



**GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCION GENERAL DE AGUAS**

# **ANÁLISIS DE METODOLOGÍA Y DETERMINACIÓN DE CAUDALES DE RESERVA TURÍSTICOS**

**INFORME FINAL**

**REALIZADO POR:**

**AQUATERRA INGENIEROS LIMITADA**

**S.I.T. N° 206**

**SANTIAGO, MARZO DE 2010**

## **MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**

Ministro de Obras Públicas  
Ingeniero Civil Sr. Hernán de Solminihac Tampier

Director General de Aguas  
Abogado Sr. Matías Desmadryl Lira

Jefa División de Hidrología  
Ingeniera Civil María Angélica Alegría Calvo

Inspector Fiscal  
Ingeniero Civil Adrián Lillo Zenteno  
Ingeniera Civil Judith Pagani Soto

### **AQUATERRA INGENIEROS LTDA.**

Jefe de Proyecto  
Ingeniero Civil Jaime Vargas Paysen

#### **Profesionales**

Ingeniero Civil Juan Carlos Cuchacovich Rider  
Ingeniero Civil Jorge Baechler Rojas  
Ingeniero Civil Joel Provoste Barrientos  
Ingeniero Civil en Geografía Juan Atán Díaz  
Ecóloga Paisajística Galit Navarro Bello  
Geógrafo Víctor Leiva Romero  
Biólogo Jorge T. Sebastián Teillier Arredondo  
Sociólogo Germán Bäuerle Rivera  
Dibujante Cristian Ahrend Labbé

## ÍNDICE INFORME FINAL

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b> .....	<b>1</b>
1.1	Introducción.....	1
1.2	Objetivos.....	5
1.2.1	Objetivo General.....	5
1.2.2	Objetivos Específicos.....	5
<b>2</b>	<b>ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES</b> .....	<b>5</b>
a)	Introducción.....	9
b)	Componentes del Medio Humano Afectados por una Modificación de Caudal.....	10
c)	Métodos Actuales.....	12
c.1)	Modelos.....	12
c.2)	Encuestas a Usuarios.....	15
c.3)	Juicio de Expertos.....	16
d)	Selección de Métodos.....	16
e)	Integración de Caudales Reservados.....	18
f)	El Caso Québec.....	18
g)	El Caso al Exterior de Québec.....	20
h)	El Caso del Río Dolores en Colorado.....	22
i)	Los Desarrollos Recientes.....	25
j)	Procedimientos Propuestos.....	26
k)	Conclusiones y Recomendaciones.....	28
<b>4</b>	<b>DESARROLLO DE ACTIVIDADES DE CONSULTA SOBRE USOS ACTUALES Y POTENCIALES DE RIOS EN TURISMO</b> .....	<b>103</b>
4.1	Introducción.....	103
4.2	Taller de La Serena.....	103
4.2.1	Introducción.....	103
4.2.2	Desarrollo del Taller.....	105
4.2.3	Conclusiones Taller La Serena.....	111

4.3	Entrevistas y Reuniones en las Regiones X y XI .....	112
4.3.1	Introducción.....	112
4.3.2	Entrevistas Región de Los Lagos.....	113
	a) Reunión con la Dirección de Aguas.....	113
	b) Reunión con SERNATUR.....	114
	c) Reunión con CONAF.....	116
	d) División Planificación Desarrollo Regional, GORE Los Lagos.....	117
	e) CORFO Región de los Lagos.....	119
	f) CONAMA Región de los Lagos.....	120
	g) Reunión con Empresarios y Operadores de Turismo.....	121
4.3.3	Entrevistas Región de Aysén.....	123
	a) Reunión con la Dirección de Aguas.....	123
	b) Reunión con CONAF.....	124
	c) Reunión con SERNATUR.....	124
	d) Reunión con CORFO.....	126
	e) Reunión con Investigadores y Organizaciones Ciudadanas.....	127
	f) Reunión con SERPLAC.....	128
	g) Reunión con Operador Turístico.....	129
<b>5</b>	<b>SELECCIÓN DE CAUCES.....</b>	<b>130</b>
<b>6</b>	<b>HIDROLOGÍA DE CAUCES SELECCIONADOS.....</b>	<b>131</b>
6.1	Hidrología Río Cochiguaz.....	131
6.1.1	Introducción.....	131
6.1.2	Antecedentes Recopilados.....	131
6.1.3	Pluviometría.....	132
6.1.4	Fluviometría.....	134
	a) Generación de Caudales Medios Mensuales.....	135
	i) Análisis de Frecuencia.....	135

b)	Caudales Medios Mensuales y Anuales, en Estación Fluviométrica Cochiguaz en el Peñón, para Distintas Probabilidades de Excedencia .....	139
c)	Caudales Medios Mensuales y Anuales en Puntos de Control .....	142
d)	Determinación de Caudales Ecológicos .....	151
i)	Metodología .....	151
ii)	Resultados .....	158
iii)	Recomendaciones .....	161
6.2	Hidrología Río Puelo .....	162
6.2.2	Introducción .....	162
6.2.2	Antecedentes Recopilados .....	162
6.2.3	Pluviometría .....	162
6.2.4	Fluviometría .....	163
a)	Generación de Caudales Medios Mensuales .....	165
i)	Análisis de Frecuencia .....	165
ii)	Caudales Medios Mensuales y Anuales en Estaciones Fluviométricas del Río Puelo .....	165
b)	Caudales Medios Mensuales y Anuales en Puntos de Control .....	169
c)	Determinación de Caudales Ecológicos .....	178
i)	Metodología .....	178
ii)	Resultados .....	178
iii)	Recomendaciones .....	181
iv)	Consideraciones .....	182
6.3	Hidrología Río Futaleufú .....	183
6.3.1	Introducción .....	183
6.3.2	Antecedentes Recopilados .....	183
6.3.3	Pluviometría .....	184
6.3.4	Fluviometría .....	186
a)	Generación de Caudales Medios Mensuales .....	187

	i)	Análisis de Frecuencia.....	188
	b)	Caudales Medios Mensuales y Anuales, en Estaciones Fluviométricas del Río Futaleufú.....	188
	c)	Caudales Medios Mensuales y Anuales en Puntos de Control.....	194
	d)	Determinación de Caudales Ecológicos.....	203
		i) Metodología.....	203
		ii) Resultados.....	203
		iii) Recomendaciones.....	206
	e)	Consideraciones.....	207
6.4		Hidrología Río Simpson.....	208
	6.4.1	Introducción.....	208
	6.4.2	Antecedentes Recopilados.....	208
	6.4.3	Pluviometría.....	209
	6.4.4	Fluviometría.....	210
	a)	Generación de Caudales Medios Mensuales.....	212
		i) Análisis de Frecuencia.....	212
	b)	Caudales Medios Mensuales y Anuales, en Estación Fluviométrica Río Simpson bajo junta Río Coyhaique.....	213
	c)	Caudales Medios Mensuales y Anuales en Puntos de Control.....	215
	d)	Determinación de Caudales Ecológicos.....	223
		i) Metodología.....	223
		ii) Resultados.....	223
		iii) Recomendaciones.....	227
6.5		Hidrología Río Baker.....	227
	6.5.1	Introducción.....	227
	6.5.2	Antecedentes Recopilados.....	227
	6.5.3	Pluviometría.....	228
	6.5.4	Fluviometría.....	230

a)	Generación de Caudales Medios Mensuales.....	232
i)	Análisis de Frecuencia.....	233
b)	Caudales Medios Mensuales y Anuales, en Estación Fluviométrica Río Baker en Desagüe Lago Bertrand.....	233
c)	Caudales Medios Mensuales y Anuales en Puntos de Control.....	235
d)	Determinación de Caudales Ecológicos.....	243
i)	Metodología.....	243
ii)	Resultados.....	243
iii)	Recomendaciones.....	247
6.6	Hidrología Río Serrano.....	247
6.6.1	Introducción.....	247
6.6.2	Antecedentes Considerados.....	247
6.6.3	Pluviometría.....	248
6.6.4	Fluviometría.....	249
a)	Generación de Caudales Medios Mensuales.....	252
i)	Análisis de Frecuencia.....	253
b)	Caudales Medios Mensuales y Anuales, en Estaciones Fluviométricas.....	253
c)	Caudales Medios Mensuales y Anuales en Puntos de Control.....	258
d)	Determinación de Caudales Ecológicos.....	263
i)	Metodología.....	263
ii)	Resultados.....	263
iii)	Recomendaciones.....	267
<b>7</b>	<b>MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN.....</b>	<b>268</b>
7.1	Introducción y Antecedentes Generales.....	268
7.2	Materiales y Métodos.....	269
7.2.1	Plataforma satelital Terra (EOS AM-1).....	269

7.2.2	Datos altimétricos SRTM.....	272
7.2.3	Método.....	273
7.3	Resultados.....	274
7.3.1	Río Cochiguaz (IV Región de Coquimbo).....	274
7.3.2	Río Puelo (X Región de Los Lagos).....	276
7.3.3	Río Futaleufú (X Región de Los Lagos).....	278
7.3.4	Río Baker (XI Región de Aysén).....	279
7.3.5	Río Simpson (XI Región de Aysén).....	281
7.3.6	Río Serrano (XII Región de Magallanes).....	282
7.4	Comentarios y Recomendaciones.....	285
7.5	Referencias.....	286
<b>8</b>	<b>APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A CUENCAS SELECCIONADAS.....</b>	<b>288</b>
8.1	Lineamiento Metodológico.....	288
8.1.1	Introducción.....	288
8.1.2	Propuesta Metodológica.....	291
	a) Pasos Metodológicos.....	293
	i) Determinar los usos o actividades turísticas actuales y futuras e identificación de los diversos actores claves y usuarios.....	293
	ii) Análisis Hidrológico.....	296
	iii) Caracterización del Río o Tramo de Río en Estudio. Identificación y Localización de los Usos Turísticos y Sectorización del Río Según Categorías de Usos.....	296
	iv) Determinación de Requerimientos Críticos para Desarrollo de Actividades.....	303
8.1.3	Selección de Métodos.....	314
8.1.4	Propuesta de caudales de reserva, recomendación de caudales necesarios para asegurar una calidad recreativa elevada.....	316
8.2	Río Cochiguaz (IV Región de Coquimbo).....	317

8.2.1	Introducción.....	317
8.2.2	Obtención de Información Primaria. Entrevistas	
	a Actores Claves In Situ.....	317
	a) Actores Públicos.....	317
	b) Actores privados y organizaciones ciudadanas..	321
8.2.3	Reconocimiento y Caracterización del Terreno.....	322
	a) Descripción General del Área.....	322
	b) Actividades Sin y Con Contacto Directo.....	326
	c) Elementos Hídricos Estructurantes del Paisaje.....	328
	d) Principales Conclusiones.....	330
8.2.4	Eje Hidráulico en el Río Cochiguaz.....	331
	a) Generalidades.....	331
	b) Información Topográfica.....	331
	c) Confección del Modelo Hidráulico.....	331
	d) Metodología de Cálculo del Software Hec Ras.....	332
	e) Coeficientes de Rugosidad.....	333
	f) Coeficientes de Expansión y Contracción.....	337
	g) Perfiles Transversales.....	337
	h) Condiciones de Borde.....	338
	i) Calibración del Modelo Hidráulico.....	339
	j) Caudales Modelados y Resultados Obtenidos.....	343
8.2.5	Análisis del Eje Hidráulico en Función de Actividades Sin Contacto Directo (SCD) y con Contacto Directo (CCD).....	343
	a) Requerimientos Hídricos de Actividades SCD.....	345
	b) Requerimientos Hídricos de las Actividades CCD.....	347
	c) Caudales a Reservar para el río Cochiguaz.....	350
	d) Situación de los Derechos de Aguas Superficiales.....	351
8.3	Río Puelo (X Región de Los Lagos).....	353

8.3.1	Introducción.....	353
8.3.2	Obtención de Información Primaria. Entrevistas a Actores Claves In Situ.....	354
	a) Actores Públicos.....	354
	b) Actores privados y organizaciones ciudadanas.....	356
8.3.3	Reconocimiento y Caracterización del Terreno.....	362
	a) Descripción General del Área.....	362
	b) Actividades Sin y Con Contacto Directo.....	373
	c) Elementos Estructurantes del Paisaje Río.....	376
	d) Conclusiones relativas a la Caracterización del área de estudio.....	378
8.3.4	Eje Hidráulico en el Río Puelo.....	379
	a) Generalidades.....	379
	b) Coeficientes de Rugosidad.....	380
	c) Coeficientes de Expansión y Contracción.....	382
	d) Perfiles Transversales.....	382
	e) Condiciones de Borde.....	383
	f) Calibración del Modelo Hidráulico.....	384
	g) Caudales Modelados y Resultados Obtenidos.....	387
8.3.5	Análisis del Eje Hidráulico en Función de Actividades Sin Contacto Directo (SCD) y Con Contacto Directo (CCD).....	388
	a) Requerimientos Hídricos de Actividades SCD.....	390
	b) Requerimientos Hídricos de las Actividades CCD.....	392
	c) Caudales a Reservar para el río Puelo.....	395
	d) Situación de los Derechos de Aguas Superficiales.....	397
8.4	Río Futaleufú (X Región de Los Lagos).....	398
8.4.1	Introducción.....	398
8.4.2	Reconocimiento y Caracterización del Terreno.....	399

a)	Descripción General del Área .....	399
b)	Actividades Sin y Con Contacto Directo.....	408
c)	Elementos Estructurantes del Paisaje Río.....	410
d)	Tramos según Actividades con Contacto Directo.....	412
e)	Conclusiones relativas a la Caracterización del área de estudio.....	414
8.4.3	Eje Hidráulico en el Río Futaleufú.....	415
a)	Generalidades.....	415
b)	Coeficientes de Rugosidad.....	415
c)	Coeficientes de Expansión y Contracción.....	417
d)	Perfiles Transversales.....	417
e)	Condiciones de Borde.....	418
f)	Calibración del Modelo Hidráulico.....	419
g)	Caudales Modelados y Resultados Obtenidos....	425
8.4.4	Análisis del Eje Hidráulico en Función de Actividades Sin Contacto Directo (SCD) y Con Contacto Directo (CCD).....	426
a)	Requerimientos Hídricos de Actividades SCD....	428
b)	Requerimientos Hídricos de las Actividades CCD.....	430
c)	Caudales a Reservar para el Río Futaleufú.....	432
d)	Situación de los Derechos de Aguas Superficiales.....	434
8.5	Río Baker (XI Región de Aysén).....	435
8.5.1	Introducción.....	435
8.5.2	Obtención de Información Primaria. Entrevistas a Actores Claves In Situ.....	436
a)	Actores Públicos.....	436
b)	Actores privados y organizaciones ciudadanas..	437
8.5.3	Reconocimiento y Caracterización del Terreno.....	439
a)	Descripción General del Área.....	439
b)	Actividades Sin y Con Contacto Directo.....	444
c)	Elementos Estructurantes del Paisaje Río.....	448

d)	Conclusiones relativas a la Caracterización del área de estudio.....	450
8.5.4	Eje Hidráulico en el Río Baker.....	451
a)	Generalidades.....	451
b)	Coeficientes de Rugosidad.....	451
c)	Coeficientes de Expansión y Contracción.....	453
d)	Perfiles Transversales.....	453
e)	Condiciones de Borde.....	455
f)	Calibración del Modelo Hidráulico.....	455
g)	Caudales Modelados y Resultados Obtenidos.....	459
8.5.5	Análisis del Eje Hidráulico en Función de Actividades Sin Contacto Directo (SCD) y Con Contacto Directo (CCD).....	459
a)	Requerimientos Hídricos de Actividades SCD.....	461
b)	Requerimientos Hídricos de las Actividades CCD.....	464
c)	Caudales a Reservar para el río Baker.....	468
d)	Situación de los Derechos de Aguas Superficiales.....	469
8.6	Río Simpson (XI Región de Aysén).....	470
8.6.1	Introducción.....	470
8.6.2	Obtención de Información Primaria. Entrevistas a Actores Claves In Situ.....	471
a)	Actores Públicos.....	471
b)	Actores privados y organizaciones ciudadanas.....	473
8.6.3	Reconocimiento y Caracterización del Terreno.....	476
a)	Descripción General del Área.....	476
b)	Actividades Sin y Con Contacto Directo.....	485
c)	Elementos Estructurantes del Paisaje Río.....	488
d)	Conclusiones relativas a la Caracterización del área de estudio.....	490

8.6.4 Eje Hidráulico en el Río Simpson.....	491
a) Generalidades.....	491
b) Coeficientes de Rugosidad.....	491
c) Coeficientes de Expansión y Contracción.....	493
d) Perfiles Transversales.....	493
e) Condiciones de Borde.....	494
f) Calibración del Modelo Hidráulico.....	495
g) Caudales Modelados y Resultados Obtenidos.....	498
8.6.5 Análisis del Eje Hidráulico en Función de Actividades Sin Contacto Directo (SCD) y Con Contacto Directo (CCD).....	498
a) Requerimientos Hídricos de Actividades SCD.....	500
b) Requerimientos Hídricos de las Actividades CCD.....	502
c) Caudales a Reservar para el río Simpson.....	505
d) Situación de los Derechos de Aguas Superficiales.....	507
8.7 Río Serrano (XII Región de Magallanes).....	508
8.7.1 Introducción.....	508
8.7.2 Obtención de Información Primaria. Entrevistas a Actores Claves In Situ.....	509
a) Actores Públicos.....	509
b) Actores privados y organizaciones ciudadanas.....	510
8.7.3 Reconocimiento y Caracterización del Terreno.....	512
a) Descripción General del Área.....	512
b) Actividades Sin y Con Contacto Directo.....	521
c) Elementos Estructurantes del Paisaje Río.....	524
d) Conclusiones relativas a la Caracterización del área de estudio.....	527
8.7.4 Eje Hidráulico en el Río Serrano.....	528
a) Generalidades.....	528
b) Coeficientes de Rugosidad.....	530
c) Coeficientes de Expansión y Contracción.....	532

d)	Perfiles Transversales.....	532
e)	Condiciones de Borde.....	533
f)	Calibración del Modelo Hidráulico.....	534
g)	Caudales Modelados y Resultados Obtenidos.....	537
8.7.5	Análisis del Eje Hidráulico en Función de Actividades Sin Contacto Directo (SCD) y Con Contacto Directo (CCD).....	538
a)	Requerimientos Hídricos de Actividades SCD.....	540
b)	Requerimientos Hídricos de las Actividades CCD.....	542
c)	Caudales a Reservar para el río Serrano.....	546
d)	Situación de los Derechos de Aguas Superficiales.....	547
8.8	Resumen de Caudales Propuestos Reservar.....	548
<b>9</b>	<b>SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....</b>	<b>550</b>
9.1	Introducción.....	550
9.2	Plataforma Computacional.....	550
9.3	Base Cartográfica.....	553
9.4	Instalación de la Aplicación SIG.....	553
9.5	Diseño y Organización SIG.....	554
9.5.1	Diseño Lógico y Conceptual.....	554
9.5.2	Estructura de Directorios.....	555
9.5.3	Base de Datos y Diseño de Tablas.....	557
a)	Base de Datos.....	557
b)	Diseño de Tablas.....	557
9.6	Presentación de Resultados.....	558
9.7	Planos Temáticos.....	558
<b>10</b>	<b>RESUMEN Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>559</b>
10.1	Resumen.....	559
10.2	Recomendaciones.....	563

## **ANEXOS**

ANEXO 8.1-1	Definiciones Relacionadas con Turismo en Ríos
ANEXO 8.1-2	Ficha Tipo: Observación de Características de Terreno
ANEXO 8.1-3	Encuesta para Construir Curvas de Satisfacción para Actividades Hidroturísticas vrs. Caudal del Río
ANEXO 8.2-1	Fichas de Evaluación Puntos Críticos Paisajísticos – Hídricos Río Cochiguaz
ANEXO 8.2-2	Resultados Eje Hidráulico Río Cochiguaz
ANEXO 8.3-1	Cuadro de Valoración de Elementos Estructurantes del Paisaje en el Río Puelo
ANEXO 8.3-2	Resultados Eje Hidráulico Río Puelo
ANEXO 8.4-1	Cuadro de Valoración de Elementos Estructurantes del Paisaje en el Río Futaleufú
ANEXO 8.4-2	Resultados Eje Hidráulico Río Futaleufú
ANEXO 8.5-1	Cuadro de Valoración de Elementos Estructurantes del Paisaje en el Río Baker
ANEXO 8.5-2	Resultados Eje Hidráulico Río Baker
ANEXO 8.6-1	Cuadro de Valoración de Elementos Estructurantes del Paisaje en el Río Simpson
ANEXO 8.6-2	Resultados Eje Hidráulico Río Simpson
ANEXO 8.7-1	Cuadro de Valoración de Elementos Estructurantes del Paisaje en el Río Serrano
ANEXO 8.7-2	Resultados Eje Hidráulico Río Serrano

## **PLANOS**

PLANO 5-1:	Ríos Seleccionados
PLANO 8.2-1:	Puntos de Observación y Derechos de Aguas Superficiales en Río Cochiguaz
PLANO 8.3-1:	Zonificación, Puntos de Observación y Derechos de Aguas Superficiales en Río Puelo
PLANO 8.4-1:	Zonificación, Puntos de Observación y Derechos de Aguas Superficiales en Río Futaleufú
PLANO 8.5-1:	Zonificación, Puntos de Observación y Derechos de Aguas Superficiales en Río Baker
PLANO 8.6-1:	Zonificación, Puntos de Observación y Derechos de Aguas Superficiales en Río Simpson
PLANO 8.7-1:	Zonificación, Puntos de Observación y Derechos de Aguas Superficiales en Río Serrano

## **DOCUMENTOS INTERNOS DE TRABAJO**

- FOTOGRAFÍAS RÍO PUELO
- FOTOGRAFÍAS RÍO FUTALEUFÚ
- FOTOGRAFÍAS RÍO BAKER
- FOTOGRAFÍAS RÍO SIMPSON
- FOTOGRAFÍAS RÍO SERRANO

## **1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS**

### **1.1 Introducción**

Con fecha 16 de junio del año 2005, entró en vigencia la Ley N° 20.017, Ley que modifica el Código de Aguas.

El artículo 147 bis, inciso 3 de la Ley N° 20.017 de 2005, que modifica el Código de Aguas, señala que cuando sea necesario reservar el recurso para el abastecimiento de la población por no existir otros medios para obtener el agua, o bien, tratándose de solicitudes de derechos no consuntivos y por circunstancias excepcionales y de interés nacional, el Presidente de la República podrá, mediante decreto fundado, con informe de la Dirección General de Aguas, disponer la denegación parcial de una petición de derecho de aprovechamiento. Este decreto se publicará por una sola vez en el Diario Oficial, el día primero o quince de cada mes, o el primer día hábil inmediatamente siguiente si aquellos fueran feriados.

La figura de la Reserva de Caudales para ciertos usos, consiste en denegar en parte determinadas solicitudes, de modo que exista disponibilidad de recursos para la constitución de solicitudes que se encuadren dentro de las hipótesis que señala la norma.

La denegación parcial de una solicitud, de acuerdo con la ley, procede cuando sea necesario reservar el recurso hídricos para el abastecimiento de la población, por no existir otros medios para obtener el agua, o bien, tratándose de solicitudes de derechos no consuntivos y por circunstancias excepcionales y de interés nacional. Lo anterior significa que la ley permite la denegación parcial de una petición de derecho de aprovechamiento en las siguientes circunstancias:

- Cuando se solicite un derecho de aprovechamiento de cualquier naturaleza (consuntivo o no consuntivo) que sea necesario reservar para el abastecimiento de la población por no existir otros medios para obtener el agua.
- Cuando se solicite un derecho de aprovechamiento no consuntivo y concurren circunstancias excepcionales y de interés nacional.

Para contextualizar lo anterior, es del caso señalar lo que se entiende de lo establecido en la norma:

Abastecimiento de la población se refiere específicamente a poder contar con el recurso para dotar de condiciones dignas de vida, salud e higiene a las y los habitantes de la Nación.

En cuanto a las situaciones de circunstancias excepcionales y de interés nacional que pueden ser calificadas por el Presidente de la República, ésta es una facultad discrecional, que no está normada pero que debe ajustarse a criterios de oportunidad, mérito o conveniencia.

La DGA, a consecuencia de la norma antes citada, ha desarrollado estudios a fin de analizar y determinar caudales de reserva para abastecimiento de la población por no existir otros medios para obtener el agua, y en el caso de solicitudes de derechos no consuntivos y usos asociados a circunstancias excepcionales y de interés nacional, entendiendo como áreas de interés nacional a aquellas prioritarias para el desarrollo nacional y/o regional, en las cuales la dotación o suministro del recurso hídrico adquiere una importancia ya sea directa o indirecta como factor que contribuye al desarrollo de la actividad o sector.

Los trabajos que la DGA ha encomendado son:

- Análisis y Determinación de Caudales de Reserva para Abastecimiento de la Población y Usos de Interés Nacional, AC Ing. Consultores Ltda., Agosto 2006
- Determinación de Reservas de Aguas Superficiales de Acuerdo a lo Dispuesto en el Artículo 147 Bis Inciso 3 de la Ley 20.017 de 2005 que Modifica el Código de Aguas, Aquaterra Ingenieros Ltda., Mayo 2008.

A su vez, el Departamento de Estudios y de Planificación de DGA ha desarrollado informes técnicos específicos asociados con este tema, a saber:

- Informe Técnico N° 1. Caudales de Reserva para Abastecimiento de la Población y Usos de Interés Nacional en el Río Pilmaiquén, Marzo 2007.
- Informe Técnico N° 2. Caudales de Reserva para Abastecimiento de la Población y Usos de Interés Nacional en el Río Toltén, Marzo 2007.
- Informe sobre Caudales de Reserva para Abastecimiento de la Población y Usos de Interés Nacional en el Río Rahue.
- Informe Técnico N° 4. Caudales de Reserva para Abastecimiento de la Población y Usos de Interés Nacional en el Río Bueno, Mayo de 2007.

En los estudios antes señalados se han identificado los siguientes ámbitos:

- Desarrollo Productivo
- Protección Ambiental
- Desarrollo Territorial
- Área Sociocultural

Dentro del ámbito del desarrollo productivo, se han incorporado áreas en que se llevan a cabo actividades económicas en donde la utilización del recurso hídrico es importante para su desarrollo y/o subsistencia, tales como:

- Producción energética
- Minería
- Agricultura
- **Turismo**

Finalmente, los estudios cuantificaron los requerimientos hídricos para los sectores de interés nacional identificados, y se implementó un Sistema de Información Geográfica (SIG) en donde se sistematizó la información de las temáticas de abastecimiento de la población y Áreas de Interés Nacional.

En los trabajos indicados se han identificado, entre otros tópicos, aspectos que tienen relación con el turismo, a saber:

- Los sitios dentro del SNASPE en dichos sectores
- Red Interlagos
- Las zonas y áreas de interés turístico

En términos generales, la determinación de los caudales asociados a usos no extractivos, no ha sido posible llevarla a cabo, principalmente por la falta de una metodología ad hoc, y debido además a la ausencia de herramientas (metodología) técnicas y/o hidrológicas que permitan una evaluación del caudal asociado a dicho uso, a fin de hacer efectiva la reserva de caudal correspondiente a dicho interés nacional, cual es el desarrollo del turismo.

Esta carencia, de poder contar con elementos y metodologías que definan adecuadamente los caudales asociados a usos turísticos, es de relevancia nacional, debido a la importancia que ésta área está tomando en el país. Incluso ha sido definido como uno de los ejes estratégicos de desarrollo por CORFO, lo que da cuenta de las bondades que ofrece el entorno

natural de nuestro país, y la alta demanda a nivel mundial de sitios como éstos.

El desafío que plantea el presente estudio es de alta relevancia para la discusión nacional sobre el desarrollo sustentable del país, pues requiere generar nuevos esfuerzos para integrar conceptos tales como **Paisaje**, **Patrimonio** y **Sustentabilidad**, lo que constituye una plataforma fundamental para promover la reflexión en torno a las problemáticas del crecimiento urbano, el desarrollo de turismo, y otros factores que entran a presionar fuertemente el territorio nacional actualmente.

El establecimiento de caudales de reserva de interés nacional para fines turísticos (objetivo principal del estudio), requiere que uno de los principales ejes estructurantes del turismo, el paisaje (como concepto cultural-ambiental), que integra aspectos de identidad cultural local tanto como el medio construido y natural, pueda asegurar una calidad alta, permanente y creciente en el tiempo. Este conjunto de factores son los que permiten construir distintos objetivos turísticos.

El paisaje es un documento histórico que nos propone una identificación, y nos induce a pensar que ha habido interacción humana en determinado lugar, nos habla de procesos económico-productivos, de cambios sociales y culturales, y de la transformación ambiental que ha tenido un lugar allí.

Las zonas del territorio que cuentan con cuencas hídricas importantes, están atrayendo cada vez más actividades de desarrollo económico, y por cierto una fuerte actividad turística. Ello se traduce en una dinámica de presión sobre el territorio en general, y sobre el recurso hídrico en especial, la que se visualiza con importancia en las áreas ribereñas y en los humedales asociados a la cuenca.

El territorio próximo a cuencas hídricas es sometido a presión inmobiliaria, industrial, turística, etc. Esto enfrenta al recurso a un riesgo de agotamiento, ya sea por disminución de los caudales o por contaminación de las aguas, o por la contaminación del paisaje existente.

Al estudiar las presiones asociadas a un curso de agua y sus potencialidades como recurso turístico, se podrá determinar la vocación de una cuenca, y por tanto aportar a la mantención de sus valores intrínsecos de ella.

Será parte de la metodología a desarrollar la identificación y caracterización del paisaje local de la cuenca. Una evaluación del paisaje y

un diagnóstico, que permita reconocer necesidades, zonas sensibles y proyectos asociados al paisaje.

En consecuencia, se necesita determinar una metodología de cálculo de los caudales de reserva turística, suficientemente versátil para dar cuenta de la gran diversidad biológica, hidrográfica y sociocultural con que cuenta nuestro país.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

El objetivo principal del estudio es formular una metodología que logre determinar (cuantificar) los caudales asociados al uso turístico, a fin de reservar caudales de interés nacional relacionado con dicho uso.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Definir una metodología para determinar los caudales de reserva asociados al uso turístico, en base a ciencias académicas como la hidrología, biología, medioambiente y economía entre otras, y en base a información recopilada, entrevistas y talleres, aplicando una técnica de "planificación participativa".
- Aplicar la metodología propuesta a cuencas seleccionadas, de modo de validar los resultados que se obtengan.
- Realizar un seminario de difusión con los resultados del estudio.

## **2 ÁREA DE ESTUDIO**

El estudio es de alcance nacional, pero está centrado para su posterior aplicación en las regiones IV, X, XI y XII. En las regiones X y XI se seleccionaron 2 cuencas, en las cuales será aplicada la metodología desarrollada, mientras que en las regiones IV y XII se seleccionó una cuenca en cada una.

## **3 RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES**

Se han recopilado y analizado los siguientes estudios, todos ellos analizados desde el punto de vista de la problemática del trabajo.

**Ref. 1:** Revisión de Métodos de Determinación de Caudales Reservados para el Mantenimiento de Usos Antrópicos del Agua. Documento Final. Hydro Québec, Unité Hydrique Et Environnement, Direction Expertise Et Support Technique de Production y Groupe Conseil Genivar Inc., Noviembre de 2002.

**Ref. 2:** Catastro y Localización de Usos Públicos No Extractivos o Usos In Situ del Agua. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, DGA, MOP, SIT N° 65, 2000.

**Ref. 3:** Complemento Catastro de Usos Públicos No Extractivos del Agua, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, DGA, MOP, SIT N° 84, 2001.

**Ref. 4:** Levantamiento de Usos No Extractivos o Usos In Situ del Agua, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, DGA, MOP, SIT N° 95, 2004.

**Ref. 5:** Análisis y Determinación de Caudales de Reserva para Abastecimiento de la Población y Usos de Interés Nacional, AC Ingenieros Consultores, DGA, MOP, SIT N° 116, Agosto 2006.

**Ref. 6:** Actualización de la Situación del Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos. Zona I Norte. Regiones I a IV. AC Ingenieros Consultores, DGA, MOP, SIT N° 122, 2007.

**Ref. 7:** Actualización de la Situación del Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos. Zona II Sur. Regiones V a XII y RM. AC Ingenieros Consultores, DGA, MOP, SIT N° 123, 2007.

**Ref. 8:** Caudales de Reserva para Abastecimiento de la Población y Usos de Interés Nacional, Cuencas Regiones IX a XII. Aquaterra Ingenieros Ltda., DGA, MOP, SIT N° 147, Mayo 2008.

**Ref. 9:** Riparian Areas of the Southwestern United States. Hydrology, Ecology and Management. Malchus B. Baker, Jr., Peter F. Ffolliott, Leonard F. DeBano, Daniel G. Neary.

**Ref. 10:** Anuario año 2007, Sernatur.

**Ref. 11:** Levantamiento de Hábitos de Consumo y Satisfacción con la Industria del Turismo en Chile, Ipsos, Sernatur, 2007.

**Ref. 12:** Guía para determinar caudales mínimos en el Estado de California. Editado por Lynne D. Geller, Departamento de Ecología, Programa de Recursos Hídricos, EEUU 2003

**Ref. 13:** El Desarrollo de empresas de ecoetnoturismo indígenas en las áreas silvestres protegidas, Miguel Díaz Gacitúa Santiago, 20 de enero del 2001 CONAF

**Ref. 14:** Chile: Espacios naturales protegidos y pueblos indígenas. Conservación del patrimonio natural y cultural. Miguel Díaz Gacitúa, CONAF 2004

**Ref. 15:** Flows and Recreation A guide to studies for river professionals Doug Whittaker, Ph.D. Confluence Research and Consulting Bo Shelby, Ph.D. Oregon State University John Gangemi American Whitewater/OASIS Environmental October 2005

**Ref. 16:** Instream flows and "angler habitat:" Flow effects on fishability on eight Pacific Northwest rivers, Doug Whittaker, Confluence Research and Consulting, Bo Shelby Department of Forest Resources, Oregon State University.

**Ref. 17:** Impacto de los Proyectos de Represas en Aysén en el Desarrollo del Turismo en la Región. U. De Chile Rodolfo Sapiains del Departamento de Psicología de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Chile.

**Ref. 18:** Estudio Rentabilidad social regional Proyecto HidroAysen Transelec versus actividades turísticas Región de Aysen. Ph.D. Fernando Salamanca O.

**Ref. 19:** Evaluating instream flows for recreation: Applying the structural norm approach to biophysical conditions Doug Whittaker **Research Consultant** Bo Shelby **Professor** Oregon State University

**Ref. 20:** Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica Centro de Ecología Aplicada Ltda. Comisión Nacional de Medio Ambiente Informe Final, 2006.

**Ref. 21:** Tesis de Magíster Oferta De Turismo de Intereses Especiales X Región.

**Ref. 22:** Shelby, B., T. C. Brown, and J. G. Taylor. 1992. Streamflow and recreation. USDA Forest Service General Technical Report RM-209. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, CO.

**Ref. 23:** Shelby, B. D. Whittaker, and W. Hansen. 1997. Streamflow effects on hiking in Zion National Park, Utah. *Rivers* 6(2):80-93.

**Ref. 24:** Metodología para Determinar Intensidad de Uso Público en Áreas Silvestres Protegidas, CONAF, AMBAR, PNUD 2000.

**Ref. 25:** Determinación de una Metodología para Establecer el Caudal de Compensación en los Ríos de Costa Rica. Ing. Agr. Miguel Víquez Camacho –Coordinador (ICE) Ec. Agr. Rogelio Araya Rojas (ICE)M.Sc. Karla Sánchez Campos (Consultora) Dr. Anders Hiort (Consultor AB HYDROCONSULT)

**Ref. 26:** Agua y Turismo. Nuevos Usos de los Recursos Hídricos en la Península Ibérica. Enfoque Integral. Leandro García González Universidad Carlos III de Madrid

**Ref. 27:** GIRH; Revisión de Criterios Empleados PARA LA valoración y la Participación de Agentes Sociales en su Instrumentación

Otros trabajos que han servido como apoyo para el desarrollo del estudio son los que se señalan a continuación:

- Balance Hídrico de Chile, DGA, 1987.
- Censo Nacional de Población y Vivienda. INE, 2002
- SIG CONAF, SIG DGA, SIG Vialidad, SIG Conadi
- Información de Derechos de Aguas (DARH, DGA)
- Caudales Ecológicos. Caracterización Hidroambiental Etapa I. AC Ingenieros Consultores. DGA, 1996.

A continuación se procede a llevar a cabo un resumen de los trabajos de las referencias antes señalados, indicando explícitamente la información que podría ser de utilidad para el presente estudio.

**Ref. 1: Revisión de Métodos de Determinación de Caudales Reservados para el Mantenimiento de Usos Antrópicos del Agua. Documento Final. Hydro Québec, Unité Hydrique Et**

**Environnement, Direction Expertise Et Support Technique de Production y Groupe Conseil Genivar Inc., Noviembre de 2002.****a) Introducción**

La empresa Hydro Québec de Canadá, solicitó al Grupo Conseil Genivar Inc., el desarrollo de un estudio que permita obtener información relativa a la forma de cómo la dimensión humana puede o debiera ser considerada en la determinación de los caudales reservados ecológicos. Se solicitó un trabajo que efectúe una revisión sobre el asunto indicado, e identifique las formas de integración de los componentes del medio humano en el proceso actual de determinación de caudales de reserva ecológicos. El estudio estuvo orientado básicamente a:

- Realizar una revisión de documentos sobre los métodos de determinación de caudales reservados relacionados a los componentes del medio humano.
- Identificar las implicancias sobre los componentes del medio humano por el desecamiento de un curso de agua.
- Identificar los componentes del medio humano que podrían afectarse positiva o negativamente por la aplicación de un caudal reservado ecológico.
- Identificar formas de integración teniendo en cuenta los componentes del medio humano en los procesos actuales de determinación de CRE.
- Validar los caminos y recomendaciones propuestos.

A partir de esta recopilación de información, se proponen métodos de determinación de caudales reservados ecológicos para los principales usos asociados al agua asociados a los cursos de agua de Québec, Canadá. Luego, dichos métodos fueron agrupados en un procedimiento general, el cual detalla las etapas que debiera cumplir todo proyecto que se oriente y desee integrar los múltiples usos del agua en la determinación de los caudales reservados. Finalmente se proponen recomendaciones para el desarrollo o para adaptar métodos de determinación de caudales reservados, relacionado con los usos múltiples del agua, para la realidad de Québec, Canadá.

## b) Componentes del Medio Humano Afectados por una Modificación de Caudal

En el Cuadro 3-1 se presenta una lista de todos los componentes del medio humano que pudieran ser afectados por un caudal reservado, precisando la naturaleza de las modificaciones previstas para cada una de ellas.

**CUADRO 3-1**  
**COMPONENTES DEL MEDIO HUMANO POTENCIALMENTE**  
**AFECTADOS POR UNA REDUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL CAUDAL**  
**DE UN CURSO DE AGUA**

Usos componentes	Impactos
<b>Paisaje</b>	La reducción del caudal puede acarrear una disminución del atractivo visual global del río o de ciertos puntos de observación panorámicos Ej. Caídas. Además de la reducción del caudal, la modificación del patrón erosión-sedimentación contribuye también a modificar el paisaje de las riberas.
<b>Ambiente acústico</b>	La disminución de ruido puede percibirse negativamente por los usuarios de los ríos en razón de la disminución o de la pérdida de ambiente y dinamismo ligado al movimiento del agua.
<b>Navegación comercial</b>	La reducción de caudal puede limitar la navegación comercial durante algunos períodos, acarreando así una reducción de la actividad económica ligada al transporte marítimo.
<b>Recreación, Baño Navegación de agrado Canoa Kayak Rafting, Camping, etc.</b>	La reducción de caudales, de velocidades de escurrimiento y de nivel de las aguas puede afectar la frecuentación de un curso de agua y su utilización en razón de la modificación de su patrón de uso (ej. Impacto negativo sobre los kayak de aguas blancas pero positivo para el baño o canoa (canotaje). Esto puede acarrear repercusiones sobre la economía local. Desde un punto de vista personal o familiar, la pérdida de atractivo de un río para la recreación puede traducirse en una reducción del número de ocasiones en que se desarrolla una actividad al aire libre.

Usos componentes	Impactos
<b>Pesca deportiva</b>	La reducción de caudal puede acarrear una disminución o una pérdida del atractivo de ciertos tramos de un río para la pesca deportiva, e inversamente un aumento del atractivo en otros tramos. En efecto, una reducción de caudal acarrea a menudo un desplazamiento de algunas especies deportivas hacia otros hábitats más favorables, acarreando a su vez un desplazamiento de los sectores más propicios para pescar. La aparición de obstáculos a la navegación, la degradación posible de la calidad del paisaje y la apertura de las riberas favoreciendo el acceso al río son elementos que pueden modificar el patrón de uso de un curso de agua para la pesca deportiva. En fin la relocalización posible de peces puede acarrear el desplazamiento de sitios favorables para la pesca lo que podría requerir habilitar nuevos caminos de acceso.
<b>Veraneo</b>	Disminución posible del valor de las propiedades. Pérdida del goce de lugares considerando la lejanía generada entre la línea de la ribera y las fachadas de las casas, así como las orillas más desnudas de vegetación durante el período de tiempo necesario para la recolonización de la sección con vegetación.
<b>Actividades tradicionales</b>	En su manifestación contemporánea, las actividades tradicionales pueden practicarse en un medio poco transformado y utilizado en diversos fines. Varias comunidades desean toda vez mantener salvajes los ríos ligados a sus culturas y a su historia. Los impactos de la reducción del caudal sobre las actividades tradicionales pueden parecerse a aquellos vividos por otros utilizadores (problemas ligados a la navegación, a la disminución del atractivo del paisaje, desplazamiento invierno/verano, pesca, caza, captura de animales, pérdida de espacios propicios a la vivienda etc.) pero con un grado de percepción más elevado, en razón del lazo estrecho que mantienen las poblaciones autóctonas con su territorio y más particularmente con los ríos. La reducción del caudal puede ser percibida negativamente por los autóctonos, en razón del impacto posible (o presumido así) sobre la abundancia y la distribución de los recursos de fauna (peces y animales de pieles) y sobre las dificultades de acceso al territorio que ella puede provocar.
<b>Planificación territorial</b>	Como los caudales del río influyen la abundancia y la distribución de los recursos acuáticos y la mayoría de los usos ligados al medio acuático y ribereño, toda modificación permanente del caudal debe ser considerada en el marco de la planificación y ordenamiento territorial (riego para la agricultura, tomas de agua potable, lugares para la recreación, vertidos industriales, turismo etc.)
<b>Áreas protegidas</b>	La Ley sobre los Parques no ofrece protección al exterior de los límites del parque (en Canadá), en consecuencia, la reducción del caudal hacia arriba de los límites de un parque no implica medidas de protección adicionales.
<b>Aspectos sociales</b>	La reducción de caudal de un curso de agua, al modificar ciertos patrones de uso para diversos fines, puede ser origen de conflictos entre grupos sociales y económicos. (ej. residentes, autóctonos y no autóctonos).
<b>Salud pública</b>	La baja en el nivel del agua puede ocasionar, en período de fuertes calores, una proliferación de algas y bacterias y acarrear problemas de salud pública.

Fuente: HidroQuebec 2002

### **c) Métodos Actuales**

Los métodos actuales se pueden agrupar en 3 grandes categorías:

- Modelos Numéricos y Científicos
- Encuestas a los Usuarios
- Juicios de Expertos

La elección de un método dependerá de varios factores como: el tipo de río, los componentes del medio humano considerados, los tipos de usuarios y su disponibilidad, así como los recursos y el tiempo disponible a aplicarlo. Según Whittaker y Col. (1993) no existe un método suficientemente completo y robusto que considere todos los componentes del medio humano en la determinación de un CRE (Caudal de Reserva Ecológico).

#### **c.1) Modelos**

##### **- Método del Transecto Directo**

Este método se refiere al uso de una sección transversal del río donde se miden algunas variables como velocidad de escurrimiento y profundidad, para desarrollar un modelo hidráulico predictivo. SE utiliza para estudiar la dificultad de paso de barcos motorizados al nivel de ciertos umbrales (caudal mínimo para permitir la libre circulación a estos lugares), o bien identificar los caudales que van a provocar la inundación de una playa o de un sitio de pesca en orilla.

Con este método se puede sobreestimar el caudal aceptable, ya que un nivel de agua suficiente, sobre ciertos umbrales, puede traducirse en un caudal de aguas muy elevado para otros usuarios.

Por ejemplo, para los adeptos de bajadas en aguas blancas (*eaux vives*) un caudal óptimo está más ligado a la presencia de obstáculos y a las condiciones de escurrimiento en los canales frecuentados.

El ancho y profundidad de un curso de agua considerados como adecuados para la navegación son discutibles, ya que ellos varían según el tipo de embarcación y la experiencia del navegador. Algunos test sobre ríos pueden ser útiles para estos efectos. Por ejemplo, para el canotaje o kayak, una profundidad de 10 a 20 cm es considerado suficiente para permitir el libre paso.

### **- Instream Flow Incremental Methodology (IFIM)**

La utilización de este método se restringe a las actividades recreativas influenciadas por los caudales de los ríos; se divide en 3 etapas principales:

- i) Evaluación de la probabilidad de utilización o las preferencias, para la práctica de una actividad dada, para una gama de velocidades de escurrimiento y de profundidades. Estas evaluaciones pueden establecerse a partir de juicios de expertos o bien por encuestas a los usuarios.
- ii) Modelación del eje hidráulico (altura de aguas y velocidades) para diferentes caudales.
- iii) Evaluación, para diferentes caudales, del número de unidades de superficie propicias al tipo de actividad recreativa considerada.

El método IFIM presenta la ventaja de integrar la dimensión espacial a partir de los análisis, y cuantificar los efectos sobre una larga gama de caudales; sin embargo, presenta algunas limitantes.

En efecto, por ejemplo se asume que la profundidad y la velocidad de la corriente son las únicas variables que influyen el nivel de atractivo y de satisfacción que presenta un río para la práctica de una actividad recreativa dada. Para la navegación, el baño, la bajada en kayak (canotaje), estas variables pueden proporcionar una buena apreciación de las condiciones requeridas, pero para las actividades como rafting o para evaluar la calidad del paisaje, este método es menos preciso.

Supone este método la posibilidad de identificar caudales mínimos, máximos y óptimos para una actividad dada.

En la mayoría de los casos, uno se limita a un juicio de valor en lo concerniente a las preferencias para las condiciones deseadas, sin embargo es necesario idealmente basarse sobre resultados de encuestas. Trabajos en terreno, en conjunto con los usuarios, son a menudo necesarios para validar las curvas de preferencia o de uso que alimentan el modelo.

Este método asocia un máximo de unidades de superficie propicias a una actividad dada con un óptimo de potencia para esta misma actividad. Esta interpretación es en parte falsa, ya que el hecho de tener más unidades de superficie correspondientes a una velocidad y una profundidad dadas, no

significa que se optimiza la calidad de la recreación (es el caso para la cantidad y para las superficies de playas).

Por ejemplo, un paso de sólo algunos metros de ancho pero bastante profundo es suficiente para permitir el libre paso de embarcaciones. Comparando esta situación con otras donde la misma profundidad se observa en una larga sección del río, el método IFIM hará resaltar las mejores condiciones de navegabilidad asociadas a esta última, sin embargo ésta en la realidad no es el caso. En efecto, no existe una relación directa y única entre el grado de satisfacción por la práctica de una actividad recreativa y el caudal del río. Por otra parte, este método aplicado a la recreación es mucho más discutible que aplicado para la fauna acuática y su hábitat.

### **- Modelos Predictivos Basados en Variables Hidrológicas**

Estos modelos relacionan directamente las condiciones propicias para la práctica de una actividad, o el mantenimiento de un uso específico asociado a un caudal medio con la ayuda de una fórmula matemática; es el caso del método de Tennant y del desarrollado por Corbett (1990) para evaluar las condiciones mínimas de caudal que permiten la actividad de canoa (*canoeing zero flow*).

**El canoeing zero flow se define como el caudal que permite a un canotista experimentado descender un río sin ser frenado en su curso, incluso si la embarcación toca fondo en dos o tres partes en los sectores poco profundos. A partir de estas observaciones de Corbett y de los datos hidrológicos, el autor propone una ecuación permitiendo predecir el canoeing zero flow para el conjunto de ríos. Este método se basa en una relación empírica entre el caudal medio anual y las necesidades mínimas requeridas para la navegación.**

Este método es simple y permite una evaluación rápida de las condiciones favorables para una actividad recreativa dada. Reduce eso sí estas mismas condiciones a un solo factor, el "caudal de agua en el río". Así, esta variable es insuficiente por sí sola para representar adecuadamente el medio ambiente, susceptible de agradar o desagradar a todas las categorías de usuarios.

### **- Modelamientos Basados en Modelos Físicos a Escala Reducida**

Los modelos físicos implican la construcción a escala reducida del río bajo condiciones controladas en laboratorio. Ellos permiten variar voluntariamente el caudal para medir efectos diferentes (altura de las olas, cantidad de sedimentos transportados, erosión etc.). El modelo reducido se limita evidentemente a una porción del río. Las aplicaciones de este método son escasas y se limitan casi exclusivamente a la creación de ríos artificiales cerca de centros urbanos (bajadas en aguas vivas en slalom), así como al estudio de caídas creadas por un dique con el fin determinar las condiciones de escurrimiento para permitir sus atravesos y accesos con seguridad.

Estos métodos presentan la ventaja de entregar resultados cuantificables y reproducibles, pero tienen la desventaja de ser muy onerosos, y no siempre representan la realidad.

### **c.2) Encuestas a Usuarios**

Este método implica obtener una muestra representativa de usuarios de un río para un conjunto de actividades recreativas. El objetivo es determinar caudales óptimos para la práctica de cada una de las actividades recreativas. La encuesta debe ser preferentemente realizada en terreno, lo que permite una evaluación inmediata de las condiciones de un caudal específico (apreciación cualitativa). Las entrevistas pueden hacerse individualmente o al interior de un focus group. Este método procura datos cuantitativos que permiten desarrollar una relación estadística entre la calidad de la recreación y el caudal, la cual se expresa bajo la forma de una curva de evaluación de caudales.

Las encuestas pueden realizarse para un solo caudal (encuesta de caudal único) o para varios caudales. La encuesta puede desarrollarse a lo largo de una estación para evaluar la gama más amplia de caudales (experimentación con 3 o 4 caudales) o bien a lo largo de una jornada, cuando es posible de controlar el caudal (encuesta de caudales controlados). La última situación es aconsejable ya que es más fácil de comparar caudales cuando se experimentan durante la misma jornada con el mismo grupo de usuarios. El recurrir a un grupo que frecuenta regularmente el río para el estudio de la práctica de una actividad, permite el uso de soportes audiovisuales como la fotografía y videos.

**Según Whittaker y col. (1993) las encuestas de los usuarios se revela generalmente como el método más eficaz para evaluar cuantitativamente los caudales, propicios o no, para la práctica de actividades recreativas.**

### **c.3) Juicio de Expertos**

Este método consiste en consultar a usuarios experimentados de un curso de agua (especialista en una disciplina dada como el canotaje, kayak, pesca, etc.) o a profesionales en diferentes disciplinas, para obtener la información de base (intereses, preocupaciones e incidencias de caudales por la práctica de una actividad, tipo de actividades practicadas etc.). En consecuencia, las informaciones recogidas son principalmente de naturaleza descriptiva y cualitativa.

**Constituye el método más común para evaluar el efecto directo del caudal sobre la recreación y para validar los resultados que emanan de un modelamiento o de una encuesta a los usuarios.**

La mayoría de los estudios sobre este objeto no han sido publicados (Brown y col.1992 en Clipperton 1998). El primer objetivo consiste en verificar cómo el caudal puede afectar la práctica de las actividades recreativas. El juicio de expertos implica previamente un reconocimiento del río, de preferencia cuando los caudales están cercanos al umbral mínimo crítico para la práctica de una actividad.

Este método presenta la ventaja de ser rápido y defendible, ya que los testimonios de expertos son generalmente bien recibidos, incluso si la evaluación no proviene de un análisis detallado. Ello implica eso sí una cierta subjetividad de los expertos respecto de las preferencias del conjunto de los usuarios, así como el nivel de relación entre los caudales y la calidad de práctica de la actividad. En otras palabras, si los juicios son erróneos las recomendaciones dirigidas a mantener un caudal dado no serán las adecuadas para ofrecer formas y ocasiones de recreación interesantes.

### **d) Selección de Métodos**

En función de las características del río y del tipo de actividades recreativas o de usuarios, algunos métodos son más útiles que otros, lo que tiene relación con las particularidades propias de cada proyecto.

En el Cuadro 3-2 se incluye un resumen de los métodos que podrían emplearse en función de los usos o componentes del medio humano considerado.

