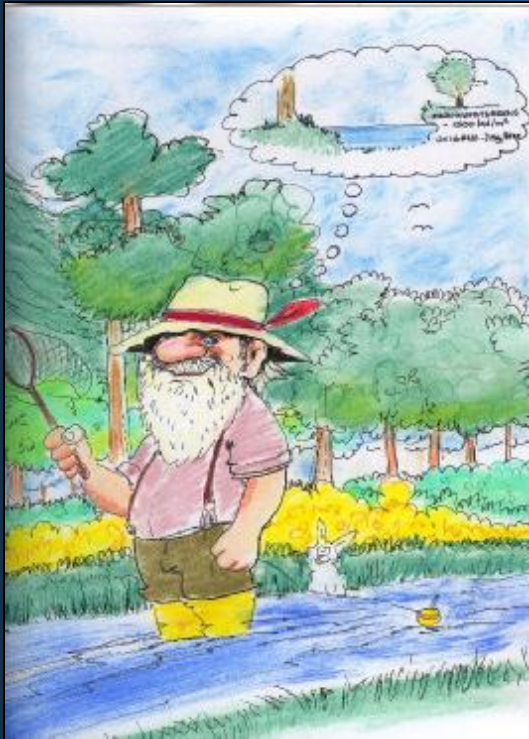




GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS



TRABAJO EN EQUIPO COORDINADO





GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS



EVOLUCIÓN DE LOS ESTUDIOS DE Q ECOLÓGICOS EN LA DIRECCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS

1993



EMBALSE LA PALOMA (IV REGIÓN)
EMBALSE COGOTI (IV REGIÓN)
EMBALSE AROMOS (V REGIÓN)

Ley N° 19.300

1997



EMBALSE SANTA JUANA (III REGIÓN)
EMBALSE PUCLARO (IV REGIÓN)

Reglamento del SEIA

2000



EMBALSE CORRALES (IV REGIÓN)
CANAL VICTORIA (IX REGIÓN)
EMBALSE CHACRILLAS (V REGIÓN)

Sometimiento al SEIA

2002



EMBALSE DIGUILLIN (VIII REGIÓN)
EMBALSE PUREN (IX REGIÓN)
EMBALSE CONVENTO VIEJO (VI REGIÓN)
EMBALSE PUNILLA (VIII REGIÓN)
EMBALSE ANCOA (VII REGIÓN)

SEIA D.S. N° 95/01

TR Específico Q
ecológicos

DETERMINACIÓN DE Q ECOLÓGICOS A PARTIR DEL REGLAMENTO DEL SEIA (1997)

• EMBALSE CORRALES (IV REGIÓN) Comuna de Illapel 1997-1998

Estero camisas:

Caudal pasante aguas arriba de
la cola del embalse hasta $0,5$
 $m^3/\text{seg.}$

Río Choapa:

Conjugación de criterios

Mínimo $0,35$ Q ambiental físico
biológico (Salazar y Silva, 1993)
– sustento de la vida acuática.

$0,2$ veces el caudal mínimo
diario (base estadística 30 años)