**CUADRO 3-2  
MÉTODOS SEGÚN COMPONENTE DE ANÁLISIS**

Componente	Método
Navegabilidad	Encuesta a los usuarios. Juicios de expertos. Modelamiento a partir de secciones transversales en los lugares críticos. Encuesta con caudales controlados. Encuentros tipo Focus Group
Bajada en aguas blancas (Rafting)	Encuesta a los usuarios (con uno o más caudales conocidos). Juicios de expertos. Modelamiento a partir de secciones transversales en los lugares críticos. Encuesta con caudales controlados. Encuentros tipo Focus Group. Utilización de fotos o videos. Modelo físico a escala reducida. Clasificación de rápidos en función de diferentes caudales.
Pesca deportiva	Encuesta a los usuarios. Juicios de expertos. Modelamiento y simulación (IFIM). Encuentros tipo Focus Group.
Actividades de baño	Encuesta a los usuarios. Juicios de expertos (morfología del lecho del río favorable a la creación de playas de arena). Modelamiento y simulación (IFIM)
Estética y paisaje	Encuesta a los usuarios. Juicios de expertos. Encuentros tipo Focus Group. Consideración de la gama más amplia de caudales posibles a través de fotos o videos. Simulaciones visuales (imágenes de síntesis, videos verticales y oblicuos).
Actividades tradicionales	Revisión de la problemática ligada al uso y ocupación de las comunidades autóctonas del río (transportes, sitios de camping, sitios de ocupación histórica, caza, pesca) con los responsables de las comunidades autóctonas respectivas y los usuarios. Preconizar el empleo de medios visuales como fotografías, videos o imágenes de síntesis.
Ambiente acústico	Utilización de un sonómetro para medir el nivel de ruido con diferentes caudales. Encuesta de usuarios (utilización de un video con un nivel de ruido equivalente, calibrado con un sonómetro, para distancias comparables desde el origen del ruido. Utilización de imágenes tomadas con distintos caudales.

Fuente: HydroQuebec 2002

### **e) Integración de Caudales Reservados**

El análisis de distintos escenarios de caudales es un instrumento útil para resaltar los desafíos y las repercusiones de diversos caudales reservados que producirán una combinación variable de beneficios según el recurso. La selección de un escenario que optimice los beneficios puede ser ardua. El objetivo último es mantener un caudal que satisfaga los requerimientos de las especies principales de caza o pesca y los principales usos y actividades. Estos últimos son a menudo identificados para las poblaciones locales luego de rondas comunicacionales y participación ciudadana. En varias circunstancias esto requerirá establecer un orden de prioridad (recursos y componentes del medio) para el establecimiento de un caudal reservado ecológico.

El método propuesto por Whittaker (1993) se resume así:

- Hacer resaltar los umbrales en términos de caudales reservados para cada uno de los usos y de los recursos tomando el cuidado de asociarlos a una estación del año cuando corresponda.
- Efectuar una revisión de las restricciones naturales y humanas que pueden limitar el caudal de agua necesario para satisfacer los requerimientos ligados a todos los usos.
- Superponer y confrontar los diferentes caudales reservados para hacer resaltar los que son compatibles de los que no lo son.
- Proponer diversos escenarios en función de los usos o de los recursos que se desea optimizar.
- Escoger un escenario.
- Desarrollar una estrategia de puesta en marcha.

El trámite implica la evaluación de los beneficios de cada uno de los escenarios sobre los planes medio ambientales, sociales y económicos.

### **f) El Caso Québec**

Para Québec, el estudio de la documentación permitió contar con siete proyectos hidroeléctricos en los cuales se pudo determinar los caudales reservados necesarios para mantener actividades o usos antrópicos de los cursos de agua. Aparte del proyecto Tabaret, se trata de proyectos de desarrollo de centrales de una potencia inferior a 50 MW y que necesitan la reducción del caudal en un tramo de río relativamente corto (menos de 2 km). El proyecto Tabaret (130 MW), suspendido por el momento, debería implicar la reducción del caudal en los ríos Kipawa y Gordon, en una longitud cercana a los 12 km.

**En todos estos casos, el mantenimiento de la calidad del paisaje constituía uno de los principales apuestas a nivel humano. Se quiere conservar el interés, así como el valor estético de caídas de agua existentes en secciones de ríos perturbados. Se añaden a esto, otras consideraciones según el tipo de proyecto, como la canoa, el kayak, el baño, la pesca deportiva, etc.**

La complejidad de los métodos utilizados es variable según los proyectos, yendo de la simple determinación empírica de los caudales reservados por el ejecutor de las obras hasta análisis hidrológicos para períodos objetivos del año y modelamientos hidrodinámicos. Para los proyectos donde los caudales reservados son fijados a partir de un estudio empírico, los documentos consultados entregan muy pocos detalles acerca de los criterios utilizados. Se menciona únicamente que un caudal reservado equivale a un porcentaje del caudal módulo anual o bien del caudal promedio mensual "es consensuado durante los períodos de utilización más fuerte en el tramo más involucrado».

Los proyectos de las cascadas de Chaudière y de Val-Jalbert, se realizaron con un enfoque más sofisticado para poder conservar la estética de las caídas de agua.

- En primer lugar, especialistas del paisaje realizaron análisis de las cascadas, a partir de fotografías con diferentes caudales, para identificar los elementos físicos interesantes desde el punto de vista estético (como el volumen de salpicaduras y nube de agua de rocío por la caída, la distribución del caudal en la caída, etc.).
- A continuación, por medio de investigaciones, se presentan algunas fotografías del lugar con distintos caudales a usuarios del medio para que aprecien el interés (o el atractivo) visual. Así es posible definir un caudal de atractivo mínimo, es decir, por debajo del cual las caídas no ejercen interés visual.
- Por último, el período de aplicación de este caudal se fija teniendo en cuenta los períodos de frecuentación del lugar por el público. El período de aplicación puede corresponder a algunos días o a unas cuantas horas dentro del día.

En el caso del proyecto de Val-Jalbert, el análisis visual se efectuó con ayuda del método del MTQ (1986) que se basa en la división del paisaje en unidades homogéneas las cuales se les concede un valor intrínseco en función de la accesibilidad del lugar, del interés del paisaje, de la

valorización de éste por el público.

Por otra parte, en el proyecto de las cascadas de Chaudière, se reubicó el lugar principal de la caída para repartir de mejor forma el caudal, para reforzar el efecto visual de las cascadas y aumentar el atractivo de las caídas con el caudal mínimo.

El caso del proyecto Tabaret resalta por su complejidad. Las apuestas eran múltiples ya que se tomó en cuenta, además de la calidad del paisaje, las consideraciones relativas a la práctica del kayak, del baño, a la dilución de los efluentes municipales y a la extracción de agua potable. Debido precisamente al gran número de actividades y usos, la primera etapa del enfoque considerado fue establecer el calendario para los ríos Kipawa y Gordon (ej: Kayak durante los fines de semana de Junio, baño en Agosto, etc.). Luego, análisis hidrológicos, investigaciones y encuestas a los usuarios y modelaciones hidrodinámicas de los desagües permitieron establecer caudales mínimos aceptables para cada actividad.

#### **g) El Caso al Exterior de Québec**

##### **- El caso del río Bow en Alberta**

En el marco del proyecto hidroeléctrico del río Bow en Alberta, (Clipperton, 1998) el tema se concentró en los caudales reservados necesarios para mantener un medio propicio para la práctica de actividades recreativas. Se emplearon 3 métodos:

##### **- Juicio de expertos**

Clipperton entrevistó a usuarios experimentados del río Bow (seleccionados a través de un club) para obtener información de base (intereses, preocupaciones e incidencias del caudal para la práctica de las actividades, tipo de actividades practicadas, etc.) y para corroborar los datos recogidos por los otros 2 métodos. Las informaciones recogidas son sólo de carácter descriptivo.

##### **- Encuesta a los usuarios**

Una muestra representativa de usuarios del río Bow sirvió para determinar los caudales óptimos para la práctica de cada una de las actividades recreativas. La encuesta fue realizada en terreno, lo que permitió una evaluación inmediata de las condiciones de práctica con un caudal

específico. Este método entrega datos cuantitativos que permiten desarrollar una relación estadística entre la calidad de la recreación y el caudal, la cual se expresa bajo la forma de una curva de evaluación de caudales.

**- Experiencia con caudales reservados (encuestas con caudales controlados)**

Para un control de la represa Ghost (Ghost Dam) tres caudales fueron autorizados durante una jornada para permitir experimentar la bajada en kayak y en canoa.

➤ **Resultados Obtenidos:**

Los datos obtenidos con la ayuda de 3 métodos presentados precedentemente permitieron relacionar el caudal con la práctica de actividades recreativas (pesca deportiva, canoa, rafting y kayak). Las curvas de evaluación identifican los caudales no aceptables, mínimos y óptimos para una actividad dada en la porción del río estudiada.

Los caudales no aceptables no son aquellos que no permiten la práctica de actividad (entraba la navegación por ejemplo), pero sí aquellos para los cuales ésta es calificada de no interesante para la mayoría de usuarios. El caudal mínimo está definido como el más débil a partir del cual la curva de evaluación atraviesa el nivel de aceptación mientras que el óptimo corresponde a la parte superior de la curva.

Las curvas de evaluación han sido establecidas tomando el promedio de respuestas con un caudal dado.

Reportando los valores compilados en un gráfico (mediano para cada uno de los caudales estudiados) el caudal mínimo aceptable está definido como aquel donde la curva atraviesa el nivel 2 "aceptable".

Para la pesca deportiva, los pescadores interrogados (>20 años de experiencia en el río Bow) acuerdan en decir que las condiciones de pesca son buenas cuando el nivel del río es estable, adecuadas cuando el nivel está bajo y débiles cuando está en ascenso o alto.

Las curvas de evaluación de caudales fueron luego comparadas con los caudales normalmente registrados durante la estación estival para deducir los impactos actuales de la gestión de la represa, y para proponer recomendaciones que favorecen las actividades recreativas.

## **h) El Caso del Río Dolores en Colorado**

El río Dolores, al sur oeste de Colorado, es utilizado con fines múltiples y que comprende el riego, el uso industrial, la recreación, el hábitat de peces, así como producción hidroeléctrica con embalse. El método de evaluación global de caudales reservados sobre este río, detallado por Vandas y col (1990), se resume en 6 etapas:

- evaluación preliminar
- identificación y descripción de los recursos que dependen del caudal.
- Descripción y cuantificación de la hidrología y geomorfología
- Descripción de los efectos del caudal sobre el valor de los recursos
- identificación de los caudales requeridos para proteger los recursos y su utilización
- desarrollo de una estrategia para asegurar los caudales identificados

Más específicamente para la recreación, el método implica 4 etapas:

- evaluación de las ocasiones y actividades de recreación disponibles
- identificación de valores específicos o de condiciones buscadas a partir de la experiencia asociadas a cada de las ocasiones de practicar la actividad recreativa
- examen de relaciones entre el caudal y la calidad de la recreación
- recomendación de caudales necesarios para asegurar una calidad recreativa elevada

Estas etapas se cumplieron con la ayuda de una revisión de la información disponible (ocasiones de práctica de la actividad recreativa y las condiciones buscadas por los clientes) con un reconocimiento del río, entrevistas con expertos, y una encuesta a los usuarios experimentados.

El reconocimiento del río consistió en una bajada hecha por un equipo interdisciplinario (hidrología, geomorfología, aspectos legales y opciones de gestión de caudales). Esta bajada tenía por objetivo abordar las consideraciones ligadas al libre paso de embarcaciones, para seleccionar

las secciones atravesadas (representativas y críticas) y para completar el inventario de los recursos involucrados.

Las entrevistas con expertos, ya sean administradores de río o veteranos de bajadas en kayak del río Dolores, permitieron identificar las condiciones determinantes de la calidad de la experiencia (rafting, kayak y canoa) y especificar las relaciones entre el caudal y la calidad de la recreación. Esta estaba estructurada de forma de entregar información sobre cada segmento del río con diferentes caudales.

La encuesta a usuarios es el componente principal del estudio. Los resultados de estudios anteriores demostraron que los usuarios experimentados no están en condiciones de describir adecuadamente la relación que existe entre el caudal y la calidad de su experiencia. Un total de 128 encuestados (sobre un total de 170) eran experimentados. Un hecho interesante fue que algunas preguntas se orientaban a establecer un orden de prioridad entre ciertas opciones, como el hecho de tener condiciones óptimas durante un corto período de tiempo, o condiciones medias durante toda la estación. Se consultaba a los participantes de elegir entre el hecho de tener condiciones ideales para la pesca en desmedro de las condiciones de navegación o viceversa y si estaban interesados en pagar para tener condiciones óptimas sobre un período de tiempo más largo, si esto hubiese sido una solución posible. Las respuestas fueron analizadas, con la ayuda de gráficos, estadísticas, descriptiva y análisis estadísticos.

Las respuestas permitieron establecer igualmente una curva de evaluación de caudales en función de la calidad de la experiencia para la actividad de canoa, rafting y kayak. La Figura 3-1 presenta curvas de caudales para distintas actividades en el estudio realizado en el río Colorado

**FIGURA 3-1**  
**CAUDALES EN RÍO COLORADO PARA DISTINTAS ACTIVIDADES Y GRADOS DE SATISFACCIÓN**

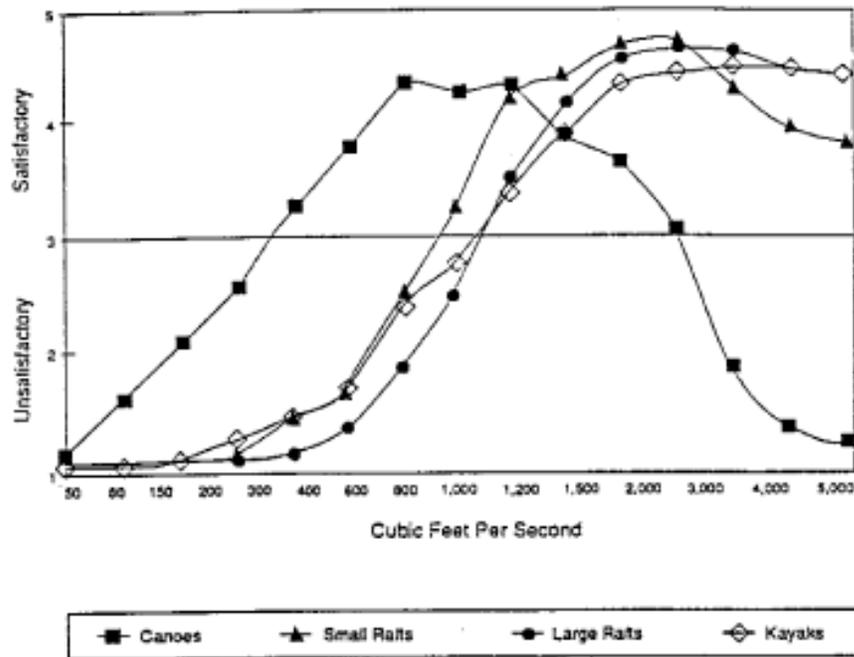


Figure 32. Flow evaluation curves for the upper canyon.

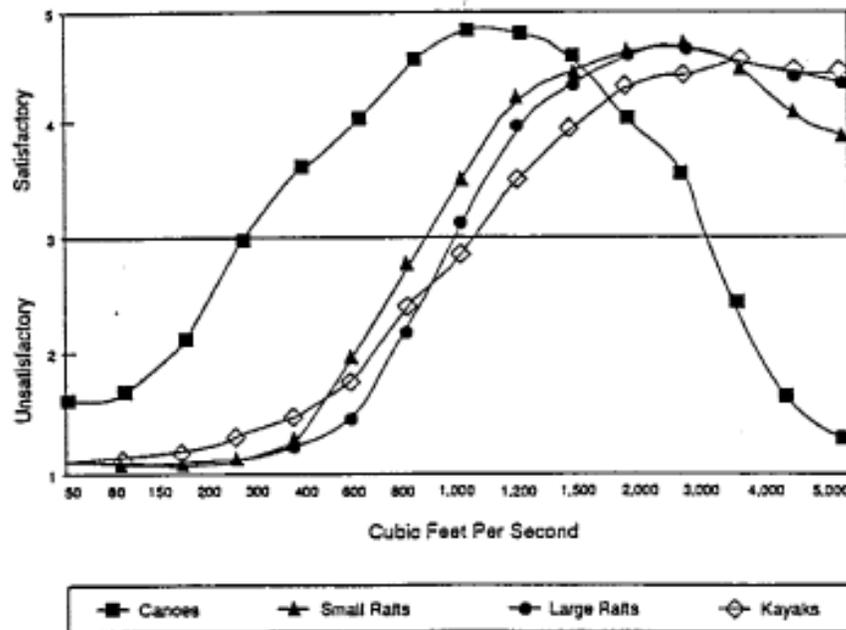


Figure 33. Flow evaluation curves for the lower canyon.

Los responsables debían evaluar el caudal experimentado (desde no satisfactorio a satisfactorio), para un tipo de embarcación dada. La media de las respuestas (valores 1 a 5) se llevó a un gráfico. Las condiciones mínimas representan el punto de la curva donde ésta cruza el umbral entre lo que está considerado como satisfactorio en términos del caudal que no lo es.

En general, para el conjunto de las actividades estudiadas, se prefieren condiciones medias para un largo medio de estación. Este escenario es considerado como aceptable para todos los grupos, aún cuando un caudal medio no sea la opción óptima para cada una de las actividades tomadas separadamente. Varios kayakistas y adeptos al rafting van a practicar igual su actividad sólo cuando las condiciones de caudal sean óptimas (caudales reservados). Algunos kayakistas propusieron que los caudales elevados sean entregados solamente los fines de semana.

El Cuadro 3-3 resume las condiciones mínimas de caudal para cada una de las actividades, en el río Colorado. A partir de estas informaciones, 5 escenarios de gestión de caudales fueron propuestos para mantener el valor natural del río, y para ofrecer una cierta calidad de recreación al interior de restricciones de gestión.

**CUADRO 3-3**  
**REQUERIMIENTOS DE CAUDALES PARA ACTIVIDADES EN RÍO**  
**COLORADO**

ACTIVIDAD	Caudal requerido (m <sup>3</sup> /s)
Canoa, pesca	3,5
Canoa, vista escénica	8,4
Rafting, vista escénica	22,4
Minima agua para kayak y rafting	30,8
Optimo flujo para kayak y rafting	56
Profundidad suficiente para truchas incubación y puesta de ovas	3,5
desove	1,8
adultos	1,4

Fuente: Vandas 1990

**i) Los Desarrollos Recientes**

La postura de la Conferencia sobre caudales reservados, realizada en Cape Town a comienzos de Marzo del 2002, permitió analizar sobre la

determinación de los caudales necesarios para el mantenimiento de los usos antrópicos del agua. Se resalta que éstos son objeto de cada vez más investigaciones en el mundo, particularmente en países africanos (África del Sur, Zimbabwe, Lesotho, Mozambique y Namibia) donde la aridez del clima, conjugada a la escasez del agua y abundancia de población, hacen que la dimensión social de los caudales reservados haya recibido más atención que en otras ocasiones y lugares.

Algunos métodos se pusieron a punto en estos lugares para la consideración de los aspectos sociales en la gestión de los cursos de agua. El método más desarrollado y el más estructurado hoy en día, es incuestionablemente el *Building Block Methodology (BBM)* cuyas bases fueron entregadas por King y Tharme (1994) y King (1996) y que han sido objeto de una descripción más detalladas en Tharme y King (1998) y en King y Low (1998).

Este método se compone de ocho etapas principales:

- Identificación de las comunidades humanas involucradas y selección de los sitios de estudio
- Identificación y localización de los recursos utilizados
- Identificación de los diversos usuarios y usos practicados
- Evaluación de la importancia relativa de cada recurso y cada uso
- Determinación de los períodos de utilización de los recursos
- Identificación de los niveles de agua asociados a los diversos recursos y a los usos de agua
- Análisis hidrológico de los caudales
- Determinación de niveles de agua deseables en el río

El desafío se relaciona a la obtención e intercambio de la información entre los especialistas que forman parte del estudio. En efecto, interesa recopilar información, de forma que ésta sea comprendida y utilizable por todos los especialistas y más particularmente los del medio físico, que deberán establecer los caudales asociados a los niveles deseados por la población.

## **j) Procedimientos Propuestos**

La consideración de la reducción de caudal en un curso de río y su relación con el medio humano debe inscribirse en un análisis integrado de componentes del medio y de los usos que ahí se desarrolla. A partir de informaciones y experiencias recopiladas en la documentación consultada, el procedimiento que se propone es el siguiente:

- Definir los objetivos y metas del estudio;
- Describir los aspectos técnicos del proyecto (precisión sobre el caudal reservado concebido);
- Delimitar el o los tramos del río perturbado o las zonas afectadas por la reducción del caudal;
- Identificar los usos asociados del agua y los componentes del medio humano potencialmente afectados (actividades afectadas, servicios o infraestructura existente, potenciales del río, clientela, etc.) en el o los tramos de ríos con caudal reducido. Cuando se trate de un embalse, el potencial recreativo asociado a la presencia de un plano de agua debe necesariamente ser considerado; también se debe realizar un balance de las ganancias y pérdidas de actividades;
- Definir un calendario de usos;
- Elegir uno o diversos métodos en función de los usos y particularidades del río o del medio. Habitualmente los conocimientos del medio y los resultados de consultas hechas a la comunidad involucrada por el proyecto, permitirán identificar especies aptas para la pesca y caza y ciertos usos valorizados, para los cuales sería útil establecer uno o más caudales reservados ecológicos;
- Describir las relaciones entre el caudal y el atractivo que se genera para cada uso;
- Analizar los datos hidrológicos (modificaciones en relación al régimen actual);
- Efectuar una revisión de las restricciones naturales y humanas que pueden limitar el caudal de agua necesario para satisfacer los requerimientos ligados a usos identificados;
- Determinar los caudales reservados para cada uno de los usos (considerando el conjunto de condiciones evaluadas para cada uno de ellos) y tomando cuidado de asociarles uno o varios períodos de actividad;
- Comparar los diferentes caudales reservados incluyendo el propuesto para proteger el hábitat de peces, para hacer resaltar los que son

compatibles de los que no lo son;

- Elegir uno o más escenarios para responder a las exigencias de los usuarios pero también de los peces.
- Desarrollar una consulta pública para la elección de un escenario aceptable para el conjunto de los usuarios (compromiso);
- Jerarquizar los usos del agua;
- Identificar los medios para asegurar el o los caudales reservados retenidos;
- Considerar medios para valorizar los usos afectados significativamente por la reducción de caudales (accesos, rampas para acceder al agua, habilitación de un parque acuático, etc.) y compensar de esta forma las pérdidas que pudieran producirse;
- Asegurar el seguimiento (indicadores).

## k) Conclusiones y Recomendaciones

Varios autores subrayan la importancia de emplear una variedad de métodos (encuestas a usuarios, encuestas a expertos, modelos etc.) para determinar los caudales reservados aptos para sostener múltiples usos de un curso de agua. (Clipperton, 1993; Gillilan y Brown, 1997; Merrill y O´Laughlin, 1993; Whittajker y col, 1993). Sin embargo, **las encuestas a usuarios son probablemente el método más eficaz para integrar eficazmente las preocupaciones y necesidades humanas** (Gillilan y Brown, 1993).

Considerando que cada uso tiene requerimientos diferentes del agua, la aplicación de un solo caudal no puede convenir al conjunto de usuarios de un curso de agua. En consecuencia, la determinación de un caudal de este tipo, debe reflejar un compromiso aceptable por todos, integrando el umbral mínimo impuesto para la protección del hábitat de los peces.

Al término de este estudio, se observa que la integración de las necesidades para múltiples usos requiere de caudales reservados generalmente más elevados que los que están actualmente propuestos para proteger el hábitat de peces. Sin embargo estos caudales no deben proporcionarse necesariamente todo el tiempo, de ahí el interés de aplicarlos en función de los períodos y temporadas de uso (diariamente, estacionalmente, eventos particulares etc.). Este sistema tiene la ventaja

de poder satisfacer un mayor número de usuarios. Por ejemplo los caudales óptimos para las bajadas en aguas blancas (rafting) podrían ser evacuados durante algunos fines de semana en verano, de tal forma de poder organizar eventos publicitados para clientes cautivos.

La graduación de caudales en función de ciertos usos antrópicos requerirá de obras de control más sofisticadas y deberá ser sometida a garantías de resultados.

A la luz de los elementos recogidos en este estudio, las recomendaciones son formuladas en una óptica de desarrollar nuevos métodos o adaptar los existentes a los proyectos de Hydro-Québec. De esta forma se propone:

- Aplicar sobre un río de referencia, donde se desarrollen diversas actividades recreo-turísticas, como la pesca, bajadas de aguas, canoa, kayak o baño el procedimiento propuesto en este estudio con el fin de validarlo y optimizarlo;
- Medir las repercusiones de la graduación del caudal reservado en función de los usos antrópicos de los ríos sobre las poblaciones de peces y su hábitat;
- Verificar la adecuación del procedimiento propuesto a las realidades autóctonas;
- Realizar un estudio relacionado con la percepción visual y sonora de los segmentos del río, que presentan un interés estético tal como rápidos y caídas con la ayuda de útiles e instrumentos visuales como fotografías, videos, tomados con diferentes caudales, simulaciones visuales e imágenes de síntesis. Un estudio así se orienta a elaborar un método que considere la gama de apreciaciones visuales entre los diferentes usuarios de estos medios;
- Validar en una primera instancia los criterios de aceptación presentados en el cuadro adjunto, en términos de profundidad y velocidad del torrente, para el baño, la navegación, en embarcaciones a motor, y la práctica de canoa. Luego, se propone adaptar el método de hábitat preferenciales, actualmente empleado para el hábitat de peces, de forma tal de permitir una mejor adecuación entre el número de unidades de medios preferenciales para los diversos usos considerados y el caudal. Este ejercicio implica por tanto el análisis de la distribución espacial de las unidades de superficie favorables a la práctica de la actividad con la ayuda de un sistema de información geográfico;

- Evaluar las repercusiones, en los niveles técnicos, económicos y sociales, ligadas a la aplicación de los caudales reservados variables según los meses del año y período del día;
- Insertar el procedimiento propuesto en una aproximación por cuenca (usos versus un corte de caudal) en el cual se definen las interrelaciones entre estos usos y los efectos posibles de una reducción de caudal. Esta aproximación podría considerar los aspectos de compensación cuando algunos usos continúen siendo afectados aún cuando se mantengan o no los caudales reservados;
- Elaborar un cuadro general orientado a llevar a cabo un programa de seguimiento sobre la eficacia de las medidas incorporadas en terreno para cada uso considerado.

Este documento en francés que fue traducido al español y analizado y revisado, se debiera constituir en una suerte de “base metodológica” del estudio en desarrollo.

**Ref. 2: Catastro y Localización de Usos Públicos No Extractivos o Usos In Situ del Agua. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, DGA, MOP, SIT N° 65, 2000.**

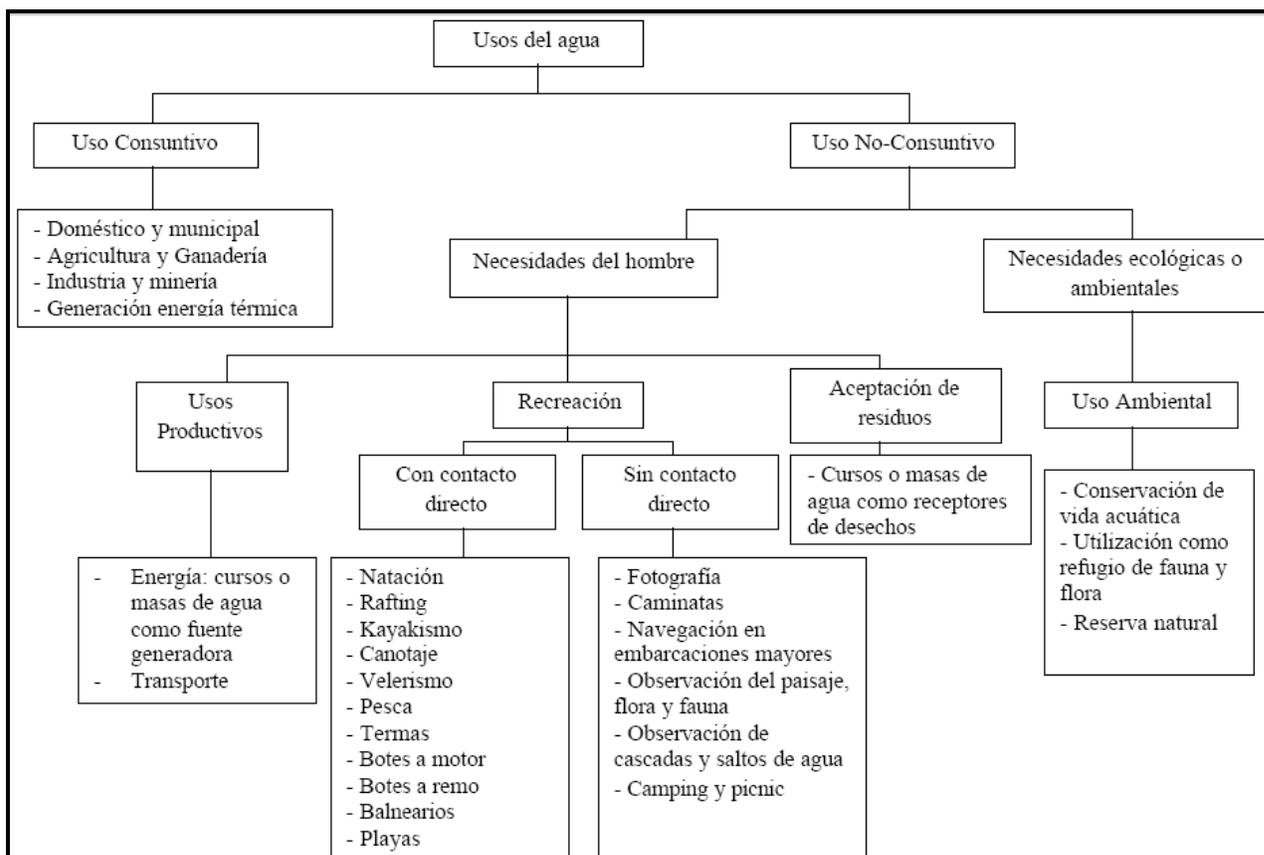
El objetivo esencial del trabajo fue efectuar un levantamiento en sectores representativos dentro de la IX y X regiones, sobre los usos públicos no extractivos del agua y proponer criterios para su clasificación. El estudio contempló el desarrollo de los siguientes aspectos:

- ✓ Recopilación de antecedentes del área de estudio
- ✓ Análisis del estado del arte a través de una revisión bibliográfica
- ✓ Identificación preliminar de los puntos de interés
- ✓ Catastro de usos, orientado a identificar y clasificar el tipo de uso
- ✓ Formulación de criterios de clasificación
- ✓ Programa de monitoreo o seguimiento
- ✓ Recomendaciones y conclusiones

La información sobre identificación y categorización de los usos no consuntivos, que aporta este estudio, se espera sirva en una etapa siguiente a la valoración económica de ellos y a la discusión de cómo incluir su regulación en la legislación actual.

La Figura 3-2 señala un esquema de agrupación de los distintos tipos de usos del agua. Ministry of Supply and Services Canadá, 1993, US Government s/f; Valls, 1980).

**FIGURA 3-2**  
**TIPO DE USOS DEL AGUA**



Fuente: Ministerio Servicios Canadá 1993

El área de estudio quedó circunscrita a las regiones IX y X, además de la Laguna y Salto del Laja, en la VIII Región. Se identificaron 308 puntos entre la VIII y X Regiones, donde se realizan usos públicos no extractivos del agua o usos in situ; de ese total, se muestrearon y georreferenciaron detalladamente 107 sitios, aplicando en cada uno de ellos, la ficha de levantamiento de datos, que considera, entre otros, antecedentes generales, clasificación de las aguas superficiales, usos, características del entorno y antecedentes socioeconómicos.

El Cuadro 3-4 resume los usos públicos no extractivos del agua o usos in situ.

**CUADRO 3-4**  
**RESUMEN DE FRECUENCIA POR TIPOS DE USO EN CHILE**

RESUMEN DE PUNTOS POR PROVINCIA Y FRECUENCIA POR TIPO DE USO							
Región	Provincia	N° sitios total	N° sitios muestreados	Frecuencia por uso			
				Ambiental	Con contacto	Sin contacto	Energía
VIII	Bio-Bio	3	2	1	3	2	1
IX	Malleco	29	12	4	19	9	1
	Cautín	58	31	10	49	29	
X	Valdivia	108	51	9	98	42	1
	Osorno	33	6	1	30	11	
	Llanquihue	33	0	1	33	6	
	Chiloé	24	0	10	13	12	
	Palena	20	0		16	2	
Totales		308	107	36	261	113	3

Fuente: Universidad Austral-DGA 2000

➤ **Valoración Económica del Agua**

En la valoración del "uso recreacional del agua", se destacan las metodologías denominadas "del costo de viaje" y el de "valoración contingente".

**- Método del Costo de Viaje**

Este método asume que el costo de viaje incurridos en una visita a un sitio de alguna manera reflejan el valor que tiene el sitio para le persona. En términos prácticos, para medir el valor del uso recreacional, se utilizan cuestionarios para preguntarle a los visitantes desde dónde han viajado. De las respuestas se puede estimar el costo del viaje y derivar la curva de demanda que relacionará el número de visitas con el costo del viaje.

**- Método de la Valoración Contingente**

En este método se solicita a una muestra representativa de la población considerada, que haga explícita, en términos de disponibilidad de pagar, la intensidad de su deseo por contar con la disponibilidad del bien ambiental, frente a la alternativa de no poder disfrutarlo o incluso de que el bien, como tal, dejara de existir.

## - Método del Análisis Conjunto

El análisis conjunto (AC) es una técnica utilizada para analizar la estructura de preferencia de un sujeto dado (consumidor) con respecto a un objeto determinado (bien). El AC asume que cada objeto bajo evaluación se compone de varias características o atributos y que cada atributo se puede separar en niveles. Se basa en preguntas sobre situaciones hipotéticas que deben ser evaluadas por las personas, y requiere de un análisis estadístico posterior para poder obtener valores monetarios.

### ➤ RESULTADOS

El método del Análisis Conjunto es el que entrega la importancia de la presencia y usos que permite el agua entre otros atributos.

## - Análisis Conjunto

La encuesta de AC se aplicó a la ciudad de Valdivia (muestra al azar de 100 encuestados). El diseño de la encuesta se muestra en el Cuadro 3-5.

**CUADRO 3-5**  
**ATRIBUTOS Y NIVELES DE USO ASOCIADOS AL AGUA**

DISEÑO ENCUESTA			
ATRIBUTOS Y NIVELES DE UN SITIO RECREACIONAL			
Combinaciones: $6 \times 2 \times 2 = 48$			
Atributos	Símbología	Niveles	Descripción
Agua dulce	A	1	Agua sólo como belleza escénica, donde está restringido nadar, practicar deportes, pescar
		2	Agua donde se puede practicar deporte aventura
		3	Lago o río apto para la pesca deportiva
		4	Agua en cursos menores que permite refrescarse, pero no permite practicar deportes o pescar
		5	Lago o río, sin restricciones para usos con contacto directo
		6	No existe cursos o cuerpos de agua dulce
Volcán, cordillera, cordón montañoso nevado	V	1	Presencia en el entorno cercano
		2	Ausencia o muy lejano
Bosque nativo y vida silvestre	B	1	Presencia relevante
		2	Ausencia
Servicios	E	1	Equipamiento completo: cabañas, hoteles, servicios, supermercados, centros de recreación
		2	Equipamiento básico: servicios, camping, almacenes

Fuente. UACH-DGA 2000

Utilizando el conjunto de ecuaciones de utilidad, en base a la información promedio, se dedujo los valores parciales de utilidad de los niveles – atributo, los cuales permiten determinar la importancia relativa de los últimos.

### VALORES PARCIALES DE UTILIDAD POR NIVEL - ATRIBUTO

Clave	Descripción Nivel Atributo	Utilidad parcial	Orden
UA1	Agua belleza escénica, sin contacto	54.33	9
UA2	Agua para deporte aventura, con contacto	63.14	3
UA3	Lago o río apto para pesca, con contacto	70.11	1
UA4	Agua cursos menores, con contacto	54.72	8
UA5	Agua usos con contacto sin restricciones	59.16	6
UA6	Sin agua	57.65	7
UV1	Presencia cordón montañoso o volcán	61.28	4
UV2	Sin volcán o montaña	52.26	11
UB1	Bosque nativo y vida silvestre	69.52	2
UB2	Sin bosque nativo	44.02	12
UE1	Presencia equipamiento completo	60.22	5
UE2	Sin equipamiento	53.32	10

De los valores de utilidad parcial, se deduce la importancia relativa de los atributos.

- atributo agua :	27.58 %
- atributo volcán o montaña:	15.77 %
- atributo bosque y vida silvestre:	44.58 %
- atributo equipamiento:	12.06 %

De acuerdo con los resultados, los encuestados valoran más la presencia de bosque nativo y vida silvestre que los usos que puede ofrecer el agua en un sitio de recreación. Dentro del atributo agua, el resultado indica que hay mayor preferencia por elegir lugares donde es posible practicar “pesca deportiva” sobre los otros usos del agua con contacto. Los lugares donde el agua permite usos sin contacto, como es el caso de “uso belleza escénica”, que se da asociado a saltos de agua, este queda subordinado a los cualquiera de los usos con contacto.

## ➤ CONCLUSIONES

La tipología de usos empleada permite incorporar y agrupar los usos *in situ* que actualmente se presentan en las regiones muestreadas. No obstante, será necesario levantar información en otras zonas del país para verificar si ella es suficientemente adecuada para comprender todos los usos *in situ* posibles y si se requiere implementar algunas modificaciones.

La identificación y catastro de los usos *in situ* en un área circunscrita en las regiones IX y X, muestran que en 85% de los casos se practica "uso recreacional con contacto directo". Esta situación refleja la importancia que la sociedad otorga a la mayor parte de los sitios con presencia de agua dulce y donde será necesario cautelar tanto calidad como el caudal que garanticen la continuidad de esos usos.

Si bien el catastro refleja solo los puntos de mayor frecuencia de visitantes y con acceso, existen kilómetros de cursos de agua y grandes superficies de lagos que brindan acogida a los usos *in situ* y donde resulta difícil cuantificar la demanda, especialmente considerando el desplazamiento de los usuarios. En este sentido, en estudios siguientes se sugiere además de identificar los puntos y tipo de demanda, caracterizar áreas o zonas por niveles y tipo de demanda.

La valoración económica de los usos *in situ* del agua, mediante encuestas mixtas de costo de viaje, valoración contingente y análisis conjunto, evidencia que tres cuartas partes de los entrevistados valoran los usos *in situ* del agua, por consiguiente muestran disposición a pagar por mantener la calidad de los mismos.

Igualmente, guardando los resguardos que imponen lo limitado de la muestra, se determinó que el atributo agua y sus usos *in situ* pesan un poco más de la cuarta parte al momento de decidir visitar un sitio recreacional, y que el uso más preferido es la pesca deportiva y los sitios que posibilitan el uso del agua con contacto.

Resulta importante resaltar, que aún cuando existe demanda por los usos *in situ*, no existe información que oriente a los potenciales usuarios sobre la calidad de las aguas o las limitaciones que podría tener para un uso con o sin contacto. La mayor parte de las personas desconoce que existe normativa sobre la calidad de las aguas asociada con el tipo de uso, y hay absoluta carencia de información cuantitativa sobre los usuarios y visitantes a los diferentes lugares. Esto hace difícil la obtención de la

demanda agregada o valoración de los usos in situ para una región determinada.

El diseño de una base de datos de tipo relacional estructurada en Microsoft Access 97, generada a similitud de la ficha de levantamiento de datos de campo y que incluye imágenes, también puede ser una herramienta de apoyo y consulta para el sector turismo. Esto ya que su estructura y operación de la base de datos permite incorporar nuevos sitios y modificar o ampliar información.

Para instituciones como la DGA, esta información ampliada a otras zonas del país y actualizada permanentemente, podrá ser de utilidad par la planificación de futuras inversiones y toma de decisiones en el diseño de obras de regulación de caudales. Además, en un futuro, puede constituirse en información relevante para valorar económicamente estos usos, y posibilitar la argumentación de cambios en las políticas y regulaciones referidas a la asignación eficiente del recurso agua dulce superficial.

Por último, esta investigación es un aporte para reconocer la importancia que tienen los usos públicos no extractivos o usos *in-situ* frente a los otros usos más tradicionales del agua. También, a la discusión que debe generarse en relación a la modificación de la legislación de aguas en Chile y al reconocimiento formal de este tipo de usos en el Código de Agua nacional.

Se señala que este estudio debe servir de base para una línea de investigación de mayor relevancia que permita levantar un catastro detallado de los usos no extractivos o usos *in situ* del agua en un área más amplia del territorio nacional y que posibilite el levantamiento de datos que facilite una valoración económica más robusta de estos usos no extractivos del agua.

**Ref. 3: Complemento Catastro de Usos Públicos No Extractivos del Agua, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, DGA, MOP, SIT N° 84, 2001.**

Mediante convenio entre la Dirección General de Aguas del MOP y la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile se realizó un "Catastro y localización de los usos públicos no extractivos o usos in situ del agua" para algunas cuencas de la zona sur del país.

Este documento corresponde al primer complemento, que entrega los resultados del levantamiento de información en sectores representativos dentro de las regiones VIII y IX. Mediante observaciones directa y entrevistas en cada sitio, se llenó una ficha que registra las características y atributos hídricos de la fuente, los usos del agua en actividades con y sin contacto directo, la caracterización de la vegetación del entorno, los servicios ofrecidos y la caracterización de los usuarios. Esta información se llevó a una base de datos relacional que permite un fácil acceso y consultas. Los puntos además se incorporaron en la cartografía digital correspondiente.

En la etapa de localización de recursos, se identificaron 110 puntos a lo largo de las cuencas de los ríos Toltén, Itata y Biobío, los caudales mayoritariamente (98,5%) corresponden a sitios de recreación donde se realizan actividades con contacto directo del recurso agua. En estos sitios los usos más frecuentes son la pesca deportiva, uso del sitio como balneario y el uso de embarcaciones a remo y motor. En cuanto al uso sin contacto directo, los usos corresponden a la observación del paisaje, observación de flora y fauna y la fotografía.

Como objetivo complementario, mediante el empleo de los métodos del costo de viaje, análisis conjunto y valoración contingente, este estudio determinó la importancia del agua y otros atributos en la selección de sitios de recreación.

Las actividades desarrolladas durante esta etapa del proyecto comprendieron:

- Selección de las cuencas para el levantamiento catastral;
- Recopilación de antecedentes bibliográficos sobre usos del agua en las regiones VIII y IX;
- Entrevistas con encargados y operadores de turismo en las comunas estudiadas;
- Recopilación de antecedentes sobre el estado del arte;
- Clasificación preeliminar de usos;
- Diseño mejorado de fichas para levantamiento de información;
- Levantamiento catastral sobre usos en las cuencas de los ríos Toltén, Itata y Biobío;
- Localización de los diferentes puntos en la cartografía digital (SIG).
- Diseño y llenado de la base de datos relacional para el manejo de la información;
- Revisión de la metodología económica ambiental
- Levantamiento encuestas residenciales para determinar importancia relativa del recurso agua en la selección de sitios de recreación

- Levantamiento de encuestas de costo de viaje para determinación del excedente del consumidor atribuido a los usos *in situ* del agua
- Levantamiento de encuestas de valoración contingente para determinar disposición a pagar por usos *in situ* del agua.

## ➤ RESULTADOS

El método del Análisis Conjunto es el que entrega la importancia de la presencia y usos que permite el agua entre otros atributos.

### - Análisis Conjunto

El diseño de la encuesta que fue aplicada a 185 encuestados en la ciudad de Concepción se presenta en el Cuadro 3-6.

**CUADRO 3-6**  
**DISEÑO DE ENCUESTA DE ATRIBUTOS Y NIVELES DE UN**  
**SITIO RECREACIONAL. COMBINACIONES POSIBLES:  $3^4 = 81$**

Atributos	Simbología	Niveles	Descripción
Agua	A	1	No existe agua
		2	Agua que no permite contacto
		3	Agua que permite contacto
Volcán, cordillera, Cordón montañoso nevado	M	1	Entorno de valles o cerros ondulados suaves
		2	Entorno de cerros escarpados o cordillera
		3	Entorno de volcán o nevados
Bosque nativo y Vida silvestre	B	1	No existe bosque en las cercanías
		2	Bosque de plantaciones o nativo intervenido
		3	Bosque nativo
Servicios	E	1	Sin equipamiento
		2	Existe equipamiento básico
		3	Existe equipamiento completo.

Fuente: UACH-DGA 2001

La importancia relativa de los atributos se muestra en el Cuadro 3-7 (se ha agregado los resultados obtenidos en la ciudad de Valdivia (S.I.T. 65)).

**CUADRO 3-7**  
**IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS ATRIBUTOS, CIUDADES DE**  
**VALDIVIA – CONCEPCIÓN**

<b>Atributos</b>	<b>Valdivia (%)</b>	<b>Concepción (%)</b>
Agua	27,58	32,34
Cordón montañoso	15,77	18,52
Bosque y vida silvestre	44,58	22,71
Equipamiento	12,06	26,43

Fuente: UACH-DGA 2001

Los usos preferidos con contacto directo en la Provincia de Concepción son se señalan en el Cuadro 3-8.

**CUADRO 3-8**  
**USOS PREFERIDOS CON CONTACTO DIRECTO DEL AGUA**  
**EN LA PROVINCIA DE CONCEPCIÓN**

<b>USO</b>	<b>UT</b>	<b>%</b>
Termas	56,92	20,90
Balneario	93,19	34,22
Pesca	46,62	17,12
Deporte aventura	24,22	8,89
Deportes náuticos	51,35	18,86

Fuente: UACH-DGA 2001

➤ **CONCLUSIONES**

El estudio estuvo centrado en las cuencas de los ríos Itata, Biobío y Toltén.

En los puntos observados se aprecia una alta frecuencia de uso con contacto directo, lo cual se debe principalmente a la buena calidad de las aguas. Igualmente, en la mayoría de los puntos es posible realizar pesca, lo cual lleva a plantearse la posibilidad de emplear en futuras encuestas un mayor desarrollo de este tema como calidad de la pesca, tamaño de ejemplares y probabilidades de pesca.

Asimismo, los sitios que presentan sólo uso indirecto se debe principalmente a la presencia de puntos singulares como caídas de agua y no a una mala calidad de las aguas.

Mediante análisis conjunto se determinó las preferencias relativas que los usuarios otorgan a los diferentes componentes de los sitios recreacionales. Dentro de los componentes, el agua obtuvo la mayor parte de las preferencias, 32 %, seguida del componente equipamiento. Dentro del componente agua las preferencias de las personas se centraron en el uso directo, seguido del uso sólo recreacional.

Mediante la función de utilidad obtenida y validada estadísticamente se puede estimar la utilidad de nuevos sitios, bastando sólo identificar de manera correcta los atributos e ingresarlos a la función estimada.

**Ref. 4: Levantamiento de Usos No Extractivos o Usos In Situ del Agua, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, DGA, MOP, SIT N° 95, 2004.**

Las principales actividades desarrolladas en este trabajo fueron las siguientes:

- Recopilar antecedentes bibliográficos sobre usos del agua en las regiones VIII, IX y X.
- Entrevistar a encargados y operadores de turismo en las diferentes comunas del estudio.
- Recopilar antecedentes sobre el estado del arte.
- Clasificar en forma preliminar los usos.
- Realizar un diseño mejorado de las fichas para levantamiento de información.
- Realizar un levantamiento catastral sobre usos en las cuencas de los ríos Andalién, Biobío, Bueno, Pudeto, Butalcura y Cucao.
- Efectuar un trabajo de terreno durante el período estival, para el relevamiento de encuestas para el catastro y la valorización económica, la instalación de sensores de registro para medir los niveles de agua, el levantamiento topográfico y la realización de aforos mensuales.
- Ampliar el diseño de una base de datos relacional para el manejo de los datos.
- Evaluar las condiciones de los escurrimientos para poder orientar hacia los caudales necesarios para sustentar los usos no extractivos en dos sitios de estudio.

A continuación se resumen las actividades desarrolladas que tienen alguna relación con caudales de reserva para usos turísticos.

### ➤ **Análisis Conjunto (AC)**

El estudio consistió en la aplicación de Análisis Conjunto (AC) para estimar la importancia relativa que las familias otorgan a cuatro atributos y diferentes niveles de provisión del atributo de un sitio, al momento de decidir el lugar donde pasar sus vacaciones o realizar actividades de recreación. AC es un método cuantitativo, del tipo valoración contingente, usado para medir el valor o utilidad percibida de un producto o servicio asociado a atributos multidimensionales (Toy *et al*, 1989).

El AC comprendió el levantamiento de 570 encuestas *in situ* en la playa balneario de Pucón y en la playa balneario de Villarrica a orillas del lago del mismo nombre.

### ➤ **Estudio de Casos: Usos In Situ versus condiciones de los escurrimientos**

Se realizó un estudio de caso en dos sitios, uno en la cuenca del río Toltén y el otro en la cuenca alta del río Valdivia. Mediante aforos, levantamiento de perfiles longitudinales y transversales del cauce y modelos de simulación, se analizó la sustentabilidad de los usos confrontada a las condiciones de los escurrimientos (caudal, velocidades, tirante hidráulico, ancho superficial). Se evaluaron las condiciones de los escurrimientos para poder orientar hacia los caudales necesarios para sustentar los usos no extractivos en los dos sitios de estudio; el eje hidráulico se desarrollo con el software Hec Ras.

El modelo fue aplicado a los 2 sectores señalados, con el objetivo de evaluar sus opciones como indicador de condiciones limitantes necesarias para el desarrollo de actividades no extractivas de agua. Esto está relacionado con los niveles mínimos de agua y la topografía de un sector de interés.

### ➤ **RESULTADOS**

#### **- Análisis Conjunto**

Las utilidades parciales de cada nivel de atributo se presentan en el Cuadro 3-9.

**CUADRO 3.9  
UTILIDADES PARCIALES DE CADA ATRIBUTO**

<b>Utilidades parciales por cada nivel atributo</b>		
<b>Niveles</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pucón</b>
A1	Sin aguas superficiales	47,82 ± 1,49
A3	Agua que permite contacto directo	66,14 ± 1,25
C1	Entorno de valles o cerros ondulados suaves	50,89 ± 1,38
C3	Entorno de volcán o nevados	63,07 ± 1,13
V1	No existe bosque en las cercanías	49,78 ± 1,39
V3	Bosque nativo y vida silvestre	64,18 ± 1,18
S1	Sin equipamiento	55,13 ± 1,42
S3	Existe servicios y equipamiento completo	58,83 ± 1,19

Fuente: UACH-DGA 2001

La importancia relativa de los atributos se muestra en el cuadro 3-10.

**CUADRO 3-10  
IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS ATRIBUTOS (%)**

<b>Atributo</b>	<b>Importancia (%)</b>
Agua que permite contacto directo	35,22 ± 2,00
Volcán o nevados	23,90 ± 1,51
Bosque nativo y vida silvestre	26,80 ± 1,71
Servicios y equipamiento completo	14,09 ± 1,56

Fuente: UACH-DGA 2001

De manera complementaria, las encuestas incluyeron preguntas para obtener una mayor precisión respecto de cuál es el uso más frecuente de ciertos usos recreativos del agua con contacto directo. Así, se logró

determinar que el uso más frecuente es “el agua como paisaje”, lo que no necesariamente significa el más preferido:

<b>Usos del agua como</b>	<b>Puntaje</b>	<b>%</b>
Balneario	60,78	31,74
Paisaje	88,35	46,13
Pesca	14,66	7,66
Deportes náuticos	27,72	14,47

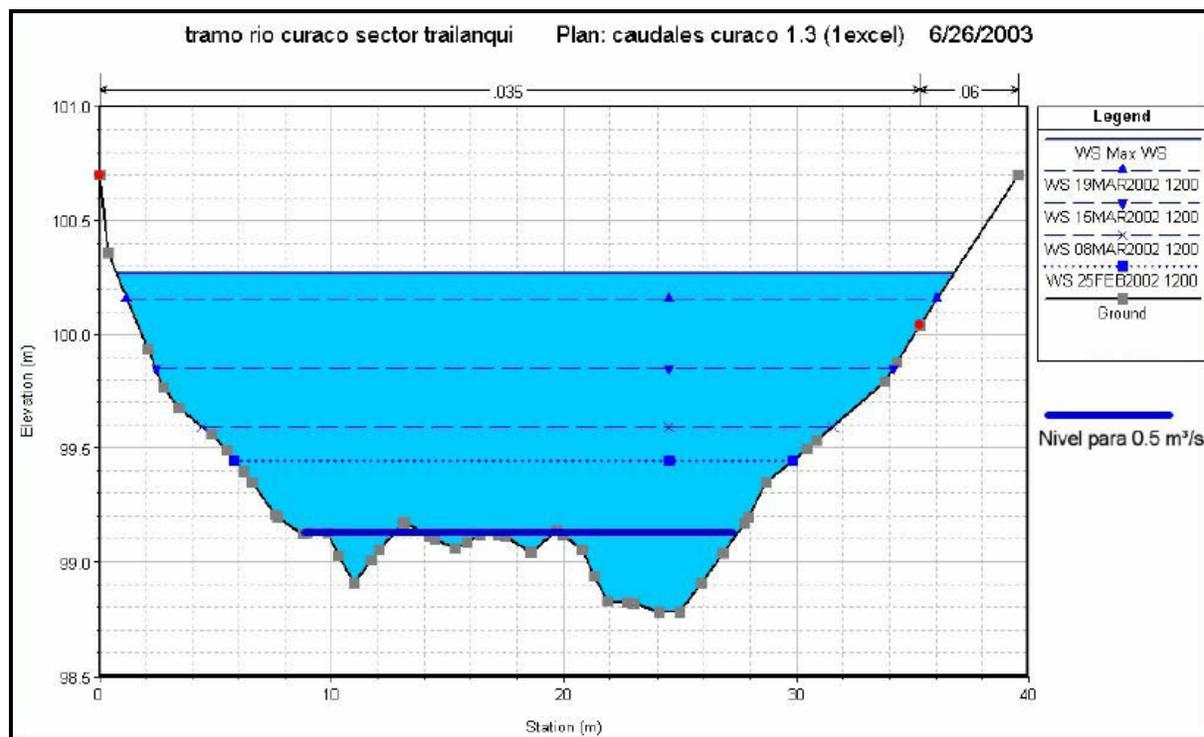
### **- Modelación del Eje Hidráulico**

El modelo fue calibrado comparando parámetros hidráulicos medidos y simulados, variando el coeficiente de Manning y la incorporación de más o menos perfiles transversales interpolados.