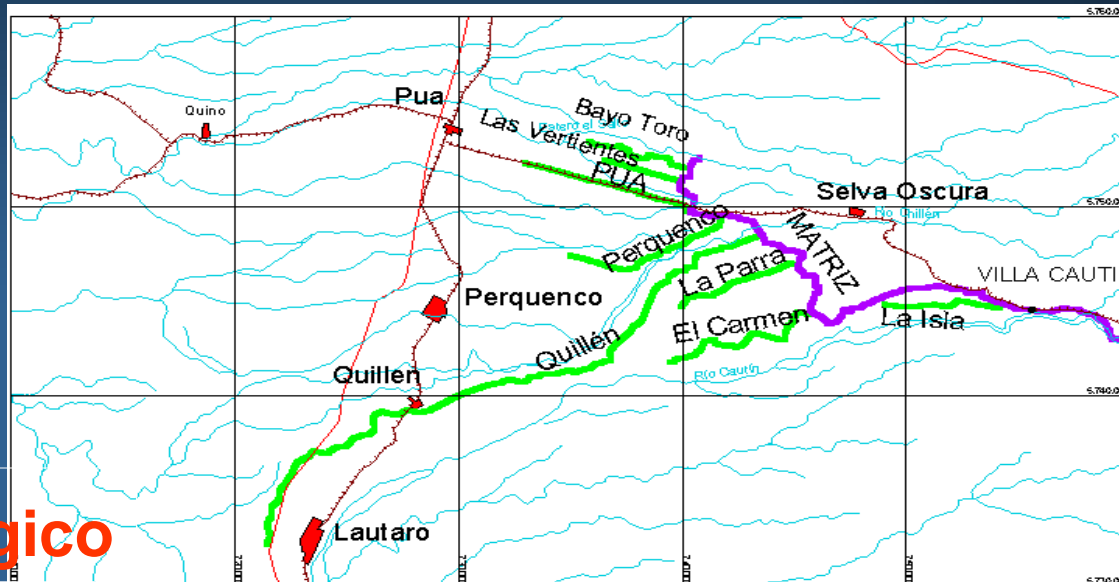


GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS



DETERMINACIÓN DE Q ECOLÓGICOS A PARTIR DEL REGLAMENTO DEL SEIA (1997)

• **CANAL VICTORIA**
(IX REGIÓN) Comuna de
Victoria, Lautaro, Perquenco
2000 - 2001



Caudal Mínimo Hidrológico

• **Cálculos en estaciones DGA**

Rariruca 18,2 m³/s

Cajón 9,7 m³/s

• **Estimaciones por Balance
Hídrico**

Lautaro 5,4 m³/s

Temuco 7,5 m³/s

Caudal Recreación / Paisaje

Lautaro 10,8 m³/s

Temuco 25 m³/s



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS



DETERMINACIÓN DE Q ECOLÓGICOS A PARTIR DEL REGLAMENTO DEL SEIA (1997)

•CANAL VICTORIA

(IX REGIÓN) Comuna de
Victoria, Lautaro, Perquenco
2000 - 2001

Caudal Ecológico Propuesto EIA

Localidad Q ecológico Norma

Rariruca 9.3 m³/s Francia

Domke 5.0 m³/s Res.850

Lautaro 14.4 m³/s Suiza

Cajón 14.4 m³/s Francia

Experiencia ganada del SEIA

- Un solo concepto de Q ecológico
- Determinación de puntos sensibles del río aguas abajo
- Demandas antrópicas
- Definición de responsabilidad del titular por fuentes contaminates
- No afectar derechos de aguas de terceros
- Uso de metodologías apropiadas al río en estudio
- Información de línea de base apropiada



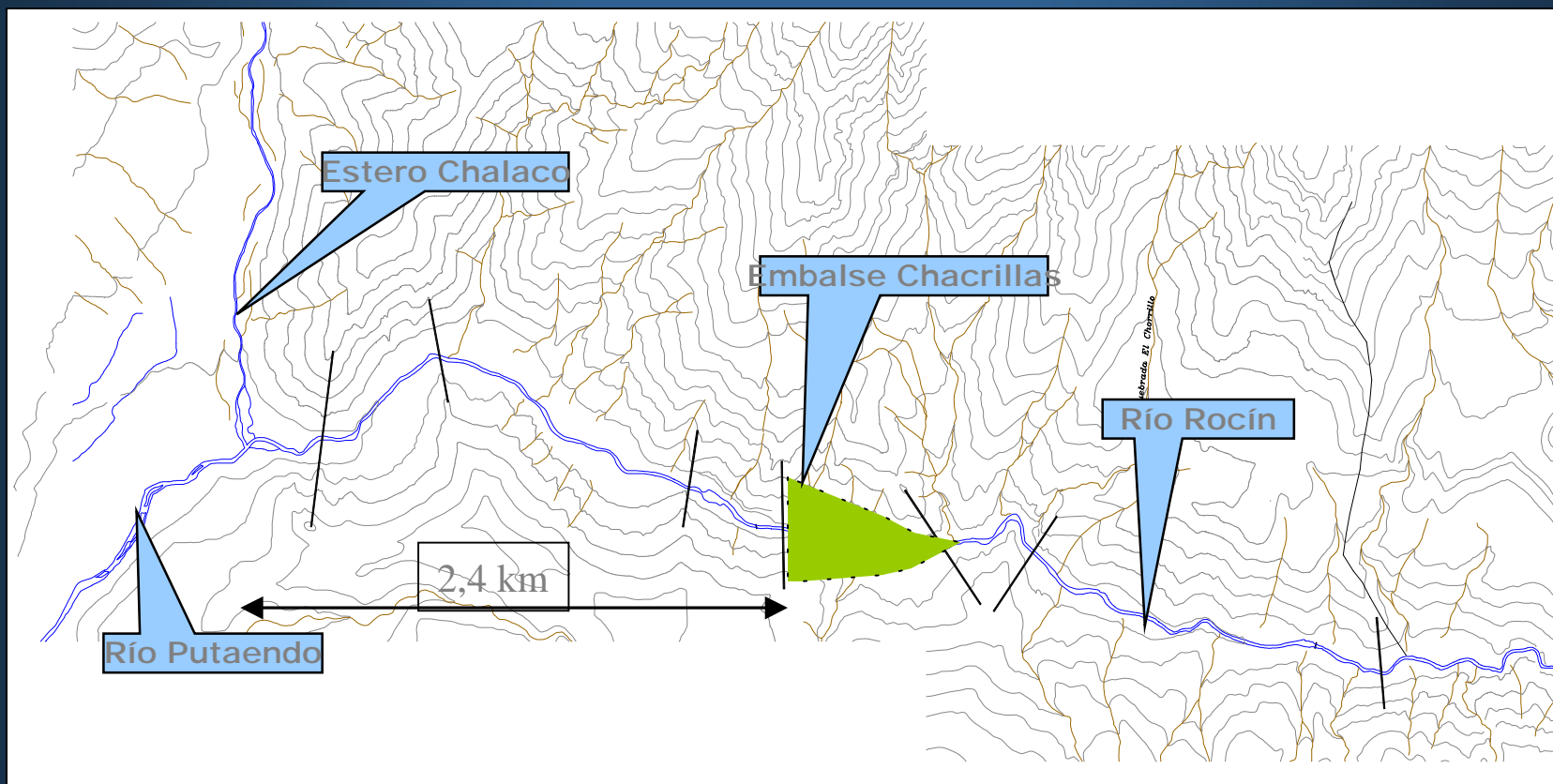
GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS



DETERMINACIÓN DE Q ECOLÓGICOS A PARTIR DEL REGLAMENTO DEL SEIA (1997)

• **EMBALSE CHACRILLAS**
(V REGIÓN) Comunas de San Felipe y Putaendo 2000 - 2001

• **ESTUDIO CON USO DE
METODOLOGÍAS INTERNACIONALES
HIDROLÓGICAS: Asturias, Francia,
Suiza.**





GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS



DETERMINACIÓN DE Q ECOLÓGICOS A PARTIR DEL REGLAMENTO DEL SEIA (1997)

• EMBALSE CHACRILLAS

(V REGIÓN) Comunas de San Felipe y Putaendo 2000 - 2001

Caudal Ecológico pie de presa

Q ecológico Metodología

476 l/s Asturias

790 l/s Francia

547 l/s Suiza

Caudal Ecológico estero Chalaco (yacimientos)

Q ecológico Metodología

97,5 l/s Asturias

40 l/s Francia

74 l/s Suiza

Experiencia ganada del EIA

- Q ecológico en cauce principal y tributario constante

- Se considera como Norma la metodología Suiza.

- Selección de metodología intermedia de las analizadas

- Q ecológico a pie de presa cubierta por Q de entregas del embalse.

- Considera régimen del río mes a mes en función del Q de demanda por derechos de aprovechamiento

- $Q \text{ total} = \text{Max} (Q \text{ demanda}, Q \text{ ecológico})$



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS



DETERMINACIÓN DE Q ECOLÓGICOS A PARTIR DEL REGLAMENTO DEL SEIA (1997)

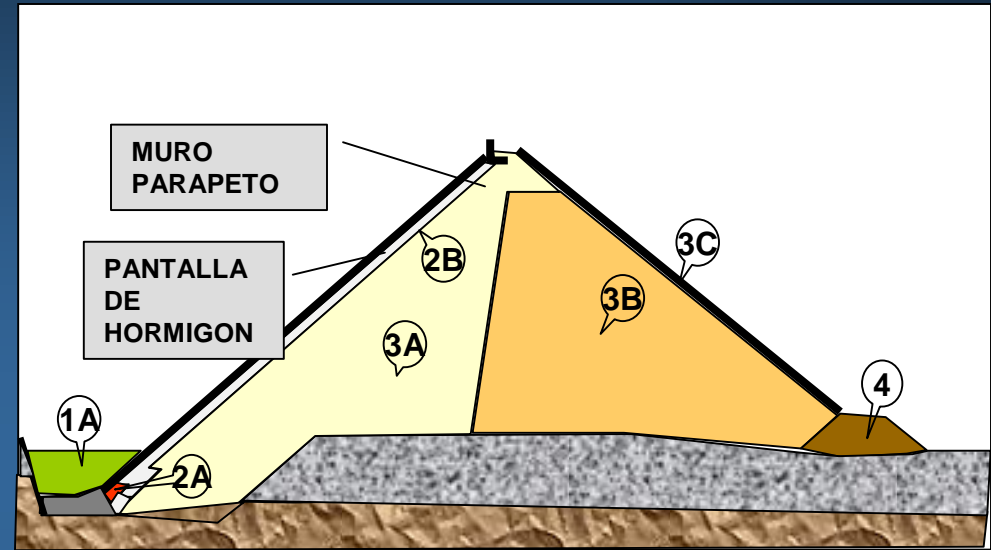
• EMBALSE DIGUILLIN

(VIII REGIÓN) Comunas de El Carmen, Pinto y San Ignacio
2000 - 2001

EIA CON DETERMINACIÓN DE
Q ECOLÓGICO CON BAJA
PROFUNDIZACIÓN DE
METODOLOGÍAS



MEJORAMIENTO EN LA
ADENDA





GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

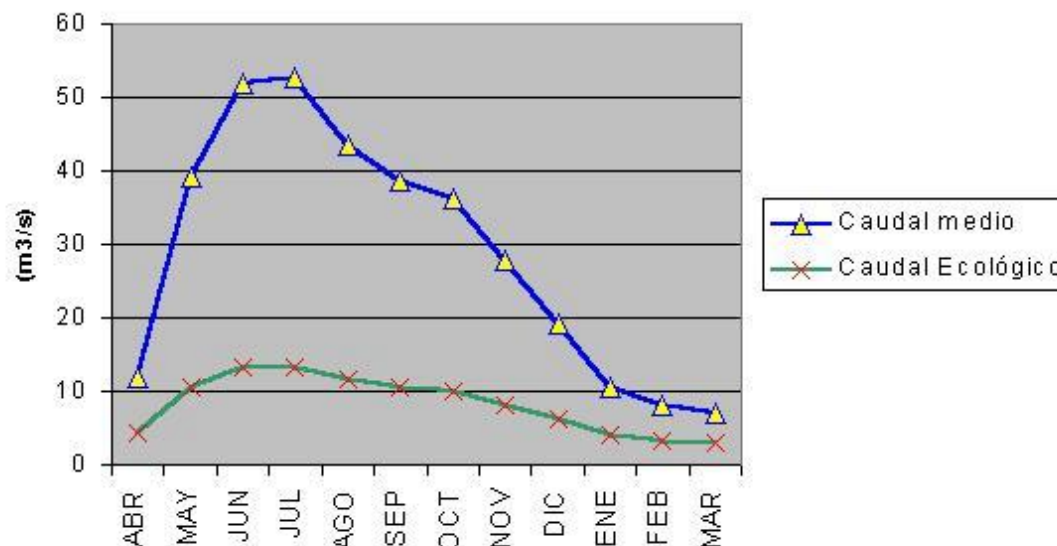


DETERMINACIÓN DE Q ECOLÓGICOS A PARTIR DEL REGLAMENTO DEL SEIA (1997)

RESULTADOS

- Análisis de metodologías representativas para el río
- Se toma como piso y referencia Normativa Suiza
- Metodología seleccionada (Q ecológico: 2,89 m³/s)
- Normativa Francesa o la Normativa de la Confederación Hidrográfica del Norte de España
- Q ecológico variable según comportamiento del río

Gráfico 6.2-1 Distribución Estacional del Caudal Ecológico



**Q ecológico multiplicado por un factor
proporcionalidad para el mes en estudio
(media mensual/media mínima)**

DETERMINACIÓN DE Q ECOLÓGICOS A PARTIR DEL REGLAMENTO DEL SEIA (1997)