Se simuló el efecto de la disminución de caudales en las condiciones de uso. Para un caso en particular, en un tramo del río Curaco donde se realiza rafting, se simuló con una disminución progresiva de caudales.

En una determinada sección, se pudo observar que para un caudal de 0,5 m<sup>3</sup>/s, queda un canal de 6 m de ancho con una profundidad media de 0,35 m, lo que hace impracticable el rafting. En este caso, el caudal mínimo necesario para sustentar este uso in situ no extractivo es del orden a los 0,5 m<sup>3</sup>/s, como se aprecia en la Figura 3-3.

**FIGURA 3-3**  
**PERFIL TRANSVERSAL RÍO CURACO**



El modelo permite predecir el comportamiento de láminas de agua asociándolo con las formas de las secciones de los cursos. Esto permitiría establecer niveles de agua requeridos para la práctica de ciertas actividades, ya que el programa modela las condiciones de nivel de agua en cuanto a ocupación física de una sección, junto con otros antecedentes de interés como la velocidad esperada.

Aún cuando la definición de niveles mínimos de características de los cauces (caudales, ancho, profundidad y velocidad) que permitan sustentar algún uso no extractivos va a requerir información hidrológica e hidráulica detallada, modelos como los probados y aplicados en este estudio pueden ayudar significativamente a resolver posibles conflictos.

### ➤ Conclusiones

Este es el tercer estudio sobre catastro y valoración económica de los usos *in situ* o usos no extractivos del agua. Con estos estudios, se ha completado la identificación y catastro de los usos *in situ* en una amplia extensión del territorio nacional, que abarca desde la cuenca del Itata por

el norte hasta la del Bueno por el sur, más algunas de las cuencas pluviales importantes de Chiloé.

Durante el desarrollo de este proyecto, se ha definido una tipología para identificar usos *in situ* en cuencas del territorio nacional, y se han recopilado los antecedentes del área de estudio, identificado los sitios de interés, realizando el catastro de los mismos sitios y completando los análisis que permiten determinar el valor del uso *in situ* y el valor de no uso, del recurso agua dulce superficial en puntos relevantes del área estudiada. Además, en dos sitios se evaluaron las condiciones de los escurrimientos para poder orientar metodológicamente hacia la determinación de niveles mínimos de caudales necesarios para sustentar usos *in situ* o no extractivo.

Este tercer estudio está circunscrito a las cuencas de los ríos Andalién (VIIIª Región); Biobío (VIIIª y parte de la XIª Regiones) y en las cuencas de los ríos Bueno, Pudeto, Butalcura, Cucao y Gamboa (Xª Región). Dentro de las cuencas en estudio el río Bueno concentra la mayor cantidad de puntos muestreados con 61 sitios (provincias de Valdivia y Osorno), seguido de la cuenca del río Biobío con 19 puntos (provincias de Biobío y Malleco). En los puntos observados no se aprecia una clara diferenciación entre los usos con contacto directo y sin contacto directo, con una alta presencia de ambos en todos los sitios, lo cual se debe principalmente a la buena calidad de las aguas. La mayor actividad que se desarrolla en los sitios es la natación seguida por la pesca. El uso ambiental, representado por las reservas de agua se encuentran en las cuencas ubicadas en la Xª Región por la gran cantidad de lagos existentes. El agua como reserva de flora y fauna se presenta sólo en Osorno, Chiloé y Concepción.

Mediante análisis conjunto se determinó las preferencias relativas que los usuarios otorgan a los diferentes componentes de los sitios recreacionales. Dentro de los componentes, el agua obtuvo el 35% de las preferencias. Dentro del componente agua las preferencias de las personas se centraron en el uso con contacto directo. Mediante la función de utilidad obtenida y validada estadísticamente se puede estimar la utilidad de nuevos sitios, bastando sólo identificar de manera correcta los atributos e ingresarlos a la función estimada.

***El modelo de simulación aplicado a dos sitios, se mostró como una herramienta poderosa para predecir el comportamiento de láminas de agua, lo que permite establecer niveles de agua requeridos para usos *in situ* específicos. Aún cuando la definición de niveles mínimos de características de los cauces (caudales, ancho,***

*profundidad y velocidad) que permitan sustentar uso no extractivos va a requerir información hidrológicas e hidráulicas detallada, modelos como los probados y aplicados en este estudio puede ayudar significativamente a resolver posibles conflictos.*

**Ref. 5: Análisis y Determinación de Caudales de Reserva para Abastecimiento de la Población y Usos de Interés Nacional, AC Ingenieros Consultores, DGA, MOP, SIT N° 116, Agosto 2006.**

El objetivo principal de la consultoría fue la identificación de posibles fuentes de recursos hídricos superficiales y subterráneos susceptibles de reservarse, tanto para el abastecimiento de la población como debido a circunstancias excepcionales y de interés nacional, en concordancia con lo establecido en la Ley N° 20.017.

Otros objetivos fueron:

- Identificar zonas del territorio nacional con déficit de abastecimiento para la población actual y futura.
- Identificar aquellas zonas que no cuentan con las fuentes o medios para abastecer la población.
- Cuantificar las necesidades hídricas de la población que no dispone de medios para abastecer su demanda.
- Identificar sectores con desarrollo o cuyo desarrollo sea de interés nacional.
- Cuantificar los requerimientos hídricos para sectores de interés nacional.

El área de estudio comprendió entre la I y la XII Región y la Región Metropolitana.

Dentro de los temas abordados en este trabajo, está el relacionado con "Necesidades Hídricas de Áreas de Interés Asociadas al Desarrollo Productivo; Sector Turístico". En el informe en comento se señala textual:

**La cuantificación de las necesidades hídricas del sector turístico se relaciona directamente con la cantidad de agua necesaria que permita mantener la sustentabilidad de las actividades asociadas al rubro, como también el desarrollo progresivo de ellas. Por tanto se debe señalar que el agua es un elemento vital para la permanencia de estas áreas de interés nacional. Sin embargo, la estimación de las demandas de recursos hídricos asociadas a este sector, no hacen referencia a la sustentabilidad de estos sitios, si**

**no que más bien a los requerimientos de agua de la población que visita estos lugares, por lo cual no es posible estimar las demandas asociadas a este sector.**

Según lo señalado, y tomando en cuenta el tema que se está analizando, este trabajo no resulta de utilidad para los objetivos específicos relacionados con caudales de reserva para uso turístico.

**Ref. 6: Actualización de la Situación del Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos. Zona I Norte. Regiones I a IV. AC Ingenieros Consultores, DGA, MOP, SIT N° 122, 2007.**

El principal objetivo del estudio ha sido permitir a las autoridades y a los diversos actores involucrados en la administración y el aprovechamiento de los recursos hídricos, disponer de información actualizada de la situación actual y futura de las demandas de estos recursos en el país, para diferentes usos, a nivel regional, de cuencas y subcuencas.

En particular, se estimaron las demandas futuras para horizontes de 10 y 25 años, identificando zonas críticas, ya sea por escasez del recurso o por uso intensivo del mismo y, finalmente, plantear las recomendaciones que permitan oportunamente reducir o eliminar los efectos que podrían imponer al desarrollo económico y social del país, las restricciones sobre la disponibilidad del recurso en el área de influencia de este trabajo.

El tema que interesa y que tiene relación con los objetivos del presente trabajo, tiene que ver con el denominado "Uso en Turismo".

El uso de recursos hídricos asociados al turismo tiene dos componentes claramente diferenciables, uno asociado a los caudales mínimos requeridos en los cauces para fines de recreación y paisajismo, y el otro asociado al consumo de los turistas en centros turísticos, hoteles y alojamientos en general.

El primero de ellos es muy difícil de determinar, en particular en la zona norte del país, donde gran parte de los cauces presentan escurrimiento sólo en algunas épocas del año, por lo que se ha centrado el análisis en el segundo aspecto señalado.

Para ello se cuantificaron los consumos asociados a la población flotante en situación actual (información del año 2005) y se proyectó linealmente

el crecimiento del número de turistas en el tiempo, a partir de información de SERNATUR del año 2005.

Estas demandas corresponden a valores de referencia para fijar órdenes de magnitud de las demandas asociadas a este uso, pero en general ya están incluidas en las demandas de agua potable, dado que los centros turísticos, hoteles y hospedajes, en general se abastecen de las redes de agua potable existentes.

***De acuerdo con lo señalado, las determinaciones efectuadas en este trabajo no resultan útiles para los objetivos del estudio.***

**Ref. 7: Actualización de la Situación del Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos. Zona II Sur. Regiones V a XII y RM. AC Ingenieros Consultores, DGA, MOP, SIT N° 123, 2007.**

Este trabajo es similar al de la Referencia 6, de modo que no se ahondará más en su contenido.

**Ref. 8: Caudales de Reserva para Abastecimiento de la Población y Usos de Interés Nacional, Cuencas Regiones IX a XII. Aquaterra Ingenieros Ltda., DGA, MOP, SIT N° 147, Mayo 2008.**

Este trabajo tuvo los mismos objetivos que el de la referencia 5, pero con la salvedad que se llevó a cabo una aplicación al caso del río Futaleufú. En lo que sigue se resumen las actividades y resultados obtenidos luego de su aplicación.

➤ **Aplicación Caso al Río Futaleufú**

El propósito del presente estudio, surgió con la finalidad de explorar la aplicación de algunos de los elementos teóricos planteados durante la realización de la consultoría de la Ref. 8, en lo referente a estimar caudales de reserva de interés turístico.

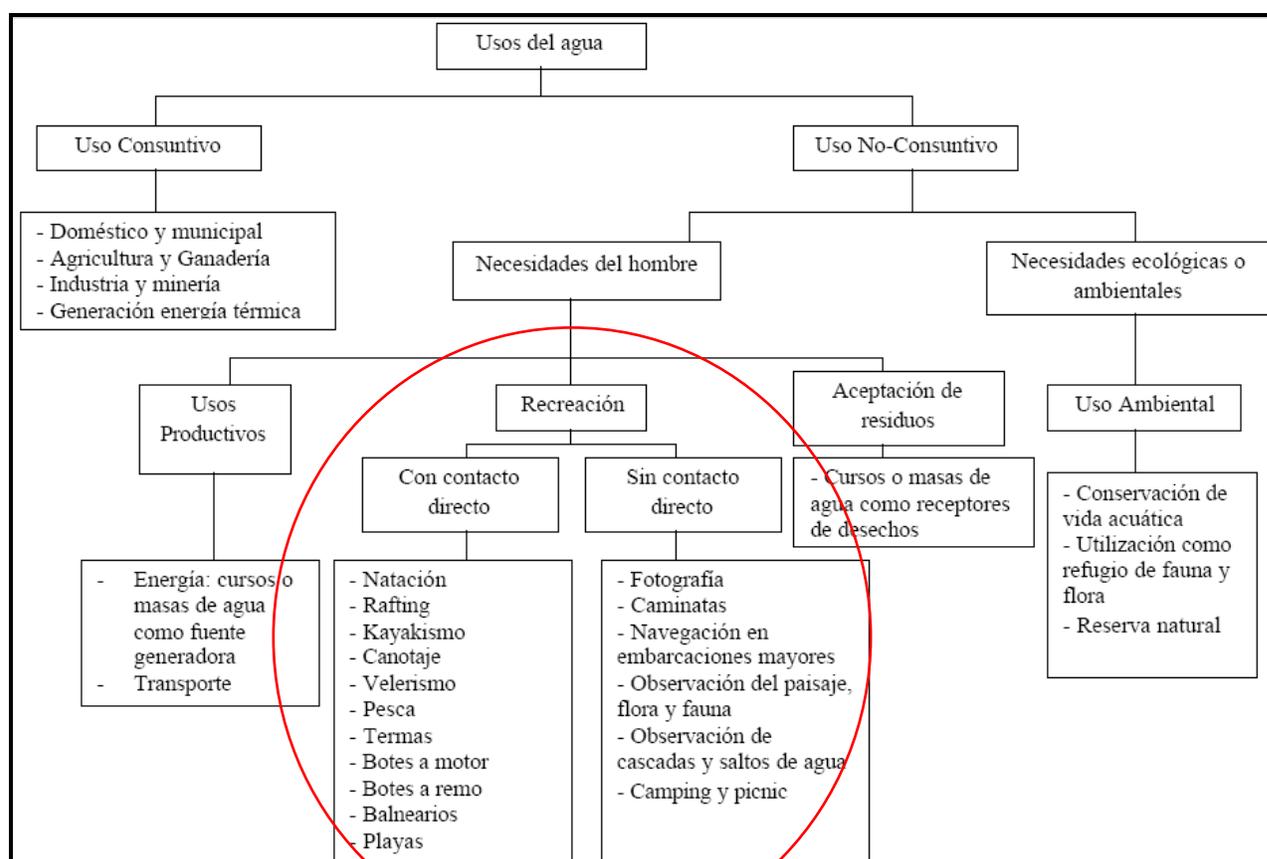
Para enfrentar este objetivo, se amplió el equipo de trabajo, incluyendo otras disciplinas, con el objetivo de incluir en el análisis aspectos culturales del medio ambiente como paisaje, y su relación con el río.

Todo el entorno del río Futaleufú junto con sus principales ríos y esteros afluentes se han designado por las autoridades nacionales de Sernatur, con acuerdo regional, como Zona de Interés Turístico, además de haber

sido ya asignada toda la comuna de Palena (donde se inserta el río Futaleufú) como Área de Interés Turístico.

Tal como fuera señalado anteriormente, en la Figura 3-2 los tipos de usos del agua se pueden agrupar de la siguiente manera (Ministry of Supply and Services Canadá, 1993, USGovernment s/f; Valls, 1980). La Figura 3-4 resalta la propuesta de clasificación de usos empleados en el estudio, donde se ordenan en Recreación con y sin contacto directo

**FIGURA 3-4**  
**TIPOLOGÍA EMPLEADA PARA USOS DE AGUA**



Todas estas actividades tienen una relación directa con los cuerpos de agua, ya sea en forma primaria o secundaria, siendo la componente hídrica en la composición del paisaje un eje determinante, desarrollándose

muchas de estas actividades en zonas de preservación de patrimonio natural.

La metodología consideró establecer para estos dos grupos de actividades las relaciones condicionantes con el curso del río Futaleufú.

En el caso de las **actividades sin contacto directo**, que se basan principalmente en la observación del paisaje, se realizó una adaptación del enfoque metodológico de Evaluación de Paisaje para probarlo en este estudio de caso.

Esta metodología se basa principalmente en el análisis visual del territorio en estudio, con apoyo de cartas topográficas, fotografías de campo y encuestas. Se definen Zonas Homogéneas de Paisaje que identifican tipologías fisiográficas del macro paisaje y Unidades de Paisaje que identifican y caracterizan porciones homogéneas del micro paisaje. Estas últimas se evalúan a través de las variables de Calidad y Fragilidad Visual del Paisaje, lo que permite identificar zonas visualmente sensibles a las perturbaciones futuras que experimente el territorio, en este caso, por alteraciones que puedan ocurrir en el río.

Las **actividades con contacto directo**, tienen diferentes demandas hídricas dependiendo de cada actividad en particular. Se identificaron las actividades mediante entrevistas con operadores turísticos y encargados municipales de turismo y la ubicación espacial de estas, las que se representaron en un plano sobre el río desde su ingreso al país hasta su desembocadura en el Lago Yelcho. Esta información permitió definir los tramos donde se realizan dichas actividades turísticas.

Para estimar la relación entre estas actividades turísticas y caudales en el río, se obtuvo información de entrevistas con operadores turísticos, de los períodos críticos históricos de caudales en el río donde ha habido limitaciones al desarrollo de las actividades, y determinar los caudales en base a estadísticas fluviométricas existentes.

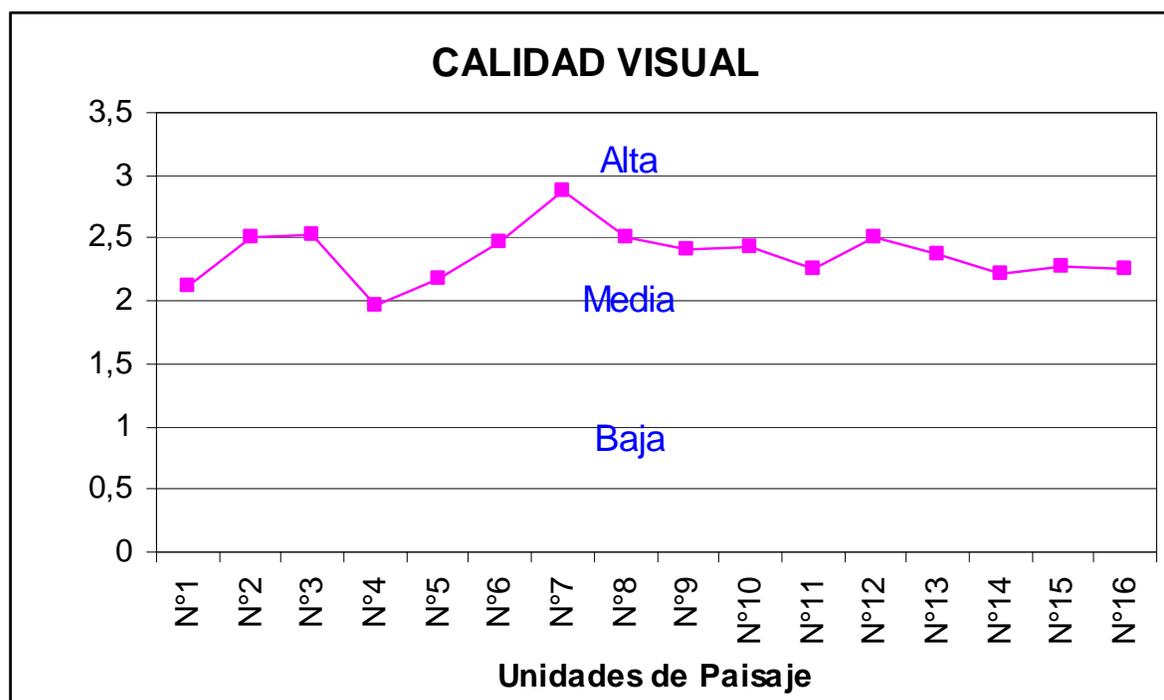
Para desarrollar el Estudio se realizó una visita a terreno entre los días 3 y 6 de Diciembre de 2007. En ella se sostuvieron entrevistas con actores públicos y privados, y se recorrió el río Futaleufú, desde la frontera con Argentina hasta la desembocadura en el lago Yelcho, levantando además información para elaborar la evaluación de paisaje.

### ➤ Evaluación del Paisaje (Actividades Sin Contacto Directo)

El paisaje puede ser analizado y clasificado a través de términos cualitativos basados principalmente en observaciones subjetivas del paisaje, donde la percepción es un fenómeno activo y tanto las experiencias previas como el medio cultural ayudan a elaborar una imagen individual de éste. Las actividades desarrolladas fueron:

- Se definieron y caracterizaron Zonas Homogéneas de Paisaje (Z.H.P.) en el Valle del Río Futaleufú: el análisis fisiográfico determinó la presencia de 4 Macro Zonas homogéneas de paisaje.
- Dentro de cada Z.H.P se definieron y caracterizaron Unidades de Paisaje.
- Se determinó la "Calidad Visual de las Unidades de Paisaje" (a través del llenado, por un experto (a) en paisaje, de Fichas de Calidad Visual) como se aprecia en la Figura 3-5.

**FIGURA 3-5**  
**PUNTAJES DE CALIDAD VISUAL DE LAS UNIDADES DE PAISAJE**

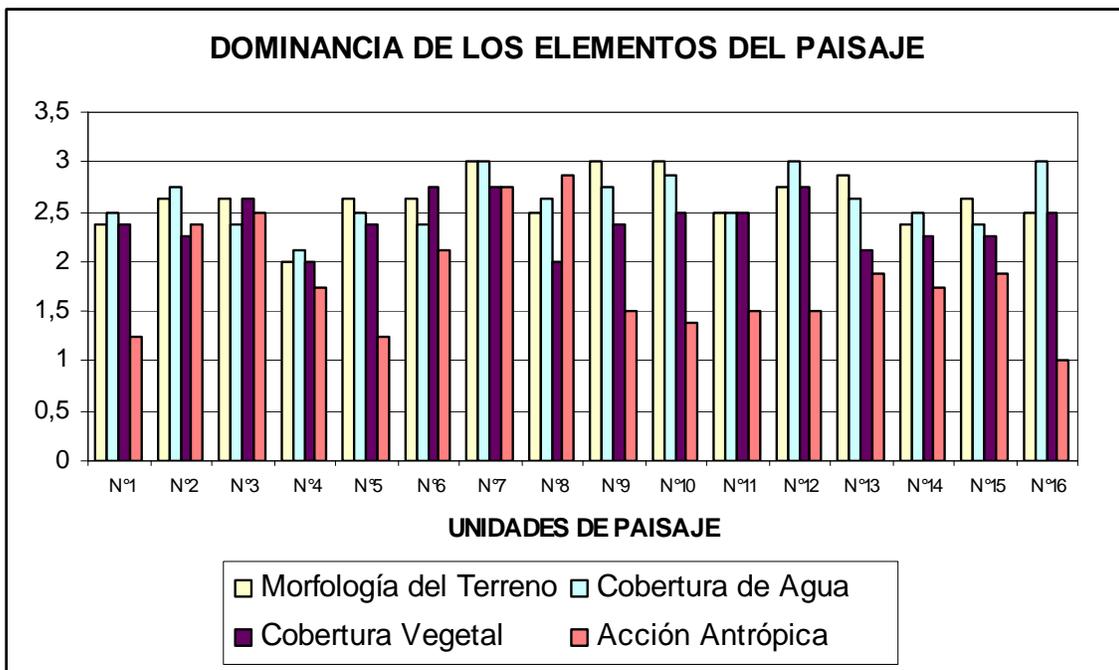


Fuente: Aquaterra 2007

De estos resultados se puede deducir qué elementos son los que deben ser observados con mayor detención al proponer cualquier actividad que tenga un impacto visual en el paisaje.

La metodología permite identificar aquellos aspectos de mayor relevancia dentro del paisaje, generándose para cada unidad de paisaje un análisis de los aspectos dominantes. Estos aspectos dominantes son Morfología del Terreno, Cobertura Vegetal, Cobertura de Agua y Acción Antrópica; en la Figura 3-6 se presenta la importancia relativa de cada una de estas en las Unidades de Paisaje.

**FIGURA 3-6**  
**DOMINANCIA DE LOS ELEMENTOS DEL PAISAJE POR CADA UNIDAD**



Fuente: Aquaterra 2007

Se aprecia que la cobertura de agua en las unidades N° 2, 7, 8, 9, 10, 12, 13 y 16 tienen mayor dominancia que en el resto, lo que implica que cualquier intervención en ellas será más importante que sobre otros componentes, esto debido esencialmente al contraste entre la alta cobertura vegetal y a las alturas de cerros.

### - Fragilidad Visual de las Unidades de Paisaje

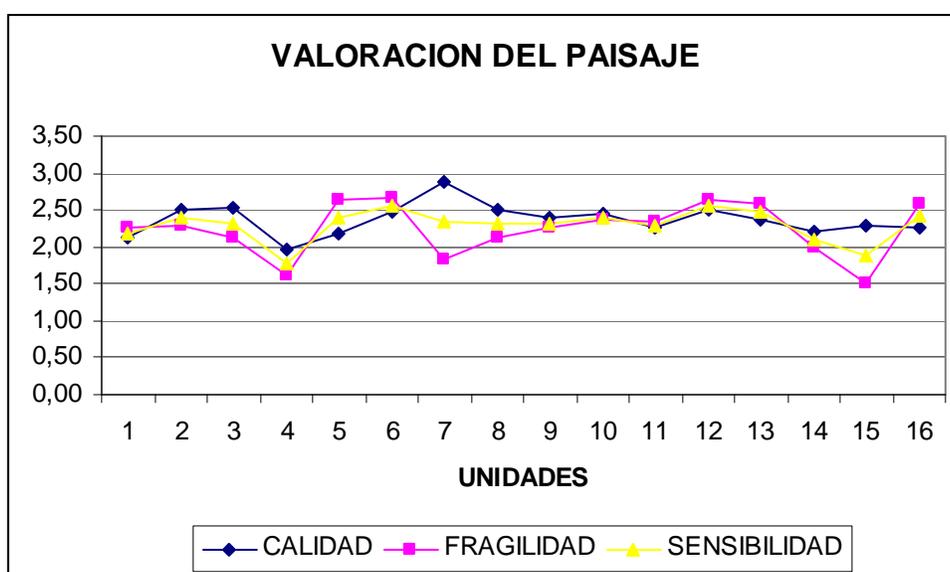
Se identifica como la susceptibilidad o vulnerabilidad del paisaje al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él. Corresponde al grado de deterioro que éste experimenta ante la incidencia de determinadas actuaciones. Para la determinación de la fragilidad visual se desarrolló una ficha de evaluación donde se estima el grado de influencia que ejercen los

elementos que componen los Factores de Visualización, Singularidad, Sensibilidad del Observador y Aspectos Biofísicos para cada una de las unidades de paisaje.

### - Identificación de Áreas Visualmente Sensibles

El sistema de integración del modelo de calidad y fragilidad visual promedia los valores de dominancia y vulnerabilidad visual. Así, es posible definir áreas visuales sensibles a perturbaciones generadas por futuras intervenciones. Se puede tener en cuenta los valores paisajísticos a la hora de conservar o proteger el ambiente, o si éste puede ser promovido para la realización de intervenciones antrópicas. En la Figura 3-7 se visualizan los puntajes de sensibilidad, calidad y fragilidad de cada unidad de paisaje.

**FIGURA 3-7**  
**PUNTAJES DE SENSIBILIDAD, CALIDAD Y FRAGILIDAD**  
**DE CADA UNIDAD DE PAISAJE**



Fuente: Aquaterra 2007

Para las unidades de paisaje N° 2, 5, 6, 7, 10, 12, 13 y 16, la sensibilidad máxima recomienda la categoría de **preservación**, que significa proteger al máximo el paisaje existente de la intrusión visual. En estas unidades sólo debieran permitirse actividades tendientes a recuperar el equilibrio ecológico en El Río Futaleufú.

Ello indica que ante la posibilidad de disminuir el caudal del río en forma artificial, suponiendo fluctuaciones mayores a las ya producidas por efecto del funcionamiento de la represa argentina, modificarían negativamente el paisaje río, restringiendo sus usos más frecuentes.

Dadas las observaciones de terreno y los resultados de la evaluación de paisaje, es presumible que el caudal actual del río Futaleufú no admite menores flujos en las unidades que presentan mayor sensibilidad, es decir aquellas que se encuentran en categoría de preservación. Esto se ve reforzado por la sensibilidad captada en los habitantes de la cuenca y los usuarios directos del río, entendiendo que el usufructo del sistema río no sólo incide en los deportistas que lo utilizan, si no también en el sistema económico de los habitantes del sector.

### ➤ **Actividades Con Contacto Directo**

Se sostuvieron entrevistas con los encargados de turismo y planificación de la I. Municipalidad de Futaleufú y con uno de los principales operadores turísticos y guía profesional de descenso, con el fin de poder conocer los usos recreativos y conocer períodos críticos para el desarrollo de la actividad producto de escasez de agua en el río. Se recorrió el río en su totalidad, y se replanteó en mapa las características de uso del río para las actividades con contacto directo.

Como resultado de las entrevistas se estableció la forma cómo los distintos usuarios y operadores turísticos tienen zonificado el río. Ello se realizó tomando en cuenta los grados de dificultad del descenso por los rápidos, según el estándar empleado internacionalmente y construido en forma cualitativa según la experiencia de los guías.

Se efectuó la zonificación del río Futaleufú relacionado con el uso con contacto directo en 8 tramos. Luego, esos 8 tramos se transformaron en 3 grandes zonas homogéneas.

Informaciones recabadas en terreno señalan que el caudal en el río desde el año 1998 ha sido suficiente para realizar las actividades de descenso con Kayak. No obstante, en Febrero del año 2006 y Enero del año 2007, el río presentó bajos caudales, generando situaciones de mayor riesgo por angostamiento de quebradas húmedas y por la exposición de cantos filosos y pronunciados de rocas.

## - Información Hidrológica

Existe poca información hidrológica del río Futaleufú; sólo hay 3 estaciones con estadísticas de pocos años; una de ellas es satelital. De acuerdo con la información de caudales medios diarios ocurridos durante la visita a terreno, y observando las estadísticas históricas de caudales, se pudo señalar que la evaluación del paisaje efectuado se hizo en un período de bajos caudales en el río Futaleufú.

### ➤ CONCLUSIONES

De acuerdo con entrevistas y antecedentes proporcionados por los operadores turísticos del área, períodos críticos para las actividades con contacto directo se han presentado con caudales del orden de  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ ; bajo esas condiciones de caudal, se establecen restricciones a actividades por el aumento de los niveles de riesgo en el río.

**Es decir, como una primera aproximación, para las actividades con contacto directo, el caudal medio diario mínimo que necesitaría el río Futaleufú para que estas actividades puedan desarrollarse en forma normal y sin riesgo, debiera estar por sobre los  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ .**

**Este mínimo caudal debiera mantenerse en el tramo del río Futaleufú comprendido entre los puntos 2 (Puente Gálvez) y 16 (El Macal), tramo identificado como "Unidad de Paisaje Preservación". Es importante destacar que en esta unidad, están incluidos los tramos de río con mayores grados de dificultad de descenso en rafting y balseo (tramos 3, 4 y 6).**

Con el objetivo de tener una visión más amplia sobre la relación río/paisaje, se requiere complementar el análisis con puntos de observación en otras estaciones del año, de manera de evaluar la profundidad de aguas y su impacto en el entorno, por los nuevos paisajes que aparecen.

**En definitiva, esta aplicación y análisis de usos del agua con y sin contacto directo aplicado a la cuenca del río Futaleufú, corresponde una primera aproximación de la formulación de una metodología que logre aunar criterios para una correcta aplicación teórica y práctica en la determinación de caudales de reserva para usos turísticos.**

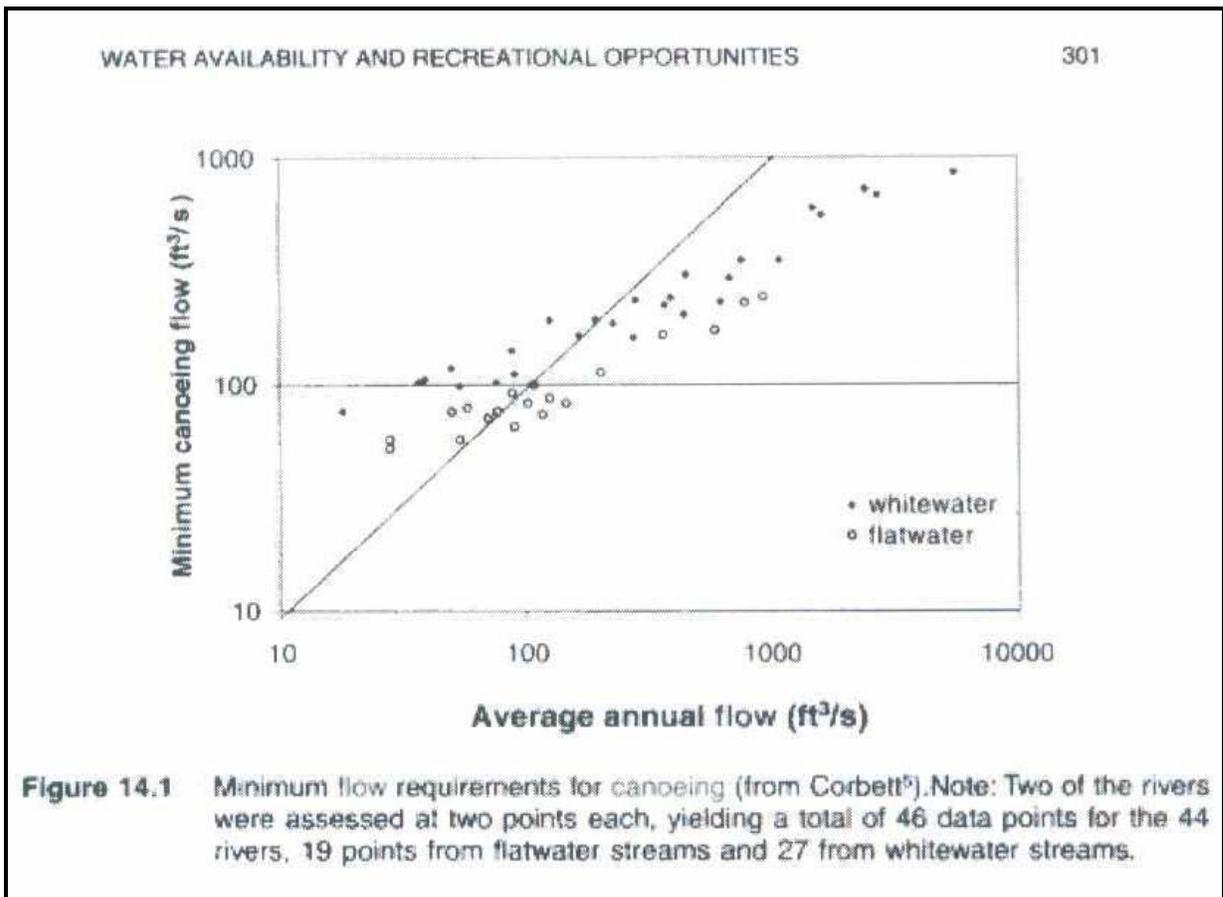
**Ref. 9: Riparian Areas of the Southwestern United States. Hydrology, Ecology and Management. Malchus B. Baker, Jr., Peter F. Ffolliott, Leonard F. DeBano, Daniel G. Neary.**

En su capítulo 14 "Disponibilidad de Aguas y Oportunidades Recreacionales", Corbett efectuó un estudio de flotabilidad de kayak (canoeing) basado en datos de numerosos ríos. Corbett estudió el denominado "canoeing zero flow", que corresponde al flujo mínimo razonable para poder desarrollar el canoismo.

En algunos de los ríos que estudió Corbett, se establecieron puntos clave de "canoeing zero", de acuerdo a consensos con canoistas.

Corbett relacionó caudales mínimos de flotabilidad con sus respectivos caudales medios anuales, y encontró una relación lineal en espacio log – log. En la Figura 3-8 se muestran los resultados obtenidos.

**FIGURA 3-8  
CAUDALES MÍNIMOS DE FLOTABILIDAD VRS. CAUDALES MEDIOS ANUALES**



La ecuación obtenida es:

$$Q_m = 11,22 \times T^{0,702} \times Q_a^{0,442}$$

Donde:

$Q_m$  = caudal mínimo ( $\text{pie}^3/\text{s}$ )

$Q_a$  = caudal medio anual ( $\text{pie}^3/\text{s}$ )

$T = 1$  para Flatwater (aguas planas)

$T = 2$  para Whitewater (aguas blancas)

De acuerdo con la ecuación anterior, en promedio, se requiere un 63% ( $2^{0,702} = 1,63$ ) más de flujo para hacer kayak en aguas blancas que en aguas planas.

Se señala que una estimación precisa del flujo mínimo para hacer kayak no es posible efectuarla con esta ecuación. Si se requiere una mayor precisión, se necesita realizar un estudio más acabado in situ, o un modelo más sofisticado con variables explicativas adicionales. No obstante, esta ecuación es utilizable para obtener un rango estimativo del mínimo flujo para hacer kayak y para caracterizar en general relaciones de flujos mínimos y promedios.

#### **Ref. 10: Anuario año 2007, Sernatur.**

Este anuario, realizado en conjunto con el INE, reúne en una sola publicación cifras e indicadores relevantes, de modo de facilitar la interpretación del desempeño de la actividad turística durante el año 2007.

#### **- Turismo Receptivo Internacional**

Durante el año 2007, ingresaron un total de 2.506.756 turistas de nacionalidad extranjera, 11,3 % superior al año 2006. El Cuadro 3-11, presenta los porcentajes de ingreso por las distintas zonas del país.

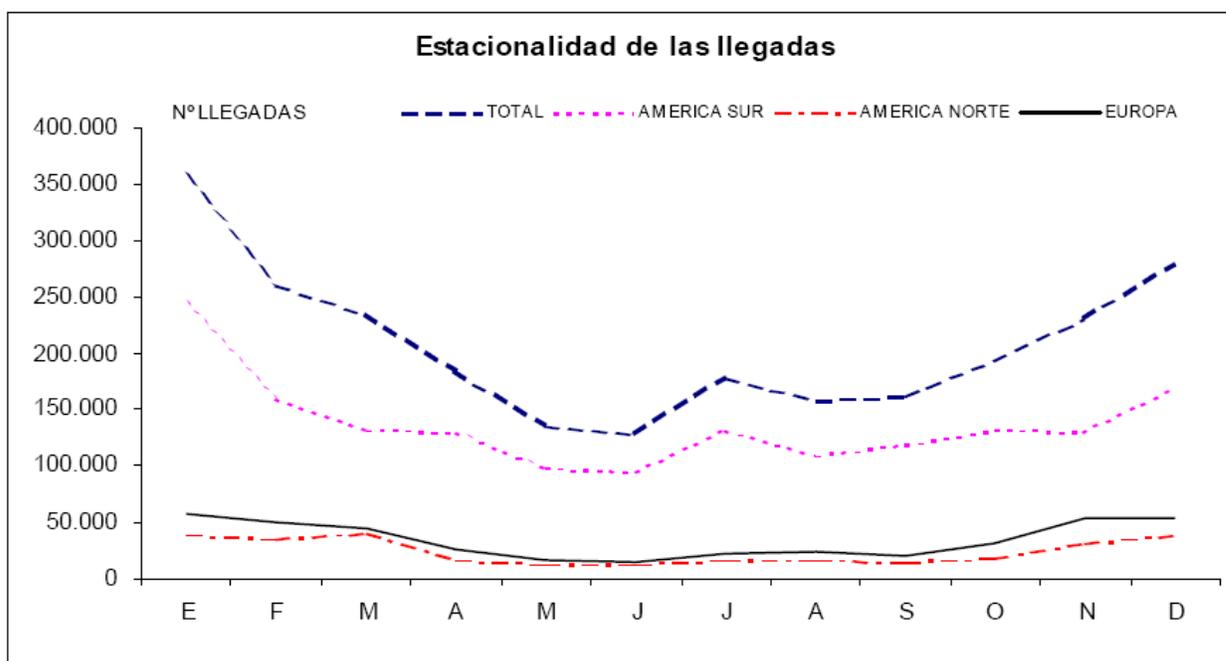
**CUADRO 3-11**  
**LLEGADAS INTERNACIONALES POR ZONAS DEL PAÍS**

ZONA	% Llegadas
Norte (Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta)	21,9
Zona Central (Metropolitana, Valparaíso)	53,8
Zona Sur (Biobío, Araucanía, Los Ríos, Los Lagos)	8,5
Zona Austral (Aysén y Magallanes)	14,2
Norte Chico y Centro Sur (Atacama, Coquimbo, Libertador B. O´Higgins, Maule)	1,7

Fuente: Sernatur, 2007

Respecto a la estacionalidad de las llegadas internacionales, 34 % se producen durante el primer trimestre del año y un 28,1 en el último; la menor demanda ocurre durante Abril-Junio, lo que se aprecia en la Figura 3-8.

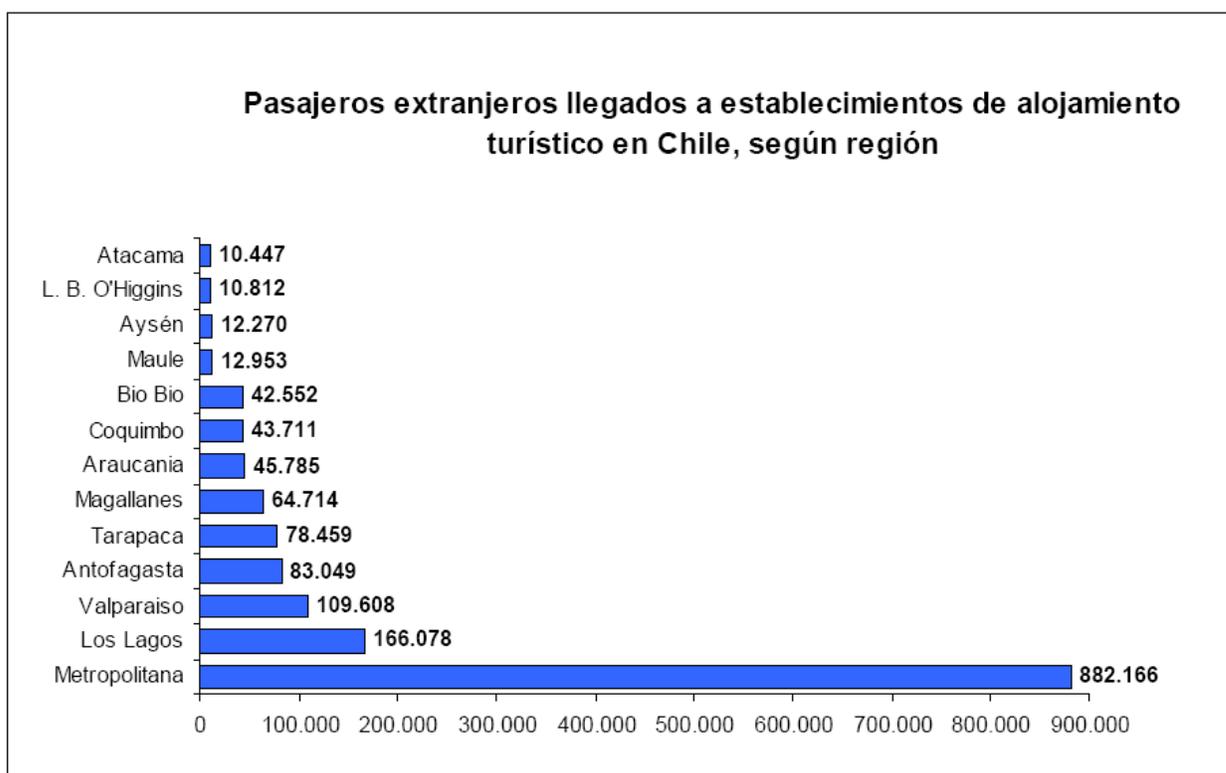
**FIGURA 3-8**  
**ESTACIONALIDAD DE LLEGADAS INTERNACIONALES**



Fuente: Sernatur 2007

La llegada de extranjeros a establecimientos de alojamiento turístico según región se visualiza en la Figura 3-9

FIGURA 3-9

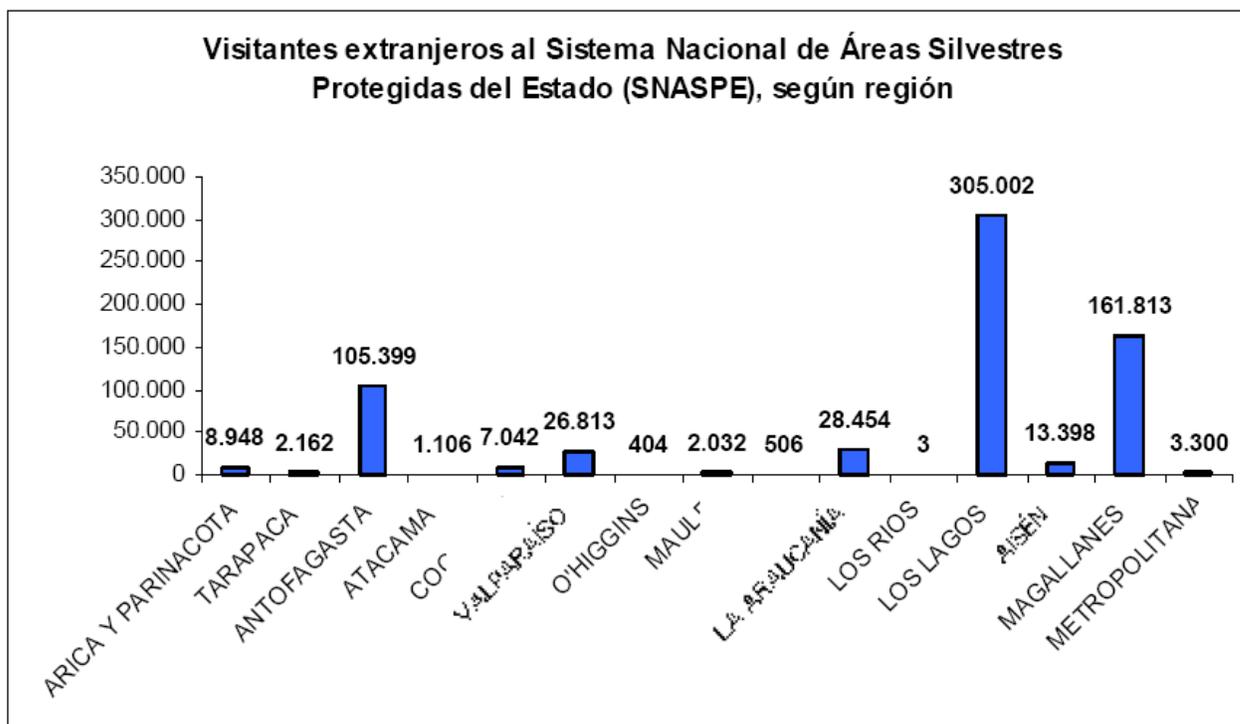


Fuente: Sernatur 2007

- Visitas de Extranjeros al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE)

El país cuenta con 95 unidades dentro del SNASPE, distribuidas en 32 parques, 48 reservas y 15 monumentos naturales, que en conjunto cubren una superficie aproximada de 14 millones de hectáreas, equivalentes al 19 % del territorio nacional. Durante el año 2007, Conaf (quién administra estos ambientes naturales), registró un total de 666.382 visitas de extranjeros a estas áreas, 12 % superior al año 2006. La región de Los Lagos concentra el mayor número de visitas (45,8 %). En la Figura 3-10 se señala la afluencia de turistas extranjeros a las áreas de SNASPE.

FIGURA 3-10



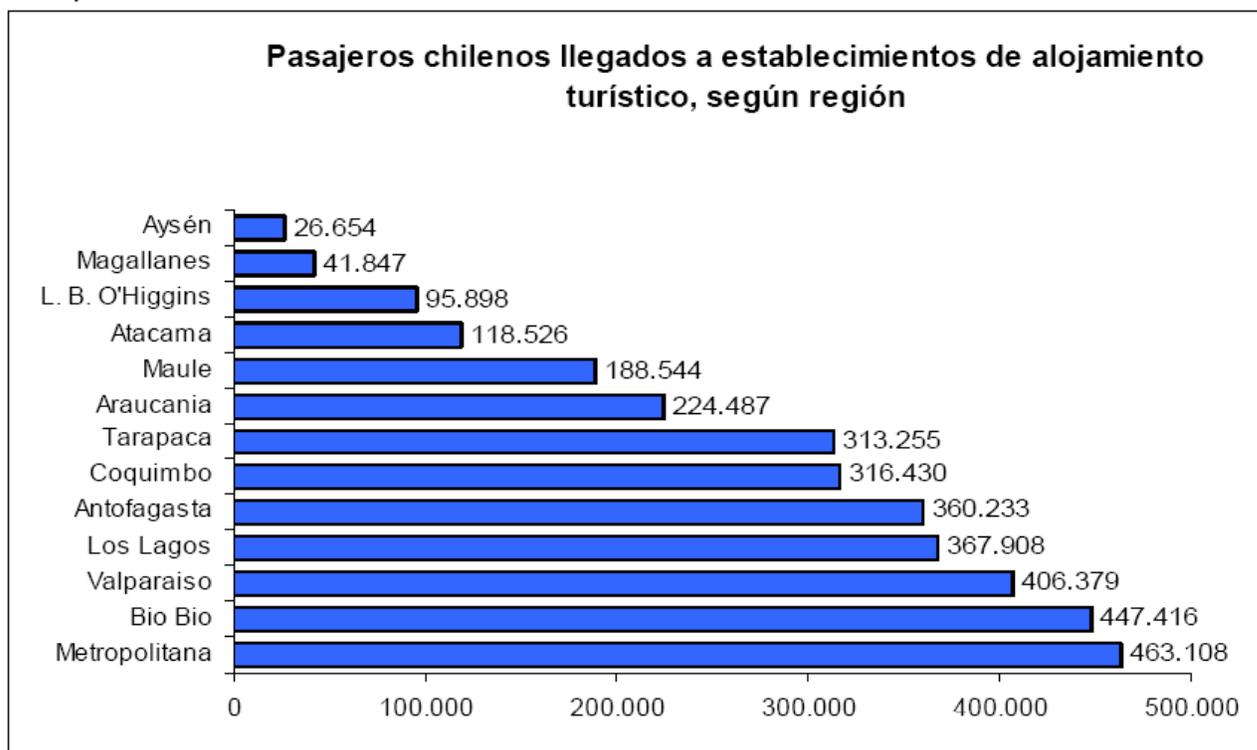
FUENTE: Corporación Nacional Forestal (CONAF)

La región de Los Lagos concentra el mayor porcentaje de visitas, dentro de la cual los parques nacionales Puyehue y Vicente Pérez Rosales son los de mayor afluencia. En segundo lugar resultó la región de Magallanes y Antártica Chilena, en la cual se destaca el Parque Nacional Torres del Paine como principal destino.

### - Turismo Interno

El número de chilenos que llegan a establecimientos de alojamiento turístico se presenta en la Figura 3-11.

FIGURA 3-11



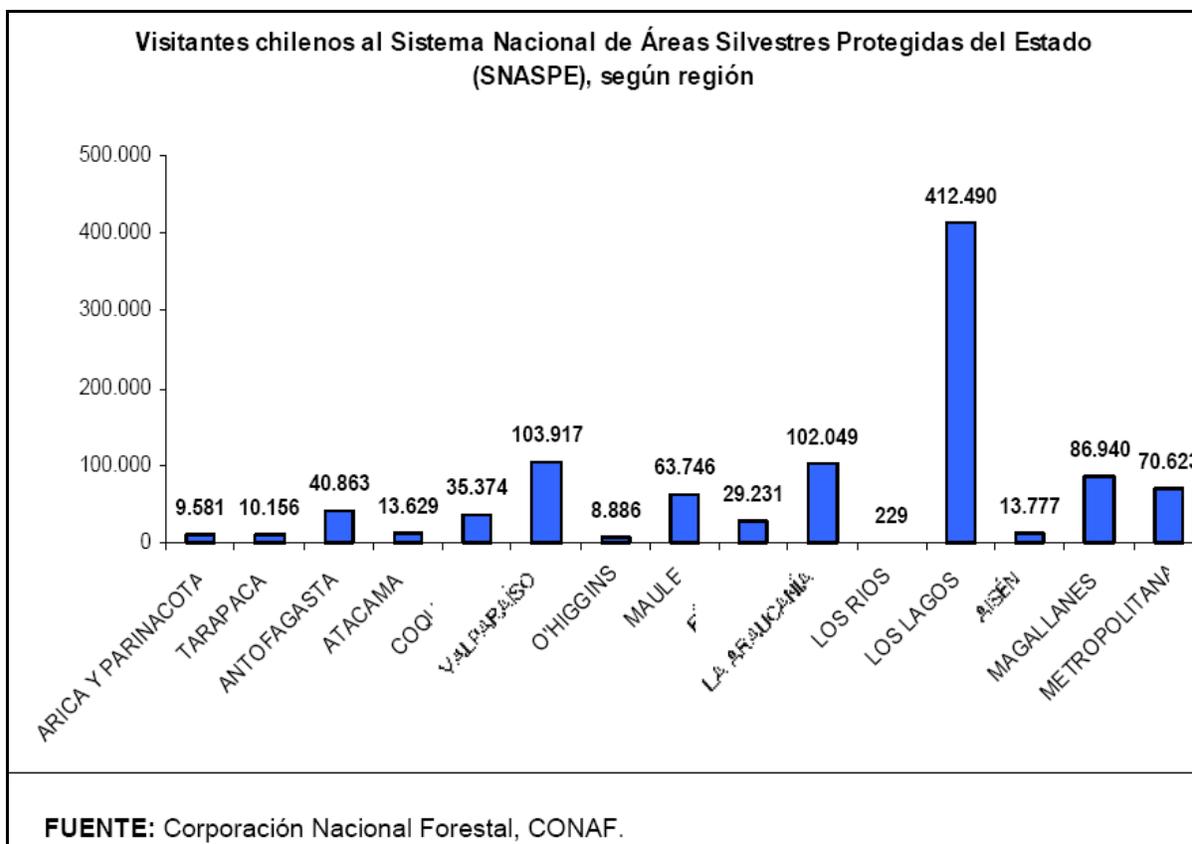
Fuente: Encuesta Mensual a Establecimientos Alojamiento Turístico INE, 2007

Entre las ciudades/destinos que se caracterizan por presentar el mayor número de pernoctaciones de chilenos (sobre los 100.000 anuales) son (en orden decreciente):

- Santiago (858.805)
- Iquique (456.327)
- Antofagasta (390.486)
- Viña del Mar (322.511)
- La Serena (296.208)
- Concepción (253.716)
- Arica (220.991)
- Coquimbo (195.488)
- Puerto Montt (173.569)
- Pucón (169.533)
- Calama (157.132)
- Los Ángeles (141.729)
- Villarrica (141.033)
- Valdivia (126.040)
- Temuco (107.330)

Las visitas de chilenos al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) se presentan en la Figura 3-12.