• EMBALSE CONVENTO VIEJO
(VI REGIÓN) Comuna de
Chimbarongo 2001 - 2003

Resultados de 3 métodos

Q ecológico Metodología

4,2 m³/s 10% Q medio anual

2,2 m³/s 50% del Q₉₅

“Hábitat Pobre” Tennant

Q ecológico constante

4,2 m³/s 10% Q medio anual

Régimen de entrega según Q
pasante

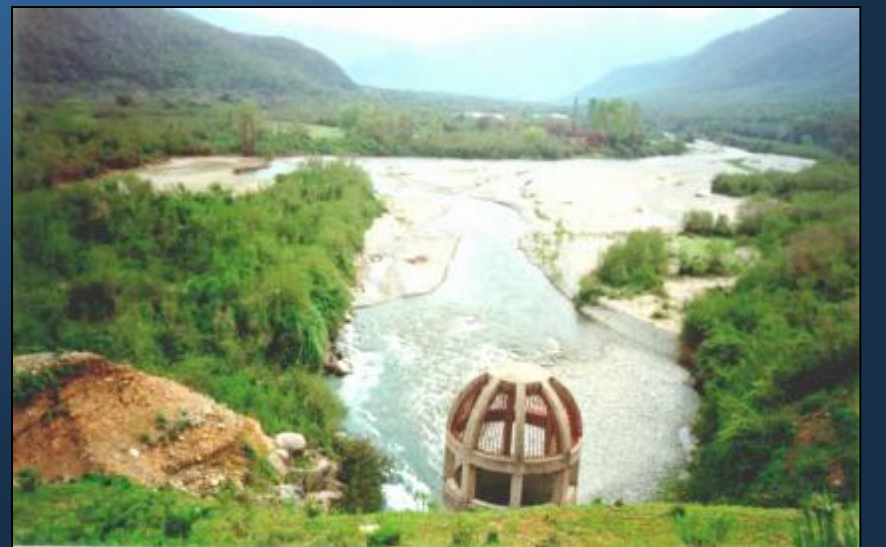


ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL TERMINADOS CON ESTUDIOS ECOLÓGICOS MÁS AVANZADOS

• **EMBALSE PUNILLA**
(VIII REGIÓN) Comuna de San Fabián de Alico y Coihueco
2001 - 2003

TÉRMINOS DE
REFERENCIA
ESPECIFICOS DE Q
ECOLÓGICO DENTRO
DEL EIA

• **EMBALSE ANCOA**
(VII REGIÓN) Comuna de Linares 2002 - 2003





GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS



EVOLUCIÓN DE LOS ESTUDIOS DE Q ECOLÓGICOS EN LA DIRECCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS

HABITAT
ECOLÓGICOS

DEMANDAS AMBIENTALES
PUNTUALES

DETERMINACIÓN
DE Q ECOLÓGICO





EVOLUCIÓN DE LOS ESTUDIOS DE Q ECOLÓGICOS EN LA DIRECCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS

DIAGRAMA UNIFILAR RIO NUBLE - SITUACION CON PROYECTO
CAUDAL MEDIO (m³/s) - ENERO
Probabilidad de 85 % de excedencia

| ESTACIONES | CMA (m ³ /s) | RIO | KM | SECTOR | APORTE / EXTRACCION | EXTRACCION EFECTIVA (m ³ /s) | APORTE (m ³ /s) | CAUDAL ECOLOGICO m ³ /s |
|--------------|-------------------------|-----|------|--------------------------------------|---------------------|---|----------------------------|------------------------------------|
| | | | 0,0 | Pie de presa Embalse Punilla | | | | 17,0 |
| ESTACION N°1 | 7,1 | | 0,2 | Estación Aforo DGA LA Punilla | | | | |
| | | | 6,0 | Río Santa Gertrudis | Aporte | | 2,0 | |
| | | | 8,1 | Estero las Damas | Aporte | | 0,6 | |
| | | | 14 | Estero Lara | Aporte | | 0,8 | |
| ESTACION N°2 | 12,5 | | 26,5 | Camping Las Vertientes - San Ignacio | | | | |
| | | | 30 | San Fabián de Alico | | | | |
| ESTACION N°3 | 20 | | 34,5 | Poniente de San Fabián de Alico | | | | |
| | | | 41 | Estero Grande | Aporte | | 1,4 | |
| ESTACION N°4 | 20 | | 45 | Las Mercedes - Forestal Millalemu | | | | |
| | | | 46,8 | C. Flor de Quihua | Extracción | 0,046 | | |
| | | | 47 | C. Collico | Extracción | 2,196 | | |
| | | | 50,2 | C. Greene y Maira | Extracción | 3,365 | | |
| | | | 51,3 | C. Chacayal | Extracción | 2,873 | | |
| | | | 52,1 | C. Zemita | Extracción | 3,331 | | |
| ESTACION N°5 | 10 | | 52,1 | Tomas de Cachapoal | | | | |
| | | | 52,2 | C. Municipal | Extracción | 2,972 | | |
| | | | 52,5 | C. Virguin | Estracción | 9,896 | | |
| | | | 52,8 | C. Changaral - Sn Agustín - Caro | Extracción | 3,340 | | |
| | | | 53 | C. Ranchillo - Gaona | Extracción | 2,109 | | |
| | | | 53,6 | C. San Pedro | Extracción | 0,513 | | |
| | | | 53,7 | C. Arrau o Ñiquén | Extracción | 1,543 | | |
| | | | 54,4 | C. Lurín o Silva | Extracción | 0,782 | | |

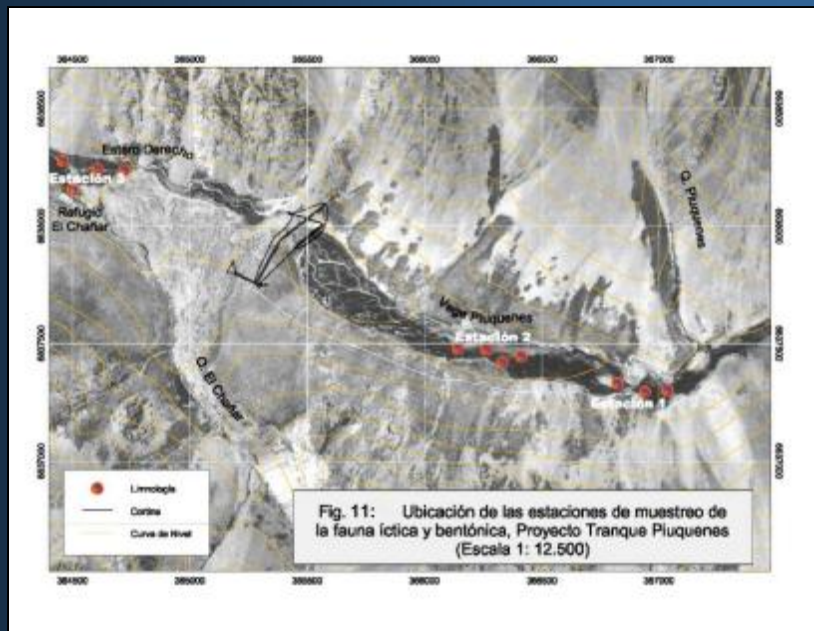


CONTENIDOS DE LOS TERMINOS DE REFERENCIA PARA ESTUDIO ESPECÍFICO DE Q ECOLÓGICO

- OBJETIVOS GENERALES
- OBJETIVOS ESPECÍFICOS
- METODOLOGÍA DE TRABAJO
- CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO (FÍSICO, BIÓTICO, ANTRÓPICO)
- CARTOGRAFÍA HIDROAMBIENTAL – DETERMINACIÓN DE BIÓTOPOS
- BALANCE HÍDRICO DEL RÍO
- DEMANDA CAUDALES MÍNIMOS AMBIENTALES – CMA (PUNTOS SENSIBLES) – USO DE METODOLOGÍAS
- CRITERIO PARA DETERMINACIÓN DE METODOLOGÍA APROPIADA Q MÍNIMOS
- DETERMINACIÓN DE Q ECOLÓGICO ASOCIADO AL REGIMEN DE CAUDALES

CONTENIDOS DE LOS TERMINOS DE REFERENCIA PARA ESTUDIO ESPECÍFICO DE Q ECOLÓGICO

- CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO (FÍSICO, BIÓTICO, ANTRÓPICO)
- CARTOGRAFÍA HIDROAMBIENTAL – DETERMINACIÓN DE BIÓTOPOS



CONTENIDOS DE LOS TERMINOS DE REFERENCIA PARA ESTUDIO ESPECÍFICO DE Q ECOLÓGICO

• DEMANDA CAUDALES MINIMOS AMBIENTALES – CMA (PUNTOS SENSIBLES) – USO DE METODOLOGÍAS

• Metodologías basadas en la hidrología:

Norma Francesa

Norma de Nueva Inglaterra (Caudal Mínimo Histórico - EEUU)

Norma Confederación Hidrográfica del Norte de España

Norma Confederación Hidrográfica del río Ebro de España

Norma Principado de Asturias (España)