**FIGURA 3-12**



Destaca nuevamente la región de Los Lagos (41,2 %), y dentro de ella, al igual de lo que ocurrió con los visitantes extranjeros, los principales destinos fueron el Parque Nacional de Puyehue y el Parque Nacional Vicente Pérez Rosales. En Valparaíso, que ocupó el 2º lugar (10,4 %), destacan las visitas a la Reserva Natural Lago Peñuela y el Parque Nacional La Campana.

Es importante destacar que algunas áreas naturales situadas especialmente en zonas extremas del país, reciben un mayor número de visitantes extranjeros que de nacionales; por ejemplo parque Río Simpson en la región de Aysén (1.332 chilenos y 6.191 extranjeros), Parque Nacional Torres del Paine en la región de Magallanes (33.136 chilenos y 95.260 extranjeros). Ello obedece principalmente al elevado precio relativo de los servicios de transporte y alojamiento en esos lugares.

### Ref. 11.: Levantamiento de Hábitos de Consumo y Satisfacción con la Industria del Turismo en Chile, Ipsos, Sernatur, 2007.

El principal objetivo general de este trabajo fue conocer las expectativas y hábitos de consumo de los residentes en Chile en sus viajes turísticos realizados dentro del territorio nacional, período Diciembre 2006 – Marzo 2007. El trabajo fue de carácter cuantitativo, sobre la base de entrevistas telefónicas (3.767) apoyadas por un cuestionario estándar. El resultado de estas entrevistas se presenta en los Cuadros 3-12 y 3-13, que dan cuenta del destino al que produjeron los viajes dentro de Chile y a las actividades realizadas durante el viaje.

#### CUADRO 3-12



CUADRO 3-13



Fuente: Sernatur 2007

**Ref. 12 Guía para determinar caudales mínimos en el Estado de California. Editado por Lynne D. Geller, Departamento de Ecología, Programa de Recursos Hídricos, EEUU 2003.**

El documento provee una visión general de los temas involucrados en el proceso de establecer caudales mínimos en el Estado de Washington.

Presenta las exigencias legales para fijar caudales mínimos.

Describe como evaluar necesidades hídricas, identificando varios métodos a aplicar y como presentar la información.

Como proponer una recomendación de caudales y revisa el sistema de establecer normativas aplicando la ordenanza 2514.

**Ref 13. El Desarrollo de empresas de ecoetnoturismo indígenas en las áreas silvestres protegidas, Miguel Díaz Gacitúa Santiago, 20 de enero del 2001 CONAF.**

En el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), que involucra a Parques y Reservas Nacionales, administrado por la CONAF, existen a los menos unas 70 mil personas indígenas de norte a sur, que viven insertas o aledañas a estas áreas (CONAF, 1999; CONAF, 2000). La CONAF como parte del "Nuevo Trato" impulsado por el Estado hacia las etnias, ha decidido abrir el SNASPE a la realización de convenios de trabajo con esas comunidades indígenas con el fin de realizar proyectos de explotación forestal y eco- etnoturística sustentables.

El sector turismo rural en el mundo se espera que crezca a tasas cercanas al 22 y 23%, según la Organización Mundial de Turismo (OMT).

El Eco – etnoturismo, es una actividad turística realizada en los espacios y con recursos naturales y culturales de los pueblos indígenas de Chile.

Es una actividad realizada a partir de una cierta ventaja eco - etnoturística posible de explotar comercialmente por familias, grupos, organizaciones y comunidades indígenas.

La ventaja eco - etnoturística local es entendida como un conjunto de atributos singulares que posee una localidad tales como: un paisaje ambientalmente sano y atractivo, una historia indígena local fuerte e interesante, unas prácticas culturales tradicionales, patrimonio arqueológico y religiosos; y sus servicios anexos tales como comida típica o novedosa, alojamiento, venta de artesanía, circuitos de senderismo, y otros bienes y servicios intercambiables.

Es decir, una ventaja comparativa efectiva, con relación a otras localidades.

Se propone una estrategia de acción para el desarrollo del eco-etnoturismo basado en 5 conceptos claves. Estos son:

- a) Revalorización cultural
- b) Captura de las ganancias del Eco - etnoturismo por parte de las personas y/o comunidades indígenas locales

- c) Participación comunitaria integrada localmente
- d) Enriquecimiento ambiental
- e) Sociedad estratégica entre comunidad indígena y CONAF para la conservación y el manejo del SNASPE

**Ref. 14: Chile: Espacios naturales protegidos y pueblos indígenas. Conservación del patrimonio natural y cultural. Miguel Díaz Gacitúa, CONAF 2004.**

Chile, es uno de los países latinoamericanos con una aparente ausencia de pueblos nativos o indígenas en su sociedad. Sin embargo, en su territorio que va desde su desértica frontera norte, límite con Perú y Bolivia, hasta el extremo circumpolar del sur, existen al menos 8 pueblos indígenas reconocidos legalmente Aymarás, Likantatai o Atacameños, Collas, Quechuas, Rapa Nui, Mapuches, Kawashkar y Yámanas. A estos se agregará el Pueblo diaguita. Actualmente, un 6% de la población chilena es de origen indígena, algo así como un millón de habitantes (2002). En general, con excepción de los Rapa Nui se trata de familias y comunidades muy pobres.

A su vez, los Espacios Naturales Protegidos (ENP) corresponden a 15 millones de hectáreas, de propiedad estatal, altamente representativos de la biodiversidad y belleza natural del país, cuya administración está a cargo de la Corporación Nacional Forestal (CONAF). Los ENP están constituidos por 95 unidades entre Parques (32), Reservas (48) y Monumentos Nacionales Naturales (15).

En el extremo norte, los ENP con población Aymará están en la precordillera y el altiplano a más de 3000 metros de altura; en Isla de Pascua con los Rapa Nui están en medio del océano Pacífico suroccidental; en medio del desierto de Atacama con el pueblo Likantatai, una de las regiones más secas del planeta y en el sur en zonas de cordillera altoandina, con los mapuche y en el caso kawashkar, en la región circumpolar. Ecosistemas si bien de extrema rigurosidad para la sobrevivencia humana también de extrema belleza y endemismo.

- La asociación entre CONAF y los Pueblos Originarios de Chile para la conservación de los ENP está comenzando a ser una poderosa herramienta tanto para conservar los recursos naturales como el territorio y la cultura de las etnias.
- El Uso Indígena Ancestral de los Recursos Naturales de los territorios ancestrales es altamente coincidente con el uso sustentable de los

mismos, sin embargo hay personas indígenas que transgreden esta forma de uso.

- La gestión indígena y la puesta en valor de la cultura indígena en los ENP que tienen población inserta o aledaña, le agrega un extraordinario valor a estas unidades.
- Aun existe un importante "Indigenous Knowledge" sobre fauna y flora entre los indígenas, que es un valioso conocimiento para mejorar el manejo y la gestión conservacionista de estas unidades. Este, requiere ser recuperado y puesto en valor.
- El uso turístico y el aprovechamiento de algunos recursos naturales presentes en estos ENP ayudan significativamente al mejoramiento de los ingresos de las familias indígenas, por lo general muy pobres.
- La relación comunidad indígena - CONAF en los ENP requiere de una fuerte inversión inicial para la instalación de los procesos, eso frecuentemente es soslayado por diversos actores. Sin estos recursos, el resultado de las iniciativas de conservación del patrimonio natural y cultural en los ENP puede ser desalentador.
- Es deseable recibir cooperación internacional para llevar adelante una línea de trabajo entre los ENP y las comunidades indígenas, en los temas del uso, la regulación y la administración de estas unidades. Todavía hay muchas interrogantes que requieren investigación y desarrollo.

**Ref. 15: Flujos y Recreación. Una Guía para estudios para iver Professionals.(Flows and Recreation A guide to studies for river professionals). Doug Whittaker, Ph.D. Confluence Research and Consulting Bo Shelby, Ph.D. Oregon State University John Gangemi American Whitewater / OASIS Environmental October 2005.**

El documento explora métodos para evaluar la relación flujos de agua con actividades recreativas, y resume la experiencia de los autores que por más de dos decenas se encuentran trabajando en el tema. El informe entrega una evaluación de los enfoques científicos para evaluar los efectos de ríos regulados en actividades hidro-recreacionales.

Se indica que la cantidad de agua en un río o estero tiene una profunda influencia en el tipo y calidad de la recreación de un curso de agua o incluso puede inhibirla. Los flujos determinan si un río es navegable, "pescable", "nadable", y afectan atributos tales como descensos de aguas blancas (turbulentas) y la estética del paisaje que proporciona el río. También los flujos tienen efectos sobre las poblaciones de peces y otros recursos ecológicos y los ambientes ribereños, influyendo directamente en

las características físicas que afecten lugares de baño, como playas y pozones.

Existe variada literatura que relaciona los requerimientos hídricos para acuicultura, pesca, hábitat acuático, comunidades riparianas u otros atributos biofísicos, los cuales si son insuficientes pueden afectar actividades de recreación.

Se señala que diversos autores se centran en estudiar más los efectos inmediatos de la relación flujos hídricos versus actividades recreativas que en los efectos que estos pueden tener a largo plazo. La mayor parte de estos trabajos se han centrado en estudiar los requerimientos de descensos por kajaks u otros medios en aguas turbulentas, sin embargo algunos estudios han examinado los efectos de los flujos hídricos en actividades de recreación generales, disponibilidad de playas, excursiones o estética general de ríos.

La mayoría de los estudios de flujo-recreación emplean evaluaciones *in-situ* por paneles de usuarios experimentados, sin embargo, hay varias vías para examinar estos temas dependiendo de las características de los ríos.

Diversas organismos públicos de EEUU encargados de la Conservación de los Recursos Naturales (por ejemplo, el Servicio Forestal de EE.UU., Servicio de Parques Nacionales, la Dirección de Ordenamiento Territorial, El Servicio de Pesca y Vida Silvestre) se han interesado en evaluar el impacto de los regímenes de flujos hídricos en la recreación, desarrollándose diversos estudios sobre la materia. Este tema se ha relacionado con aspectos como navegabilidad, adjudicaciones de derechos de agua y evaluaciones de operación de represas.

La labor desarrollada en generar métodos de evaluación se centró en la década del 90, que si bien estos son eficaces enfoques y herramientas metodológicas, las aplicaciones y la integración en los procesos de toma de decisiones ha sido más lenta. Principalmente por que los estudios no entregaban una calidad suficiente como por la dificultad de las actividades turísticas para competir con otras actividades económicas que requieren regulación en los ríos.

Entre las causas detectadas están que muchos estudios se realizaban por consultores no académicos como por funcionarios de los servicios, sin incentivos para realizar publicaciones, limitando la transferencia de la información, además que ha existido escasa guía sobre estándares para la realización y uso de los estudios. Esto implica que la calidad y el alcance

de los estudios varíen caso a caso, dependiendo del grado de interés, conocimientos especializados y apoyo de distintos organismos, servicios públicos, investigadores, organizaciones o actividades de difusión.

Algunos de los problemas detectados son de carácter sistémico, donde se observa que normas claras para la realización de estudios y su empleo serían una mejora importante, sobre todo en la regulación de represas para hidroelectricidad. El documento ofrece un primer paso hacia ese objetivo al recomendar una perspectiva conceptual y opciones de elaborar estudios así como revisar protocolos, responsabilidades, y los productos que se pueden obtener.

El objetivo general del documento es un resumen de ideas para mejorar la investigación sobre flujos hídricos de recreación y su integración en la toma de decisiones, particularmente en ríos regulados.

Los objetivos que desarrolla el estudio son los siguientes:

- Proveer una perspectiva conceptual que diferencie información descriptiva versus información evaluativa.
- Desarrollar opciones de estudios realizar por niveles, con crecientes resoluciones a cada nivel, que ayuden a identificar necesidades de investigación en situaciones concretas.
- Revisar los elementos asociados con las opciones de estudio, clarificando y uniformando terminología para los métodos o productos de los estudios.
- Revisar los roles comunes y las responsabilidades de los organismos, servicios públicos, consultores, y las partes interesadas.
- Identificar los productos de los estudios o productos necesarios en las distintas etapas para garantizar que los resultados puedan integrarse en los procesos de toma de decisiones.
- Considerar como se incorporan a los permisos para operar proyectos que afectan caudales turísticos, medidas de protección o mitigación.

Las propuestas del trabajo se resumen en tres grandes niveles de acción:

a) Nivel 1. Opciones de trabajo desde Gabinete

Las actividades propuestas son:

- Revisión de Literatura: Revisión de documentos existentes con información acerca de oportunidades de recreación o las

características del río que lo hacen interesante para la recreación

- Resúmenes Hidrológicos: Resumir información hidrológica relevante e identificar restricciones operativas o de flujos.
- Entrevistas Estructuradas: Recolectar información acerca de conocimiento local sobre el río, oportunidades de recreación y efectos potenciales que el flujo del río puede producir. Las fuentes son usuarios experimentados de los ríos o expertos en usos hidro-turismo.

b) Nivel 2. Opciones de estudios con obtención parcial de información

Las actividades propuestas son:

- Evaluación de viabilidad de usos de embarcaciones desde tierra. A través de exploraciones a terreno, vadeando ríos, entrevistas con boteros, etc. Estimación inicial de caudales posibles
- Estudios de posibilidades de usos de embarcaciones desde el agua.
- Evaluación de opciones de pesca.
- Evaluación de posibilidades de descensos individuales.
- Evaluaciones de Juicios expertos sobre otras oportunidades de recreación

c) Nivel 3. Opciones de estudios intensivas

Las actividades propuestas son:

- Estimaciones de rangos de caudales para diversas actividades recreativas.
- Estudios controlados para embarcaciones
- Estudios sobre opciones de pesca.

**Ref. 17: Impacto de los Proyectos de Represas en Aysén en el Desarrollo del Turismo en la Región U. De Chile** Rodolfo Sapiains del Departamento de Psicología de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Chile.

El estudio de permitió evaluar la percepción que tienen los turistas que visitan esa austral región chilena, acerca de la eventual aprobación de la construcción de cinco megarepresas y varias otras asociadas en distintos

ríos de la zona. La investigación, además, proyectó las pérdidas económicas que produciría en el sector turístico de la región, una probable disminución de los visitantes por causa de estos trabajos

La investigación contempló la aplicación de una encuesta a más de dos mil visitantes nacionales y extranjeros que llegaron a la Región de Aysén por motivos vacacionales durante los meses de enero y febrero. Los equipos de profesionales a cargo de su realización visitaron numerosas localidades de la región de Aysén, como Coyhaique, Balmaceda, Puyuhuapi, Puerto Tranquilo, Cochrane y Caleta Tortel, entre otros, logrando abarcar a una mayor y variada muestra de turistas

La aplicación de este instrumento se complementó con la proyección de impactos económicos positivos y negativos de las centrales hidroeléctricas en torno al empleo y el desarrollo productivo del turismo, con el fin de estimar algunos de los costos y beneficios de la eventual materialización de estas iniciativas, es decir, su rentabilidad social.

El estudio fue apoyado por el Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CiEP), interesado en promover la generación de conocimiento científico y técnico que apoye la toma de decisiones a nivel regional en todos los ámbitos.

Los resultados de esta investigación indican que de los 2.022 turistas encuestados (62,3 % nacionales y 37,7 % extranjeros), un 76 por ciento rechazaría el proyecto Hidroaysén, si de ellos dependiera; un 73,4 por ciento cree que el proyecto no es compatible con la preservación y desarrollo de Aysén como reserva de vida; alrededor de un 40 por ciento no volvería a visitar la región si es que se construyen las represas; y más del 90 por ciento está dispuesto a elegir otro lugar para visitar si es que se aprueba el proyecto.

En materia económica, las estimaciones proyectadas por el estudio indican que, luego de construirse las represas, Aysén dejaría de percibir más de 23 millones de dólares anuales por concepto de turismo. Sin embargo, dado que los turistas muestran aún mayor rechazo a visitar la región durante la construcción de las represas (71 por ciento), en ese período que se podría extender por 5 a 10 años luego de aprobado el proyecto, la región perdería más de 38 millones de dólares al año.

El Turismo es la segunda área que implica mayores ingresos para la Región de Aysén, después de la salmonicultura, es decir, se trata de

ganancias que se proyectan a 80 millones de dólares para el año 2008, según algunas estimaciones.

El estudio proyectó alrededor de 60 millones de dólares indica un potencial de desarrollo muy grande y que va en la línea de la sustentabilidad. El turismo se desarrolla en Aysén preservando los recursos naturales para las futuras generaciones y al mismo tiempo creando actividades que generan ingresos para los habitantes de la región. Conforme a esto, se percibe que los turistas que visitan Aysén tienen una imagen negativa de los proyectos es muy preocupante.

Los resultados más importantes del estudio son: "Por una parte tienen que ver con la actitud de los turistas hacia los proyectos hidroeléctricos y por otro lado, con el cambio en el comportamiento del turista. En relación a lo primero, nos pareció muy significativo que el 76% de los turistas nacionales se manifestara en una postura de rechazo hacia las represas y los tendidos, sobre todo pensando en que hay un contexto específico en que se hace esta encuesta, que era particularmente sensible al tema energético en Chile. Justamente en los meses de enero y febrero se hablaba de que en estos momentos íbamos a estar con racionamiento eléctrico. Todo ello sumado a una campaña constante en los medios de comunicación que ponía el tema como urgente de solucionar. Con todas esas variables nosotros podíamos pensar que el índice de rechazo iba a ser menor, pero ese 76% de rechazo a las represas marca una tendencia favorable hacia la zona como un lugar que hay que cuidar, un lugar donde lo más importante es la protección de la naturaleza, porque esa protección de la naturaleza puede estar asociada a desarrollo para la región y, por lo tanto, también para el país.

Lo segundo es el cambio de comportamiento del turista. Claramente la construcción de represas provocaría un perjuicio para el sector turístico de Aysén, eso es difícil de desmentir. Probablemente, se puedan presentar otros resultados que muestren que la cifra tal vez sea un poco más baja, pero en ningún caso uno podría pensar que la construcción de represas en Aysén no va a provocar impacto en el turismo. En ese sentido, cuando hablamos de un 71% de personas que dicen que no van a volver durante la construcción de las represas; cuando hay un 40% de las personas que te dicen que no van a volver después, o sea que no viene más. Más aún, cuando tú piensas que esa gente está hablando por una población más grande, es decir que el amigo tampoco va a venir, y cuando le pregunten por Aysén, no lo va a recomendar como destino turístico, entonces, la baja es sumamente significativa.

A partir del estudio se puede inferir que hay pérdidas en la competitividad turística de Aysén en relación a otros destinos, por ejemplo: alguien que se encuentre en la posibilidad de venir al sur claramente va a ir al lado en que no hay represas ni tendido eléctrico, o sea a la Patagonia argentina, que, además, tiene un desarrollo turístico impresionante y una gran capacidad para seguir absorbiendo visitantes."

"En el caso de que se construyan finalmente las represas, la ley establece que se tienen que generar medidas de reparación, de mitigación o de compensación para los afectados. En este caso, nosotros creemos que el sector turístico se vería extremadamente afectado, sobre todo durante el tiempo que dure la construcción, entre 5 y 10 años. Cuantificar eso, es parte del esfuerzo que nosotros quisimos hacer, entonces uno podría preguntar si Hidroaysén está en condiciones de compensar esa pérdida, o de reparar esa pérdida, hablando de los montos que se están manejando. Por ejemplo, si un empresario recibía durante un mes 100 visitas y ahora va a recibir 30 ¿quién le va a compensar por esos 70 que ya no están viviendo? ¿Va a poder seguir manteniendo ese negocio? ¿Va a poder seguir subsistiendo?."

De acuerdo a los resultados de la investigación, el porcentaje de personas (39, 4 %) que no visitaría Aysén después de construidas las represas es menor que el que no iría durante la construcción de las mismas (71 %).

Esto se debe: "Fundamentalmente tiene que ver con que durante la construcción de las represas, la región pierde los valores más importantes para el turista. Uno de ellos es el valor estético, el paisaje, la naturaleza. Para los turistas, presenciar cómo esa naturaleza se destruye no es agradable, quieren evitarlo. Los turistas van a Aysén porque ahí la naturaleza está intacta, no quieren ir a un lugar donde están destruyendo".

Otra de las razones es la pérdida de la tranquilidad. Construir represas de esta magnitud, es decir 5 mega-represas y adicionalmente varias otras más pequeñas, implica que en la zona va a haber mayor flujo de camiones con material de construcción, va a haber más flujo de personas que estén trabajando allá, va a haber lugares en que se van a estar construyendo edificaciones y eso, para el turista que viene de la ciudad, resulta poco atractivo porque justamente vienen escapando de eso. Ir a un lugar, a miles de kilómetros de distancia, donde no es barato, para encontrarse con lo mismo no es agradable."

Sapiains indicó: "Ahora, un argumento que nos podrían decir en contra de lo anterior es que hay un tramo importante del Baker que circula por una especie de cañón, donde hay poca naturaleza, no hay bosque y es bastante más seco el ambiente por ahí. Es un tramo más o menos significativo, yo diría entre Cochrane y Puerto Tranquilo. Entonces podrán decir "bueno, inundemos aquí total, no se va a perder nada", pero decir eso es una ceguera ecológica súper grande, es no considerar que los ecosistemas son ricos y diversos no solamente en un bosque, sino también en otro tipo de climas, por lo tanto ahí también habría un impacto. En ese lugar donde no hay árboles, hay otro tipo de animales, de aves y de plantas.

**Ref. 18: Estudio Rentabilidad social regional Proyecto HidroAysen Transelec versus actividades turísticas Región de Aysén. Phd. Fernando Salamanca O.**

El Estudio pone en la balanza las ganancias en empleo que generaría el megaproyecto y las externalidades que provocaría en la zona. El documento se hace público a sólo días de que HidroAysén presente su Estudio de Impacto Ambiental.

La principal conclusión del estudio señala que: El ecoturismo es por lejos más beneficioso que las hidroeléctricas y el tendido eléctrico para la Región de Aysén. Si el Estado protegiera el bien público, es decir, buscara para la población el desarrollo económico más rentable, tendría que inclinarse por no avalar ese proyecto

Salamanca, sociólogo y Ph. D. Development Planning Studies de la University College of London, explica que su análisis parte de la premisa de que la naturaleza o belleza escénica es un bien económico de alto valor, superior en rentabilidad privada y social a otros recursos escasos como los combustibles o la producción embalsada de energía.

Según el estudio, los factores de pérdidas económicas para la región se reparten en la disminución del flujo turístico en la Carretera Austral; la reducción en las estadías en hostales y lodges a lo largo de la misma vía; la baja de los ingresos y empleo turísticos; la mengua del volumen y de los precios en las ventas inmobiliarias en la zona; y la pérdida de activos forestales.

Por el contrario, los beneficios de la construcción de las cinco represas y de las líneas de transmisión que transportaría la energía están concentrados en la generación de empleo para la zona. Las estimaciones sobre ese ámbito

apuntan a que con el proyecto se perderían 3.921 empleos netos por la construcción y operación de las represas y líneas que se distribuyen en 91% en pérdidas en comercio, turismo y transporte, y 9% en pérdida de empleos ganaderos. "Si tú comparas esos 4 mil empleos menos con los 250 que en promedio se van a generar, no hay dónde perderse", dice Salamanca.

El estudio pone en la balanza beneficios e impactos negativos del proyecto de HidroAysén y de las líneas de transmisión, negocio que la sociedad aún no cierra con Transelec. "Estoy comparando una inversión (el turismo) que tiene ventajas sociológicas: opera con pequeños empresarios, es muy sustentable y tiene un potencial creciente, tal como lo demuestran los ejemplos de Nueva Zelanda o la misma Argentina, con otra inversión (centrales y torres) que es intensiva en capital, pero que tiene poco encadenamiento en la región y es destructiva y sustitutiva, no complementaria como la hace aparecer la empresa. ¿Cómo vamos a hacer conciliar un lodge con una torre de alta tensión?", explica el autor.

Otro punto es la rápida depreciación de los terrenos que producirán las torres de transmisión eléctrica. "Hoy existe un buen mercado inmobiliario en la costa occidental del lago General Carrera. Para qué decir lo que va a pasar más al norte, en el sector de la orilla occidental del lago Llanquihue: Puerto Varas, Frutillar. Es una aberración en términos estéticos. Lo estético no es un capricho, es plata, los turistas pagan por eso. En términos económicos, el paisaje es una mercancía de altísimo valor".

Turismo: casi 40 millones de dólares anuales

Salamanca también participó en el estudio Impacto de los Proyectos de Represas en Aysén en el Desarrollo del Turismo de la Región, realizado por el Departamento de Sociología de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Chile y que también será presentado hoy.

Ese trabajo arrojó que en el período de construcción de las mega represas, las pérdidas para el sector turístico llegarían a casi 40 millones de dólares anuales replicados por los años que dure la fase de edificación del proyecto.

**Ref. 19: Evaluando flujos hídricos para recreación, empleando enfoques estructurales a condiciones biofísicas. Doug Whittaker Research Consultant Bo Shelby Professor Oregon State University. 1997**

El documento examina el trabajo de varios estudios de caudales de recreación que han utilizado el enfoque de "norma estructural".

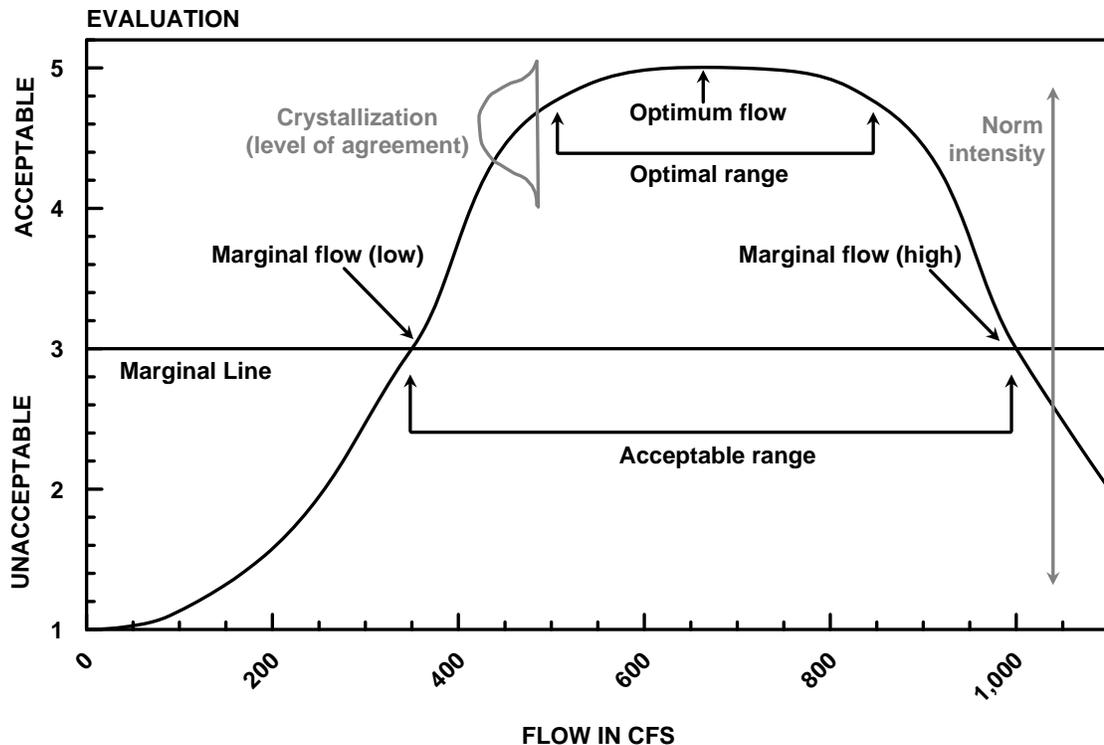
El enfoque propone un modelo metodológico para la recolección, organización y evaluación de información que relaciona flujos con calidad de recreación.

El documento presenta cómo se ha adaptado el método para la revisión de distintos ejemplos y entrega la lista de estudios que lo han utilizado.

La metodología analizada examina los puntos relevantes para la determinación de la relación flujo/calidad de recreación, tomando en cuenta las diferencias para los distintos tipos de equipos náuticos, distintos niveles de destreza, nichos de recreación en los ríos (según caudales) y se explora la relación entre flujos y paisajismo.

El uso del enfoque estructural para caudales de recreación, se resume gráficamente al relacionar la calidad de recreación (eje de las ordenadas) y el flujo hídrico (eje horizontal) para casos específicos de recreación como se presenta en la Figura 3-13.

**FIGURA 3-13**  
**CURVA DE EJEMPLO DE UN CAUDAL TEÓRICO PARA USOS SEGÚN**  
**EL ENFOQUE ESTRUCTURAL**



Fuente: Doug Whittaker 1997

Estas curvas pueden ser desarrolladas por diversas maneras, pero comúnmente integran evaluaciones individuales para rangos de caudal y para tipos de actividades de e recreación. Se obtienen características de estas curvas que incluyen rangos aceptables de caudales, el rango óptimo y el mejor caudal. El enfoque puede también examinar la sensibilidad de las variaciones.

El enfoque estructural es particularmente útil porque ayuda a describir como cambios incrementales de caudales afectan la calidad de la recreación. Esto diferencia a otros métodos, que en vez de basarse en valores de caudales únicos, o un umbral determinado, se trabaja por rangos de caudales, tomando en consideración todo el régimen hídrico. Proveyendo información para una diversidad de combinaciones entre caudales y actividades turísticas.

- **Aspectos Metodológicos**

En la determinación de caudales ecológicos, los Biólogos acuáticos evalúan idoneidad de diferentes profundidades y velocidades en el curso de agua para peces, luego los modelos hidráulicos de caudales generan propuestas donde el curso de agua provee mejor o peores sitios para el hábitat de los peces. Sin embargo, los biólogos evitarían este complejo proceso, si tuvieran la oportunidad de “preguntarles” a los peces su opinión de las mejores condiciones físicas en el río para su desarrollo. En este contexto, la determinación de caudales de recreación debe preguntar directamente a los usuarios que evalúen el comportamiento de la actividad para varios niveles de flujo en el río o que especifiquen caudales para actividades.

Esto no es directo ni fácil de realizar, pues en primer lugar, las personas no siempre conocen los valores de caudal en que ellos desarrollan sus actividades, segundo, la personas no están siempre alertas a las formas como el caudal afecta las características de su excursión, tercero, las respuestas pueden ser dirigidas, cuarto, puede haber variaciones en las preferencias de las personas. Por lo tanto las preguntas a realizar deben tener en cuenta estos aspectos para lograr evitar sesgos específicos.

- **Tipos de estudios**

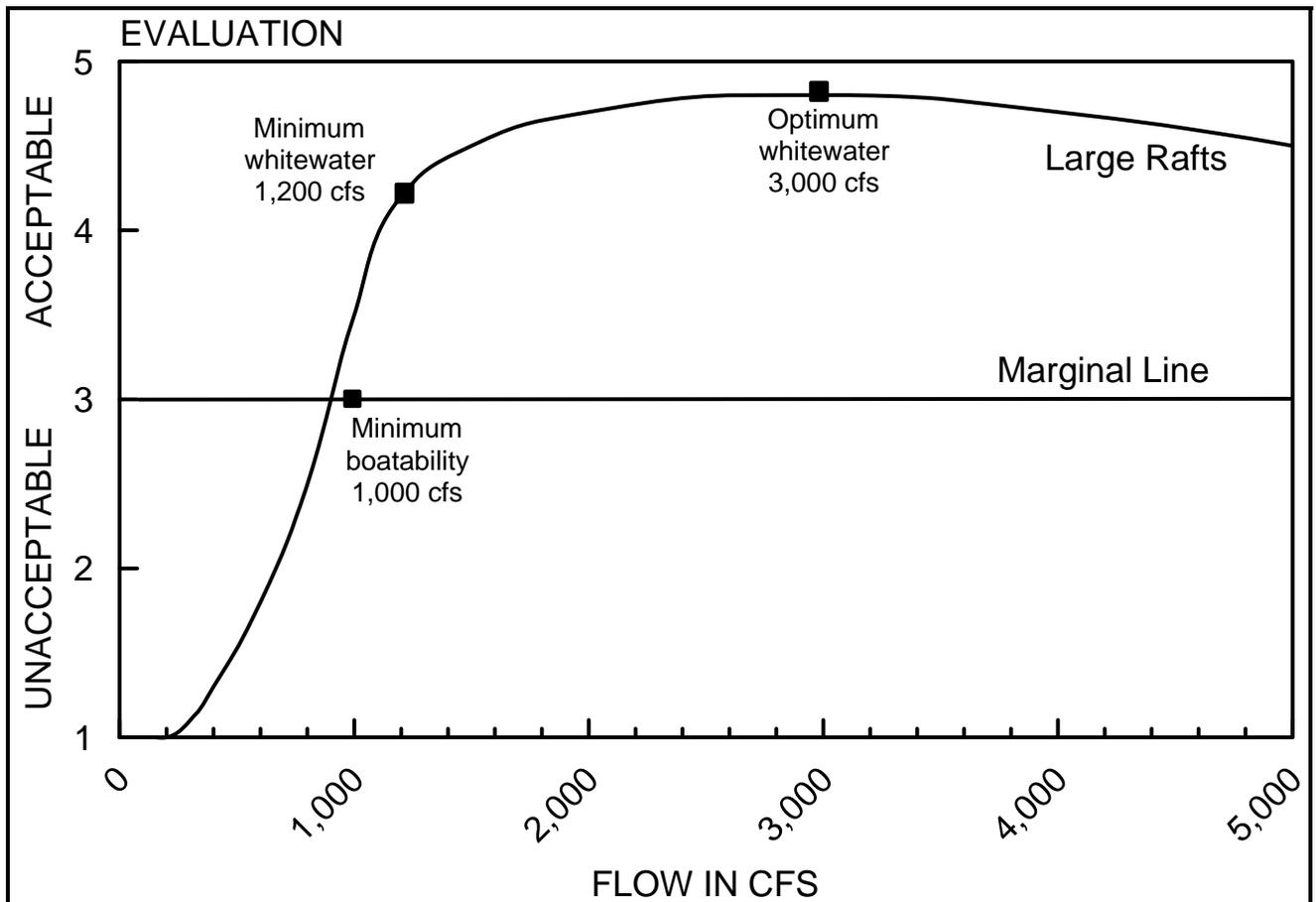
Hay tres tipos de estudios que pueden emplear el enfoque estructural:

- Entrevistas o focus groups,
- Estudios de caudales específicos
- Estudios comparativos de caudales

Cada uno puede ser adecuado para situaciones diferentes, dependiendo del tipo de recreación, disponibilidad de información hidrológica, conocimiento de los usuarios, entre otros aspectos.

Los resultados que el método proporciona permiten proponer óptimos caudales en los ríos para el desarrollo de aceptables niveles de calidad sobre actividades recreativas, como por ejemplo en la Figura 3-14 siguiente para el río Dolores en Colorado, donde se indica el mínimo nivel de agua para usar botes (1000 cfs) el mínimo y óptimo para aguas turbulentas para descenso en kajaks de 1200 y 3000 cfs respectivamente.

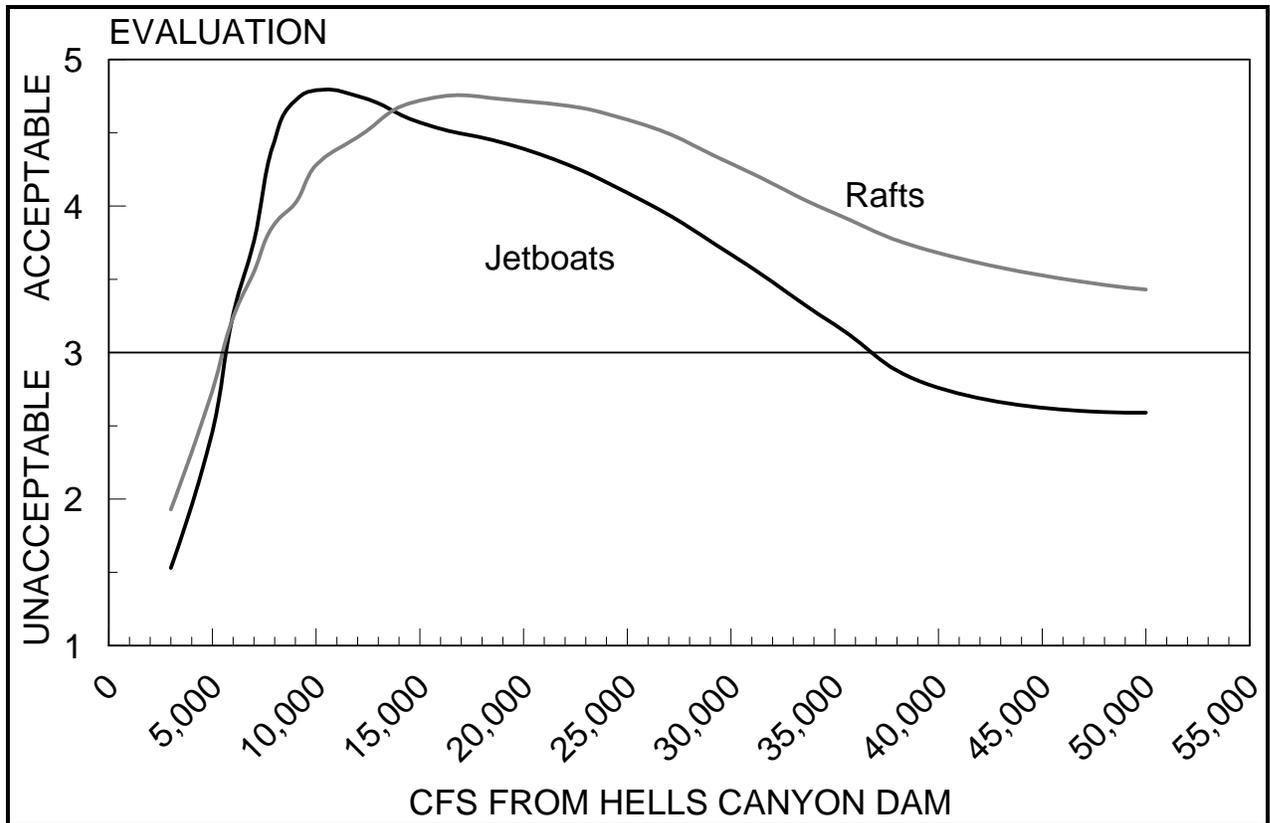
**FIGURA 3-14**  
**EVALUACIÓN EN RÍO DOLORES**



Fuente: Doug Whittaker 1997

La Figura 3-15 siguiente muestra el resultado de un estudio realizado en el Río Serpiente en Cañon del Diablo (Snake River in Hells Canyon) para evaluar los flujos aceptables para lanchas y para balsas, donde se aprecia que para balsas la calidad aceptable de la actividad es para mayores rangos que para lanchas.

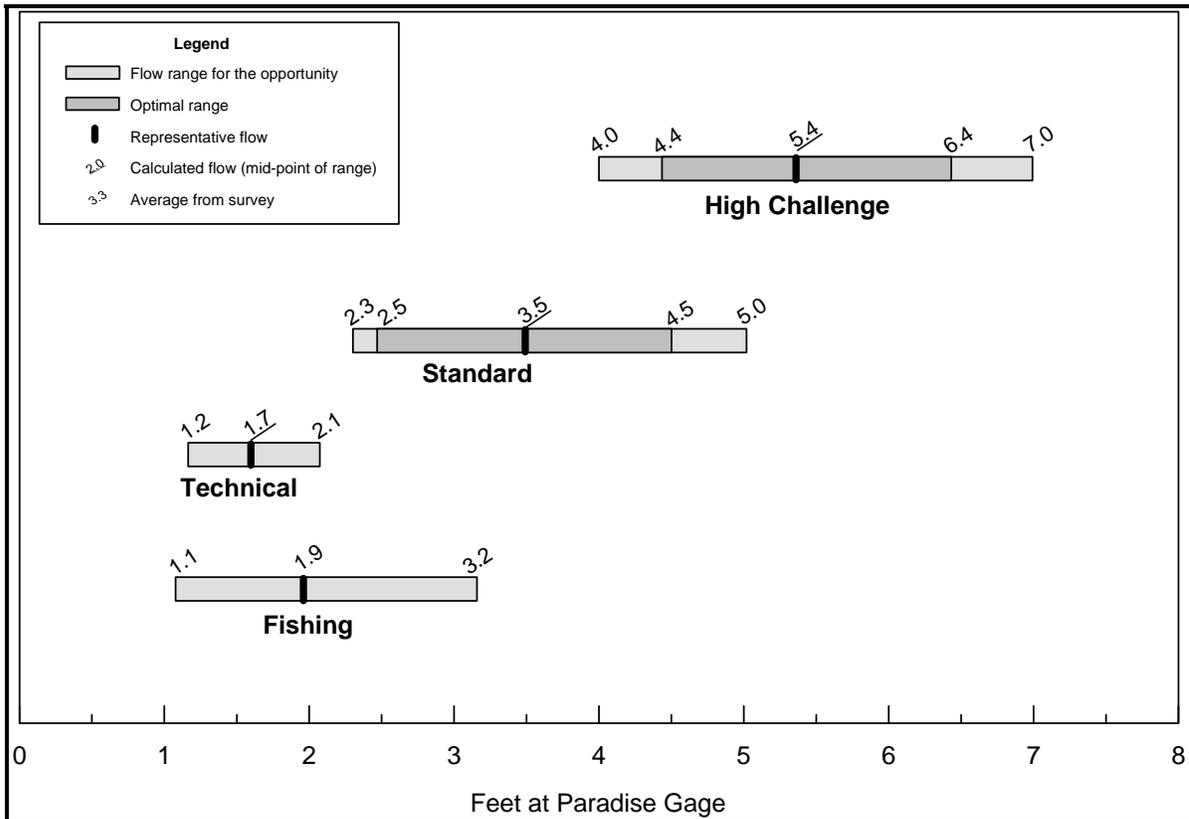
**FIGURA 3.15**  
**EVALUACIÓN DE CAUDALES PARA RAFTING Y LANCHAS EN RÍO**  
**SERPIENTE**



Fuente: Doug Whittaker 1997

La Figura 3-16 siguiente resume las alturas de agua en el punto Paradise del río Sellway (idazo), donde se presentan los rangos óptimos de altura de agua para distintas actividades de recreación.

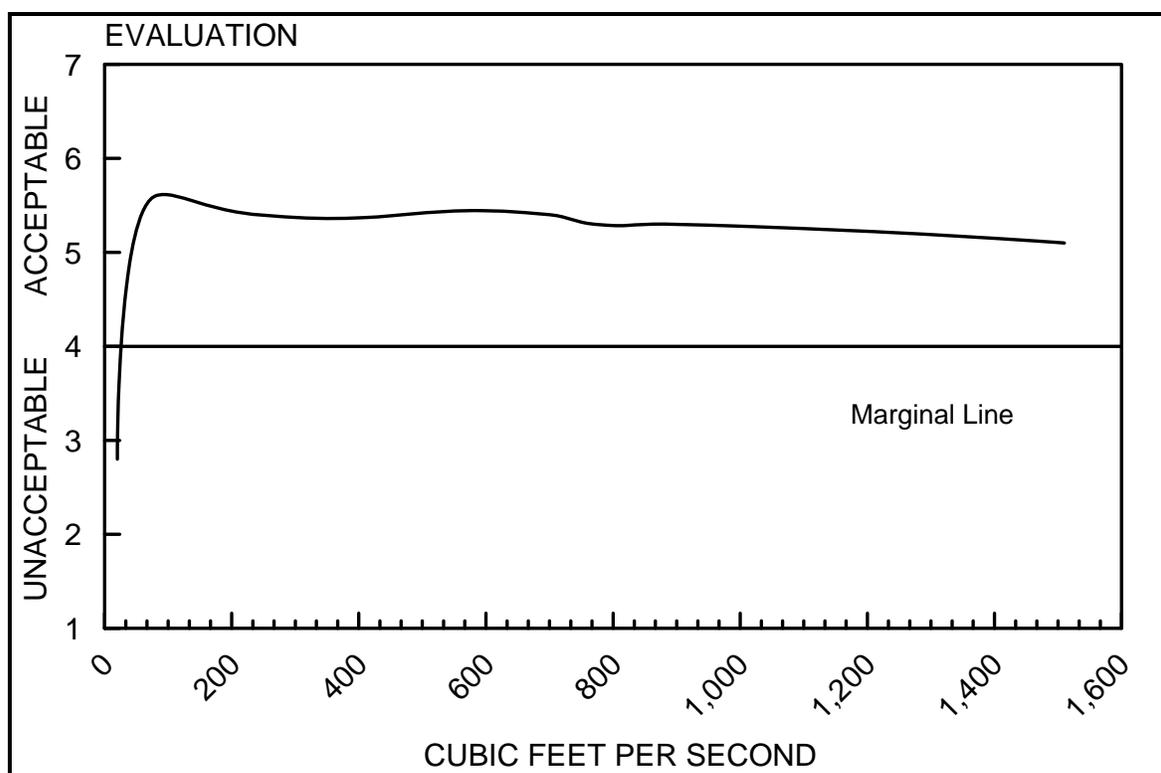
**FIGURA 3-16**  
**ALTURAS DE AGUA ÓPTIMAS PARA RÍO SELLWAY**



Fuente: Doug Whittaker 1997

La Figura 3-17 presenta una evaluación de caudales en relación a consideración Estéticas para el rápido Gran Diez en el río Virgen, Arizona. Donde se aprecia desde que caudal es aceptable desde el punto de vista estético la observación sobre el rápido.

**FIGURA 3-17**  
**EVALUACIÓN DE CAUDALES EN RELACIÓN A USOS ESTÉTICOS**



Fuente: Doug Whittaker 1997

**Ref. 20: Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica Centro de Ecología Aplicada Ltda. Comisión Nacional de Medio Ambiente Informe Final 2006.**

Los humedales son considerados dentro de los ecosistemas más importantes del planeta (Mitsch & Gosselink, 2000). Una herramienta importante que facilita el manejo y la conservación de humedales es el desarrollo de un sistema que clasifique estos sistemas en distintos ecotipos. Los ecotipos pueden ser asociados a distintas funciones y amenazas; estos atributos, cuando son evaluados en una perspectiva de paisaje, pueden ser usados para identificar una jerarquía de sitios a conservar.

En Chile, existe una necesidad de enfocar la protección de humedales en una manera "concertada, adecuada y eficiente" (CONAMA, 2005). El año

pasado, la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) publicó una estrategia destinada a la conservación de humedales. Uno de sus objetivos es “incrementar el conocimiento sobre los humedales”. Para lograr este objetivo, CONAMA decidió crear un sistema de clasificación para los humedales chilenos, de acuerdo a sus características funcionales y estructurales, como una manera de definir distintos ecotipos de humedales. Para determinar las prioridades de conservación de humedales basados en la cuenca hidrográfica, a cada ecotipo se le asocian sus respectivas funciones y amenazas.

En base a esta información, también es posible desarrollar planes de manejo generales para cada ecotipo. En este trabajo se elaboró una metodología para la conservación de humedales integrados a cuenca hidrográfica, a través del manejo sostenible, lo cual permita replicar la metodología a otros humedales, incluidos en las prioridades regionales y nacionales, donde la conservación sea relevante a nivel ecológico y social.

En este estudio se propone una estrategia basada en el uso de la visión ecosistémica, para realizar el sistema de clasificación. La unidad de análisis es el ecotipo, que corresponde a una familia de humedales, los cuales comparten propiedades, atributos e incluso amenazas similares.

El sistema de clasificación permitió identificar 3 grandes familias de humedales (marinos, costeros y continentales) y diferentes clases. En enfoque propuesto en este estudio es absolutamente complementario con la información disponible en la actualidad, ya que permite contextualizar e integrar estudios específicos con una visión global de los humedales. El sistema de clasificación se implementó en un Sistema de Información Geográfica, para disponer de una herramienta útil para la evaluación de la condición ambiental de los humedales. Sistema que fue calibrado y validado mediante visitas a diferentes humedales a lo largo del país. En términos generales, es posible señalar que los humedales menos representados dentro de los sitios prioritarios y sistema de áreas protegidas, corresponden a los humedales costeros de la clase intrusión salina. Los cuales se encuentran con el mayor grado de amenaza, situación que fue verificada durante las diferentes campañas a terreno realizadas entre la III y XI Región.

El sistema de clasificación basado en ecotipos vincula las propiedades de los humedales con sus amenazas, a través de un análisis jerárquico. Los resultados obtenidos en este estudio permitieron establecer que las amenazas son específicas a los humedales. Esta propiedad constituye una importante herramienta para el manejo de los humedales. Una de las

amenazas que es importante destacar, es el drenaje de humedales, ya que esta actividad es apoyada e incentivada financieramente por el Gobierno de Chile a través del decreto Ley 701 sobre fomento forestal de 1974 y de la ley 18.450 de fomento de la inversión privada en obras de riego y drenaje de 1985.

Esta última consiste en un programa de subsidios, en el cuál el estado puede llegar a financiar hasta el 75% de una obra de transformación de un humedal a un área apta para la agricultura. El decreto de Ley 701 fomenta la destrucción de ñadis a cambio de una bonificación del estado si es que esas tierras son transformadas en predios forestales.

A partir de las conclusiones obtenidas en este estudio, se proponen las siguientes recomendaciones para avanzar en la conservación efectiva de los humedales: a) realizar un catastro de humedales a nivel nacional, mediante la fotointerpretación de imágenes satelitales de tipo Landsat. Catastro que permitiría evaluar la representatividad y validez de los sitios prioritarios y áreas protegidas respecto de la conservación humedales; y b) realizar una experiencia piloto que permita escalar los resultados obtenidos a una escala 1:50.000.

Los resultados logrados en este estudio se deben en gran medida, a la valiosa colaboración de cada uno de los integrantes del Comité Nacional de Humedales. Así como también a los integrantes de las CONAMA regionales, técnicos de los diferentes Servicios del Estado, académicos y representantes de las comunidades locales.

### **Ref. 21: Tesis de Magíster Oferta De Turismo de Intereses Especiales X Región.**

El estudio tiene como objetivo analizar la oferta de Turismo de Intereses Especiales TIE, de naturaleza en la Región de Los Lagos, sus características, condiciones, estado, cantidad, ubicación, tipología, rasgo de diferenciación y el perfil de la demanda que acoge. En primera instancia se establece un marco teórico, donde se aborda el concepto de turismo de intereses especiales, demanda y la oferta de la Región de Los Lagos.

Posteriormente se efectúa el análisis de la oferta de establecimientos de alojamientos de Turismo de Intereses Especiales, ubicados en los destinos existentes en la región, a quienes se les aplicó como instrumento una ficha diagnóstica, siendo éstos y las actividades que se generan en su entorno, la base del análisis. También como una forma de profundizar más en el

tema, se analizan las agencias de viajes, que se han especializado en la venta de productos y actividades TIE.