Norma de la Confederación Suiza versión art 31. punto 1. Tabla Q_{347}

CONTENIDOS DE LOS TERMINOS DE REFERENCIA PARA ESTUDIO ESPECÍFICO DE Q ECOLÓGICO

• DEMANDA CAUDALES MINIMOS AMBIENTALES – CMA (PUNTOS SENSIBLES) – USO DE METODOLOGÍAS

- **Metodologías Holísticas**

Tennant

Hoppe

Area drenante

Método del Perímetro Mojado

Norma de la Confederación Suiza versión art 31.2. puntos c y d

- **Metodologías basadas en modelos hidráulicos biológicos:**

Metodología IFIM-Phabsim versión 1.2

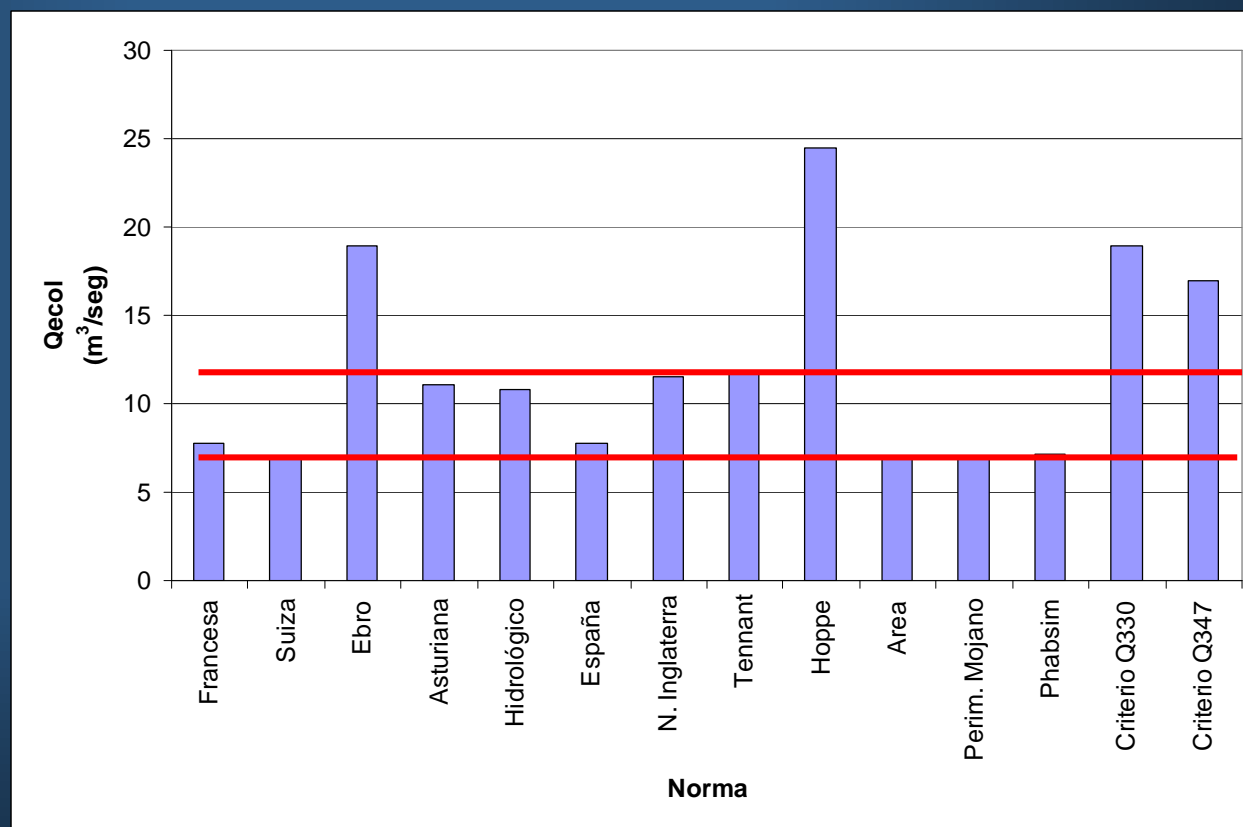


GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS



CONTENIDOS DE LOS TERMINOS DE REFERENCIA PARA ESTUDIO ESPECÍFICO DE Q ECOLÓGICO

•CRITERIO PARA DETERMINACIÓN DE METODOLOGÍA APROPIADA Q MÍNIMOS – PRIMER FILTRO





GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS



CONTENIDOS DE LOS TERMINOS DE REFERENCIA PARA ESTUDIO ESPECÍFICO DE Q ECOLÓGICO

• ENFOQUE MULTICRITERIO PARA DETERMINACIÓN DE METODOLOGÍA APROPIADA Q MÍNIMOS - SEGUNDO FILTRO

Criterio ambiental 1: Asegura que se preserven los biotopos y ecosistemas raros en las estaciones biológicas (Norma Confed. Suiza)

Criterio ambiental 2: Principio precautorio ambiental en que se disminuye riesgo eventual de daño sobre los ecosistemas

Criterio ambiental 3: Consideración de características morfológicas fluviales singulares del río

Criterio ambiental 4: Consideración de requerimientos biológicos de la especie acuática en los meses de mayor vulnerabilidad (desoves e incubación).