Asimismo, se analizan otros componentes importantes de la oferta regional como son los lodges y senderos de Chile. También se cuenta con información de once actores claves del sistema turístico regional, obtenida a través de encuesta aplicada, la cual fue analizada y constituye un valioso aporte al estudio. Una vez efectuado el análisis del trabajo de campo, se realizan propuestas y recomendaciones para gestionar en forma eficiente, la oferta TIE de la Región de Los Lagos, de acuerdo a los antecedentes contenidos en la evaluación, haciendo hincapié en la óptima conformación de un producto de calidad, orientado hacia el segmento de mercado adecuado, utilizando en forma adecuada el marketing y actuando en forma asociativa coordinada e integrada, entre empresas TIE y organismos vinculados.

**Ref. 22: Shelby, B., T. C. Brown, and J. G. Taylor. 1992. Streamflow and recreation. USDA Forest Service General Technical Report RM-209. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, CO.**

El texto se focaliza en la relación de los caudales hídricos con la calidad de la recreación. Dado que la íntima relación que existe entre estos componentes. Aún cuando las específicas relaciones de los flujos con calidades de recreación no están completamente bien entendidas o bien documentadas. El texto hace una revisión acerca de estudios realizados y los diferentes métodos empleados para entender el fenómeno.

Aborda los marcos legales y administrativos que pueden ser empleados para la protección de los flujos para recreación. Aspectos legales a nivel nacional (EEUU) y de los Estados y cuales son los Servicios Públicos involucrados y sus roles específicos.

Para entender la relación entre caudales de agua y actividades de recreación, considera que hay componentes descriptivas y evaluativos. Las descriptivas proveen información objetiva acerca de la caracterización de los recursos, los efectos de diferentes alternativas de manejo o gestión de ellos. Información descriptiva relacionada con caudales puede mostrar como diferentes montos de agua afectan las condiciones biofísicas del recurso, tales como tamaño y número de pozones, tamaño y número de rápidos, probabilidad de accidentes en botes, calidad de navegación, etc.

La componente evaluativa muestra como las personas responden a las condiciones físicas. Por ejemplo, en flujos muy pequeños, los rápidos en

un río pueden ser muy fáciles para kayakistas, y en flujos muy altos pueden ser muy peligrosos. Información evaluativa es necesaria para decidir cual conjunto de condiciones es mejor o más deseable.

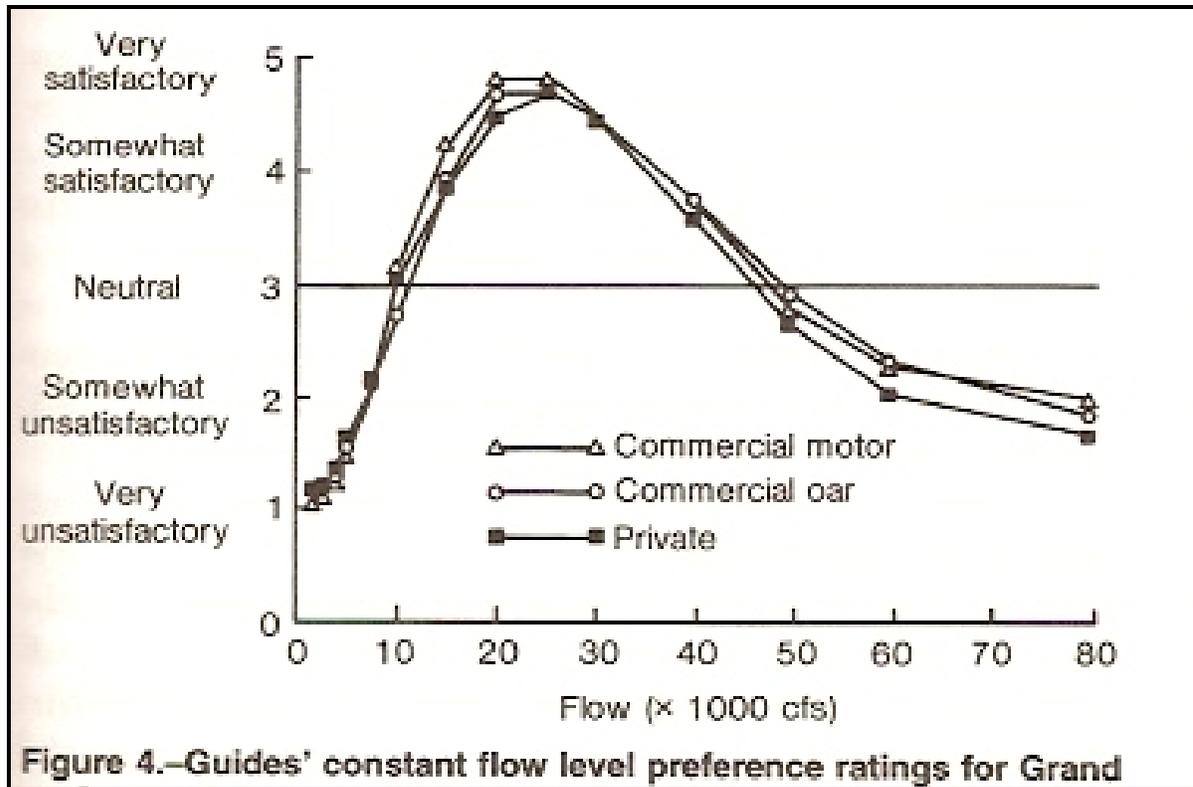
El estudio analizó 28 efectos directos de variaciones de flujos de agua sobre calidad de actividades recreativas. Estos efectos corresponden a información documentada por diversos autores, la Tabla adjunta muestra algunos de ellos.

16 de los efectos directos analizados miden calidad de recreación, 5 se focalizan en calidad escénica o acústica, 7 en valor económico de la actividad.

Las metodologías que se revisaron permiten construir curvas que muestran la relación entre flujos de agua y calidad recreacional, como se ve en los ejemplos siguientes.

La Figura 3-18 presenta relaciones entre caudales de agua en el Gran Cañón, primero para satisfacción de uso de botes a motor a remo los niveles de accidentes que pueden ocurrir para distintos rangos de caudal.

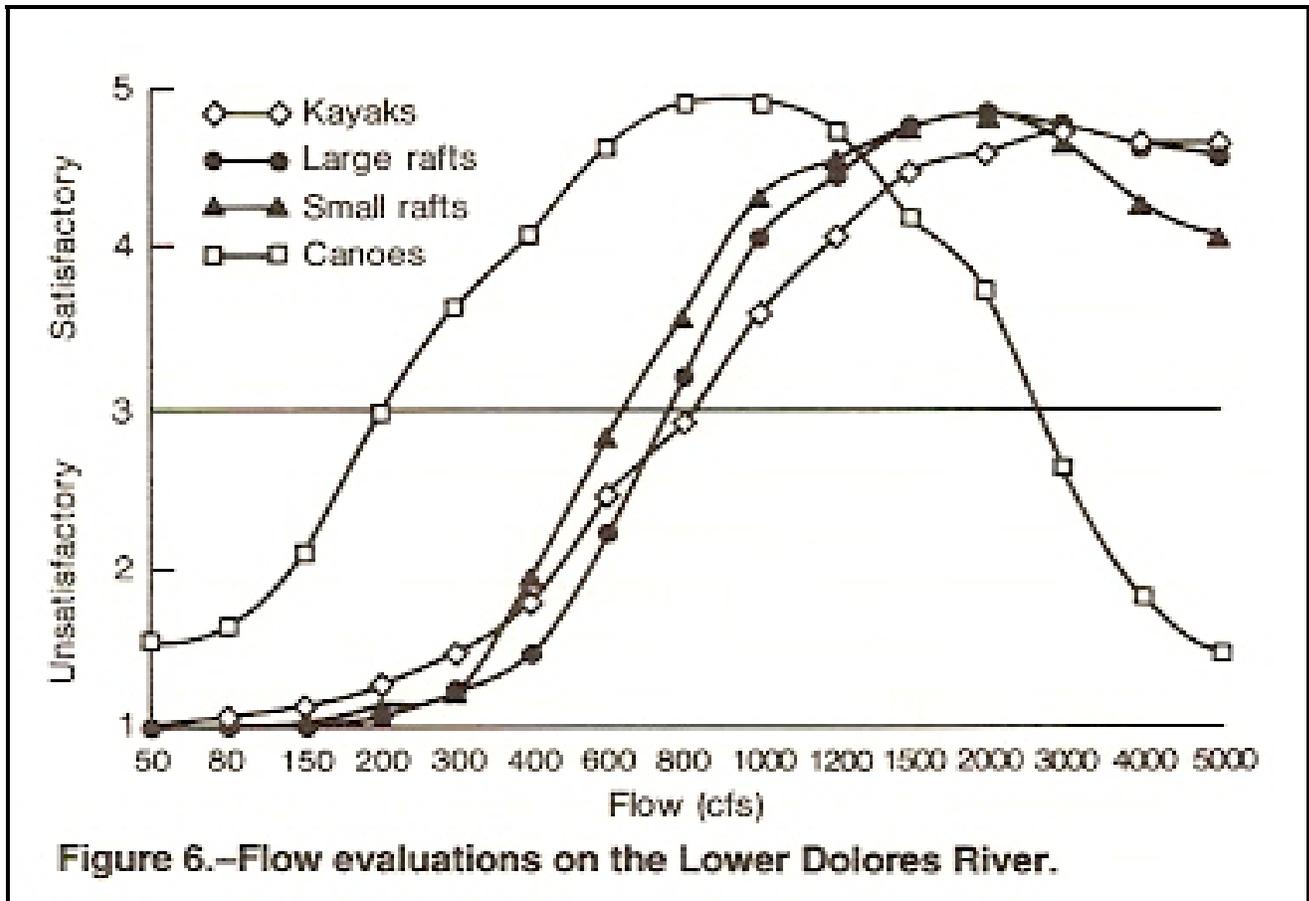
**FIGURA 3-18**  
**CURVAS DE CAUDALES ÓPTIMAS EN EL GRAN CAÑÓN PARA**  
**EMBARCACIONES DE RÍO**



Fuente: Shelby 1992, USA

La Figura 3-19 siguiente indica para el estudio realizado en el Río Dolores Bajo, los flujos en el río evaluados como satisfactorios para actividades como kayaks, balsas cortas y largas, y canoas.

**FIGURA 3-19**  
**NIVELES DE SATISFACCIÓN PARA EMBARCACIONES EN RÍO**  
**DOLORES**



Fuente: Shelby 1992, USA

**Ref. 23: Shelby, B. D. Whittaker, and W. Hansen. 1997. Streamflow effects on hiking in Zion National Park, Utah. *Rivers* 6(2):80-93.**

La relación entre los flujos de agua en ríos y las actividades recreacionales, han estado preferentemente focalizados en usos de botes en sus diversos tipos.

Este estudio documenta los efectos de las variaciones hídricas e la actividad de Excursión, paseo, caminata-denominada en inglés, Hiking- en el Parque Nacional Zion de Utah.

Para el estudio se consideraron aspectos descriptivos e información evaluativa.

La componente descriptiva se focalizó en como los cambio de condiciones de los flujos hídricos, tales como, profundidad o velocidad de agua en vados (remansos), y la información evaluativa identificó las oportunidades de actividades (por ej. Excursión versus descenso en bote) y estándares para definir las condiciones mínimas y optimas.

El estudio se desarrolló en el río Virgen que cruza el Parque Nacional Zion en Utah. Está conformado por una profunda garganta de 600 m que se abre a un espacio más ancho. La excursión en esta área es el uso recreacional principal del río, aunque algunos descensos en bote se realizan en ciertas condiciones de caudal.

Una gran cantidad de otras formas de recreación se realizan, como acampar, picnics y otras similares, que se desarrollan a lo largo del río. La clásica excursión en el valle se extiende por un tramo de 25 km. Puede ser completada en un día largo, aunque muchos lo hacen en dos días, acampando en el recorrido, La excursión ofrece una espectacular visión de los paisajes existentes así como muchos desafíos en su ruta. Debiendo atravesarse el río más de 200 veces, además se requiere subir pequeñas cascadas de agua, además de desafíos de escalar en paredes rocosas.

El público ha ido en aumento de 600 al año en 1984 a 7000 en 1992.

Los flujos en el río son esenciales para el desarrollo de la actividad y la profundidad y velocidades en los puntos de cruzar el río son aspectos muy relevantes a considerar.

Las fuentes de información consultadas para el estudio fueron:

- Análisis de informes del Parque sobre excursiones,
- Trabajo de campo.
- Entrevistas
- Uso de modelos hidráulicos, se estudio la relación de velocidad y profundidad para dos secciones versus diferentes caudales,
- Estudio con Excursionistas experimentados en el Parque.

Los resultados indican que las variaciones de caudal en el río afectan la actividad de excursionismo. La Figura 3-20 muestra el número de excursionista que hubo en relación al caudal en el río, sobre 60 cfs los excursionistas de los sitios más silvestres (backcountry) disminuían

notablemente. Pero que los que realizan caminatas en la orilla, se mantenían constantes.

**FIGURA 3-20**  
**RELACIÓN DE NÚMERO DE CAMINANTES VERSUS CAUDALES DEL RÍO**

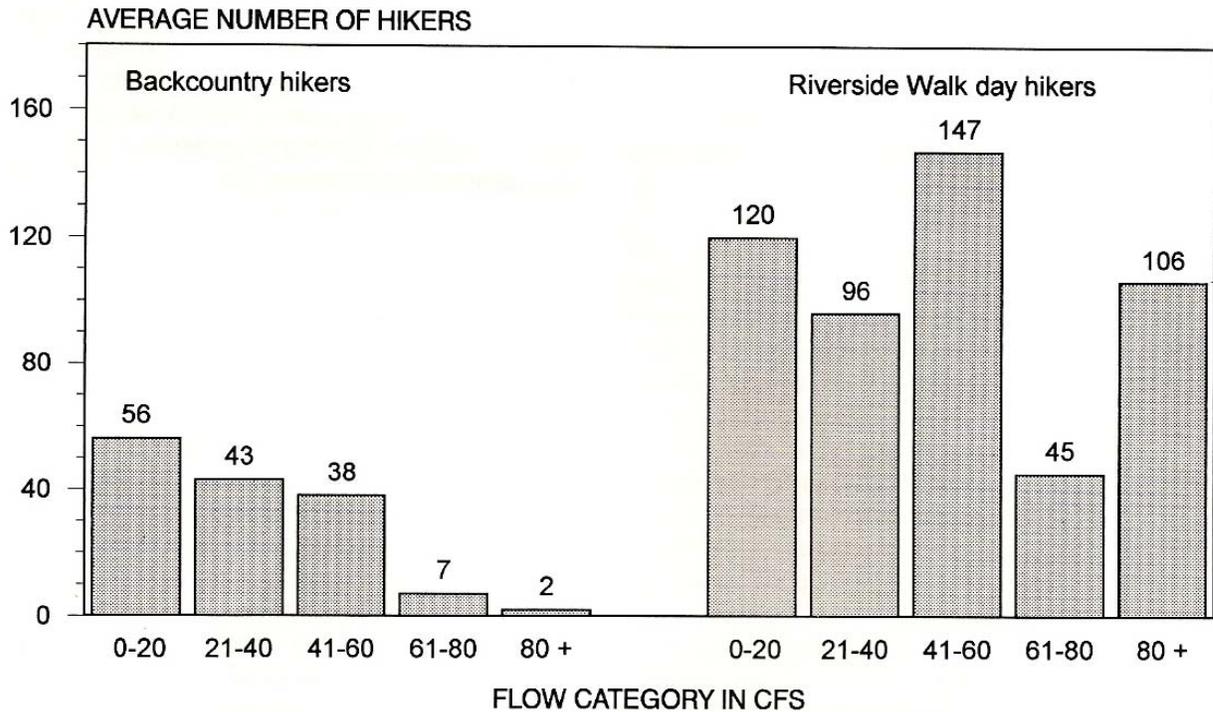
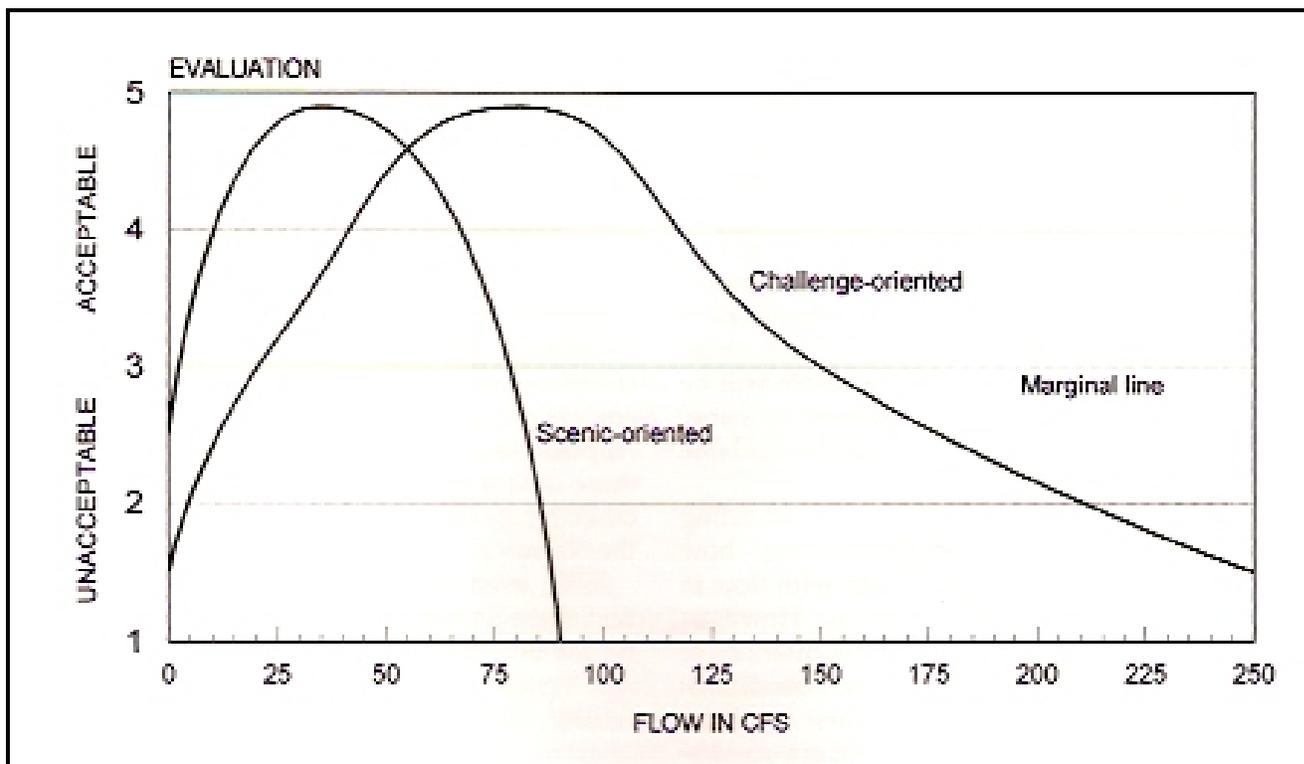


FIGURE 2. Average number of hikers encountered by National Park Service rangers at different flow levels.

Fuente: Shelby 1993, USA

La Figura 3-21 muestra la relación de rangos de caudales obtenidos para dos tipos de excursionistas, orientados a disfrutar del paisaje y los orientados a los desafíos.

**FIGURA 3-21**  
**TIPOS DE EXCURSIONISTAS VERSUS CAUDALES EN RÍO**



Fuente: Shelby 1993, USA

**Ref. 24: Metodología para Determinar Intensidad de Uso Público en Áreas Silvestres Protegidas, CONAF, AMBAR, PNUD 2000.**

La metodología considera los principales estudios realizados en temas de ASP y corresponde un sistema de análisis y acción, aplicable en tres escalas: Escala Macro, Meso y Micro.

La metodología permite la estimación de la capacidad de carga Turística Real y Efectiva, para sitios de visita.

La metodología para determinar la Intensidad de uso Turístico en un ASP corresponde a un proceso interactivo e iterativo de análisis y acción, calificado como un Sistema de Monitoreo Ambiental, esta metodología cuenta con seis etapas:

- Etapa 1 Caracterización Diagnóstica de la Zona de Uso Público(ZUP) del área silvestre protegida

- Etapa 2 Determinación de las clases de oferta turístico ambiental al interior de la ZUP
- Etapa 3. Caracterización de la oferta recreativa existente y/o proyectada:
  - Sitios de Visita
  - Estimación de carga, indicadores de impacto y definición de estándares.
- Etapa 4 Evaluación del estado de situación de cada sitio de visita: identificación de impactos.
- Etapa 5 Definición de estrategia de manejo, herramientas e implementación
  - Acciones de manejo y/o mitigación de los impactos.
- Etapa 6 Plan de Monitoreo: Seguimiento de las acciones de manejo

El texto es un manual de aplicación donde se describen y analizan cada una de las etapas señaladas.

**Ref. 25: Determinación de una Metodología para Establecer el Caudal de Compensación en los Ríos de Costa Rica. Ing. Agr. Miguel Víquez Camacho –Coordinador (ICE) Ec. Agr. Rogelio Araya Rojas (ICE)M.Sc. Karla Sánchez Campos (Consultora) Dr. Anders Hiort (Consultor AB HYDROCONSULT)**

La metodología propuesta se usó para asignar usos a diferentes partes de un mismo río.

## **METODOLOGÍA**

### **➤ DEFINICIÓN DE SECTORES**

La Figura 3-22 indica el enfoque de trabajo por sectores, partiendo desde la cuenca hasta llegar a los sectores

**FIGURA 3-22**  
**DEFINICIÓN DE SECTORES**



### ➤ INVESTIGACIÓN DE CAMPO SOCIOECONÓMICA

- Identificar usuarios, usos y sitios
  - Qué actividades
  - Quienes
  - dónde: puntos o tramos del río

Entrevistas a usuarios para caracterizar la actividad: épocas, horas, importancia social y económica de la actividad en la (s) comunidad (es).

- Observaciones de campo
  - Establecimiento de preferencias de uso
  - Determinar caudales.

## Observaciones de campo

Propósito:

- Ubicación espacial de cada punto o tramo
- Confirmación del uso y los usuario (s),
- Frecuencia de uso, época, días, horas, ...

Para ello:

- Contar con un informante de la comunidad para localizar los puntos o tramos donde se realiza la actividad e identificar usuarios.
- Recorridos por los sectores: confirmar las condiciones y uso del sitio.

### ➤ SELECCIÓN SITIOS DE OBSERVACIÓN

Propósito: seguimiento y monitorear los usos no consuntivos.

#### CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN

- Acceso al sitio
- Importancia social /económica del uso
- Facilidad para observaciones y anotaciones
- Facilidad para levantamiento de sección transversal del río (para posterior modelación, cálculos e inclusión en software RANA)
- Sección transversal para: control de niveles, establecer las reglas de preferencia y evaluar los requerimientos no consuntivos.

### ➤ RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO

- Pesca: a partir de la observación y entrevista con usuarios.
- Baño: observación, entrevistas y mediciones de individuos, establecimiento de puntos de control en las pozas, determinación de secciones de control.
- Balseo: observación, entrevistas operadores y medición de las balsas, monitoreo viajes (días, horas, temporadas), puntos de observación (entrada y salida del río) y secciones de control.
- se obtuvieron registros durante un año en los puntos de observación preestablecidos

## Herramientas para recolección de información

- Ficha para la identificación y descripción de los usos socio productivo del río:

- Datos generales
  - Actividades puntuales
  - Actividades por tramo
  - Observaciones
- 
- Ficha de observación para usos socio productivo del río
    - Natación
    - Pesca
    - Rafting
- 
- Levantamiento de información en sitios de observación
  - Manual de codificación
  - Listado de los puntos de los usos sociales y productivos ligados al río
  - Resumen de usos socio productivos del río

➤ **VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO**

- Validación en sitio de la información recogida (para cada actividad)
- Talleres de validación (para todas las actividades)
  - Grupos con todos los usuarios
  - Garantizando la participación de todos los usuarios
  - Validación de la información
  - Establecimiento de priorización de usos

➤ **ENTREGA DE RESULTADOS A LAS COMUNIDADES**

➤ **RESULTADOS**

- **Baño:**
  - en el verano
  - presente en varios sectores del río
  - muy arraigada y con amplia participación de género (jóvenes, mujeres, niños y niñas)
  - comunidades aledañas y lejanas.
  - con especial presencia en vacaciones, fechas especiales y fines de semana.
  - relacionada con la posibilidad de accesos al río
  
- **Pesca:**
  - durante todo el año
  - actividad de diversión complemento a dieta familiar sin que sea fundamental en el ingreso
  - presente en un amplio tramo del río.

- **Balseo:**
  - Uso intenso en un tramo de estudio
  - compañías de turismo de aventura ligadas al mercado internacional
  - poco o nada valor agregado a las comunidades
  - durante casi todo el año, limitada por condición de caminos durante la época lluviosa.

### ➤ **PRIORIZACIÓN DE USOS Y SECTORES**

A partir de la caracterización de los usos, las cantidades requeridas y la importancia relativa de cada actividad:

- Importancia del uso del agua dentro de cada sector
- Importancia Relativa del uso del agua entre sectores
- Importancia general de los usos del agua en toda el área de estudio

**De acuerdo con el contexto general del trabajo, es poco lo que aporta para el desarrollo del presente estudio.**

**Ref. 26: Agua y Turismo. Nuevos Usos de los Recursos Hídricos en la Península Ibérica. Enfoque Integral. Leandro García González Universidad Carlos III de Madrid**

En este trabajo se estudian las principales características del agua y el turismo en la Península Ibérica, especialmente en turismo «interior». Un importante plan de acciones intenta generar una activa relación institucional y desde la misma desarrollar actuaciones que contribuyan al relanzamiento de la temática. Esta es considerada como patrimonio cultural y natural en el Sur de Europa. Finalmente el presente trabajo presenta algunas reflexiones sobre las características, problemática y realidad de la gestión del turismo del agua.

- **Otros espacios de agua y turismo**

En el análisis de los espacios no litorales, los usos de las aguas en muchos de ellos son esenciales para algunas prácticas. El conjunto de posibilidades se va ampliando cada vez.

**Las Zonas de camping.** La mayoría de ellos están ubicados en los entornos de quebradas, ríos y arroyos. Es difícil disociar una zona de acampada, incluso aparece en la publicidad de la mayoría de los mismos,

de un espacio con abundante agua y vegetación. No se puede olvidar que la actividad en estos recintos se centra en los meses de verano, septiembre, marzo, y que en el resto del año los establecimientos están cerrados. Existen instalaciones tanto privadas como públicas.

En conjunto son actividades recreativas asociadas a cursos de aguas, de gran impacto económico y social, que deberán ser evaluadas en conjunto para determinar los niveles de caudales hídricos que les den viabilidad.

Cruceros fluviales

Ocio y Recreación: cascadas, gargantas; piscinas naturales; lagos; lagunas; humedales; embalses.

Zonas de playas: Desembocaduras, arenales; clubes náuticos; Áreas de Camping, canotaje; turismo aventura.

- **Agua y Turismo. Integral y Sostenible**

Dentro de la denominada «Nueva Cultural del Agua» aparecen nuevas tendencias. La importancia del agua en casi todas las actividades del hombre implica un carácter amplio y generoso del mismo en su tratamiento. La interrelación de variables es impresionante y numerosos elementos influyen en su dinámica. Las actividades económicas han sido y serán un aspecto muy importante, pero muchas de ellas son ya del pasado. Los aspectos medio ambientales son incuestionables y por tener un gran número de ríos internacionales debemos valorar notablemente los aspectos políticos.

En definitiva, una actitud integral ante un fenómeno muy importante que requiere una gestión sostenible y la protección y conservación de los recursos hídricos. Del mismo modo como cualquier actividad humana, y el agua y turismo no es una excepción, debe de tener un planteamiento de durabilidad en el tiempo y evitar los aspectos irreversibles. El turismo «sostenible» es el sistema que mejor representa lo que en el nuevo mundo avanzado y las políticas de las diferentes administraciones relacionadas con el turismo y las aguas van en esta línea. Normalmente hay que potenciar los pequeños instrumentos turísticos más que los megaproyectos que en la mayoría de las ocasiones generan desajustes irreversibles en los espacios. Se postula que algunos espacios del «interior» tienen excepcionales perspectivas, pero no es aconsejable que copien el modelo de «sol y playa».

**Ref. 27: GIRH; Revisión de Criterios Empleados para la valoración y la Participación de Agentes Sociales en su Instrumentación**

SÁNCHEZ-TORRES Becker (\*, \*\*\*); GASCÓ José M<sup>a</sup> (\*\*\*) y ROSALES Judith (\*)

(\*) *Centro de Investigaciones Ecológicas de Guayana, Universidad Nacional Experimental de Guayana (UNEG) Urb. Chilemex CP 8015-A Puerto Ordaz, Venezuela.* (\*\*\*) *Departamento de Edafología de la E.T.S.I. Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), España.* (\*\*\*) *Secretaría de Participación Popular y Desarrollo Social Gobernación del Estado Bolívar, ISP, Ciudad Bolívar, Venezuela.*

**Resumen**

Esta investigación se concibió con el objetivo de analizar los criterios empleados para la Valoración del Recurso Hídrico y la Participación de los Agentes Sociales en la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH), se recurrió a la revisión 4 estrategias para la implementación de la GIRH presentadas en el IV Foro Mundial del Agua, y 01 cuenca sin esta experiencia; como la Cuenca del Río Botanamo, Municipio Sifontes, perteneciente a la red hidrográfica del Río Esequibo, que es una Cuenca compartida entre Venezuela y Guyana.

A través de un estudio in situ se contextualizó la Cuenca y se identificaron a los agentes sociales y sus roles; en interrelaciones entre el sistema hidrológico, uso de la tierra y demás relaciones naturales existentes, se emplearon las encuestas y entrevistas en grupos familiares, lo que permitió generar un *Esquema que considera a la Valoración del Recurso y a la Participación de Agentes Sociales, como herramientas para la instrumentación de estrategias para la GIRH.*

Se concluyó que:

- La GIRH es un proceso complejo necesario para el desarrollo sustentable y que los criterios revisados no pueden separarse; entendiéndose que el primero depende de aspectos (sociales, económicos y naturales) interrelacionados, y que el segundo es un proceso con un contenido ideológico, temporal y de corresponsabilidad
- Que en la cuenca del Río Botanamo es necesario implementar una estrategia para el desarrollo de una GIRH, que orienten las actividades de minería, ganadería y agricultura entre otras; que actualmente impactan significativamente la estructura y dinámica del Paisaje.

La valoración del agua, como parte integrante de la gestión de recursos, juega un rol importante en el proceso de asignación del agua, de gestión de la demanda y de financiación de las inversiones. Sin embargo, el problema que surge es que los instrumentos económicos no son aptos para estimar con exactitud el valor social y religioso del agua, los efectos externos que actúan sobre la economía y el ambiente o el valor económico intrínseco del agua. Por lo que es necesario comprender que los recursos naturales pueden ser tangibles (suministro de agua) o intangibles (conservación de Biodiversidad) (Mendieta, 2001). De igual forma, los impactos ambientales pueden considerarse tangibles (costos de extracción del agua) o intangibles (recuperación de cuerpos de agua) que pueden ser negativos o positivos y generan por tanto costos o beneficios ambientales (Barzev, 2002).

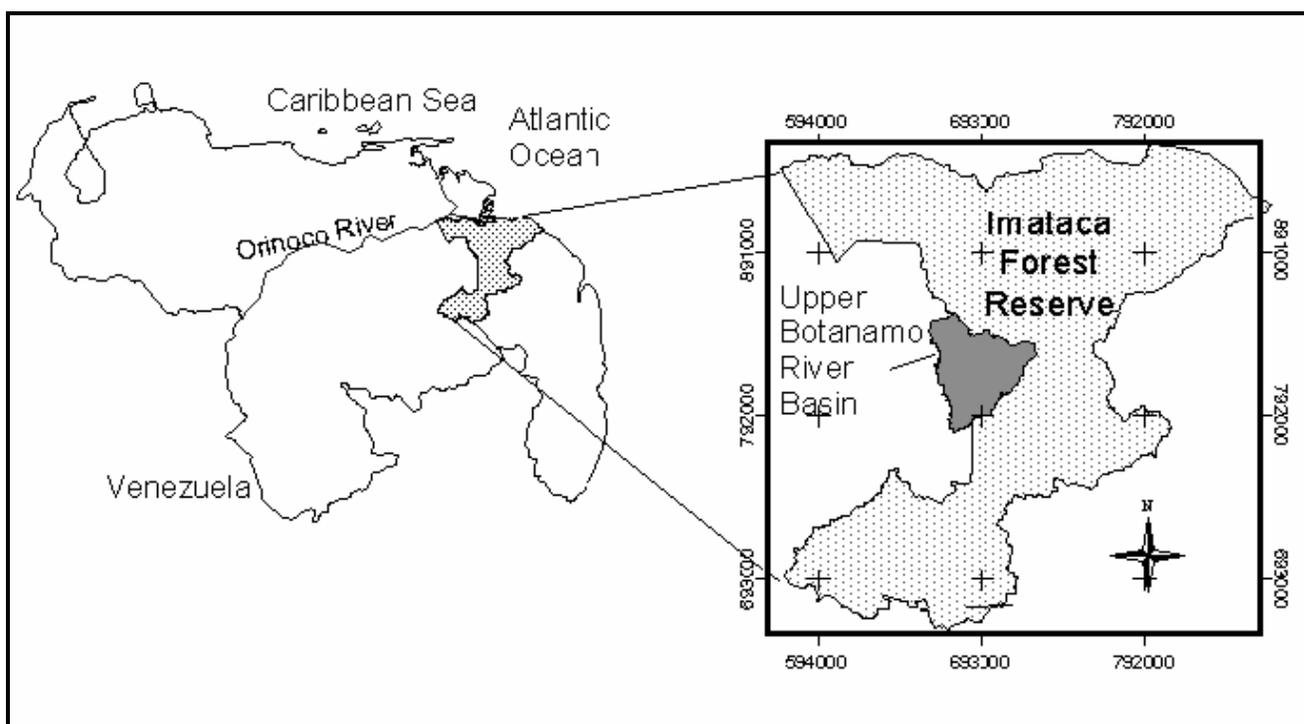
Para Martín y Basagoiti, (2004) parece evidente que las instituciones locales y los movimientos sociales disponen de un escaso margen de maniobra para transformar el mundo, “[...] por lo que hay que reflexionar sobre las ventajas de la participación y la necesidad de políticas públicas que la refuercen y promuevan”. En este sentido, la participación se presenta como una alternativa a respuestas desde lo público a las necesidades y demandas de los ciudadanos y ciudadanas, e introducen las perspectivas de los diferentes agentes en el ámbito de la Gestión. Quienes han identificado claramente los intereses de éstos, en busca de alcanzar el mayor consenso posible del colectivo, a través de distintos procesos abiertos de consulta y debate, sin embargo, para los ciudadanos y ciudadanas de las comunidades locales, estos procesos han sido propiciados en su mayoría por terceros, que en algunos de los casos buscan cumplir fines sesgados, de carácter, político, social u organizacional, es aquí donde se establecen las diferencias en la participación, la tendencia es agentes coparticipes que garanticen la ejecución de las estrategias propuestas en la instrumentación de los procesos GIRH, en función de; a) que la evaluación cualitativa no es posibles sin la información de todos los actores, b) la evaluación concensuada es necesaria para estos procesos y c) debe existir un punto de retroalimentación y validación.

- **Materiales y Métodos**

La investigación se fundamentó en un análisis de contenido. Se compararon 4 casos de estrategias para la instrumentación de la GIRH presentadas en el IV Foro Mundial del agua, y una cuenca sin esta iniciativa, a partir de un diagnóstico en la Cuenca del Río Botanamo al sur

del Estado Bolívar, Venezuela (Figura 3-23); donde están ocurriendo cambios acelerados en la cobertura de la tierra como resultado de la intensificación del uso de los recursos (agrícola, ganadero, minero, forestal) por las poblaciones humanas. El Botanamo es un río de la cuenca del Río Cuyuní, afluente del Río Esequibo y ocupa una superficie de 2.556 Km<sup>2</sup>, de los cuales un 54,5% están dentro del área de la Reserva Forestal Imataca. Las cabeceras del río se localizan en la Serranía de Nuria.

**FIGURA 3-23**  
**UBICACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO BOTANAMO EN LA RESERVA FORESTAL IMATACA (DELGADO ET AL 2005)**



Para el diagnóstico de la cuenca se consideró un población de 54.067 habitantes en el Municipio Sifontes, estado Bolívar (INE 2004), en base a los criterios de agrupación familiar. Para la determinación de la muestra se empleó equivalente a un 10% de la población (Cruz y Rivera 2003) por lo que se trabajó con 400 hogares, en dos grupos sociales (urbanos y periurbanos). Referido a los instrumentos; a) para determinar el caudal, se empleo la medición de aforo (Briones y García 1997), este muestreo se efectuó en dos períodos, (sequía y lluvia), b) se aplicaron las encuestas en los hogares y c) por último se realizaron entrevistas con los diferentes Agentes.

**Conclusiones:**

De las cuatro experiencias presentadas en el IV Foro Mundial del agua; para la instrumentación de la GIRH en países como; a) Pakistán, b) Bangladesh, la India Nepal, c) Brasil, y d) Egipto (GWP 2006); orientaron las estrategias a solventar la gestión del agua, en función a problemas y conflictos derivados de aspectos tanto naturales, económicos y sociales. Sin embargo, estos no fueron abordados en un enfoque complejo [Sánchez et al (2005); Mikler, et al (2003)], sustentados en que:

- En la valoración del recurso las estrategias que la incluyeron como herramienta: presentan indicadores unidimensionales; (económicos, sociales o naturales), aislados de la interpretación de las interrelaciones en torno al recurso. Pese a la dificultad de incorporar y considerar todos los indicadores mencionados en el diseño de una estrategia, es necesario el entendimiento de las dinámicas en los contextos de acción y no pueden disociarse por ser elementos del desarrollo sustentable recurrentes para la GIRH.
- En lo que se refiere a la Participación; las estrategias revisadas se orientaron a la organización (acompañamiento institucional), a fin de mejorar las capacidades (formativas), ayuda técnica y financiera para conformar grupos comunitarios especializados, y contienen propuestas de capacitación a largo plazo a fin de propiciar la participación en la planificación y toma de decisiones, sin embargo no se evidenció a juicio del autor procesos concensuados, multisectoriales y multiagentes, así como la ausencia de metodologías que conlleven a procesos de participación genuinos, y de una participación ciudadana en base a una legislación local que autentifique estos procesos.

En segundo término, en la Cuenca del Río Botanamo no existen ninguna experiencia previa, la GWP, ha promovido a través de una ONG´s un proceso de identificación de la situación actual del recurso hídrico en el país 2005, con la finalidad de ser presentada en el IV Foro mundial (Cañizalez et al 2005).

Esta iniciativa, con carácter de consulta, con el empleo de talleres regionales en las principales ciudades dirigido a los diferentes actores sociales, fue realizada en algunos estados del país, durante el proceso en el Estado. A la convocatoria asistieron Instituciones Académicas, Gobierno Estatal y ONGs, con ausencia de las Comunidades, Gobierno Local y demás

usuarios interesados. De este informe se concluyó respecto a la instrumentación de la GIRH, que debe existir una coordinación en la participación tanto de los entes gubernamentales y las comunidades para el uso eficiente del agua.

### ➤ **Conclusiones sobre Recopilación de Información**

La etapa de recopilar información ha sido de alta utilidad, permitiendo conocer las líneas de trabajo que existen en Estados Unidos principalmente, a través de los trabajos de los Investigadores Whittaker y Shelby, quienes en la década de los 90 desarrollaron diversos estudios de caudales requeridos para realizar actividades recreativas en ríos. Esta información y desarrollo metodológico ha sido recogida por varios autores y en particular por la empresa Hydro Québec de Canadá, quienes recopilaron diversas metodologías para determinar caudales de interés turístico.

Estas fuentes serán consideradas para el desarrollo metodológico del presente trabajo. Útil fue el acercamiento a una aplicación de caudales de reserva turísticos que esta Consultora realizó el año 2007, aplicación que se llevó a cabo en el río Futaleufú. Otra referencia a considerar son los estudios realizados por la Universidad Austral y la DGA en relación a los usos no extractivos del agua.

Cabe señalar que la Bibliografía presentada es aquella de utilidad para el presente trabajo, sobre un universo mucho mayor, y que la metodología a proponer sintetizará aspectos de muchas de ellas.

Las siglas usadas en este capítulo 3 fueron las siguientes:

- AIT: Área de Interés Turístico
- CRE: Caudal de Reserva Ecológico
- CRT: Caudal de Reserva Turístico.
- ENP: Espacios Naturales Protegidos
- GIRH: Gestión Integrada de Recursos Hídricos.
- OMT: Organización Mundial de Turismo.
- SIG: Sistema de Información Geográfica
- SNASPE: Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas.
- TIE: Turismo de Intereses Especiales
- ZOIT: Zona de Interés Turístico

## **4 DESARROLLO DE ACTIVIDADES DE CONSULTA SOBRE USOS ACTUALES Y POTENCIALES DE RÍOS EN TURISMO**

### **4.1 Introducción**

Con el objetivo de poder recoger información primaria de actores públicos y privados sobre los usos actuales y futuros en las regiones seleccionadas para el estudio, se desarrollaron actividades en distintos formatos para cumplir con ese propósito, que permita ser empleadas en la selección de los ríos donde aplicar la metodología de caudales de reserva.

Las actividades desarrolladas fueron:

1. Taller con actores públicos y privados de la IV región, llevado a cabo en la ciudad de La Serena el día 5 de septiembre de 2008.
2. Entrevistas con actores públicos de la Región de los Lagos los días 3 y 4 de Noviembre de 2008 en Puerto Montt y reunión con empresarios turísticos el día 4 de Noviembre de 2008 en Puerto Varas.
3. Entrevistas con actores públicos de la Región de Aysén los días 6 y 7 de Noviembre de 2008 en Coyhaique y reunión con investigadores y representantes de organizaciones ciudadanas el 7 de Noviembre de 2008.

En un principio se había considerado realizar talleres en todas las regiones, pero el resultado no completamente satisfactorio del primer taller llevado a cabo en La Serena, condujo a reemplazarlos por entrevistas directas y reuniones en grupos pequeños y homogéneos, del cual se obtuvieron resultados satisfactorios.

A continuación se presentan la información recogida en el taller efectuado en La Serena y de las entrevistas efectuadas en la X y XI regiones.

### **4.2 Taller en La Serena**

#### **4.2.1 Introducción**

El viernes 5 de septiembre del 2008, se llevó a cabo en La Serena el Taller "Uso actual y futuro turismo asociado a cursos hídricos" de la Región de Coquimbo. Se cursaron invitaciones a nombre del Director Regional de Aguas, don Carlos Galleguillos C. a 47 personas de instituciones públicas y privadas relacionadas con aspectos de desarrollo regional y de turismo. Se convocó a los encargados de turismo de las principales comunas de la

región que tienen relación con actividades de turismo en los sectores de la depresión intermedia y de la precordilera. De ellas confirmaron su participación 28 actores, asistiendo el día del Taller sólo 13 de ellos. Parte importante de la ausencia se debió a cambios de programación regional de la Gobernación Provincial de Coquimbo.

El Cuadro 4-1 indica los nombres de los asistentes al Taller.

**CUADRO 4-1  
ACTORES PARTICIPANTES DEL TALLER EN LA SERENA**

	Nombre	Cargo	Institución
1	Adrián Lillo Centeno	Ingeniero de Proyecto	Dirección General de Aguas, Nivel Central
2	Aldo Carpanetti	Director (S)	Sernatur, Región de Coquimbo
3	Angélica Funes	Profesional	Sernatur, Región de Coquimbo
4	Carlos Galleguillos Castillo	Director	Dirección General de Aguas, Región de Coquimbo
5	Carlos Sáez		Gobierno Regional de Coquimbo
6	Galit Navarro Bello	Doctora en Arquitectura y Patrimonio Cultural – Ambiental, Experta en Paisaje	Aquaterra Ingenieros Ltda.
7	Germán Bauerle Rivera	Sociólogo	Aquaterra Ingenieros Ltda.
8	Manuel Soto	Profesional	Cazalac, Centro del agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y El Caribe
9	Iván Jacob	Jefe Provincial de Ovalle	Dirección General de Aguas
10	Jaime Vargas PAysén	Ingeniero Civil Hidráulico	Aquaterra Ingenieros Ltda.
11	Jorge Fredes	Gerente	Limarí Emprende
12	Juan Carlos Cuchacovich Rider	Ingeniero Civil	Aquaterra Ingenieros Ltda.
13	Judith Pagani Soto	Iniciativa Nacional de Eficiencia Hídrica	Dirección General de Aguas, Nivel Central
14	Katty Ledezma	Encargada Informadores Turísticos	Municipalidad de Coquimbo
15	Margarita Huerta	Encargada Proyecto Arrendadores de Casa	Municipalidad de Coquimbo
16	Mirtha Meléndez	Directora Regional	Dirección de Obras Hidráulicas
17	Sergio Trigo Valle	Director Regional de Planeamiento	Región de Coquimbo
18	Víctor Leiva Romero	Doct. en Ciencias Geogr., Experto en Turismo	Aquaterra Ingenieros Ltda.

Además de las personas que contestaron las fichas en la reunión, se recibieron dos fichas posteriores enviadas por correo electrónico:

- Verónica Salazar Rivera, Encargada de Odel y Turismo, Ilustre Municipalidad de Paihuano
- Nilo Castillo Prado, Geógrafo, Secretaria Regional Ministerial Bienes Nacionales

El Objetivo General del taller fue identificar, caracterizar y construir escenarios deseables y posibles para el desarrollo turístico asociado a los recursos hídricos en las principales cuencas de la Región de Coquimbo, empleando una metodología de planificación participativa.

Los Objetivos Específicos fueron:

- Determinar y caracterizar usos actuales y futuros de los recursos hídricos superficiales asociados al turismo en la IV Región.
- Determinar y dimensionar los principales conflictos actuales y futuros, entre el desarrollo turístico y otros usos de aguas en ríos y cuencas (otras actividades productivas y proyectos públicos).
- Identificar los principales actores y grupos de interés involucrados y sus posiciones en la materia.

#### 4.2.2 Desarrollo del Taller

El Taller se desarrolló de la siguiente forma:

- Del total de actores, se formaron 2 grupos de trabajo de 9 personas cada uno.
- Cada actor respondió en forma individual la Ficha 1 (Ver Cuadro 4-2) relacionada con el uso actual del turismo asociado a los ríos de la región de Coquimbo.
- Finalizada la encuesta individual, cada grupo por separado discutieron las respuestas individuales de cada uno, quedando plasmada en una cartulina ad hoc las respuestas consensuadas de cada pregunta.
- Coffee Break
- Cada actor respondió la Ficha 2 (Cuadro 4-3) relacionada con el uso turístico futuro de los ríos de la región de Coquimbo.
- Hecha la segunda encuesta, se formó un plenario y, participando el total de actores, se discutieron cada una de las respuestas, para finalmente escribir en archivo Excel las respuestas consensuadas, proyectando estas respuestas en un Data Show de modo que el conjunto de personas pudiera observar lo que se escribía como consenso final.

#### **CUADRO 4-2 FICHA 1: USO ACTUAL DEL TURISMO ASOCIADO A RECURSOS HÍDRICOS**

Pregunta 1 Según su conocimiento, de los ríos de la Región de Coquimbo. ¿Cuáles son los que tienen mayor uso turístico?

Pregunta 2 ¿Cuáles son las principales actividades asociadas a los cursos mencionados? ¿Dónde se realizan?

Pregunta 3 ¿Quiénes son los actuales usuarios de las actividades?, Indique si

son locales, regionales, del resto de Chile, Internacionales.

Pregunta 4 ¿Conoce Operadores Turísticos que tienen como ofertas destinos turísticos asociados a ríos? Favor nombrarlos

Pregunta 5 ¿Cuáles son los beneficios que se obtienen para la comunidad y el entorno físico, con este tipo de turismo?

Pregunta 6 Indique cuáles son los conflictos y problemas que enfrenta este tipo de turismo, y quiénes son sus principales actores

Pregunta 7 Cuáles son los aspectos negativos que presenta este tipo de turismo

Fuente: Elaboración Propia

### **CUADRO 4-3**

#### **Ficha 2: USO FUTURO DEL TURISMO ASOCIADO A RECURSOS HÍDRICOS**

Pregunta 1 ¿Cuáles proyectos turísticos futuros están en carpeta, en estudio, como idea; dónde? ; ¿En qué ríos y sectores?; ¿qué organizaciones están detrás de estos proyectos?

Pregunta 2. Otros proyectos o actividades turísticas que piensa Ud. que podrían ser desarrolladas en la Región; ¿en qué ríos y sectores?

Pregunta 3 ¿Quiénes serían los potenciales usuarios (extranjeros, locales, etc.) de turismo asociado a recursos hídricos?

Pregunta 4 ¿Quiénes podrían operar proyectos turísticos futuros en la zona?

Pregunta 5 ¿Cuáles son los beneficios que se obtendrían para la comunidad y el entorno físico, con este tipo de turismo futuro?

Pregunta 6 ¿Cuáles son los conflictos potenciales que se podrían dar en torno a los usos de aguas en ríos y cuencas en el futuro? (asociados a los proyectos turísticos futuros identificados en preguntas 1 y 2)

Pregunta 7 ¿Cuáles son los aspectos negativos que podría presentar el desarrollo de los proyectos turísticos identificados en 1 y 2?

Fuente: Elaboración Propia

Tomando en cuenta las respuestas recibidas y condensadas en las actividades grupales participativas para los escenarios actual y futuro, éstas se sintetizan a continuación:

**Ficha 1, Escenario Actual:*****Pregunta 1 Según su conocimiento, de los ríos de la Región de Coquimbo. ¿Cuáles son los que tienen mayor uso turístico?***

La Mayor actividad turística actual se desarrolla en Río Elqui, luego en el Limarí y el Choapa.

- Cuenca del río Elqui. Parte importante de las actividades se realizan en su tramo medio a bajo, donde existe ya buena infraestructura de acceso y equipamiento de alojamiento tanto en hoteles, hosterías como campings, principalmente próximos a sus riberas.

La cuenca del río Elqui cuenta con muchos afluentes, donde algunos de ellos son muy conocidos, y constituyen una marca de turismo. Como por ejemplo el mismo río Elqui, río Cochiguaz, río Alcoquaz, río Claro entre otros. Estos ríos se caracterizan por buena calidad en sus aguas, bajos niveles de contaminación, buen entorno paisajístico, diversidad de actividades y fácil acceso. Además el Estero Derecho, que si bien se ha declarado agotado, sus aguas son explotadas con fines turísticos, se destaca el sector Rivadavia.

- Limarí: Río Hurtado, variadas actividades con y sin contacto directo, existencia de 3 Embalses y humedales humedales en la desembocadura con presencia de aves, que atraen a turistas para su observación y estudio.
- Choapa: Humedales, Laguna Conchalí
- Observación de Aves en Humedales de Tongoy y El Culebrón

***Pregunta 2 ¿Cuáles son las principales actividades asociadas a los cursos mencionados? ¿Dónde se realizan?***

- Elqui: Observación, Ecoturismo, Turismo de Deportes Náuticos en embalses, circuitos turísticos, Paisajismo, Observación Flora y Fauna, Pesca recreativa, Camping.
- El río Cochiguaz, cuenta con cabañas desde el sector el Colorado hasta el Camping El Retiro, casi 18 kilómetros en gran parte explotado como zona de de pozas de río y otras actividades relacionadas con la sanación y actividades de aventura como el hidrogum.

- Río Claro sector Bajo de Tres Cruces pozas de río en propiedades particulares por casi seis kilómetros antes de sector camping El Dorado hasta camping de Complejo Agroturístico Valle de Elqui, lugar donde además se puede practicar kayak Estero Derecho, específicamente en Alcohuz pesca deportiva; en Horcón acceso a río en algunas zonas de Horcón Bajo en el sector de Pisco Elqui varios camping desde los Pipiolos hasta la hermandad ecológica el Solar de Barbosa.
- Limarí: Observación Paisaje y Vida Silvestre Ecoturismo Pesca, Baño, Deportes Náuticos en embalses
- Humedales : Observación aves

***Pregunta 3 ¿Quiénes son los actuales usuarios de las actividades?, Indique si son locales, regionales, del resto de Chile, Internacionales.***

Principalmente empresas regionales y luego nacionales. En el caso de los deportes náuticos en embalses hay eventos internacionales coordinados por club de yates

Principalmente micro empresarios turísticos. Los propietarios de camping son generalmente lugareños. Los propietarios de cabañas con actividades más organizadas son del resto de Chile y hay también algunos extranjeros

***Pregunta 4 ¿Conoce Operadores Turísticos que tienen como ofertas destinos turísticos asociados a ríos? Favor nombrarlos***

Operadores turísticos regionales y externos a la región que incluyen en sus programas actividades asociadas al Valle de Elqui, por ejemplo, en el río Cochiguaz por ejemplo se ofrecen baños de relajación, hidrogum, nado en pozones de río (los camping todos están establecidos a los bordes del río); Lo mismo ocurre en el resto de los cursos, tanto en el Estero Derecho como en el río Claro, afluente del río Elqui

Existen 33 agencias regionales que operan todo el año registradas en Sernatur, entre las Agencias mencionadas están: Turismo Cochiguaz, Ovitavel, Ingsertur.

***Pregunta 5 ¿Cuáles son los beneficios que se obtienen para la comunidad y el entorno físico, con este tipo de turismo?***

Económicos: Desarrollo de actividades de servicios y culturales, genera ocupación local.

Empresas ligadas al turismo regional principalmente.

Para los lugareños, propietarios de lugares con acceso a río es una oportunidad para desarrollar una actividad productiva, lo que para la comunidad igualmente incide por los servicios e insumos que se requieren.

Se generan alternativas económicas en lugares con poco desarrollo de la agricultura, por ejemplo turismo Agro rural, que promueve INDAP.

Sociales: Baja la migración y la comunidad se involucra en el buen uso y preservación del entorno y del recurso turístico. Se genera identidad cultural

Ambientales: Mayor cuidado de protección ambiental

***Pregunta 6 Indique cuáles son los conflictos y problemas que enfrenta este tipo de turismo, y quiénes son sus principales actores***

- Conflictos con la agricultura por uso de aguas (construcción de pozones).
- Incompatibilidad de actividades turísticas con la minería
- Contaminación de las aguas.
- Aumento de demanda de agua potable para actividades turísticas en zonas con escasez.
- Conflicto por acceso a ríos y cauces naturales. Sólo predios particulares acceden al río.
- Priorización del agua en épocas de sequía se genera un nuevo inconveniente puesto que obviamente se debe priorizar su uso para los fines antes señalados.

Un rol fundamental en cuidado del río lo asume la Comunidad Estero Derecho, quien vela por el agua y su uso desde el sector de Alcohuz hasta Montegrande y la Junta de Vigilancia del Río Elqui que ve desde el río Cochiguaz hasta la desembocadura del Elqui en La Serena.

## Ficha 2, Escenario Futuro

***Pregunta 1 ¿Cuáles proyectos turísticos futuros están en carpeta, en estudio, como idea; dónde? ; ¿En qué ríos y sectores?; ¿qué organizaciones están detrás de estos proyectos?***

### **Río Elqui y afluentes:**

- Borde ribera río Elqui, Proyecto del Minvu entre Zorrilla y el puente Fiscal antes desembocadura.
- Diseño costanera Sur río Elqui, a nivel de prefactibilidad.
- Borde ribera embalse Puclaro, estudio Minvu
- En Desembocadura de Elqui y Punta Teatinos (Humedal) Proyecto Inmobiliario y Turismo, Serena Golf
- Proyectos de inversión en cabañas en varios sectores de la cuenca del río Elqui próximos a ríos: Paihuano, Cochiguaz, Pisco Elqui, Alcohuz, Proyectos Cabañas

### **Río Limarí**

- Uso integral ribera urbana río Limarí, proyecto ornamental
- Proyecto de Hotel Limarí, sector Ovalle- Sotaqui 5 km de Ovalle.
- Sector Barraza, río Limarí, proyecto en la ribera

### **Otros**

- Estudio protección humedales costeros en desarrollo por CONAMA

***Pregunta 2. Otros proyectos o actividades turísticas que piensa Ud. que podrían ser desarrolladas en la Región; ¿en qué ríos y sectores?***

Para la comunidad los beneficios están relacionados con las oportunidades de nuevas fuentes laborales para el entorno físico nuevas instalaciones que contribuyen a mejorar la imagen desde el punto de vista arquitectónico pues la propuesta toma en cuenta el entorno e intentará utilizar materiales y técnicas locales de construcción.

***Pregunta 3 ¿Quiénes serían los potenciales usuarios (extranjeros, locales, etc.) de turismo asociado a recursos hídricos?***

Principalmente turistas de otras regiones y crecientemente extranjeros.

***Pregunta 4 ¿Quiénes podrían operar proyectos turísticos futuros en la zona?***

Inversión nacional (fuera de la región) y extranjeros con operación local

***Pregunta 5 ¿Cuáles son los beneficios que se obtendrían para la comunidad y el entorno físico, con este tipo de turismo futuro?***

Beneficio local social (plazas de trabajo), fortalecería el territorio (detiene inmigración), actividades recreativas para residentes locales. Mejora el entorno paisajístico, preservación de humedales, mejoraría la calidad de vida de la gente del sector específico

***Pregunta 6 ¿Cuáles son los conflictos potenciales que se podrían dar en torno a los usos de aguas en ríos y cuencas en el futuro? (asociados a los proyectos turísticos futuros identificados en preguntas 1 y 2)***

Deterioro ambiental (basura, contaminación de aguas, etc.); conflicto territorial (ajeno entra en tierras de terceros conflicto social por uso del agua (usurpación de derechos de agua).

Proyectos de modificación de cauces Pérdidas de terrenos productivos, producto de modificación de cauces.

Conflictos con Organizaciones de Usuarios

***Pregunta 7 ¿Cuáles son los aspectos negativos que podría presentar el desarrollo de los proyectos turísticos identificados en 1 y 2?***

Derechos agotados, falta de recursos económicos, Contaminación de aguas y falta de fiscalización antes nuevas instalaciones.

#### **4.2.3 Conclusiones Taller La Serena**

Tomando en cuenta toda la información recogida durante el taller, y su posterior análisis en gabinete, se concluye que los principales ríos que debieran ser analizados son:

- Río Cochiguaz (cuena del río Elqui)
- Río Hurtado (cuena del río Limarí)

Tal cual fuera antes señalado, debido a la poca asistencia registrada en el taller, además de la poca y básica información que se pudo obtener de los actores que participaron en él, se analizó cambiar el formato empleado, reemplazando el taller por entrevistas y reuniones focalizadas a actores públicos y privados relevantes.

### **4.3 Entrevistas y Reuniones en las Regiones X y XI**

#### **4.3.1 Introducción**

La visita a las regiones X y XI se realizó con el objetivo de recopilar antecedentes turísticos sobre los usos actuales y futuros de los principales ríos de ambas regiones, que junto con otros antecedentes hidrológicos, permitan seleccionar los ríos a estudiar en la aplicación de la metodología de caudales de reserva turística en la X y XI región.

Para el desarrollo de la actividad, se identificaron previamente actores públicos y privados relacionados con el desarrollo regional y turismo asociado a sistemas hídricos.

Se elaboró una serie de preguntas que sirvieron de base para la realización de entrevistas semi-estructuradas, y también para conducir reuniones temáticas con actores sectoriales. Para esto se tomó como base estudios y antecedentes previos que existen en las zonas de interés.

Las entrevistas se realizaron tomando como base las siguientes preguntas, las que podían ser modificadas o seleccionadas según el entrevistado:

1. ¿Cuales son los principales destinos turísticos en la región para turistas nacionales y extranjeros?
2. ¿Cuales áreas Turísticas para las cuales la presencia de sistemas hídricos es de importancia, presentan el mayor nivel de desarrollo y cuáles están en proceso de consolidación?
3. En su opinión, ¿cuáles son los principales conflictos y problemas que genera este tipo de turismo, y quiénes son los principales actores que los generan o intervienen en ellos?
4. ¿Cuáles proyectos turísticos futuros sabe Ud que están en estudio o en ejecución, que tengan una relación con el uso directo e indirecto de las aguas de los ríos de la región?
5. ¿Quiénes serían los potenciales usuarios (extranjeros, locales, regionales) de las instalaciones o actividades que se desarrollarían en estos nuevos proyectos asociados al uso directo e indirecto de las aguas de los ríos?

### **4.3.2 Entrevistas en la Región de Los Lagos**

#### **a) Reunión con la Dirección de Aguas**

Participantes de la reunión:

Luís Alberto Moreno R., Director Regional

Miloslav Gardilic M., Jefe Unidad de Administración de Recursos Hídricos

Alejandro Burgos S., Jefe Unidad de Fiscalización y Medio Ambiente

Judith Pagani, DGA, MOP

Juan Carlos Cuchacovich R. Aquaterra Ing. Ltda.

Fecha: 3 de noviembre de 2008.

Lugar Oficina Regional de la DGA, MOP

Desde un punto de vista general, el desarrollo de turismo en la región asociado los ríos es de carácter selectivo y por lo tanto de un universo más bien acotado, a diferencia del turismo asociado a lagos.

Uno de los principales destinos es el eje turístico: Petrohué - Lago Todos los Santos, este basa su centro de operaciones en Puerto Montt y Puerto Varas, donde existe una alta infraestructura turística, la que es creciente y que se complementa con proyectos de 4 nuevos hoteles en sector de tránsito a Petrohué.

Los principales destinos de turismo asociado a ríos, son los ríos que ofrecen pesca deportiva, descensos acuáticos y observación del paisaje.

En un análisis de los principales ríos con uso actual y con potencial de desarrollo se indicó:

- a. Río Puelo. Tiene un desarrollo actual pero muy bajo en relación al gran potencial que ofrece. Se encuentra en proceso de avance la construcción del camino internacional, que posibilitaría ampliar zonas al turismo y ser integrado al turismo en Argentina que en esa zona tiene alto nivel de desarrollo.
- b. Se prevé que crecerá el uso del río Petrohué, dado los proyectos de nueva infraestructura, el atractivo creciente de atravesar el lago y cruzar a Argentina por el paso Peulla.
- c. El río Cochamó, tiene actualmente pocos accesos, pero existen proyectos viales que mejorarán la conectividad, Es un río de interés por la pesca y la belleza escénica. Se realizará remate de derechos de aguas en Febrero de 2009. Podría aplicarse los Caudales de Reserva.

- d. Futaleufú, si bien tiene desarrollo y es un destino internacional de renombre, su potencial es muy alto.
- e. Río Palena, río biregional de uso actual aún discreto, tiene gran potencial de desarrollo, existiendo iniciativas público privadas al respecto.
- f. Río Huelleshue, de gran atractivo ubicado en la zona alto interés para la biodiversidad: Lafquén Mapu Lahual, limitado su uso por la inexistencia de caminos.
- g. Otros de interés son el Abasacal y el Vodudahue.
- h. En vías de desarrollo se considera los ríos Rupanco, el río Maullín que por su proximidad a los centros poblados y solucionados problemas de contaminación y manejo, debiera ser un río de mucho uso, el que ha sido priorizado a nivel regional; los ríos incluidos en Parque Pumalín, que si bien son selectivos por la distancia y la infraestructura, ya reciben muchos turistas y se prevé que irá en aumento.

Uno de los aspectos de conflicto o amenaza al turismo son las futuras centrales hidroeléctricas proyectadas en varios ríos de la región, que dejarían pocos tramos libres para el desarrollo turístico. Existe movilización social por el proyecto de barrera en el lago Tagua-Tagua, que afectaría al turismo.

Existen muchas solicitudes en trámite para el uso de cascadas como centrales de paso, como el caso de los ríos GolGol y Charleufu.

Sobre otros conflictos se señala que en los ríos Pescado, Pescadero y Nilque la acuicultura causa efectos negativos en los ríos afectando al turismo.

El río Maullín está afectado con contaminación por descargas de industrias y ciudades, río que tiene un bajo nivel de desarrollo turístico pero con gran potencial.

***Las propuestas de la DGA Regional son aplicar la metodología en los ríos Puelo y Futaleufú.***

#### **b) Reunión con SERNATUR**

Participantes de la reunión:  
Richard Villegas Director Regional

Judith Pagani, DGA, MOP

Juan Carlos Cuchacovich R. Aquaterra Ing. Ltda.

Fecha: 3 de noviembre de 2008.

Lugar Oficina Regional de SERNATUR.

Si bien no existe un estudio específico de las actividades turísticas asociadas a ríos, las principales actividades turísticas en este ámbito en la región son en el río Petrohué, Futaleufú, Puelo y Blanco

Respecto a la visión sobre el desarrollo del turismo en la región, el Director Regional indica que la orientación es hacia Turismo de Intereses Especiales, en particular hacia ampliar el uso de las Áreas Silvestres Protegidas en particular hacia actividades en ríos, lagos, y a turismo de observación de naturaleza.

La pesca deportiva es un ámbito que se quiere desarrollar, se ven espacios de crecimiento. Se le asigna alta prioridad.

Otro espacio a desarrollar es la navegación por estuarios con internación hacia los ríos que desembocan al mar y de bajas pendientes, como el Maullín y el estuario de Reloncaví en la desembocadura del río Petrohué.

Los principales destinos turísticos actuales son:

- Puerto Varas y el entorno del Lago Llanquihue y la conexión con Argentina (el lago concentra la mayor actividad),
- Parque Nacional Vicente Pérez Rosales, Saltos del Petrohué, Lago Todos los Santos
- Chiloé como eje de variados atractivos, pero no relevante en ríos.

Entre las áreas en proceso de consolidación destaca a Futaleufú, y la zona de Ancud y Quellón en Chiloé.

Sobre los ríos con alto potencial indica con primera prioridad al río Puelo, que ofrece múltiples atractivos y que mejorará el acceso con la conexión a Argentina. Las otras prioridades son el Palena y Futaleufú.

Para el río Puelo encargarán estudios de capacidad de carga para no saturarlo y se realizarán estudios en el estuario de Reloncaví.

Sobre las inversiones proyectadas, se asocian a pesca deportiva, (se sostendrá una reunión con el Sr. Felipe Devez en Santiago, presidente de la asociación de Lodges de Pesca).

Sobre los potenciales usuarios, uno de los mercados objetivos turismo extranjero, enfocado al turismo naturaleza, buscando ampliar la gama de actividades para romper la estacionalidad del verano. El turismo nacional mayoritario de ve enfocado a riberas de lagos y gastronomía y el internacional a diversidad de actividades en la naturaleza.

***Resumiendo sobre los ríos de la región, Sernatur considera que los ríos con mayor uso actual son los ríos: Futaleufú, Puelo y Petrohué; los ríos con alto Potencial son los ríos: Palena, Maulín y Bueno.***

### **c) Reunión con CONAF**

Participantes de la reunión:  
Luís Cárdenas Director Regional

Judith Pagani, DGA, MOP  
Juan Carlos Cuchacovich R. Aquaterra Ing. Ltda.  
Fecha: 3 de noviembre de 2008.  
Lugar Oficina Regional de CONAF

CONAF administra en la región los Parques Nacionales Puyehue y Vicente Pérez Rosales y Chiloé que son los parques con mayor número de turistas nacionales y extranjeros al SNASPE. En relación al potencial regional, es la naturaleza uno de los mayores activos y mayor potencial de atracción turística a la región.

Sobre los ríos que ofrecen las mayores actividades turísticas indicó que en relación al deporte aventura son el Futaleufú y el Petrohué y en relación a la Pesca el Palena y el Petrohué.

Donde este último es parte del Parque Nacional V.P.R. junto con el río Negro, sus principales actividades son:

Petrohué: Rafting, Kayak, Pesca Deportiva, paisaje, y un nuevo proyecto que está desarrollando CONAF denominado "proyecto cataratas", que comprende remontar el río en balsas a motor hasta las caídas de agua.

Negro: Pesca Deportiva, safari fotográfico, hidrojet, etc.

Asociado al PN Puyehue, se encuentran los ríos Golgol (pesca), Charleufu (pesca y senderos), Correntoso (Pesca, senderos, comunidades indígenas)

Las áreas silvestres regionales en vías de desarrollo son:

- P.N. Alerce Andino
- P.N. Corcovado
- R.N. Futaleufú
- R.N. Lago Palena
- P.N. Hornopiren

Visualiza conflictos intersectoriales con los proyectos hidroeléctricos en ríos de gran potencial turístico y conflictos con la DGA al asignar derechos de agua en SNASPE, y haber cambiado los criterios.

Sobre ríos potenciales el Director Regional de CONAF, presenta los ríos que nacen en la cordillera de la costa de la Provincia de Osorno, con muchas posibilidades de múltiples actividades (pesca, kayak, senderos, etc.) y de gran importancia ecosistémica. Esta área corresponde al proyecto nacional GEF marino, de la red de Áreas Protegidas Mapu Lahual.

Otro sector de alto potencial es la red hídrica de la Provincia de Palena, con amplia gama de actividades.

**Los ríos que propone como prioritarios para desarrollar el estudio son el Petrohué y el Correntoso.**

**d) División Planificación Desarrollo Regional, GORE Los Lagos**

Participantes de la reunión:

Carolina Mellado, Arquitecta, Profesional de Planificación.

Judith Pagani, DGA, MOP

Juan Carlos Cuchacovich R. Aquaterra Ing. Ltda.

Fecha: 3 de noviembre de 2008.

Lugar: Gobierno Regional Los Lagos

Se indicó que la región se encuentra elaborando una nueva estrategia regional de desarrollo con un horizonte de 20 años. Esta estrategia tiene un enfoque basado en planificación participativa y planificación territorial y uno de sus objetivos es definir los lugares prioritarios donde establecer las iniciativas de desarrollo. Tendrá una mayor focalización y establecerá áreas y territorios de desarrollo.

La estrategia se está desarrolló desde el diagnostico participativo y luego se llevó a discusión de los Servicios Públicos.

No estuvo presente en la reunión la profesional de la División de Planificación Sra. Rosana Mora [romora@gorelосlagos.cl](mailto:romora@gorelосlagos.cl), quién está trabajando en el proceso de la nueva estrategia. Sin embargo nos envió en los días siguientes documentos recientes sobre resultados de talleres con 32 funcionarios de organismos públicos de la región sobre las prioridades de desarrollo y los territorios en consideración. Se encuentran elaborando la validación de esta información con actores privados.

En relación a lo obtenido por los actores públicos se puede indicar, que se determinó como “variables estratégicas para orientar el desarrollo de la región”, en orden de relevancia: el desarrollo turístico, el aprovechamiento sustentable de recursos naturales, la diversidad natural y paisajística, reconocimiento de la biodiversidad, superación de la pobreza, formación de técnicos y ordenamiento territorial.

Se elaboraron cuatro escenarios de desarrollo sobre los cuales se plantean expresiones territoriales. En relación a nuestro estudio se extraen aquellos relativos al turismo y su asociación con ríos, en este sentido se indica que el Escenario 1, se concentra en *“Una Región de Los Lagos competitiva, innovando, agregando valor a sus recursos naturales, preservando su diversidad geográfica y natural, con calidad de vida.”*, cuyos objetivos generales son:

- Fomentar y fortalecer el turismo.
- Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.
- Fortalecer y crear capital humano.

Este Escenario es complementario con el Escenario 2 que plantea *Una Región amigable, integrada en su territorio, su gente y su naturaleza y cuyos objetivos son:*

- Desarrollo económico sustentable. (Definir normas de protección, ordenamiento equidad)
- Conservación de los recursos naturales.
- Desarrollar una estrategia para el uso sustentable de los recursos naturales.
- Conectividad e integración territorial.

Las prioridades territoriales se abordaron desde cuatro aspectos (sustentabilidad, Desde un énfasis de competitividad, gobernabilidad y equidad social).

Desde el aspecto de la sustentabilidad, el que tiene relación con los propósitos de preservación y conservación, aspecto que está íntimamente ligado a objetivos de desarrollo turístico, se priorizó por:

- Áreas del sistema nacional de áreas protegidas y otras áreas a proteger
- Áreas de humedales con un alto valor para la preservación de la oferta ambiental regional (Río Maullín)
- Zona de Reserva de la Biosfera de la Cordillera de los Andes, con una visión macro-regional;
- zonas de alta vulnerabilidad y fragilidad ambiental (especialmente la franja de Cordillera de la Costa, franja occidental de la Isla de Chiloé y diversos sectores en la Provincia de Palena,
- las zonas de borde costero y marítimo, como zonas que requieren un manejo especial que regule la presión que ejercen diferentes tipos de uso y aprovechamiento.

Desde el aspecto de la competitividad, se señala específicamente entre otros elementos: las áreas de desarrollo turístico (cuenca del lago Llanquihue, Borde Costero de la Provincia de Osorno, y las provincias de Chiloé y Palena);

Así en la estrategia regional de desarrollo se presenta como prioritaria la cuenca del río Maullín, desde el Lago Llanquihue hasta la desembocadura en el mar. Se reconoció que es un área relevante como eje de desarrollo, donde uno de los aspectos relevantes es su importancia para la conservación de la Biodiversidad, El delta de la desembocadura conforma un humedal de relevancia en avifauna.

***Desde la perspectiva de prioridades se presentan el río de la cuenca del Llanquihue, el Río Maullín, los ríos de la Cordillera de la Costa y Palena.***

#### **e) CORFO Región de los Lagos**

Participantes de la reunión:

Paula Larrain Ejecutivo Regional, InnovaChile-CORFO

Rodrigo Salas Ejecutivo de Inversiones, CORFO

Judith Pagani, DGA, MOP

Juan Carlos Cuchacovich R. Aquaterra Ing. Ltda.

Fecha: 4 de noviembre de 2008.

Lugar: Dirección Regional de CORFO

Para la construcción de la Agencia Regional de Desarrollo Productivo se generó un proceso de levantar iniciativas, y se estableció priorizaciones de sectores productivos regionales, los que fueron Leche, Carne, Acuícola, Mitílicos, Forestales y Turismo. De esta agencia toma forma el Programa de Mejoramiento de la Competitividad para el sector turismo. Una de los aspectos centrales de este programa es reunir en una mesa público privada a los actores del sector y generar iniciativas.

El documento de Iniciativas correspondió a un proceso de planificación que participó por parte del Estado; CORFO, SENCE, SERCOTEC, SERNATUR y por parte de privados Empresarios Individuales.

Existen algunos proyectos que CORFO ha apoyado, en temas de turismo náutico, pero no en ríos sino en Lagos y Chiloé.

Existe la iniciativa de Palena Emprende, uno de cuyos focos principales es la generación de iniciativas para el fortalecimiento del turismo, centrado en el eje del río Palena.

También han apoyado un proyecto de preinversión en la cuenca del Puelo, en Tagua-Tagua.

Sobre los conflictos que se visualizan la Hidroelectricidad se ve como uno de los más importantes, y algunas iniciativas mineras.

***Sobre los espacios prioritarios que proponen, son el río Futaleufú, Palena y río Puelo.***

La conformación de la ARDP de los Lagos está compuesta por:

Juan Carlos Gallardo.

Javiera Ulloa

Alejandra Medina

Alexandra Acevedo

El PMC turismo tiene un comité Gestor, cuyo Director es Gastón Graus, empresario de Puerto Montt.

#### **f) CONAMA Región de los Lagos**

Participantes de la reunión:

Sol Bustamante Encargada Regional de Recursos Naturales

Sibel Villalobos, Bióloga, Área Residuos Líquidos  
Judith Pagani, DGA, MOP  
Juan Carlos Cuchacovich R. Aquaterra Ing. Ltda.  
Fecha: 4 de noviembre de 2008.  
Lugar: Gobierno Regional Los Lagos

El propósito de la reunión con CONAMA era conocer antecedentes de proyectos en la región asociados a ríos.

De la reunión se conoció que la CONAMA presentó un proyecto a ser financiado por el FNDR sobre conservación del Sitio prioritario Maullín, proyecto que se encuentra aún en evaluación, aún cuando, como supimos con el GORE ya se encuentra priorizado.

El humedal que conforma el tramo final del río Maullín, tiene importancia a nivel mundial por ser sitio refugio de peces nativos en distintos niveles de amenaza y de ser refugio de variadas especies de aves. La composición dulce-salada del agua genera un ecosistema de alto endemismo.

Existe un estudio sobre el río Maullín realizado por la Bióloga Doris Soto.

Sobre los ríos de potencial alto en la zona estiman que el Puelo ofrece intereses variados asociados a conservación y a turismo.

### ***Prioridades Ríos Maullín, Puelo***

#### **g) Reunión con Empresarios y Operadores de Turismo**

Participantes de la reunión:  
Gerardo Niklichek Gerente General de Al Sur expediciones  
José Dattoli Gerente General de Trekka expediciones  
Judith Pagani, DGA, MOP  
Juan Carlos Cuchacovich R. Aquaterra Ing. Ltda.  
Fecha: 4 de noviembre de 2008.  
Lugar: Gobierno Regional Los Lagos

La reunión con los empresarios del turismo se centró en que ellos describan los ríos de mayor uso turístico y que propongan dos con alto potencial.

Los ríos que priorizaron fueron con unanimidad los siguientes:

- Río Petrohué. Río de uso múltiple de gran demanda en la época de verano para uso deportivo y de alta demanda durante el año para visitar. Respecto a usos directos de actividades en el río, estiman que más de 3000 personas en temporada alta realizan algún tipo de descenso, como kayak, rafting, y actualmente se ha agregado otra actividad que es buceo en el río.
- Río Puelo. Desarrolla actualmente muchas actividades turísticas, siendo la pesca, el kayak y el rafting, algunas de las más desarrolladas, pero hay muchos turistas que desarrollan trekking y camping. Este río tiene muy alto potencial, el que prevén que aumentará con el camino en construcción. Dentro de la cuenca del Puelo está el río Cochamó, de mucho interés para la pesca.
- Río Maullín. Es el río más próximo a los grandes poblados de la región, el cual tiene mucho potencial que debe ser trabajado. Pues el río recibe descargas de aguas servidas, de Riles y de basura. Desde el punto de vista biológico es importante pues es un sitio prioritario de conservación especialmente en la zona del Humedal.
- Río Blanco, río visitado de potencial turístico pero de uso más específico, ubicado en la Reserva Nacional Llanquihue.

***Los participantes proponen como ríos priorizados para realizar el estudio el Petrohué y el Puelo.***

Posteriormente, se sostuvieron conversaciones con otros dos empresarios, centrándose éstas en dos preguntas, obteniéndose la siguiente información:

1. Sr. Arno Hugot, Gerente de Empresa Circuito Aventura:

- ¿Cuales son los principales río de la región en que se desarrollan actividades turísticas? Petrohué, Futaleufú conocido internacionalmente los cuales pueden ser con o sin contacto directo.
- Cuales son los que tienen más alto potencial. Pueden ser los mismos u otros. Río Maullín, Puelo, Palena, los tres con uso directo para navegación. Río Cochamó (Valle, paredes de roca para escalada)

2. Sr. Phillipe Manghera, Gerente de Turismo Pachamagua:

- ¿Cuales son los principales ríos de la región en que se desarrollan actividades turísticas? Petrohué, es el que esta más desarrollado, otro puede ser Futaleufú.

- Cuales son los que tienen más alto potencial. Pueden ser los mismos u otros. Río Pescado (Pesca), Cochamó (bajo caudal), Puelo (alto caudal).

Realizando una síntesis de las respuestas obtenidas, y otorgándole mayor prioridad a los ríos que tienen usos actuales, en el Cuadro 4-4 se presenta un resumen de propuestas a estudiar por agrupación de actores en la Región de los Lagos. Propuestas que se concentran en mayor medida en los ríos Petrohué, Futaleufú y Puelo.

**CUADRO 4-4  
PROPUESTAS DE RÍOS A ESTUDIAR EN LA X REGIÓN**

<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>RÍO PROPUESTO ESTUDIAR</b>
DGA	Puelo, Futaleufú
SERNATUR	Futaleufú, Puelo y Petrohué.
CONAF	Petrohué, Correntoso
Planificación GORE	Cuenca Llanquihue, Maullín, río Cordillera Costa, Palena
CORFO	Futaleufú, Palena, Puelo
CONAMA	Maullín, Puelo
EMPRESARIOS	Petrohué, Puelo, Futaleufú

### **4.3.3 Entrevistas Región de Aysén**

#### **a) Reunión con la Dirección de Aguas**

Participantes de la reunión:

Fabián Espinoza C. Director Regional

Juan Carlos Cuchacovich R. Aquaterra Ing. Ltda.

Fecha: 6 de noviembre de 2008

Lugar: Vía telefónica

En Oficina: Profesional Unidad de Administración de Recursos Hídricos

Sobre los posibles ríos donde realizar la aplicación de la metodología la DGA Regional indicó su interés en que se realice el estudio en el río Simpson, dado la importancia que este tiene para la región, por la cercanía a Coyhaique, como por que no se han asignado aún todos los derechos de agua y el ejercicio podría aportar útil información. La dirección regional, y otros Servicios como la DOH, cuentan con información sobre estudios de ejes hidráulicos realizados en varios tramos del río, la que se podría útil.

**b) Reunión con CONAF**

Participantes de la reunión:

Claudio Godoy, Director Regional, claudio.godoy@conaf.cl

Dennis Aldridge, Jefe Departamento Áreas Silvestres,  
dennis.aldridge@conaf.cl

Juan Carlos Cuchacovich R. Aquaterra Ing. Ltda.

Fecha: 6 de noviembre de 2008

Lugar: Dirección CONAF

La región tiene innumerables cauces donde algunos de los destinos más concurridos son:

- Río Simpson: Mucha pesca con turistas extranjeros, un tramo del río está en la Reserva Nacional Río Simpson. Hay presión de uso por habitantes locales que pescan para captura. Existe infraestructura para turismo en el entorno del río. El río está en el eje de desarrollo de la región, en el centro de desarrollo urbano. Además de pesca se realizan descensos.
- Río Cochrane nace en el Lago Cochrane, hay actividades de pesca muy interesante, corre paralelo a una área Silvestre Protegida, corre
- Río Baker, río de un interesante uso actual en múltiples actividades, enmarcado en un paisaje único, y con gran potencial de desarrollo
- Río Ibáñez, desemboca en el lago Gral. Carrera

**Prioridades: Río Simpson y Baker.**

**c) Reunión con SERNATUR**

Participantes de la reunión:

Luis Pérez, Director Regional

Enzo Martínez: Encargado Planificación Regional  
emartinez@sernatur.cl

Juan Carlos Cuchacovich R. Aquaterra Ing. Ltda.

Fecha: 6 de noviembre de 2008

Lugar: Dirección SERNATUR

La reunión permitió conocer la evaluación de Sernatur de los principales destinos turísticos en ríos de la región.

- Río Palena. La pesca recreativa es una de los principales atractivos, existiendo lodges de pesca principalmente orientados a turistas extranjeros. El río conforma un eje turístico que comienza en la frontera y se extiende hasta la desembocadura del río en el mar en la localidad Raúl Marín Balmaceda. En la parte alta e intermedia del río se realizan junto con la pesca actividades de kayak largo, dado que no existen rápidos. En la parte final del río se realiza navegación en balsas y botes. Todo el río tiene atractivos de paisaje. La cuenca del río Palena es parte de la iniciativa Territorio Palena Queulat, (De Chile Emprende), el donde el turismo tiene una fuerte componente. En la cuenca del río Palena se ha emplazado parte del proyecto Territorio Palena Queulat, correspondientes a las, donde el turismo es una fuerte componente de él. Se está desarrollando un proyecto por Euro Chile cofinanciado por INNOVA, el que se encuentra en ejecución y que contempla desarrollar un eje turístico estratégico en la cuenca del río Palena, entre La Junta hasta Raúl Marín Balmaceda y Melinka
- Río Cisnes, Muy asociado a la pesca recreativa, existen varios lodges de pesca. En el río se desarrollan actividades de Kayak en rápidos y de rafting. El desarrollo del río es aún parcial teniendo gran potencial.
- Río Simpson, es un río de alto uso por su cercanía a Coyhaique, donde se desarrollan muchos tipos de actividades, pesca, kayak, rafting y trekking. Muchos visitantes de los cruceros internacionales llegan al río Simpson por el día, invirtiendo su tiempo en el centro de visitantes (que es como un museo discreto), pudiendo generarse muchas actividades para ellos. Hay varios proyectos turísticos en estudio asociado a la nueva Ley de Pesca Recreativa, que podrá concesionar tramos del río. Se debe verificar como aplicará la ley sobre la exclusividad de uso, como será la relación con otras actividades en el río. Pues la ley establecerá zonificaciones en el río.
- Río Ibáñez, Un río con poco uso actual, debido a la influencia de erupción del Volcán Hudson de 1991, el que arrastra mucho sedimento.
- Río Baker, Es un río de uso actual y de mucho potencial turístico. Primer tramo de 7 km, desde nacimiento del río en lago Bertrand hasta confluencia con río NET. Hay lodges de pesca habilitados para turistas de pesca con mosca. En este tramo también se desarrolla kayak y rafting, en este tramo inicial existen rápidos de calificación

alta. Por lo ancho del río, cerca de 200 m, se pueden realizar actividades simultáneas de pesca y rafting.

El tramo siguiente, de aguas más tranquilas, es propicio para floating. Este tramo tiene un uso turístico aún bajo, siendo su potencial considerado muy alto.

***Las prioridades para realizar el estudio son: Simpson, Baker y Palena.***

Se conoció la Estrategia de desarrollo turístico región de Aysén 2007 – 2010.

#### **d) Reunión con CORFO**

Participantes de la reunión:

Juan Carlos San Martín Director Regional, [jcsanmartin@corfo.cl](mailto:jcsanmartin@corfo.cl)

Juan Carlos Cuchacovich R. Aquaterra Ing. Ltda.

Fecha: 6 de noviembre de 2008

Lugar: Dirección CORFO

En la Región de Aysén se han focalizado recursos en varios proyectos turísticos, dado que la región tiene productos de nivel mundial, en particular la pesca recreativa y en actividades con contacto directo.

Los ríos donde se han generado apoyos son en la zona del río Simpson, Coyhaique, Ñirehuao; en la zona entorno al Río Baker, rico en pesca, rafting, existen lodges instalados y hay inversiones en Lago Bertrand y en el río Palena en todo diversas partes de él.

Desde el punto de vista de focalización de iniciativas integradas del estado con privados son:

- a. Chelenko, Consejo de Desarrollo del lago General Carrera
- b. Territorio Palena Emprende: de mar a pampa,
- c. Aysén Sur: Proyecto cofinanciado por BID, de apoyo a actividades turísticas diversas, principalmente en torno a Campo de Hielo

***Los ríos que se proponen para estudiar los caudales de reserva son los ríos Simpson, Baker y Palena.***

**e) Reunión con Investigadores y Organizaciones Ciudadanas**

Se realizó una reunión con investigadores del Centro de Investigación de Ecología Patagónica (CIEP) en sus instalaciones y con actores de organizaciones ambientales de la región:

Participantes de la reunión:

Fabián Poulon: Experto en turismo y en Ecoturismo

Macarena Castro: Ecóloga, Investigadora en Aves

Bryan Ridd, limnólogo

Daniela Castro: Encargada Proyecto Conservación Patagónica

Katixa Huguenard, Proyecto Boral

Patricio Segura, Periodista, Consejo Aysén Reserva de Vida

Peter Hartmann, Consejo Aysén Reserva de Vida.

Juan Carlos Cuchacovich R. Aquaterra Ing. Ltda.

Fecha: 7 de noviembre de 2008

Lugar: Centro Investigación Estudios Patagónicos (CIEP)

Los miembros de las organizaciones que participaron en la reunión desarrollan investigaciones tanto científicas como científicas aplicadas en la Patagonia Chilena, tienen un buen nivel de conocimiento de la región desde diversas disciplinas. Se realizó una presentación sobre el Estudio de Caudales de Reserva, así como de los resultados preliminares obtenidos para el Futaleufú. Se contestaron dudas planteadas sobre el concepto y el potencial marco de aplicación de caudales de reserva en la región.

Sobre estudios de su conocimiento que se realizan o realizaron en la región y que pudieran ser de utilidad, se mencionaron:

Proyecto ACCA: Área de conservación de la cultura y el ambiente (ACCA) de la Patagonia, cuyo Objetivo General es fomentar el desarrollo sustentable del territorio, respetando su calidad medio ambiental y su identidad cultural, a través de un acuerdo entre los diferentes actores que participan (tanto públicos como privados). Proyecto finalizado el 2004, financiado por Gobierno de Chile y el Fondo Francés para el Medio Ambiente, que generó diversos productos.

Documento de CEPAL-ILPES sobre desarrollo estratégico de turismo de Aysén.

Proyecto Fondecyt 1060633, realizado por EULA-Universidad de Concepción, sobre Valor Paisajístico de los recursos hídricos en el Baker de María Dolores Muñoz, denominado los Paisaje del Agua.

Y el estudio de Roberto Ponce (U. Concepción) Valor económico del Paisaje en Baker.

EULA: Estudio Humedales para la Región de Aysén. (Estudios en la zona del Ñadi, río Baker. Zonas de gran atractivo turístico para la observación de naturaleza, en particular Aves.

Estudios de Juan Carlos Torres sobre Aves de la Región.

Sobre los ríos de la región, que son muchos, después de una discusión sostenida por el Grupo proponen que las prioridades de ellos son:

- El Río Simpson, por la importancia como eje estratégico del turismo para la región y por ser un río de mucho uso actual y futuro y es cercano a Coyhaique.
- El río Baker, por ser un destino turístico Nacional e Internacional, dado que se pueden realizar en las múltiples actividades, en un paisaje de alta calidad.

Dato: En lago Bertrand, donde nace el Baker Jonathan Leidich, operador de turismo de Kayak, conocedor del área.

Se recibió la Base de Datos de Empresarios turísticos de la región.

#### **f) Reunión con SERPLAC**

Participantes de la reunión:

Gustavo Valdivia, Encargado Planificación Territorial y Analista Inversiones: [hsaldivia@mideplan.cl](mailto:hsaldivia@mideplan.cl),

Juan Carlos Cuchacovich R. Aquaterra Ing. Ltda.

Fecha: 7 de noviembre de 2008

Lugar: SERPLAC

La región desarrolló el Programa Regional de Ordenamiento Territorial (PROT), donde analizó usos potenciales y preferentes de usos para distintos ámbitos en toda la región. Desde la perspectiva turística estableció ríos prioritarios; existe en la región ríos priorizados obtenidos de Planificación Territorial de Aysén.

Se ofreció información satelital para emplear en el estudio.

### **g) Reunión con Operador Turístico**

Participantes de la reunión:

Marcela Ríos, Operadora Turística Andes Patagónico  
[agencia@andespatagonico.cl](mailto:agencia@andespatagonico.cl), 67- 216711

Juan Carlos Cuchacovich R. Aquaterra Ing. Ltda.

Fecha: 7 de noviembre de 2008

Lugar: Agencia Turismo Andes Patagónico

Con relación a su uso actual los ríos de mayor demanda son el Simpson y el Baker.

El Simpson de mucho uso en Kayak, balsa y pesca. El Baker de uso actual en todas las actividades turísticas y de alto potencial.

Otro río de mucho potencial, pero limitado actualmente por difícil acceso es el río Manuales, donde se puede realizar pesca, balsas, kayak en dificultades medias (II+ y III), y muchos espacios para trekking. El centro de operaciones del río es Coyhaique.

En el río Ñirehuao se realiza mucha pesca, y actividades de paseo, cabalgatas con cruce del río.

#### ***Prioridades para el estudio: Simpson y Baker***

De acuerdo con la información obtenida, se aprecia preferencias por los ríos Simpson, Baker y Palena; en el Cuadro 4-5 se resumen las opiniones de los diferentes actores entrevistados.

**CUADRO 4-5  
PROPUESTAS DE RÍOS A ESTUDIAR EN LA X REGIÓN**

<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>RÍO PROPUESTO ESTUDIAR</b>
DGA	Simpson
SERNATUR	Simpson, Baker y Palena
CONAF	Simpson y Baker
SECPLAC	Simpson
CORFO	Simpson, Baker y Palena
CIEP Y ONG	Simpson y Baker
EMPRESARIOS	Simpson y Baker



## 5 SELECCIÓN DE CAUCES

Luego de efectuadas todas las labores de entrevistas a los distintos actores, públicos y privados, relacionados con el área turística, se efectuaron reuniones con la DGA Nivel Central, y a su vez, comunicaciones telefónicas y vía mail con los Directores Regionales. En definitiva, los ríos y tramos que serán estudiados y en los cuales se aplicará la metodología de caudales de reserva turísticos son los siguientes:

- a) Río Cochiguaz (IV Región): en el tramo comprendido entre Sol Naciente (N: 6.653.875; E: 371.512 WGS 84 Huso 19) y Montegrande (N: 6.669.645; E: 356.304 WGS 84 Huso 19).
- b) Río Puelo (X Región): en el tramo comprendido entre 12 km antes de la frontera con Argentina (N: 5.336.065; E: 762.977, WGS 84, Huso 18) y la desembocadura en el lago Tagua Tagua (N: 5.379.463; E: 739.859, WGS 84, Huso 18)
- c) Río Futaleufú (X Región): en tramo entre la frontera con Argentina (N: 5.214.490; E: 763.855, WGS 84, Huso 18) y la desembocadura en el Lago Yelcho (N: 5.189.709; E: 726.351, WGS 84, Huso 18)
- d) Río Baker (XI Región): en el tramo entre la desembocadura del Lago Bertrand (N: 4.792.500; E: 664.000, WGS 84, Huso 18) y la confluencia con el río Neef (N: 4.779.003; E: 668.739, WGS 84, Huso 18).
- e) Río Simpson (XI Región): en el tramo entre el sector de Villa Simpson (N: 4.932.480, E: 725.816 WGS 84 Huso 18) y la junta con el río Mañihuales (N: 4.968.944; E: 695.766 WGS 84 Huso 18)
- f) Río Serrano (XII Región): en el tramo comprendido entre su nacimiento en el desembocadura del lago Toro (N: 4.327.243; E: 642.904 WGS 84 Huso 18) hasta el Seno de Última Esperanza (N: 4.302.336; E: 632.981 WGS 84 Huso 18). **La inclusión de este río tuvo que ver con una proposición del Director General de Aguas Abogado Sr. Rodrigo Weisner L. y con conversaciones que se tuvieron con los profesionales de la DGA XII Región, principalmente por el gran potencial turístico actual y futuro que tiene el río Serrano en la XII Región. Este río reemplazó el río Hurtado de la IV Región, el cual iba a ser estudiado en un principio.**

En el Plano 5-1 se muestran los ríos seleccionados.

## **6 HIDROLOGÍA DE CAUCES SELECCIONADOS**

A continuación se desarrolla el estudio hidrológico de cada uno de los ríos que serán estudiados. Se han calculado los caudales medios mensuales en 3 puntos del tramo que será analizado de cada río, al comienzo, en la mitad del tramo y al final. Además, se determinaron los caudales ecológicos correspondientes.

### **6.1 Hidrología Río Cochiguaz**

#### **6.1.1 Introducción**

Para efectos de disponer información hidrológica en varios puntos del tramo de la cuenca escogida, se han definido 3 puntos de control donde se generarán caudales medios mensuales; ellos son al comienzo del tramo, en la parte media y al final del tramo de interés.

La caracterización hidrológica del Río Cochiguaz en los distintos puntos de control, se realizó en base a registros históricos de caudales medios mensuales, además de las precipitaciones representativas del sector en estudio. Esta información se obtuvo de distintos estudios y registros oficiales existentes para la zona.

#### **6.1.2 Antecedentes Recopilados**

Para la elaboración del presente estudio se consultaron los siguientes antecedentes:

- Ref. 1** Hidrología Aplicada. Ven Te Chow – David Maidment – Larry Mays, McGraw-Hill, 1994.
- Ref. 2** Manual de Carreteras. Volumen 2 y 3. Dirección de Vialidad. Ministerio de Obras Públicas, 2001.
- Ref. 3** Cartografía del Instituto Geográfico Militar (IGM) escala 1:50.000.
- Ref. 4** Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad, Cuenca del Río Elqui, CADE-IDEPE – DGA, 2004.
- Ref. 5** Hidrología del Humedal Tambo-Puquios, Humberto Zavala Z.
- Ref. 6** Balance Hídrico de Chile, Dirección General de Aguas, 1987.
- Ref. 7** Pluviometría de Chile, Dirección Meteorológica de Chile, 2005.

**Ref. 8** Cartografía Digital ARCVIEW, DGA.

**Ref. 9** Cartografía Digital Software Google Earth.

Además de haber recopilado y analizado los trabajos y antecedentes antes señalados, se recopilaron antecedentes de pluviometría y fluviometría de estaciones de interés, de acuerdo con lo que se señala a continuación.

### 6.1.3 Pluviometría

Se recopilaron antecedentes de precipitaciones del área de interés. Estos corresponden a registros históricos de precipitaciones mensuales de las estaciones más cercanas a la hoya del Río Cochiguaz.

En primer lugar y por estar dentro de la cuenca del Río Cochiguaz, se recurrió a la estación pluviométrica Cochiguaz de la Dirección General de Aguas (DGA). Ésta posee registros desde 1989 a la fecha. Por otra parte y por contar con una estadística de más de 30 años, se recurrió a la información de la estación pluviométrica Pisco Elqui, de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC). La ubicación de las estaciones se indica en el Cuadro 6.1-1.

**CUADRO 6.1-1  
UBICACIÓN DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS CERCANAS**

ID	Nombre Estación	Servicio	Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m)
1	Cochiguaz	DGA	30° 08'	70° 24'	1560
2	Pisco Elqui - Retén	DMC	30° 09'	70° 29'	1295

Estos registros se detallan en los Cuadros 6.1-2 y 6.1-3 siguiente.

**CUADRO 6.1-2  
PRECIPITACIONES (mm) MENSUALES ESTACIÓN COCHIGUAZ (DGA)**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
1989	-	-	-	0,0	6,0	0,0	0,5	49,5	0,0	0,0	0,0	0,0	n.c.
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	40,6	3,0	17,0	0,0	0,0	0,0	63,1
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	118,0	30,5	1,0	4,0	0,0	1,5	5,5	166,5
1992	0,0	0,0	29,5	16,5	18,5	77,0	6,0	4,0	0,0	0,0	15,0	0,0	166,5
1993	0,0	0,0	0,0	24,0	2,7	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,7
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	47,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	56,2
1995	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	4,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	8,0
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	45,0
1997	0,0	0,0	14,0	0,0	9,5	193,5	19,0	115,0	10,8	0,0	0,0	0,0	361,8
1998	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	23,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,5
1999	0,0	0,0	12,0	7,0	10,0	15,0	0,0	0,0	29,0	8,1	0,0	0,0	81,1

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
2000	0,0	0,0	0,0	15,0	18,0	80,0	16,5	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	137,5
2001	0,0	0,0	0,0	2,0	7,0	4,0	15,0	56,0	0,0	0,0	0,0	0,0	84,0
2002	0,0	0,0	0,0	12,0	103,0	49,0	63,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	277,0
2003	0,0	0,0	0,0	0,0	46,0	14,0	22,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	82,0
2004	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	80,0	10,0	0,0	0,0	10,0	0,0	102,5
2005	0,0	0,0	4,5	9,8	53,4	1,0	0,0	31,5	9,0	0,0	0,0	0,0	109,2
2006	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	3,0	22,1	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,1
2007	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	38,0	11,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	68,0
2008	0,0	0,0	0,0	0,0	21,0	52,0	17,0	75,0	0,0	-	-	-	n.c.
P. Media	0,0	0,0	3,3	5,1	16,6	34,7	21,7	17,7	4,4	0,5	1,5	0,3	105,8

**CUADRO 6.1-3**  
**PRECIPITACIONES (mm) MENSUALES ESTACIÓN PISCO ELQUI (DMC)**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
1975	-	-	-	-	-	-	9,5	-	-	0,0	0,0	0,0	n.c.
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	48,0	0,0	0,0	52,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	17,0	73,0	24,5	0,0	0,0	0,0	0,0	126,5
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	233,7	0,0	7,1	0,0	3,4	0,0	247,2
1979	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
1980	0,0	0,5	0,0	101,0	0,0	17,8	48,2	1,0	0,0	2,8	0,0	0,0	171,3
1981	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2	3,6	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,8
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	35,0	35,1	133,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	208,6
1983	0,0	0,0	0,0	4,5	2,0	62,5	112,5	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	204,0
1984	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0	10,1	358,4	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	383,5
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	46,3	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	53,7
1986	0,0	2,5	0,0	0,0	21,3	2,6	8,0	26,3	0,0	6,0	0,0	0,0	66,7
1987	0,0	2,1	0,0	1,5	8,3	1,4	165,6	56,8	0,0	0,0	0,0	0,0	235,7
1988	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	9,1
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	1,0	44,5	0,0	0,0	0,0	0,0	48,5
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	39,9	1,4	10,1	0,0	0,0	0,0	53,9
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	134,5	32,6	0,0	2,2	0,0	0,0	3,2	174,5
1992	0,0	0,0	27,8	22,2	15,8	66,4	5,0	6,2	0,0	0,0	6,6	0,0	150,0
1993	0,0	0,0	0,0	2,2	10,4	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,6
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,3	38,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	51,2
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.c.
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	17,3	29,0	0,0	0,0	-	-	n.c.
1997	-	0,0	8,2	0,0	1,7	204,8	13,2	162,2	0,0	3,0	0,3	0,0	n.c.
1998	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,1
1999	0,0	0,0	0,7	0,0	4,0	3,0	0,5	0,0	41,0	11,0	0,0	0,0	60,2
2000	0,0	-	0,0	7,0	5,0	60,5	16,0	0,0	18,3	0,0	0,0	0,0	n.c.
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	42,0	31,7	0,0	1,7	0,0	0,0	78,1
2002	0,0	0,0	0,0	0,4	72,2	-	97,0	22,0	0,0	-	0,0	-	n.c.
2003	0,0	0,0	0,0	-	0,0	2,5	20,5	0,0	0,0	-	-	-	n.c.
2004	-	-	-	-	0,0	0,0	21,3	0,0	0,0	-	0,0	-	n.c.
P. Media Mes	0,0	0,2	1,9	6,0	8,2	18,3	61,1	12,8	2,9	1,3	0,5	0,1	113,3

La precipitación media mensual y media anual, se obtuvo sólo promediando los años con información completa.

Como se aprecia, la estación Pisco Elqui posee varios meses con estadística incompleta. A pesar de esto se ve una relativa similitud en términos de precipitación media anual, con la estación Cochiguaz de la Dirección General de Aguas.

#### 6.1.4 Fluviometría

El principal objetivo del estudio fluviométrico es la generación de caudales medios mensuales en cada una de las subcuencas en estudio.

Debido a que la cuenca del Río Cochiguaz cuenta con control fluviométrico, se utilizará esta información para generar caudales medios mensuales a través de transposición por unidad de área y precipitación media. Los registros oficiales fueron obtenidos de la estación Río Cochiguaz en el Peñón, de la Dirección General de Aguas, estación que dispone de datos desde el año 1983 a la fecha.

La ubicación de la estación fluviométrica se indica en el Cuadro 6.1-4, mientras que la estadística de caudales medios mensuales se incluye en el Cuadro 6.1-5.

**CUADRO 6.1-4  
UBICACIÓN DE ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA EN EL RÍO COCHIGUAZ**

ID	Nombre Estación	Servicio	Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m)
1	Cochiguaz en el Peñón	DGA	30° 07'	70° 26'	1.360

La estadística de caudales medios mensuales se presenta en el Cuadro 6.3.1-4, siguiente:

**CUADRO 6.1-5  
CAUDALES MEDIOS MENSUALES ESTACIÓN  
COCHIGUAZ EN EL PEÑÓN (m<sup>3</sup>/s)**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1983								3,0 %	3,04	5,32	7,78	8,16	5,49
1984	5,09	3,96	3,44	2,94	2,45	2,28	3,19	3,08	4,58	9,32	17,18	22,90	6,70
1985	11,54	7,19	5,25	4,20	3,59	3,25	3,08	2,50	2,15	2,04	2,22	1,95	4,08
1986	1,91	1,56	1,62	1,65	1,76	1,74	1,79	1,73	1,77	1,73	2,03	2,63	1,83
1987	2,44	2,31	2,18	2,19	2,16	1,96	2,10	3,29	3,84	5,90	15,24	30,42	6,17
1988	21,31	11,41	7,37	5,28	4,40	3,74	3,12	2,78	2,48	2,03	1,72	1,49	5,59
1989	1,15	1,03	1,22	1,19	1,48	1,19	1,04	1,30	1,55	1,70	1,69	1,39	1,33
1990	1,26	1,20	1,21	1,31	1,37	1,38	1,45	1,32	1,39	1,38	1,06	0,84	1,26
1991	0,78	0,78	0,65	0,96	1,32	1,58	1,72	1,83	2,46	2,36	3,92	5,09	1,95

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1992	4,15	3,31	2,80	2,73	2,93	3,08	2,82	2,39	2,76	4,55	7,46	8,59	3,96
1993	6,86	4,75	3,49	3,22	3,02	2,65	2,16	1,84	1,79	1,77	1,61	1,48	2,89
1994	1,37	1,35	1,36	1,54	1,24	1,16	1,31	1,38	1,83	1,77	1,87	1,62	1,48
1995	1,61	1,56	1,55	1,44	1,33	1,34	1,25	1,13	1,14	0,97	0,87	0,81	1,25
1996	0,94	0,94	0,97	0,85	0,78	0,82	0,93	0,96	0,92	0,81	0,70	0,83	0,87
1997	0,59	0,59	0,62	0,66	0,71	1,42	2,00	3,49	5,94	7,78	17,59	32,14	6,13
1998	23,27	12,57	8,13	5,74	5,04	3,93	3,38	2,77	2,33	2,04	1,77	1,47	6,04
1999	1,40	1,51	1,48	1,55	1,69	1,66	1,63	1,40	1,83	2,16	1,82	1,33	1,62
2000	1,15	1,14	1,19	1,22	1,27	1,39	1,65	1,97	2,06	3,31	3,08	3,15	1,88
2001	2,55	2,09	1,99	1,91	1,81	1,64	1,59	1,63	1,84	2,48	2,93	2,29	2,06
2002	1,92	1,68	1,60	1,60	1,92	2,41	2,69	3,43	3,63	6,67	11,50	16,15	4,60
2003	10,85	7,18	4,08	2,41	2,30	3,11	3,15	2,73	2,54	2,81	3,14	2,86	3,93
2004	2,62	2,44	2,42	2,35	2,17	1,95	1,83	1,57	1,28	1,15	1,09	0,92	1,81
2005	0,95	1,00	1,04	1,01	1,18	1,40	1,35	1,37	1,96	2,40	4,34	6,28	2,02
2006	4,67	3,41	2,70	2,52	2,29	2,16	2,21	2,08	2,18	2,18	2,49	2,30	2,60
2007	2,09	1,85	1,75	1,64	1,64	1,59	1,68	1,54	1,79	3,12	3,81	3,13	2,14
2008	2,55	2,20	1,97	1,85									2,14
Promedio	4,69	3,20	2,50	2,17	2,08	2,03	2,05	2,06	2,34	3,02	4,63	6,34	3,09

El caudal medio mensual y medio anual, se calculó promediando sólo los años con información completa.