CONTENIDOS DE LOS TERMINOS DE REFERENCIA PARA ESTUDIO ESPECÍFICO DE Q ECOLÓGICO

| DIAGRAMA UNIFILAR RIO NUBLE - SITUACION CON PROYECTO | | | | | | | | |
|--|-------------------------|-----|------|--------------------------------------|---------------------|---|----------------------------|------------------------------------|
| CAUDAL MEDIO (m ³ /s) - ENERO | | | | | | | | |
| Probabilidad de 85 % de excedencia | | | | | | | | |
| ESTACIONES | CMA (m ³ /s) | RIO | KM | SECTOR | APORTE / EXTRACCION | EXTRACCION EFECTIVA (m ³ /s) | APORTE (m ³ /s) | CAUDAL ECOLOGICO m ³ /s |
| | | | 0,0 | Pie de presa Embalse Punilla | | | | 17,0 |
| ESTACION N°1 | 7,1 | | 0,2 | Estación Aforo DGA LA Punilla | | | | |
| | | | 6,0 | Río Santa Gertrudis | Aporte | | 2,0 | |
| | | | 8,1 | Estero las Damas | Aporte | | 0,6 | |
| | | | 14 | Estero Lara | Aporte | | 0,8 | |
| ESTACION N°2 | 12,5 | | 26,5 | Camping Las Vertientes - San Ignacio | | | | |
| AFORO DGA SAN FABIAN | | | 30 | San Fabián de Alico | | | | |
| ESTACION N°3 | 20 | | 34,5 | Poniente de San Fabián de Alico | | | | |
| | | | 41 | Estero Grande | Aporte | | 1,4 | |
| ESTACION N°4 | 20 | | 45 | Las Mercedes - Forestal Millalemu | | | | |
| | | | 46,8 | C. Flor de Quihua | Extracción | 0,046 | | |
| | | | 47 | C. Collico | Extracción | 2,196 | | |
| | | | 50,2 | C. Greene y Maira | Extracción | 3,365 | | |
| | | | 51,3 | C. Chacayal | Extracción | 2,873 | | |
| | | | 52,1 | C. Zemita | Extracción | 3,331 | | |
| ESTACION N°5 | 10 | | 52,1 | Tomas de Cachapoal | | | | |
| | | | 52,2 | C. Municipal | Extracción | 2,972 | | |
| | | | 52,5 | C. Virguin | Extracción | 9,896 | | |
| | | | 52,8 | C. Changaral - Sn Agustín - Caro | Extracción | 3,340 | | |
| | | | 53 | C. Ranchillo - Gaona | Extracción | 2,109 | | |
| | | | 53,6 | C. San Pedro | Extracción | 0,513 | | |
| | | | 53,7 | C. Arrau o Ñiquén | Extracción | 1,543 | | |
| | | | 54,4 | C. Lurín o Silva | Extracción | 0,782 | | |



CONTENIDOS DE LOS TERMINOS DE REFERENCIA PARA ESTUDIO ESPECÍFICO DE Q ECOLÓGICO

• DETERMINACIÓN DE Q ECOLÓGICO ASOCIADO AL REGIMEN DE CAUDALES

| MES | Régimen de CE (m ³ /s) |
|------------|--------------------------------------|
| Enero | 17,0 |
| Febrero | 17,4 |
| Marzo | 17,5 |
| Abril | 18,3 |
| Mayo | 16,4 |
| Junio | 14,1 |
| Julio | 10,2 |
| Agosto | 9,7 |
| Septiembre | 9,0 |
| Octubre | 10,2 |
| Noviembre | 8,2 |
| Diciembre | 15,4 |

| Año | Porcentaje de variación del Régimen de Caudal Ecológico |
|-----|--|
| 1 | ± 10 |
| 2 | ± 5 |
| 3 | ± 3 |
| 4 | ± 2 |
| 5 | ± 1 |



CONSIDERACIONES O SUPUESTOS A TENER PRESENTE EN NUEVOS ESTUDIOS

- EXTENSIÓN DE AÑOS EN ESTADÍSTICA HIDROLÓGICA NO ES ÚNICA
- IDEAL OCUPAR MISMA ESTADÍSTICA PARA Q MÍNIMOS HISTÓRICOS Y MEDIOS
- SE DESPRECIA EL COMPORTAMIENTO DE LOS ACUIFEROS Y SU RELACIÓN CON EL RÍO
- NO SE CONSIDERAN PROCESOS DE EVAPORACIÓN DEL RÍO
- NECESARIO DEFINIR SEGUIMIENTO DE LOS CMA EN LOS PUNTOS SENSIBLES DEL RÍO PARA CALIBRACIÓN
- SE DEBEN ACEPTAR VALORES DE Q ECOLÓGICO +/- ERROR
- REVISIÓN DE LISTADO DE LAS ESPECIES ACUÁTICAS EN PELIGRO DE EXTINCIÓN. ESPECIES OBJETIVOS
- DEFINICIÓN DE SITUACIONES PARA RÍOS AGOTADOS
- Q ECOLÓGICOS CONSIDERANDO LA NORMA DE CALIDAD SECUNDARIA DE AGUAS



Medio Ambiente y Territorio

Unidad de
Medio Ambiente

Muchas Gracias