#### a) Generación de Caudales Medios Mensuales

#### i) Análisis de Frecuencia

Con la estadística incluida en el Cuadro 6.1-5, se aplican los métodos de distribución, empleados comúnmente en estudios hidrológicos en nuestro país, con el objetivo de determinar el caudal medio mensual para distintas probabilidades de excedencia. Las distribuciones de frecuencia utilizadas fueron las siguientes: Normal, Log-Normal, Gumbel, Pearson y Log-Pearson tipo III.

El procedimiento utilizado para el ajuste de cada distribución, se indica a continuación:

#### - Distribución Normal

La distribución Normal tiene la siguiente ecuación:

$$Q = X_{\text{prom}} + Z \times S_x$$

En donde:

- $X_{prom}$  : Promedio de la serie de caudales.  
 $z$  : Variable aleatoria normal estandarizada asociada a la probabilidad.  
 $S_x$  : Desviación estándar de la serie.

### - Distribución Log-Normal

La distribución Log Normal tiene la siguiente ecuación:

$$\text{Log} ( Q ) = X_{prom} + Z \times S_x$$

donde:

- $X_{prom}$  : Promedio de la serie de logaritmos de los caudales.  
 $z$  : Variable aleatoria normal estandarizada asociada a la probabilidad.  
 $S_x$  : Desviación estándar de los logaritmos de la serie.

### - Distribución Gumbel

Esta función de distribución acumulada está dada por la expresión:

$$P = u - \frac{1}{a} \times \text{Ln} \left( - \text{Ln} \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right)$$

En que:

- $P$  : Probabilidad de la variable.  
 $a$  : Parámetro de dispersión.  
 $u$  : Moda de la distribución.

En que:

$$u = x_{prom} - S_x \times \frac{Y_n}{S_n}$$

$$a = \frac{S_n}{S_x}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{prom})^2}{n-1}}$$

Donde:

- $X_i$  : Caudal del mes i.  
 $X_{prom}$  : Promedio de la muestra.  
 $n$  : Número de la muestra.  
 $S_x$  : Desviación estándar de la muestra.  
 $S_n$  : Desviación estándar de la variable reducida.

Los parámetros de la variable reducida son sólo función del tamaño de la muestra y pueden obtenerse del siguiente Cuadro siguiente:

#### Parámetros de la Variable Reducida

Tamaño de Muestra (n) (años)	Valor Medio $Y_n$	Desviación Estandar $S_n$
10	0,50	0,95
15	0,51	1,01
20	0,52	1,06
25	0,53	1,09
30	0,54	1,11
35	0,54	1,13
40	0,54	1,14
50	0,55	1,16
60	0,55	1,17
70	0,55	1,19
100	0,56	1,21

#### - Distribución Pearson tipo III.

La distribución Pearson III tiene la siguiente ecuación:

$$Q = X_{prom} + K \times S_x$$

Donde:

- $X_{prom}$  : Promedio de la serie de caudales.  
 $k$  : Factor de frecuencia.  
 $S_x$  : Desviación estándar de la serie.

### - Distribución Log Pearson tipo III.

La distribución Log Pearson III tiene la siguiente ecuación:

$$\text{Log} ( Q ) = X_{prom} + K \times S_x$$

Donde:

- $X_{prom}$  : Promedio de la serie de logaritmos de los caudales.  
 $k$  : Factor de frecuencia.  
 $S_x$  : Desviación estándar de la serie de logaritmos.

### ➤ Test de Bondad del Ajuste Probabilístico

La prueba Chi-Cuadrado es un método estadístico que sirve para determinar la distribución que mejor ajuste tiene con la serie de caudales obtenidos por medio de la estación fluviométrica. Luego de haber obtenido la distribución más cercana a la serie real, es posible calcular caudales para distintas probabilidades de excedencia a través de la aplicación de dicha distribución de mejor ajuste.

El procedimiento aplicado al caso de una variable hidrológica y para cada distribución analizada, es el siguiente:

- Se divide el rango de variación de la muestra de  $N$  valores en  $k$  intervalos de clase con lo que se define un histograma de la muestra.
- A partir de este histograma, se determina la frecuencia absoluta de los valores observados ( $f_i$ ) para cada uno de los intervalos.
- A continuación, se adopta la hipótesis que la muestra corresponde a una cierta distribución conocida con densidad de frecuencia  $f(x)$ .

- Si se designa con  $c_i$  a las fronteras de clase del histograma, las frecuencias absolutas esperadas ( $e_i$ ) para cada clase y para la distribución elegida, vienen dadas por:

$$e_i = N * \int_{c_{i-1}}^{c_i} f(x) * dx$$

ó

$$e_i = N * ( F(c_i) - F(c_{i-1}) )$$

Donde N es el número de valores de la muestra y  $F(c_{i-1})$  y  $F(c_i)$  son las fronteras de clase  $i$ .

- Si la hipótesis adoptada es la adecuada, es decir, si la función de densidad de frecuencia es la correcta, podemos aplicar el siguiente teorema estadístico:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{i-k} \frac{(f_i - e_i)^2}{e_i}$$

- Se aproxima a una distribución Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) con  $v = k - s - 1$  grados de libertad, donde s es el número de parámetros de la distribución elegida.

Es importante destacar que según Ref. 2, el test Chi-Cuadrado se recomienda cuando la muestra tiene un mínimo de 25 datos. En este caso en particular, la estación fluviométrica se encuentra en el límite de aplicación del test, con un rango de datos entre 24 a 25 según el mes. Por este motivo y para complementar este análisis se calculará además el coeficiente de determinación R2.

**La explicación de los análisis de frecuencia que se hagan en los demás ríos es la misma señalada anteriormente, de modo que en adelante no se volverá a repetir.**

**b) Caudales Medios Mensuales y Anuales, en Estación Fluviométrica Cochiguaz en el Peñón, para Distintas Probabilidades de Excedencia**

Con la metodología señalada en puntos anteriores se procede al cálculo de caudales medios mensuales y anuales, según la estadística del Cuadro 6.1-5. Los resultados obtenidos son los siguientes:

**CUADRO 6.1-6**  
**CAUDAL MEDIO ANUAL EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**  
**COCHIGUAZ EN EL PEÑÓN**

Parámetro	m3/s
Caudal Medio Anual	3,09
Desviación Estándar	1,87
Máximo (1984)	6,70
Mínimo (1996)	0,87

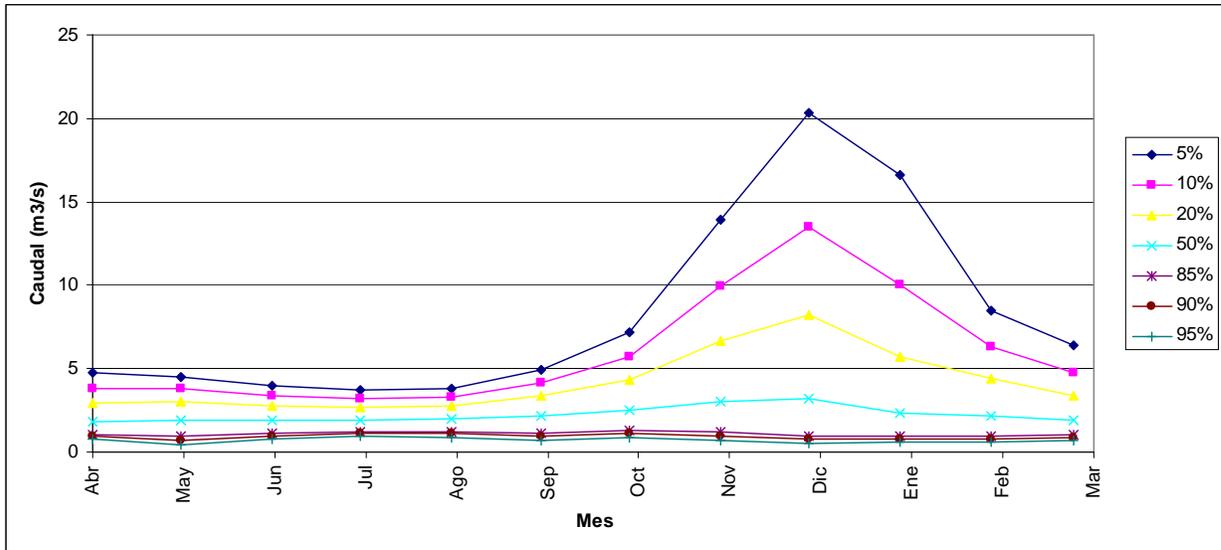
Para la obtención de estos valores sólo se consideraron los años calendarios con información hidrológica completa (1984-2007).

**CUADRO 6.1-7**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s) EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**  
**COCHIGUAZ EN EL PEÑÓN**

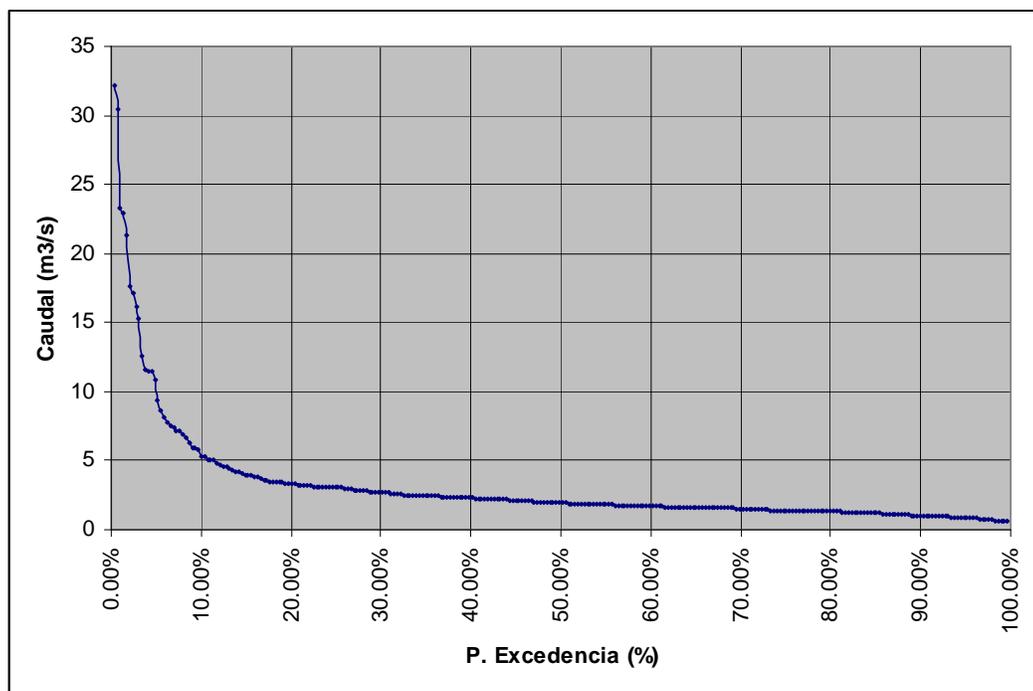
Probabilidad excedencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5%	16,58	8,48	6,39	4,77	4,49	3,95	3,72	3,80	4,89	7,18	13,90	20,30
10%	10,00	6,30	4,77	3,80	3,78	3,38	3,23	3,29	4,15	5,71	9,94	13,46
20%	5,72	4,39	3,40	2,91	3,04	2,80	2,71	2,75	3,37	4,32	6,63	8,19
50%	2,30	2,20	1,88	1,81	1,92	1,91	1,93	1,95	2,19	2,54	3,05	3,16
85%	0,96	0,94	1,00	1,06	0,92	1,12	1,24	1,23	1,15	1,32	1,17	0,98
90%	0,81	0,77	0,87	0,95	0,73	0,97	1,11	1,09	0,95	1,13	0,93	0,74
95%	0,65	0,57	0,72	0,80	0,47	0,76	0,93	0,91	0,68	0,90	0,67	0,49
Distribución de Mejor Ajuste	LP3	LN	LP3	LP3	G	G	G	G	G	LN	LN	LN

Para la obtención de caudales medios mensuales se consideraron todos los meses con información hidrológica mensual completa (Sept/1983 – Abril/2008).

**FIGURA 6.1-1**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**  
**COCHIGUAZ EN EL PEÑÓN**



**FIGURA 6.1-2**  
**CURVA DE DURACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**  
**COCHIGUAZ EN EL PEÑÓN**



Como se aprecia en la Figura 6.1-1, el río presenta sus mayores caudales medios en el período Octubre – Marzo, indicando una importante componente nival en la escorrentía.

Con respecto a la curva de duración, ésta fue confeccionada considerando los años calendarios completos utilizando el procedimiento de Weibull, indicado en Ref.2.

**c) Caudales Medios Mensuales y Anuales en Puntos de Control**

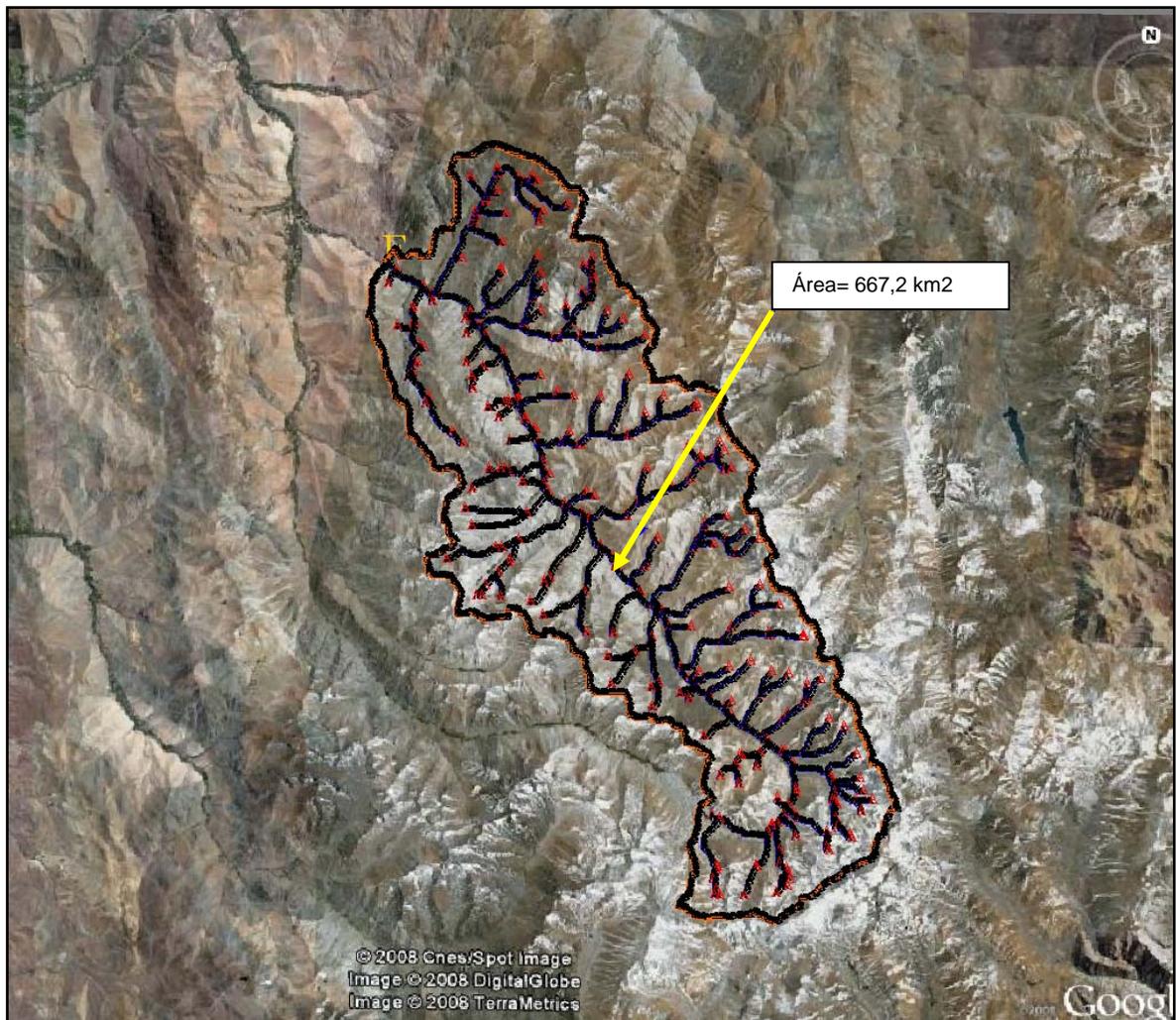
Se han establecido 3 puntos de control en los cuales se determinarán caudales medios mensuales (inicio, punto medio y punto final del tramo de interés); éstos se indican en el Cuadro 6.1-8 siguiente:

**CUADRO 6.1-8  
PUNTOS DE CONTROL SOBRE EL RÍO COCHIGUAZ**

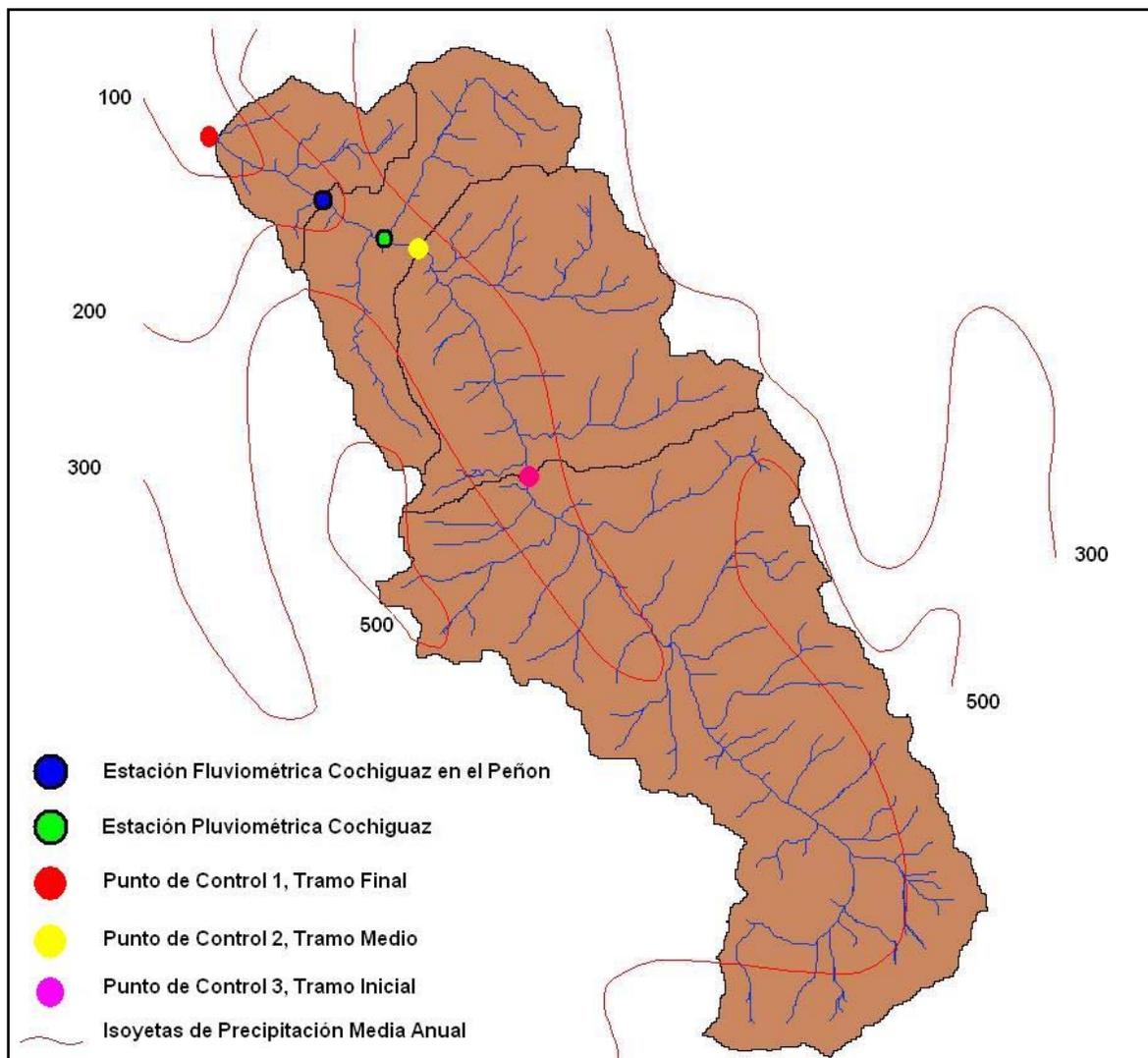
<b>ID</b>	<b>Cauce</b>	<b>Tramo</b>	<b>Sector Cercano</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Huso</b>	<b>Datum</b>
1	Río Cochiguaz	Final	Monte grande	6.669.597	356.298	19	PSAD 1956
2	Río Cochiguaz	Medio	-	6.664.250	366.464	19	PSAD 1956
3	Río Cochiguaz	Inicio	Sol Naciente	6.653.826	371.506	19	PSAD 1956

Para calcular caudales con el método de transposición en estos puntos de control, se requiere conocer el área y precipitación media para cada una de las cuencas. Para esto se procedió a delimitar las cuencas y superponer las isoyetas indicadas en Ref. 6. El resultado de este ejercicio se presenta a continuación:

**FIGURA 6.1-3**  
**DELIMITACIÓN DE CUENCA DEL RÍO COCHIGUAZ, EN ESTACIÓN**  
**FLUVIOMÉTRICA COCHIGUAZ EN EL PEÑÓN**



**FIGURA 6.1-4  
DELIMITACIÓN DE CUENCAS EN PUNTOS DE CONTROL**



De las figuras presentadas se obtiene la siguiente información:

**CUADRO 6.1-9  
ÁREAS APORTANTES A PUNTOS DE CONTROL**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Área (km <sup>2</sup> )
1	Río Cochiguaz	Final	Monte grande	712,50
2	Río Cochiguaz	Medio	-	572,57
3	Río Cochiguaz	Inicio	Sol Naciente	400,48
-	Río Cochiguaz	Estación	Cochiguaz en el Peñón	667,20

Con respecto a las precipitaciones, según el estudio hidrológico de Ref. 5, indica que el patrón de precipitaciones de la cuenca del Río Elqui presenta notorias diferencias en las precipitaciones medias en la parte alta de la cuenca. El trabajo de la DGA concluye que en la parte alta de la cuenca, las precipitaciones varían en el rango de 400 mm/año a 500 mm/año. Por su parte, INA (1987) plantea para la misma zona isolíneas de clara orientación Norte - Sur de precipitaciones medias son entre 300 mm/año y 400 mm/año. Por último, Wood (1971) plantea isoyetas en el rango 200 mm/año hacia el Norte de la parte alta de la cuenca y 350 mm/año en la parte alta de la cuenca en su sector Sur.

En el caso del presente estudio se tiene que la precipitación media anual para la estación pluviométrica Cochiguaz, es del orden de los 113 mm (Cuadro 6.1-2). Sin embargo, y según la información gráfica de Figura 6.1-4, se tiene que la precipitación media anual para el sector de la estación pluviométrica, es superior a 200 mm. Esta inconsistencia en la información, señalada en el estudio de Ref. 5 y verificada por el presente informe, implicará realizar ciertos supuestos en la aplicación de la metodología de transposición de caudales.

Para transponer caudales se utilizó la siguiente expresión:

$$Q_x = P_x \cdot A_x / (P_{Est} \cdot A_{Est}) \cdot Q_{Est}$$

En donde:

$Q_x$  = Caudal en punto de control x. (m<sup>3</sup>/s)

$P_x$  = Precipitación media en la cuenca x. (mm)

$A_x$  = Área aportante a la cuenca x. (km<sup>2</sup>)

$P_{Est}$  = Precipitación media de la cuenca controlada por la estación fluviométrica (mm)

$A_{Est}$  = Área aportante a la cuenca de la estación fluviométrica. (km<sup>2</sup>)

$Q_{Est}$  = Caudal en estación fluviométrica. (m<sup>3</sup>/s)

Según las consideraciones señaladas, para utilizar la metodología de transposición de caudal, se supondrá que la precipitación media de cada cuenca es similar a la precipitación media representativa de la cuenca aportante a la estación fluviométrica Cochiguaz en el Peñón. Este supuesto no se encuentra alejado de la realidad debido a que la cuenca encerrada por la estación abarca gran parte de la cuenca del río

Cochiguaz representando de buena forma las precipitaciones medias en las otras subcuencas.

Así, los caudales medios mensuales y anuales son los que se indican a continuación:

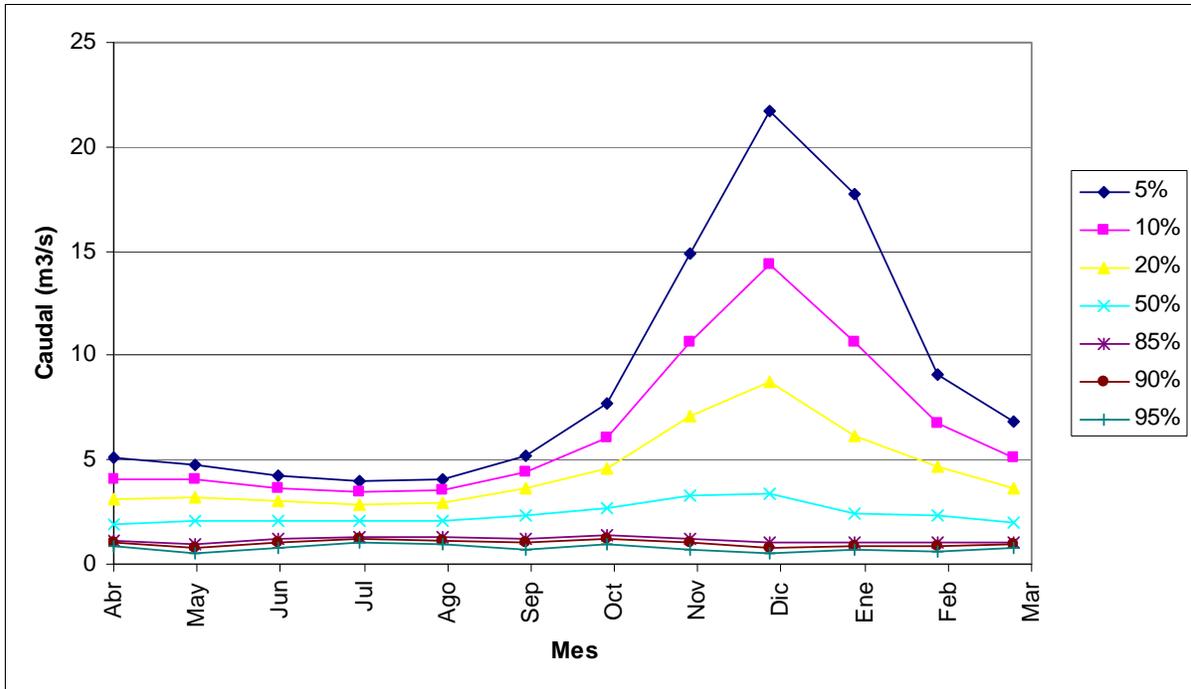
**CUADRO 6.1-10  
CAUDALES MEDIOS ANUALES EN PUNTOS DE CONTROL**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Área (km <sup>2</sup> )	Q medio (m <sup>3</sup> /s)
1	Río Cochiguaz	Final	Montegrando	712,50	3,30
2	Río Cochiguaz	Medio	-	572,57	2,65
3	Río Cochiguaz	Inicio	Sol Naciente	400,48	1,86
-	Río Cochiguaz	Estación	Cochiguaz en el Peñón	667,20	3,09

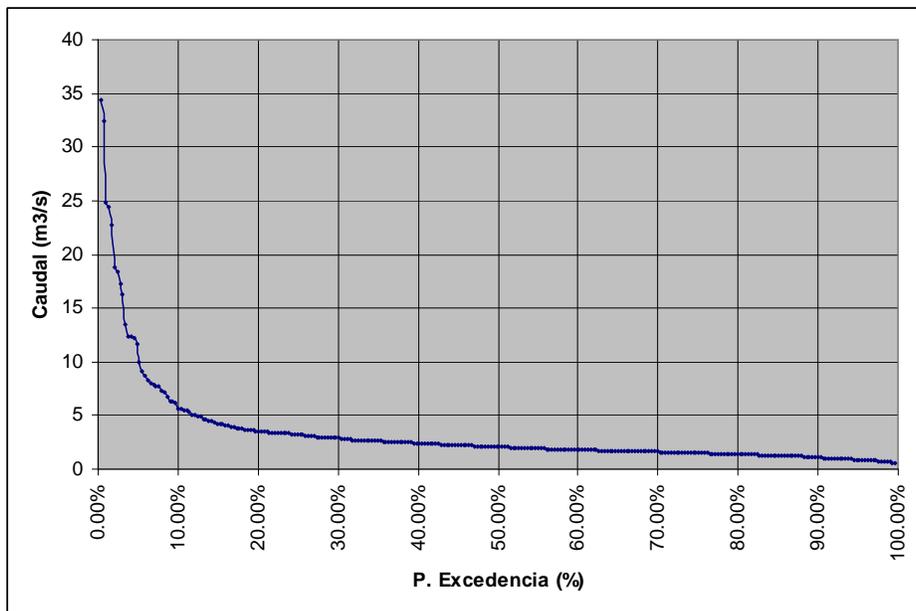
**CUADRO 6.1-11  
CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN PUNTOS DE CONTROL 1  
SECTOR MONTEGRANDE, TRAMO FINAL (m<sup>3</sup>/s)**

Probabilidad Excedencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5%	17,71	9,06	6,83	5,09	4,80	4,22	3,97	4,06	5,22	7,67	14,85	21,68
10%	10,68	6,73	5,09	4,06	4,04	3,61	3,44	3,51	4,43	6,09	10,62	14,37
20%	6,11	4,69	3,63	3,11	3,24	2,99	2,90	2,94	3,60	4,61	7,08	8,74
50%	2,45	2,35	2,01	1,93	2,05	2,04	2,07	2,08	2,34	2,71	3,25	3,37
85%	1,03	1,01	1,06	1,14	0,98	1,19	1,33	1,31	1,23	1,41	1,25	1,05
90%	0,87	0,82	0,93	1,01	0,78	1,03	1,19	1,17	1,01	1,20	1,00	0,79
95%	0,69	0,61	0,77	0,85	0,50	0,81	1,00	0,97	0,72	0,96	0,71	0,53
Distribución de Mejor Ajuste	LP3	LN	LP3	LP3	G	G	G	G	G	LN	LN	LN

**FIGURA 6.1-5  
CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN PUNTO DE CONTROL 1,  
SECTOR MONTEGRANDE, TRAMO FINAL**



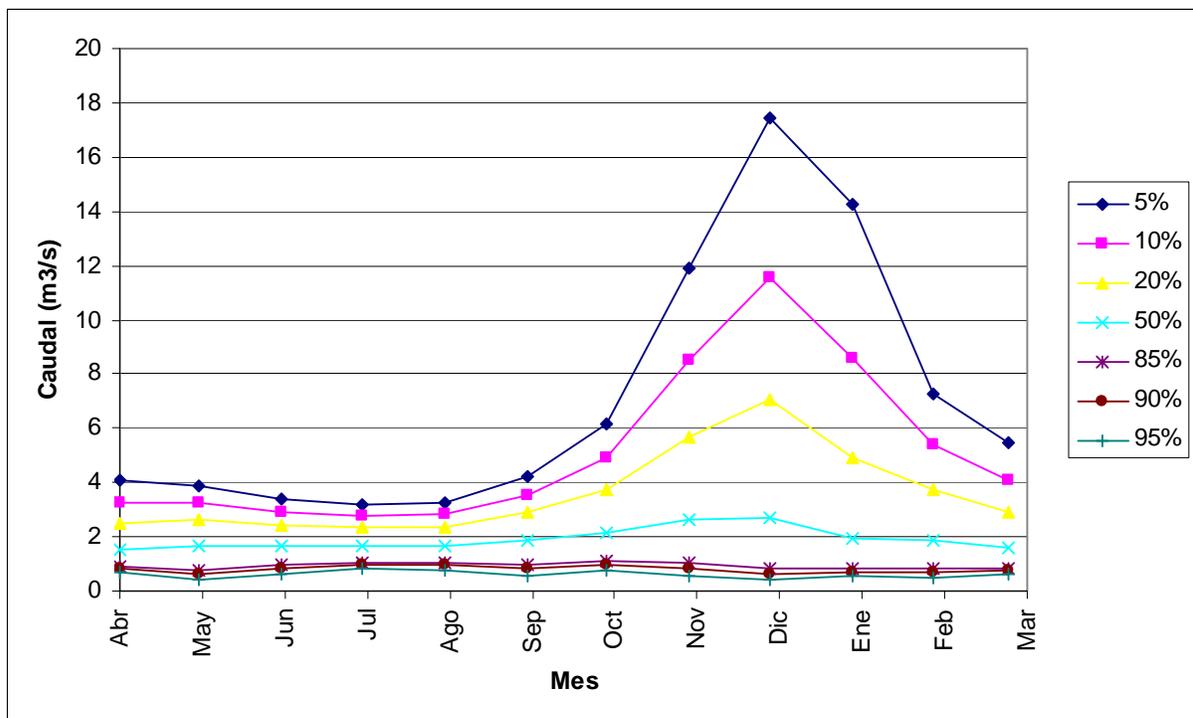
**FIGURA 6.1-6  
CURVA DE DURACIÓN EN PUNTO DE CONTROL 1,  
SECTOR MONTEGRANDE, TRAMO FINAL**



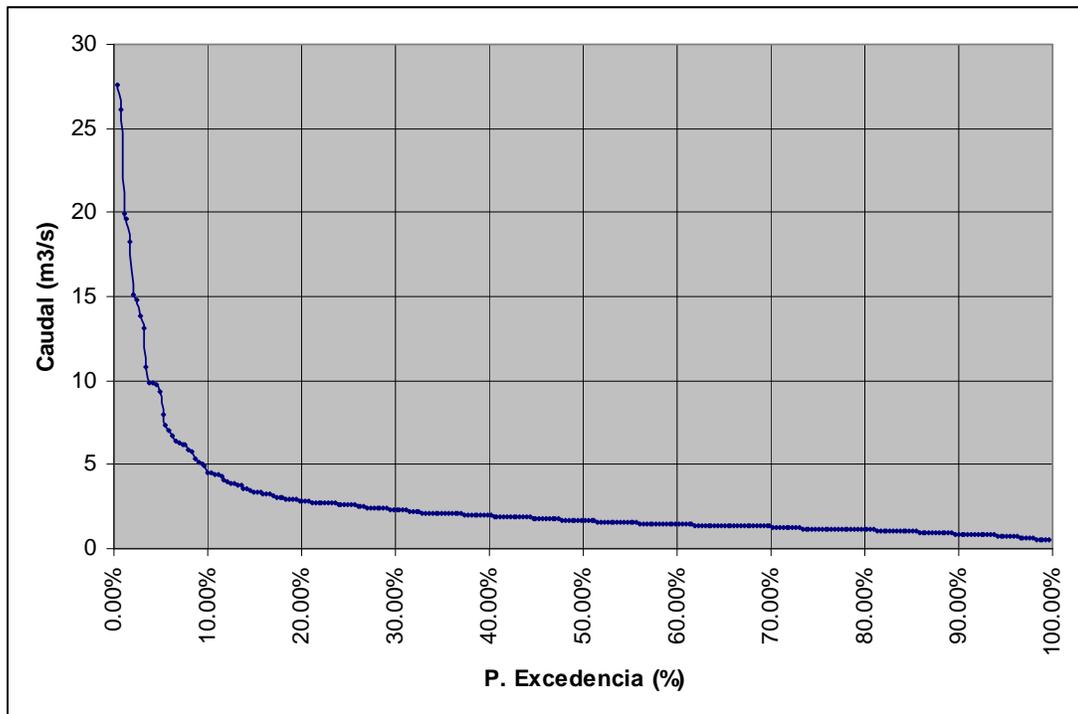
**CUADRO 6.1-12**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN PUNTOS DE CONTROL 2,**  
**TRAMO MEDIO (m<sup>3</sup>/s)**

Probabilidad Excedencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5%	14,23	7,28	5,49	4,09	3,85	3,39	3,19	3,26	4,20	6,16	11,93	17,42
10%	8,58	5,41	4,09	3,26	3,24	2,90	2,77	2,82	3,56	4,90	8,53	11,55
20%	4,91	3,77	2,92	2,50	2,61	2,40	2,33	2,36	2,89	3,71	5,69	7,02
50%	1,97	1,89	1,61	1,55	1,64	1,64	1,66	1,67	1,88	2,18	2,62	2,71
85%	0,82	0,81	0,86	0,91	0,79	0,96	1,07	1,06	0,99	1,13	1,01	0,84
90%	0,70	0,66	0,75	0,81	0,62	0,83	0,95	0,94	0,81	0,97	0,80	0,64
95%	0,55	0,49	0,62	0,69	0,40	0,65	0,80	0,78	0,58	0,77	0,57	0,42
Distribución de Mejor Ajuste	LP3	LN	LP3	LP3	G	G	G	G	G	LN	LN	LN

**FIGURA 6.1-7**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN PUNTOS DE CONTROL 2,**  
**TRAMO MEDIO**



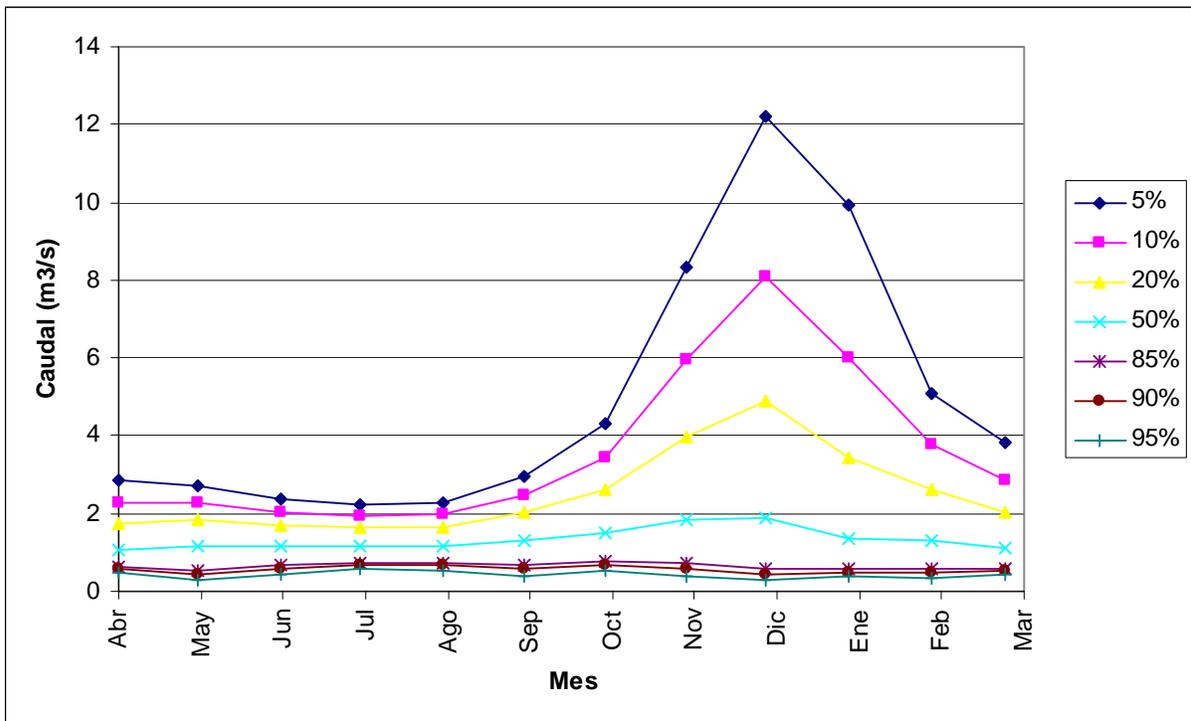
**FIGURA 6.1-8**  
**CURVA DE DURACIÓN EN PUNTOS DE CONTROL 2,**  
**TRAMO MEDIO**



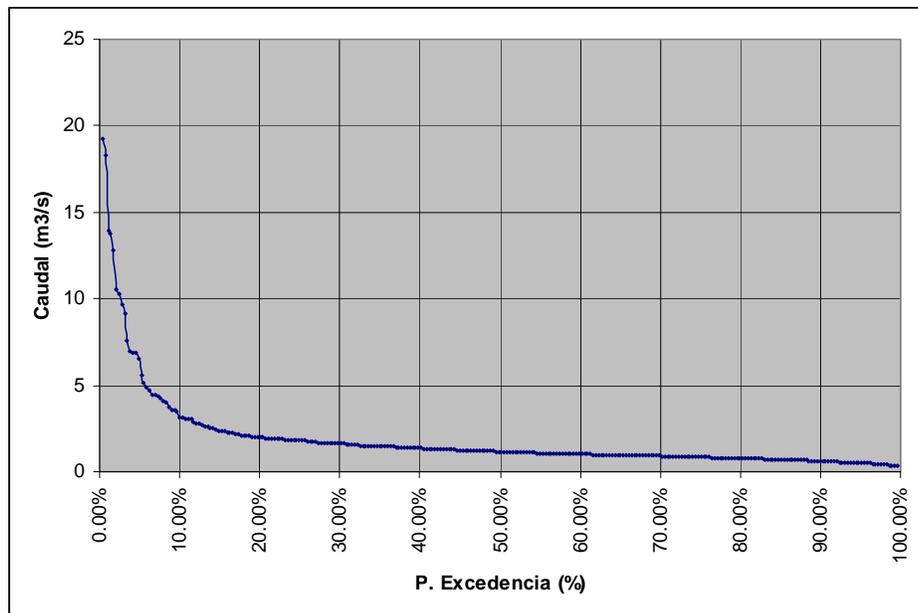
**CUADRO 6.1-13**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN PUNTOS DE CONTROL 3,**  
**SECTOR SOL NACIENTE, TRAMO INICIAL (m3/s)**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Excedencia												
5%	9,95	5,09	3,84	2,86	2,70	2,37	2,23	2,28	2,94	4,31	8,35	12,18
10%	6,00	3,78	2,86	2,28	2,27	2,03	1,94	1,97	2,49	3,43	5,97	8,08
20%	3,44	2,64	2,04	1,75	1,82	1,68	1,63	1,65	2,02	2,59	3,98	4,91
50%	1,38	1,32	1,13	1,09	1,15	1,14	1,16	1,17	1,32	1,52	1,83	1,90
85%	0,58	0,57	0,60	0,64	0,55	0,67	0,75	0,74	0,69	0,79	0,70	0,59
90%	0,49	0,46	0,52	0,57	0,44	0,58	0,67	0,66	0,57	0,68	0,56	0,45
95%	0,39	0,34	0,43	0,48	0,28	0,46	0,56	0,54	0,41	0,54	0,40	0,30
Distribución	LP3	LN	LP3	LP3	G	G	G	G	G	LN	LN	LN

**FIGURA 6.1-9**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN PUNTO DE CONTROL 3,**  
**SECTOR SOL NACIENTE, TRAMO INICIAL.**



**FIGURA 6.1-10**  
**CURVA DE DURACIÓN EN PUNTO DE CONTROL 3,**  
**SECTOR SOL NACIENTE, TRAMO INICIAL**



**d) Determinación de Caudales Ecológicos****i) Metodología**

Se contempla estimar los caudales ecológicos de las cuencas estudiadas para poder tener valores referenciales respecto a las demandas hídrica-turísticas, entendiendo que tienen una base conceptual y de cálculo diferentes, y que el caudal ecológico debiera ser considerado como un "piso" de caudal de demanda turística.

**Las diferentes metodologías que se explican a continuación no se volverán a repetir en los análisis que se hagan de los demás ríos, ya que éstas son las mismas en todos los casos.**

**➤ Metodología Dirección General de Aguas**

El concepto de caudal "ecológico" se asocia al caudal mínimo necesario para asegurar la supervivencia de un ecosistema acuático preestablecido. Estudios realizados en el país han dejado en evidencia que, a la fecha, sólo es factible utilizar metodologías con base hidrológica para la determinación de caudales ecológicos, ya que no existe una sistematización en la recopilación de antecedentes biológicos que pueden ser incorporados en la definición de éstos.

La DGA ha hecho suya la problemática anterior, y a través de su Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos, ha ido desarrollando un programa de estudios que posibiliten la apropiada definición de estos caudales mínimos, usando metodologías que sean ampliamente aceptadas. En este marco se han desarrollado, entre otros, los siguientes estudios:

- Caudales Ecológicos Caracterización Hidroambiental (División de Recursos Hídricos y Medioambiente. AC Ingenieros Consultores Ltda. Mayo 1996).
- Análisis de Criterios Hidroambientales en el Manejo de Recursos Hídricos. Diseño de Plan de Monitoreo para la Determinación de Caudales Ecológicas s. (División de Recursos Hídricos y Medioambiente. Universidad de Chile Nov. 1998).
- Análisis de Criterios Hidroambientales en el Manejo de Recursos Hídricos. Monitoreo en una Cuenca Piloto de Caudales Mínimos Aconsejables. (División de Recursos Hídricos y Medioambiente. Universidad de Chile Dic. 2000).

Históricamente, la Dirección General de Aguas ha considerado como caudal mínimo ecológico un determinado porcentaje del caudal del río, establecido en forma constante, utilizando para ello algunos de los criterios siguientes:

- Caudal igual al 10 % del caudal medio anual.
- Caudal igual al 50 % del caudal mínimo de estiaje del año 95%.

Actualmente y basado en lo dispuesto en el Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos (Resolución DGA 3504 año 2008), se definen criterios sustentados en variables hidrológicas, para determinar caudales ecológicos. Estos criterios se detallan a continuación:

La estadística hidrológica que se requiere para la aplicación de estos métodos de base hidrológica, en forma óptima, debe considerar un mínimo de 25 años hidrológicos, con una estadística a nivel medio mensual.

Por otro lado, la sustentabilidad e integridad de un ecosistema acuático no se asegura con el mantenimiento de un caudal mínimo constante a través de todo el año, ya que los requerimientos para la preservación de la naturaleza y la protección del medio ambiente está dada principalmente por el régimen natural de caudales.

Es por ello, que al momento de definir el caudal ecológico mínimo se buscará considerar las variaciones en los caudales de flujo del cauce, a lo menos dentro de un período anual (estacionalidad), estableciendo un caudal variable que permita mantener en forma proporcional al cauce sin intervención, las variaciones de caudal estacional.

El procedimiento a utilizar, para definir un caudal ecológico mínimo variable, considera los siguientes escenarios:

**Cauce con derechos constituidos con caudal ecológico mínimo del 10% Qma:**

Se consideraran los caudales asociados a 50% del caudal con probabilidad de excedencia del 95% (50% del Q95%PE), para cada mes, con las restricciones siguientes:

- Para aquellos meses, en los cuales el caudal determinado para el 50% del Q95%PE es menor al caudal determinado para el 10%Qma, entonces el caudal mínimo ecológico en esos meses será el 10%Qma.
- Para aquellos meses, en los cuales el caudal determinado para el 50% del Q95%PE es mayor al caudal determinado para el 10%Qma y menor que el caudal determinado para el 20% Qma, entonces el caudal mínimo ecológico en esos meses será el 50% del Q95%PE.

- Para aquellos meses, en los cuales el caudal determinado para el 50% del Q95%PE es mayor al caudal determinado para el 20%Qma, entonces el caudal mínimo ecológico en esos meses será el 20% Qma.

#### **Cauce con derechos constituidos con caudal ecológico mínimo del menor 50% del Q95%:**

Se consideraran los caudales asociados a 50% del caudal con probabilidad de excedencia del 95% (50% del Q95%PE), para cada mes, con las restricciones siguientes:

- Para aquellos meses, en los cuales el caudal determinado para el 50% del Q95%PE es menor al caudal determinado para el 20%Qma, entonces el caudal mínimo ecológico en esos meses será el 50% del Q95%PE.

- Para aquellos meses, en los cuales el caudal determinado para el 50% del Q95%PE es mayor al caudal determinado para el 20%Qma, entonces el caudal ecológico mínimo en esos meses será el 20% Qma.

#### **Cauce sin derechos constituidos o sin caudal ecológico mínimo definido:**

En estos casos se aplicara el criterio establecido en párrafo anterior con las mismas restricciones.

#### **➤ Metodologías Internacionales**

Alternativamente y de manera complementaria, existen otros métodos basados en aspectos hidrológicos, reconocidos por la DGA, utilizados en la determinación de Caudales Ecológicos, los cuales son:

- Método de Tennant
- Método de nueva Inglaterra
- Legislación Suiza
- Legislación Asturiana
- Método Área Drenante

A continuación se explican cada uno de los métodos alternativos señalados:

#### **• Método de Tennant**

Este método (1976), es la herramienta más conocida de planificación a largo plazo utilizada por la industria piscícola en Estados Unidos. En su forma original, el método organiza los niveles de caudal, en cada estación, en base a porcentajes del caudal

medio anual. Tennant usó 10 años de observaciones personales, realizadas en Montana y el medio oeste, para categorizar las corrientes de acuerdo a las variaciones de la calidad del hábitat de la trucha con respecto a los caudales. Tennant también recomendó que periódicamente escurrieran caudales altos con el fin de remover sedimentos y otros materiales de fondo.

El método de Tennant (Gan y McMahon, 1990), supone que las condiciones del hábitat acuático son similares para diversos flujos que sean porcentaje del caudal medio anual (QMA). Específicamente recomienda caudales mínimos que sustentan una variada calidad de hábitat para peces, determinados en base a observaciones de cómo se reproducen de la mejor manera las condiciones hidrológicas naturales. Es decir, clasifica la calidad del hábitat basándose únicamente en el juicio profesional y con la asistencia de información hidrológica mínima. Recomendación mantener, como caudal mínimo en el río, un porcentaje del caudal medio anual que varía entre 0 y 200%.

De acuerdo con lo anterior, se clasifica la salud del hábitat para peces como: abundante, óptimo, prominente, excelente, bueno, justo o aceptable, pobre y degradado. Las ventajas del método son su rapidez, facilidad de aplicación y entendimiento. Las desventajas son la valoración subjetiva y la necesidad de chequeos visuales, realizados por expertos en terreno.

En el Cuadro siguiente se muestran los valores de caudales recomendados por Tennant, según la clasificación del flujo. Algunos estados de Norte América, han reconocido que no pueden aplicar directamente las recomendaciones de Tennant, sin antes introducirle modificaciones, de modo que se adecue a las especies de interés y tipos de escurrimientos propios de la región.

**CUADRO 6.1-14**  
**CAUDALES RECOMENDADOS, MÉTODO DE TENNANT**

Calificación de la Salud del Hábitat	Caudal Recomendado Otoño-Invierno (Abr-Sep) [% del QMA]	Caudal Recomendado Primav.-Verano (Oct-Mar) [% del QMA]
ABUNDANTE	200	200
RANGO ÓPTIMO	60 - 100	60 - 100
PROMINENTE	40	60
EXCELENTE	30	50
BUENO	20	40
JUSTO O ACEPTABLE	10	30
POBRE O MÍNIMO	10	10
DEGRADACIÓN SEVERA	<10	<10

- **Método del Área Drenante**

Cuando las estadísticas hidrológicas no son sustentables, se recomienda un indicador sustituto en el que se puedan basar los caudales a recomendar para mantener en el cauce. Un ejemplo de tal indicador es el Área Drenante, en la cual el valor del caudal mínimo o base que se recomienda mantener en el cauce durante los meses de estiaje es de 0,0055 m<sup>3</sup>/s por kilómetro cuadrado de área drenante (Stalnaker et al, 1995). En la época de caudales altos (primavera y otoño), se recomienda adaptar los caudales mínimos a mantener a los ríos, a las necesidades requeridas por las distintas especies de peces existentes, en los períodos de desove e incubación (Larson, 1981; citado por Stalnaker et al, 1995).

- **Legislación Internacional Existente con Respecto a Caudales Mínimos en Ríos.**

Las legislaciones más conocidas en lo referente a caudales ecológicos o mínimos aconsejables son la francesa, la suiza y la asturiana. En este ítem se rescata, de cada una de ellas, la parte en que se definen los caudales ecológicos que se deben mantener en los ríos.

- **Legislación Francesa**

Esta legislación establece un caudal ecológico igual al 10% del caudal medio anual, o el caudal inmediatamente aguas arriba de la obra si éste fuera menor. Para módulos superiores a 80 m<sup>3</sup>/s, mediante Decreto del Consejo de Estado, podrá rebajarse el

caudal mínimo hasta, a lo sumo el veinteavo del módulo. Dicho caudal debe evaluarse con al menos 5 años de información estadística, medida o transferida al lugar de interés.

### - Legislación Suiza y Asturiana

Ambas legislaciones determinan fórmulas para la obtención de un caudal ecológico en función de un valor que se denomina  $Q_{347}$  (Q 95%), caudal medio que anualmente es superado 347 días. El  $Q_{347}$  se debe calcular como media de una serie de datos (caudales medios diarios) de al menos 5 años.

#### -) Legislación Suiza

Establece el siguiente criterio para el cálculo del caudal en función  $Q_{347}$ .

- ) Exigencias mínimas para todas las aguas:
  - El caudal mínimo será de 50 l/s,
  - Para cursos de agua con  $Q_{347} < 1.000$  l/s, el caudal mínimo debe corresponde al menos, con el 35% del  $Q_{347}$ .

Exigencias mínimas para las aguas piscícolas:

El caudal mínimo debe representar al menos:

- $Q_{347} \leq 60$ l/s	→	50,0 l/s
y por cada 10 l/s suplementarios	→	8,0 l/s
- $Q_{347} \leq 160$ l/s	→	130,0 l/s
por cada 10 l/s suplementarios	→	4,0 l/s
- $Q_{347} \leq 500$ l/s	→	280,0 l/s
por cada 100 l/s suplementarios	→	31,0 l/s
- $Q_{347} \leq 2.500$ l/s	→	900,0 l/s
por cada 100 l/s suplementarios	→	21,3 l/s
- $Q_{347} \leq 10.000$ l/s	→	2.500 l/s
por cada 1.000 l/s suplementarios	→	150,0 l/s
- $Q_{347} > 60.000$ l/s	→	10.000 l/s

- Para mantener el movimiento migratorio de los peces se debe garantizar una profundidad de 20 cm, si el  $Q_{347}$  es superior a 50 l/s.

La legislación establece además una serie de considerandos por los cuales los caudales explicitados deben ser incrementados, como por ejemplo, la obligatoriedad

de garantizar la profundidad necesaria para la libre migración de los peces. Si  $Q_{347} > 50$  l/s se debe garantizar una profundidad mínima de al menos 20 cm.

- **Legislación Asturiana (Resolución de Concedería de la Presidenta del Principado de Asturias)**

La resolución aprueba los criterios a los que deberán ajustarse los informes de la Comunidad Autónoma, en relación con la concesión de mini centrales hidroeléctricas. Establece 3 niveles de protección en los cauces asignando a cada uno de ellos los siguientes criterios:

i) Nivel de protección base I. Aplicado a zonas trucheras. El caudal a mantener es el mayor de los resultados de la aplicación de las siguientes fórmulas, en las que  $Q_{347}$  está en [l/s]:

$$Q_{ec1} = 0,35 * Q_{347}$$

$$Q_{ec2} = \frac{15 * Q_{347}}{[\ln(Q_{347})]^2}$$

$$Q_{ec3} = 0,25 * (Q_{347} + 75)$$

$$Q_{ecI} = \text{Máx} [Q_{ec1}, Q_{ec2}, Q_{ec3}]$$

ii) Nivel de protección medio II. Aplicable a zonas de interés piscícola.

$$Q_{ecII} = Q_{ecI} + 2 \text{ l/s/Km}^2 \text{ de cuenca aprovechable}$$

Nivel de protección máximo III. Aplicable a zonas salmoneras.

$$Q_{ecIII} = Q_{ecI} + 4 \text{ l/s/Km}^2 \text{ de cuenca aprovechable}$$

- **Programa de Caudales de Nueva Inglaterra (Base de los caudales acuáticos):**

Este método (Gan y Mc Mahon, 1990) supone que el caudal medio histórico, en el mes de caudales bajos, es suficiente para sustentar a los organismos acuáticos nativos durante todo el año. Los caudales para las épocas de desove e incubación son definidos especialmente durante estos períodos.

La ventaja del método es su consistencia y facilidad de aplicación aunque requiere de un largo período de estadísticas fluviométricas.

## ii) Resultados

Según los procedimientos señalados, se obtienen los siguientes caudales de los gráficos y cuadros presentados:

**CUADRO 6.1-15  
CAUDALES OBTENIDOS DE GRÁFICOS**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Qma (m3/s)	Q 347 (m3/s)	Q 330 (m3/s)
1	Río Cochiguaz	Final	Monte grande	3,30	0,89	1,07
2	Río Cochiguaz	Medio	-	2,65	0,71	0,86
3	Río Cochiguaz	Inicio	Sol Naciente	1,85	0,50	0,60
-	Río Cochiguaz	E.F	Cochiguaz en el Peñon	3,09	0,83	1,00

Si bien para obtener el  $Q_{347}$  y  $Q_{330}$  se requiere un análisis de la estadística fluviométrica diaria, una buena aproximación a estos valores corresponden al  $Q_{95\%}$  y  $Q_{90\%}$ , respectivamente, obtenidos de la curvas de duración.

Con las consideraciones anteriores, se obtienen los siguientes caudales ecológicos.

- Métodos utilizados por la DGA (a), "Cauce con derechos constituidos con caudal ecológico mínimo del 10%  $Q_{ma}$ ".

**CUADRO 6.1-16  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (A),  
TRAMO 1 "FINAL", RÍO COCHIGUAZ SECTOR MONTEGRANDE**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% $Q_{ma}$	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
10% $Q_{ma}$	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
50% $Q_{95\%PE}$	0,35	0,31	0,39	0,43	0,25	0,41	0,50	0,49	0,36	0,48	0,36	0,27
Q ecológico	0,35	0,33	0,39	0,43	0,33	0,41	0,50	0,49	0,36	0,48	0,36	0,33

**CUADRO 6.1-17  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (A),  
TRAMO 2 "INTERMEDIO"**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% $Q_{ma}$	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
10% $Q_{ma}$	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
50% $Q_{95\%PE}$	0,28	0,25	0,31	0,35	0,20	0,33	0,40	0,39	0,29	0,39	0,29	0,21
Q ecológico	0,28	0,27	0,31	0,35	0,27	0,33	0,40	0,39	0,29	0,39	0,29	0,27

**CUADRO 6.1-18**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (A),**  
**TRAMO 3 "INICIAL", RÍO COCHIGUAZ SECTOR SOL NACIENTE**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% Qma	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
10% Qma	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
50% Q95%PE	0,20	0,17	0,22	0,24	0,14	0,23	0,28	0,27	0,21	0,27	0,20	0,15
Q ecológico	0,20	0,19	0,22	0,24	0,19	0,23	0,28	0,27	0,21	0,27	0,20	0,19

- Métodos utilizados por la DGA (b), "Cauce con derechos constituidos con caudal ecológico mínimo del menor 50% del Q95%:".

**CUADRO 6.1-19**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (B),**  
**TRAMO 1 "FINAL", RÍO COCHIGUAZ SECTOR MONTEGRANDE**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% Qma	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
min 50% Q95%PE	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
50% Q95%PE	0,35	0,31	0,39	0,43	0,25	0,41	0,50	0,49	0,36	0,48	0,36	0,27
Q ecológico	0,35	0,31	0,39	0,43	0,25	0,41	0,50	0,49	0,36	0,48	0,36	0,27

**CUADRO 6.1-20**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (B),**  
**TRAMO 2 "INTERMEDIO"**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% Qma	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
min 50% Q95%PE	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
50% Q95%PE	0,28	0,25	0,31	0,35	0,20	0,33	0,40	0,39	0,29	0,39	0,29	0,21
Q ecológico	0,28	0,25	0,31	0,35	0,20	0,33	0,40	0,39	0,29	0,39	0,29	0,21

**CUADRO 6.1-21**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (B),**  
**TRAMO 3 "INICIAL", RÍO COCHIGUAZ SECTOR SOL NACIENTE**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% Qma	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
min 50% Q95%PE	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
50% Q95%PE	0,20	0,17	0,22	0,24	0,14	0,23	0,28	0,27	0,21	0,27	0,20	0,15
Q ecológico	0,20	0,17	0,22	0,24	0,14	0,23	0,28	0,27	0,21	0,27	0,20	0,15

- Método de Tennant

**CUADRO 6.1-22  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE TENNANT**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q eco (m3/s)	
				Q otoño-invierno	Q prim-verano
1	Río Cochiguaz	Final	Monte grande	0,66	1,32
2	Río Cochiguaz	Medio	-	0,53	1,06
3	Río Cochiguaz	Inicio	Sol Naciente	0,37	0,74

Se consideró la salud del hábitat como buena.

- Método del Área Drenante

**CUADRO 6.1-23  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DEL ÁREA DRENANTE**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Área (km2)	Q ecológico (m3/s)
1	Río Cochiguaz	Final	Monte grande	713	3,92
2	Río Cochiguaz	Medio	-	573	3,15
3	Río Cochiguaz	Inicio	Sol Naciente	400	2,20

- Método de la Legislación Francesa

**CUADRO 6.1-24  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE LA LEGISLACIÓN FRANCESA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q eco (m3/s)
1	Río Cochiguaz	Final	Monte grande	0,33
2	Río Cochiguaz	Medio	-	0,27
3	Río Cochiguaz	Inicio	Sol Naciente	0,19

- Método de la Legislación Suiza

**CUADRO 6.1-25  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE LA LEGISLACIÓN SUIZA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q eco (m3/s)
1	Río Cochiguaz	Final	Monte grande	0,31
2	Río Cochiguaz	Medio	-	0,25
3	Río Cochiguaz	Inicio	Sol Naciente	0,17

- Método de la Legislación Asturiana

**CUADRO 6.1-26**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE LA LEGISLACIÓN ASTURIANA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Area (km <sup>2</sup> )	Q ec 1 (m <sup>3</sup> /s)	Q ec 2 (m <sup>3</sup> /s)	Q ec 3 (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>ec I</sub> = Max(Q <sub>ec1,2,3</sub> ) (m <sup>3</sup> /s)	Q ec II (m <sup>3</sup> /s)	Q ec III (m <sup>3</sup> /s)
1	Río Cochiguaz	Final	Monte grande	713	0,31	0,29	0,24	0,31	1,74	3,16
2	Río Cochiguaz	Medio	-	573	0,25	0,25	0,20	0,25	1,39	2,54
3	Río Cochiguaz	Inicio	Sol Naciente	400	0,17	0,19	0,14	0,19	0,99	1,80

Se recomienda considerar sólo el nivel de protección base I, debido a que la zona no es de interés piscícola.

- Método del Programa de Caudales de Nueva Inglaterra.

**CUADRO 6.1-27**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DEL PROGRAMA DE CAUDALES DE NUEVA INGLATERRA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q ec 1 (m <sup>3</sup> /s)
1	Río Cochiguaz	Final	Monte grande	2,17
2	Río Cochiguaz	Medio	-	1,74
3	Río Cochiguaz	Inicio	Sol Naciente	1,22

### iii) Recomendaciones

Como se aprecia en los cuadros de resultados, los distintos métodos dan estimaciones muy disímiles en algunos casos. Por tratarse de cuencas regidas por la legislación nacional, se hace primordial tener en cuenta las recomendaciones de la Dirección General de Aguas. En este sentido, se recomienda considerar el caudal ecológico según la distribución mensual indicada en el cuadro siguiente.

**CUADRO 6.1-28**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS RECOMENDADOS**

ID	Tramo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	Río Cochiguaz, Tramo Final	0,35	0,33	0,39	0,43	0,33	0,41	0,50	0,49	0,36	0,48	0,36	0,33
2	Río Cochiguaz, Tramo Medio	0,28	0,27	0,31	0,35	0,27	0,33	0,40	0,39	0,29	0,39	0,29	0,27
3	Río Cochiguaz, Tramo Inicial	0,20	0,19	0,22	0,24	0,19	0,23	0,28	0,27	0,21	0,27	0,20	0,19

## **6.2 Hidrología Río Puelo**

### **6.2.1 Introducción**

La caracterización hidrológica del Río Puelo en los distintos puntos de control, se realizó en base a registros históricos de caudales medios mensuales, además de las precipitaciones representativas del sector en estudio. Esta información se obtuvo de distintos estudios y registros oficiales existentes para la zona.

### **6.2.2 Antecedentes Recopilados**

Para la elaboración del presente estudio se consultaron los siguientes antecedentes:

**Ref. 1** Hidrología Aplicada. Ven Te Chow – David Maidment – Larry Mays, McGraw-Hill, 1994.

**Ref. 2** Manual de Carreteras. Volumen 2 y 3. Dirección de Vialidad. Ministerio de Obras Públicas, 2001.

**Ref. 3** Cartografía del Instituto Geográfico Militar (IGM) escala 1:50.000.

**Ref. 4** Estadística Hidrológica de La República Argentina, Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina, Edición 2004.

**Ref. 5** Pluviometría de Chile, Dirección Meteorológica de Chile, 2005.

**Ref. 6** Balance Hídrico de Chile, Dirección General de Aguas, 1987.

**Ref. 7** Cartografía Digital ARCVIEW, DGA.

**Ref. 8** Cartografía Digital Software Google Earth.

### **6.2.3 Pluviometría**

Se recopilaron antecedentes de precipitaciones del sector en estudio. Estos corresponden a registros históricos de precipitaciones medias mensuales de las estaciones más cercanas a la hoya del Río Puelo.

La estación pluviométrica existente en la cuenca del Río Puelo corresponde a Puelo (DGA). Estos registros datan de diciembre de 1996 y se detallan en los cuadros a continuación:

**CUADRO 6.2-1  
UBICACIÓN DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS CERCANAS**

Cód. BNA	NOMBRE	ESTE	NORTE	DATUM	HUSO	ALTURA	VIGENCIA
10523001 - K	Puelo (DGA)	723.873	5.385.386	1956	18	5	Vigente

**CUADRO 6.2-2  
PRECIPITACIONES (mm) MENSUALES ESTACIÓN PUELO (DGA)**

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Tot. Anual
1996												125,3	n.c.
1997	325,1	83,3	79,7	421,4	122,1	553,1	474,4	273,6	259,7	284,2	301,1	188,0	3365,7
1998	112,6	73,1	122,6	146,8	216,9	175,7	253,1	350,8	118,4	87,0	99,5	94,9	1851,4
1999	59,5	87,0	205,3	88,7	249,0	421,9	351,0	475,1	314,2	96,1	103,8	152,4	2604,0
2000	95,7	273,9	164,5	184,7	106,2	650,2	401,4	235,3	176,1	178,7	255,4	207,8	2929,9
2001	308,6	148,0	193,5	120,3	385,1	395,2	505,3	275,8	105,9	79,0	130,9	59,9	2707,5
2002	94,2	148,7	263,6	273,8	554,9	358,7	281,5	63,5	361,1	450,9	385,1	155,3	3391,3
2003	239,0	85,2	119,5	137,7	120,6	530,3	297,9	274,5	364,7	188,3	230,2	225,1	2813,0
2004	68,0	60,9	151,0	495,1	35,9	706,7	248,9	273,9	233,3	302,0	159,3	242,0	2977,0
2005	143,1	17,5	294,3	179,5	754,0	417,3	334,3	390,5	110,1	107,7	367,3	122,5	3238,1
2006	274,9	86,6	208,3	285,6	283,0	557,9	476,9	306,5	237,1	312,8	136,9	375,2	3541,7
2007	40,4	86,5	101,8	252,4	160,7	255,6	393,9	225,5	255,8	319,9	85,8	89,2	2267,5
2008	88,4	44,9	80,8	224,6	445,7	431,1	511,0	494,1	70,5	152,2	186,1		n.c.
P.M.M	154,1	99,6	165,4	234,2	286,2	454,5	377,5	303,3	217,2	213,2	203,5	169,8	2880,6

Como se aprecia, la estación Puelo posee sólo 11 años de registros completos. A pesar de ésta situación, sus registros se consideran confiables y se utilizarán para validar los métodos indicados en los puntos posteriores de este informe.

#### 6.2.4 Fluviometría

El principal objetivo del estudio fluviométrico es la generación de caudales medios mensuales en cada una de las subcuencas en estudio.

Debido a que la cuenca del Río Puelo cuenta con control fluviométrico, se utilizará esta información para generar caudales medios mensuales a través de transposición por unidad de área y precipitación media. Los registros oficiales fueron obtenidos de la Dirección General de Aguas. Para la cuenca del Río Puelo, la institución posee vigentes las estaciones Río Manso antes Junta Río Puelo, Río Puelo antes Junta con Manso, Río Puelo en Desagüe Lago Tagua-Tagua y Río Puelo en Carrera Basilio. Debido a que la zona en estudio se encuentra limitada hacia aguas arriba del Lago Tagua-Tagua, las estaciones de interés corresponden a Río Manso antes Junta Río Puelo y Río Puelo antes Junta con Manso. La estadística de caudales medios mensuales de estas estaciones se presenta en los cuadros siguientes:

**CUADRO 6.2-3  
UBICACIÓN DE ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS  
EN LA CUENCA DEL RÍO PUELO**

CODBNA	NOMBRE	ESTE	NORTE	DATUM	HUSO	VIGENCIA
10500000-6	RIO MANSO EN LA FRONTERA	262.176	5.401.652	1956	19	Suspendida
10503001-0	RIO MANSO ANTES JUNTA RIO PUELO	249.288	5.376.619	1956	19	Vigente
10510000-0	RIO PUELO EN LA FRONTERA	229.122	5.336.045	1956	19	Suspendida
10514001-0	RIO PUELO ANTES JUNTA CON MANSO	246.218	5.372.622	1956	19	Vigente
10520001-3	RIO PUELO EN DESAGUE LAGO TAGUA TAGUA	236.007	5.385.384	1956	19	Vigente
10523002-8	RIO PUELO EN CARRERA BASILIO	232.783	5.389.067	1956	19	Vigente

**CUADRO 6.2-4  
CAUDALES MEDIOS MENSUALES ESTACIÓN  
RÍO MANSO ANTES JUNTA RÍO PUELO (m3/s)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2001					668,80*	427,13	400,94	313,06	197,57	260,94	200,87	155,23	n.c
2002	98,12	69,61	120,81@	139,3	331,61	302,07	204,48	287,48	250,33				n.c
2003		69,13*	52	48,4	55,37	328,68	286,35	268,48	304,57	275,1	272,8	250,1	n.c
2004	140,79	74,06	54,78	295,31	95,31	365,17	506,03	220,9	296,67	289,19	253,87	232,97	235,4
2005	152,35	93,73	124,48	123,54	353	430,4	350,77	282,94	195,43	242,77	413,07	288,58	254,3
2006	248,06	112,78	96,56	125,86	171,69	385,37	594,00%	358,77	326,2	339,52	340,63	336,26	286,3
2007	213	117,73	52,05	51,54 @						430,57@	360,27	283,32	n.c
2008	168,42	61,94	30,61	46,78									N.c
Promedio	170,1	88,3	68,4	129,9	201,4	373,1	390,4	288,6	261,8	281,5	306,9	257,7	258,7

\* : 1 - 10 Días con información en el mes

@ : 11 - 20 Días con información en el mes

% : más de 20 días con información en el mes

**CUADRO 6.2-5  
CAUDALES MEDIOS MENSUALES ESTACIÓN  
RÍO PUELO ANTES JUNTA CON RÍO MANSO (m3/s)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2001							242,25*	329,48	208,07	265,52	251,2	272,12@	n.c
2002			234,40*	235,7					453,00*	803,68	762,67	531,9	n.c
2003	465,81	333,14	183,77	122,39	123,11	513,53	343,52	420,68	379,2	379,81	408,77	382,58	338,0
2004	308,84	205,48	206,55	582,37	143,16	532,54	596,48	246,48	357,77	334,61	305	407,68	352,2
2005	310,52	221,07	305,16	178,4	536,74	583,1	397,97	368,84	241,17	315,42	680,53	475,84	384,6
2006	582,84	296,14	304,87	299,13	336,19	537,1	753,06	357,42	294,5	328,35	371,33	535,03	416,3
2007	382,84	223,04	192,74	198,74	123,75	108,02	227,52	138,13	307	363,19	357,07	380,55	250,2
2008	361,29	239,03	178,42	243,57	513,55	330,5	674,32						n.c
Promedio	402,0	253,0	228,6	265,8	296,1	434,1	498,8	310,2	298,0	398,7	448,1	452,3	348,3

\* : 1 - 10 Días con información en el mes

@ : 11 - 20 Días con información en el mes

% : más de 20 días con información en el mes

El caudal medio mensual se calculó promediando sólo los años con información mensual con más de 20 días de información. El caudal medio anual se obtuvo sólo promediando los años completos.

#### **a) Generación de Caudales Medios Mensuales**

En este caso en particular, una estimación a través de un modelo precipitación - escorrentía tiene varias limitaciones que no permiten obtener un resultado certero y confiable. En este sentido se requiere una caracterización pluviométrica detallada, con mediciones en varios puntos de la cuenca, ya que por su gran tamaño, la información pluviométrica existente es insuficiente y no representa correctamente el régimen de precipitaciones de cada subcuenca existente en esta. Por otra parte el Río Puelo cuenta con una serie de lagos y aportes de deshielo, complejos de modelar debido a que no se cuenta con registros o modelos acabados de estos.

Si bien la estadística existente en las estaciones fluviométricas sólo presentan registros cortos, entre 5 y 7 años de información. Se prefiere basar el análisis hidrológico del Río Puelo en ellos, debido a que la cuenca es importante, por su tamaño, ubicación y tipos de cauces que llegan a él, haciéndolo un sistema complejo de estudiar. Por este motivo se prefirió tomar los datos existentes y hacer con esto la caracterización hidrológica.

#### **i) Análisis de Frecuencia**

Con la estadística señalada en Cuadros 6.2-4 y 6.2-5, se aplican los métodos de distribución, empleados comúnmente en estudios hidrológicos en nuestro país, con el objetivo de determinar el caudal medio mensual según probabilidad de excedencia. Dichas distribuciones son las siguientes: Normal, Log-Normal, Gumbel, Pearson y Log-Pearson tipo III.

Adicionalmente, y debido a la escasa información con la que cuentan las estaciones fluviométricas, se recurrirá al análisis gráfico a través de gráficos de probabilidad. Esto debido a que el test Chi-Cuadrado no es posible de aplicar en una muestra tan reducida. Luego se privilegiará la mejor aproximación por el método de mínimos cuadrados.

#### **ii) Caudales Medios Mensuales y Anuales en Estaciones Fluviométricas del Río Puelo**

Con la metodología señalada en puntos anteriores se procede al cálculo de caudales medios mensuales y anuales, según la estadística de Cuadros 6.2-4 y 6.2-5. Cabe señalar que para la obtención de parámetros anuales sólo se consideraron los años calendarios con información hidrológica completa, por su parte la estadística mensual

sólo consideró la información que contaba con al menos 20 días de registros. Los resultados obtenidos son los siguientes:

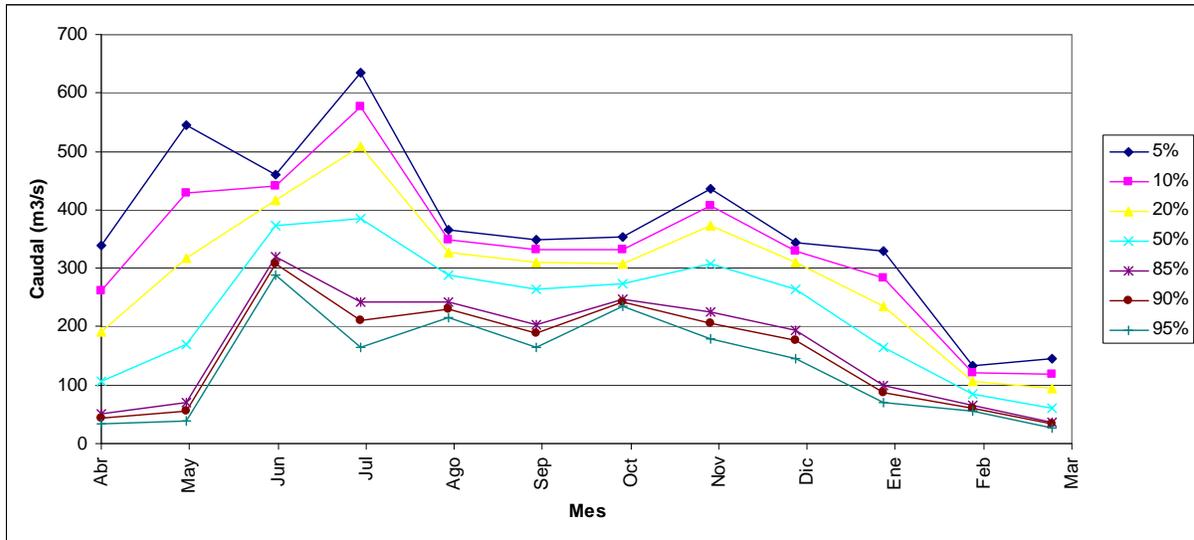
**CUADRO 6.2-6**  
**CAUDAL MEDIO ANUAL EN ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS DE LA CUENCA DEL RÍO PUELO**

Estación	Río Manso Antes Jta. Puelo	Río Puelo Antes Jta. Manso
Parámetro	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Caudal Medio Anual	258,7	348,3
Desviación Estándar	25,7	62,6
Máximo	286,3	416,3
Mínimo	235,4	250,2

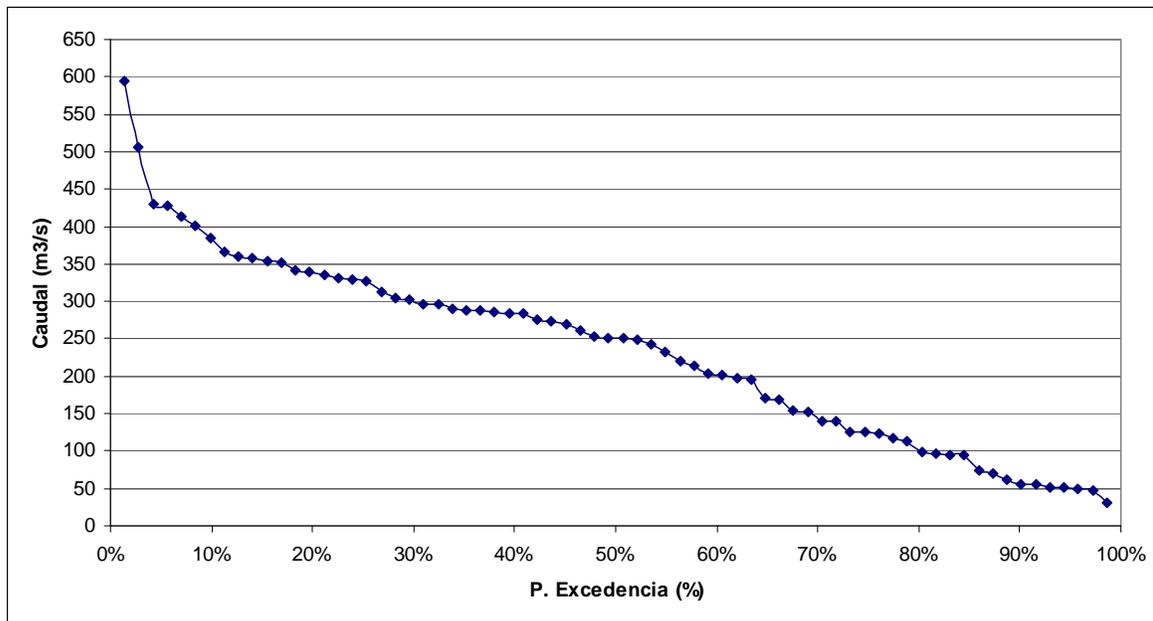
**CUADRO 6.2-7**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO MANSO ANTES JUNTA CON RÍO PUELO**

Probabilidad excedencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	m <sup>3</sup> /s											
5%	329,5	133,9	144,5	340,2	544,7	459,8	634,7	365,8	349,6	353,2	435,4	344,9
10%	283,6	120,9	118,3	262,2	429,8	440,8	576,7	348,0	332,0	331,0	407,0	330,3
20%	235,8	107,1	93,4	191,7	317,4	417,7	508,5	326,9	309,8	308,3	372,6	310,4
50%	163,6	85,3	60,5	105,8	168,7	373,4	384,6	287,6	264,5	274,8	306,9	265,1
85%	99,4	65,1	36,7	51,4	70,1	319,6	243,3	241,1	203,5	246,8	226,0	194,9
90%	87,1	61,2	32,8	43,4	56,1	307,2	211,6	230,4	188,1	241,7	206,9	175,8
95%	70,3	55,8	27,8	33,8	39,7	289,0	165,9	214,8	164,8	235,3	178,6	145,6
Distribución	G	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	P3	P3	P3	LP3	P3	P3
R2	0,980	0,948	0,922	0,899	0,956	0,967	0,994	0,954	0,921	0,975	0,983	0,960
Promedio	170,1	88,3	68,4	129,9	201,4	373,1	390,4	288,6	261,8	281,5	306,9	257,7
Desv. Est.	53,4	23,4	34,9	90,6	135,5	51,8	142,8	45,9	56,3	36,7	78,1	61,6
Max.	248,1	117,7	124,5	295,3	353,0	430,4	594,0	358,8	326,2	339,5	413,1	336,3
Min.	98,1	61,9	30,6	46,8	55,4	302,1	204,5	220,9	195,4	242,8	200,9	155,2
N	6	6	6	6	5	6	6	6	6	5	6	6

**FIGURA 6.2-1**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO**  
**MANSO ANTES JUNTA CON RÍO PUELO**



**FIGURA 6.2-2**  
**CURVA DE DURACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO MANSO ANTES**  
**JUNTA CON RÍO PUELO**

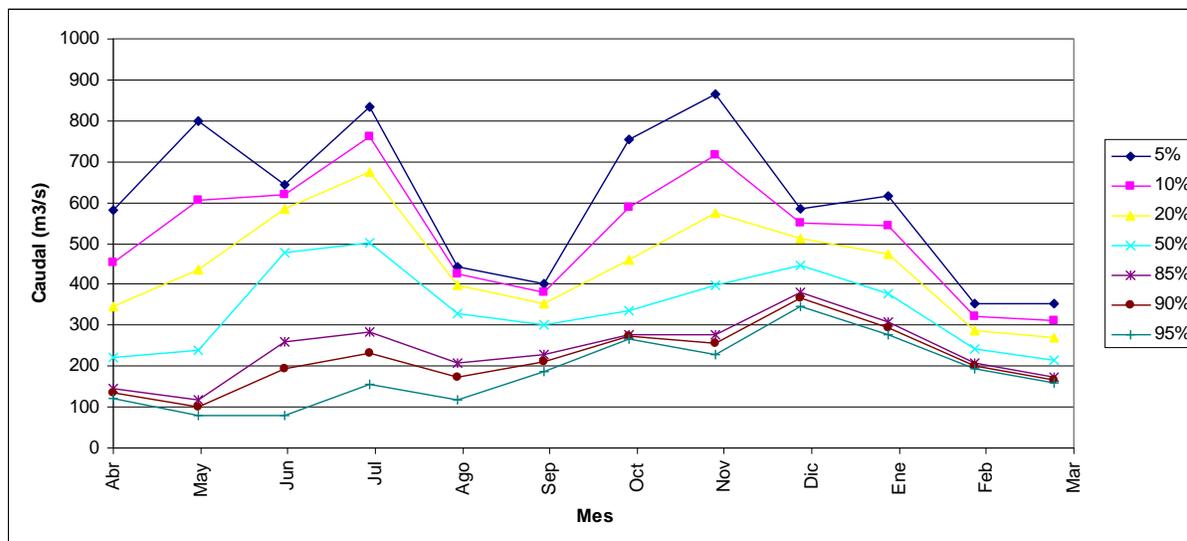


Como se observa en Figura 6.2-1, los mayores caudales ocurren entre los meses de Junio a Octubre, lo cual indica una importante componente pluvial en la escorrentía.

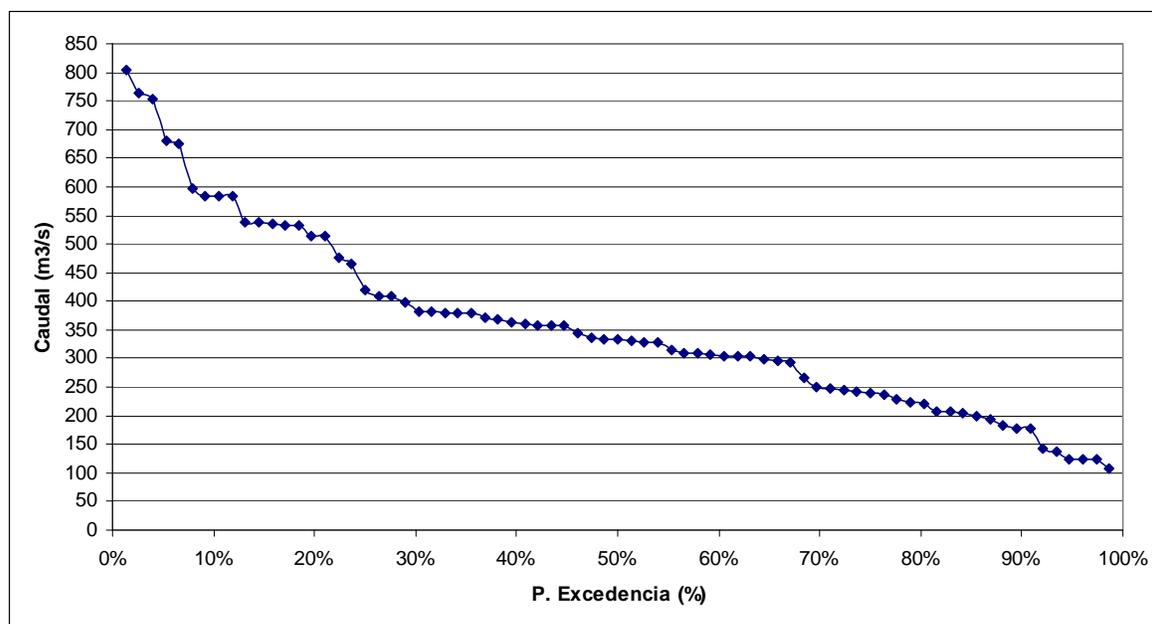
**CUADRO 6.2-8**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO**  
**PUELO ANTES JUNTA CON RÍO MANSO**

Probabilidad excedencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5%	617,4	353,6	351,8	581,5	800,1	642,3	834,2	443,0	402,8	755,1	866,2	584,6
10%	544,4	320,8	310,2	454,6	605,8	620,3	761,7	424,1	380,9	589,0	714,6	549,5
20%	474,0	288,3	270,1	346,7	435,8	583,7	673,1	396,4	353,7	461,5	575,5	510,6
50%	378,6	242,6	215,3	223,1	237,3	476,4	501,1	327,4	299,8	335,7	399,1	445,7
85%	306,2	206,4	173,6	147,0	116,9	260,5	284,8	208,4	229,8	278,5	275,5	380,1
90%	294,0	200,2	166,5	135,6	99,5	193,4	233,0	174,2	212,7	272,9	255,4	366,5
95%	278,5	192,1	157,5	121,8	78,6	81,3	155,5	118,6	186,9	267,8	230,1	347,6
Distribución	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	P3	P3	P3	P3	LP3	LP3	LP3
R2	0,962	0,936	0,849	0,941	0,864	0,904	0,968	0,960	0,979	0,855	0,940	0,897
Promedio	402,0	253,0	228,6	265,8	296,1	434,1	498,8	310,2	298,0	398,7	448,1	452,3
Desv. Est.	105,7	50,3	60,0	150,2	194,8	182,1	206,3	101,9	65,7	182,3	194,9	71,7
Max.	582,8	333,1	305,2	582,4	536,7	583,1	753,1	420,7	379,2	803,7	762,7	535,0
Min.	308,8	205,5	178,4	122,4	123,1	108,0	227,5	138,1	208,1	265,5	251,2	380,6
N	6	6	6	7	6	6	6	6	6	7	7	6

**FIGURA 6.2-3**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO**  
**PUELO ANTES JUNTA CON RÍO MANSO**



**FIGURA 6.2-4  
CURVA DE DURACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO PUELO ANTES  
JUNTA CON RÍO MANSO**



Como se observa en Figura 6.2-3, los mayores caudales se encuentran mayoritariamente entre los meses de Mayo a Julio y Octubre a Noviembre, lo cual indica un régimen más bien mixto.

Con respecto a las curvas de duración, estas fueron confeccionadas considerando los meses con información hidrológica completa o que tuvieran al menos 20 días de registros, utilizando el procedimiento de Weibull indicado en Ref.2.

#### b) Caudales Medios Mensuales y Anuales en Puntos de Control

Se han establecido 3 puntos de control en el cual se solicita calcular caudales medios mensuales, estos se indican en el cuadro siguiente:

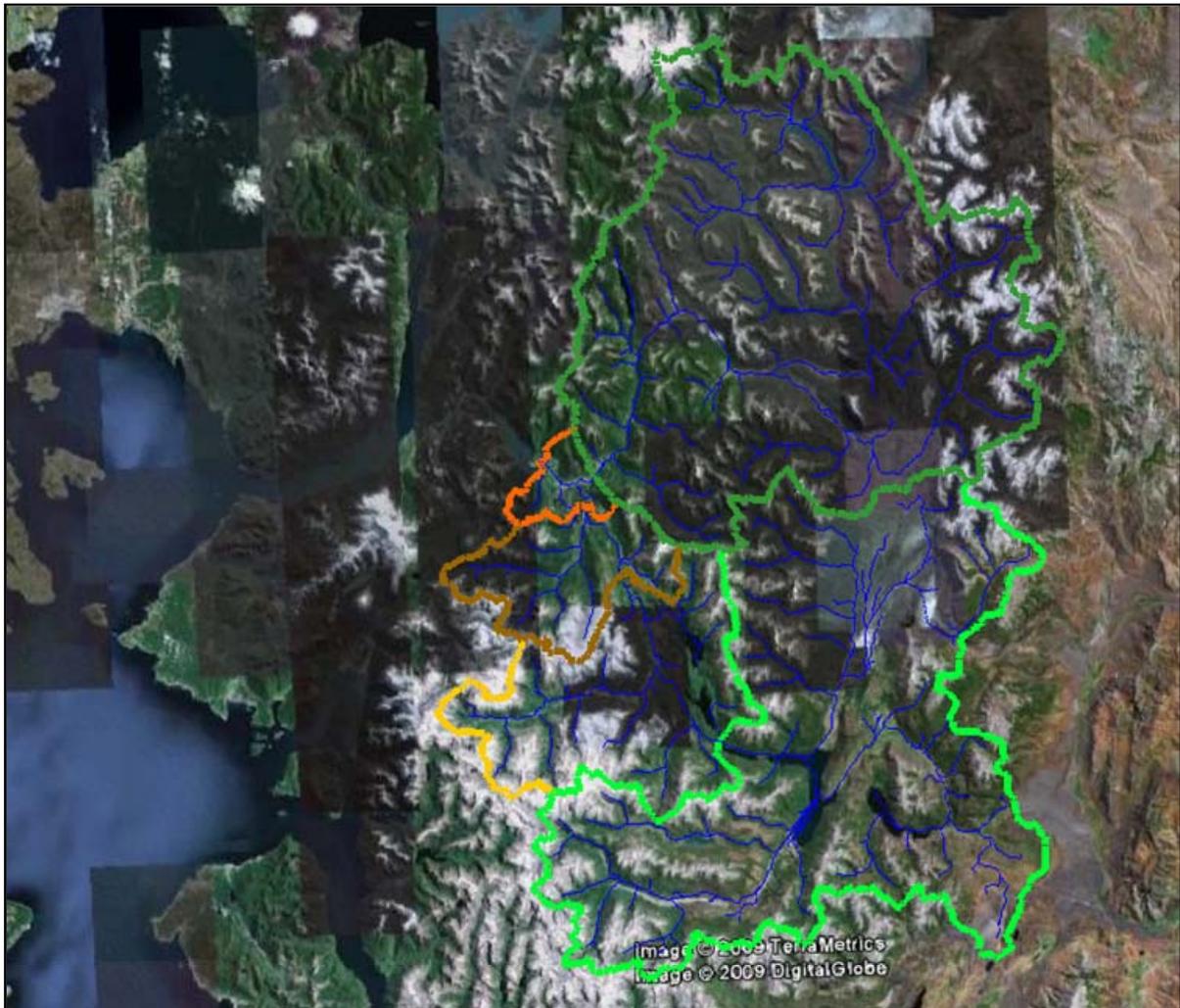
**CUADRO 6.2-9  
PUNTOS DE CONTROL SOBRE EL RÍO PUELO**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Norte	Este	Huso	Datum
1	Río Puelo	Inicio	Frontera	762.977	5.336.065	18	WGS 1984
2	Río Puelo	Medio	-	750.657	5.361.109	18	WGS 1984
3	Río Puelo	Final	Lago Tagua-Tagua	739.859	5.379.463	18	WGS 1984

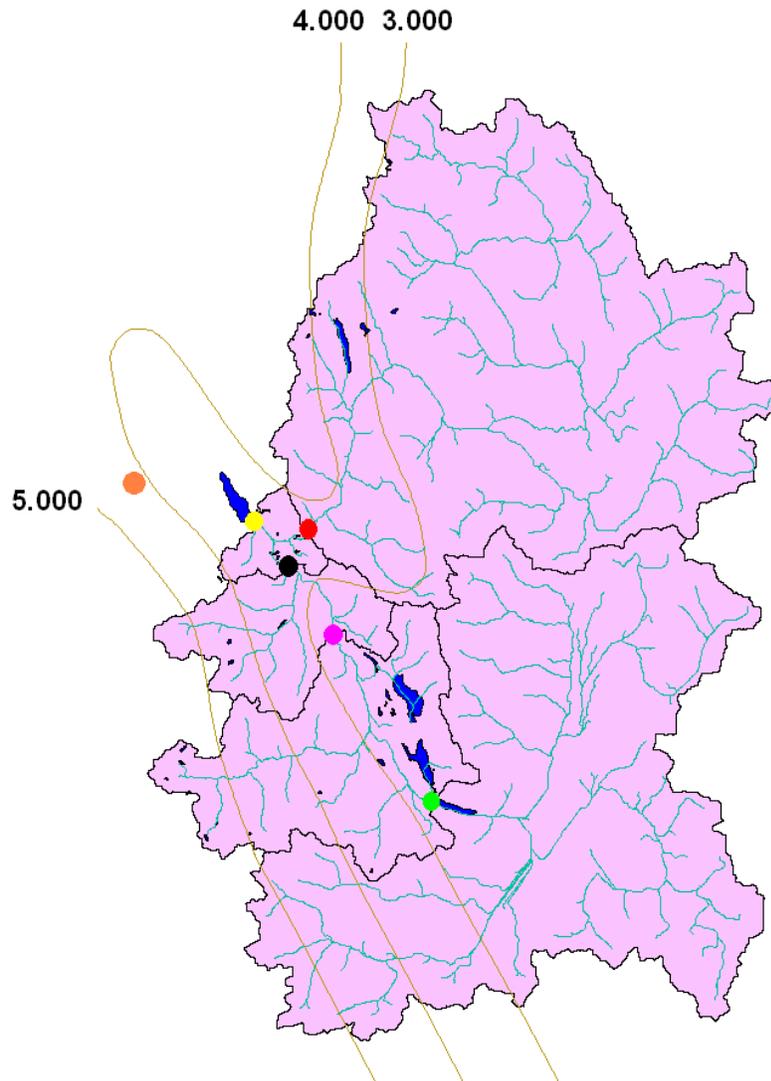
Para calcular caudales con el método de transposición en estos puntos de control, se requiere conocer el área y precipitación media para cada una de las cuencas. Para

esto se procedió a delimitar las cuencas y superponer las isoyetas indicadas en Ref. 6. El resultado de este ejercicio se presenta a continuación:

**FIGURA 6.2-5  
DELIMITACIÓN DE SUBCUENCAS RÍO PUELO**



**FIGURA 6.2-6  
DELIMITACIÓN DE CUENCAS EN PUNTOS DE CONTROL**



**SIMBOLOGÍA**

- Punto de Control 1, Río Puelo, Inicio.
- Punto de Control 2, Río Puelo, Tramo Intermedio.
- Punto de Control 3, Río Puelo, Tramo Final.
- Estación Fluviométrica, Río Manso Antes Junta Río Puelo.
- Estación Fluviométrica, Río Puelo Antes Junta con Manso.
- Estación Pluviométrica Puelo.
- Isoyeta de Precipitación Media Anual (mm).

De las figuras presentadas se extrae la siguiente información:

**CUADRO 6.2-10  
ÁREAS APORTANTES A PUNTOS DE CONTROL**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Área (km <sup>2</sup> )
1	Río Puelo	Inicio	Frontera	3.177
2	Río Puelo	Medio	-	4.196
3	Río Puelo	Final	Lago Tagua-Tagua	8.337
	Río Manso	-	Antes Junta con Puelo	3.513
	Río Puelo	-	Antes Junta con Manso	4.708

Con respecto a las precipitaciones, las isoyetas de precipitación media anual presentan inconsistencia con los registros de precipitación de la estación pluviométrica Puelo, del orden de 1.000 mm/año. Por otra parte la información pluviométrica de isoyetas sólo se encuentra disponible del lado Chileno de la cuenca. Por estos motivos se prefiere suponer que la precipitación media de la cuenca encerrada por la estación Río Puelo antes Junta Río Manso es similar a la de las cuencas "1" Inicial y "2" Intermedia. Este supuesto no se encuentra alejado de la realidad debido a que la cuenca encerrada por la estación es relativamente similar en área, forma y ubicación a las subcuencas "1" y "2".

Para transponer a la subcuenca "3" Final, se consideró una razón proporcional de los rendimientos específicos de las cuencas encerradas por las estaciones Río Puelo antes Junta Río Manso y Río Manso antes Junta con Puelo.

Con las consideraciones señaladas anteriormente se utilizó la siguiente metodología para transponer caudales:

$$Q_x = P_x \cdot A_x / (P_{Est} \cdot A_{Est}) \cdot Q_{Est}$$

En donde :

$Q_x$  = Caudal en punto de control x. (m<sup>3</sup>/s)

$P_x$  = Precipitación media en la cuenca x. (mm)

$A_x$  = Área aportante a la cuenca x. (km<sup>2</sup>)

$P_{Est}$  = Precipitación media de la cuenca controlada por la estación fluviométrica. (mm)

$A_{Est}$  = Área aportante a la cuenca de la estación fluviométrica. (km<sup>2</sup>)

$Q_{Est}$  = Caudal en estación fluviométrica. (m<sup>3</sup>/s)

Con esto los caudales medios mensuales y anuales son los que se indican a continuación:

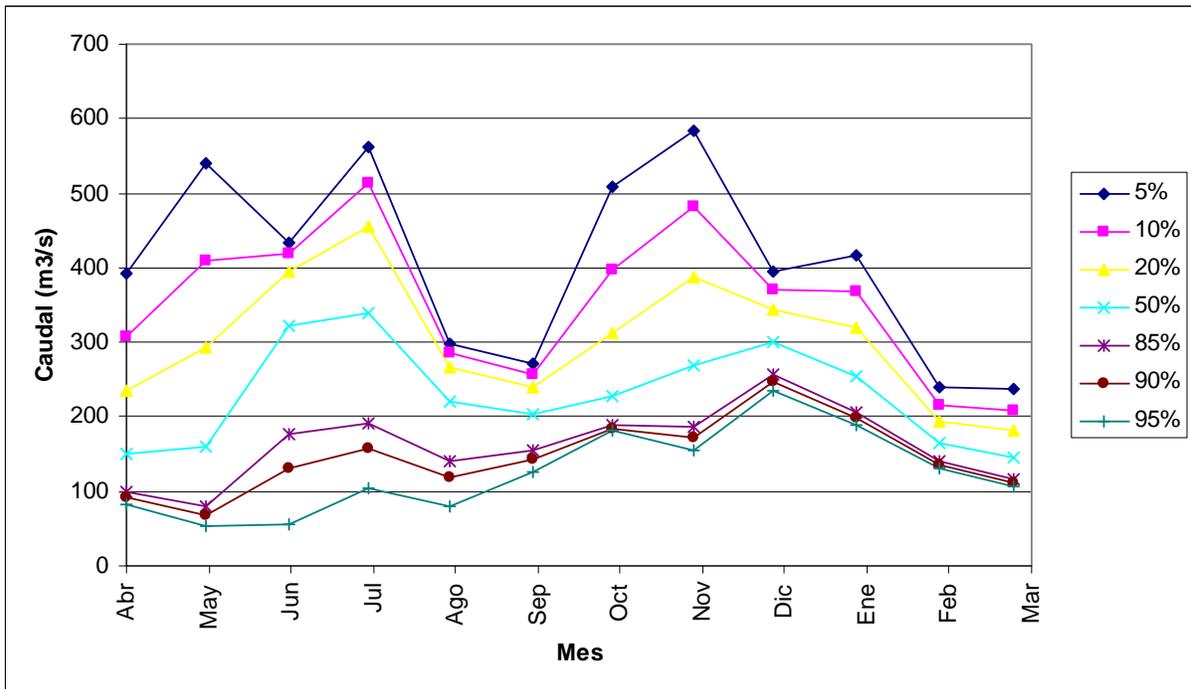
**CUADRO 6.2-11  
CAUDALES MEDIOS ANUALES EN PUNTOS DE CONTROL**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Area (km <sup>2</sup> )	Q medio (m <sup>3</sup> /s)
1	Río Puelo	Inicio	Frontera	3177	235,0
2	Río Puelo	Medio	-	4196	310,4
3	Río Puelo	Final	Lago Tagua-Tagua	8337	615,6

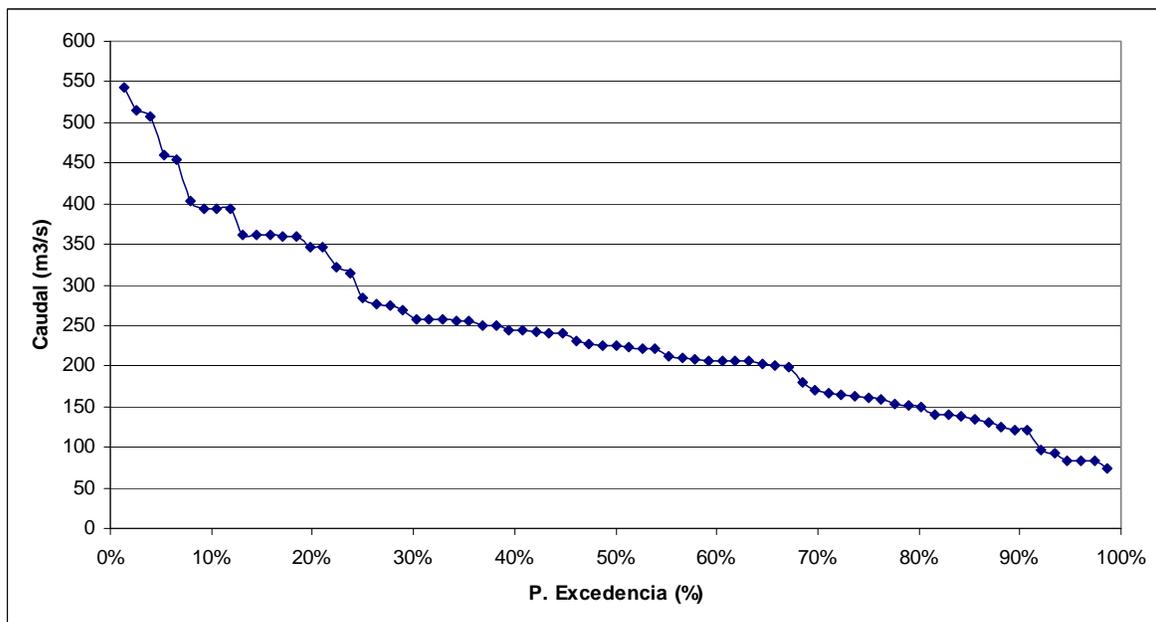
**CUADRO 6.2-12  
CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN PUNTO DE CONTROL 1,  
SECTOR FRONTERA, TRAMO INICIAL**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Excedencia	m <sup>3</sup> /s											
5%	416,6	238,6	237,4	392,4	539,9	433,5	562,9	298,9	271,8	509,6	584,5	394,5
10%	367,3	216,5	209,3	306,8	408,8	418,6	514,0	286,2	257,0	397,5	482,2	370,8
20%	319,9	194,5	182,2	234,0	294,1	393,9	454,2	267,5	238,7	311,4	388,4	344,5
50%	255,5	163,7	145,3	150,5	160,2	321,5	338,2	220,9	202,3	226,6	269,3	300,7
85%	206,7	139,3	117,2	99,2	78,9	175,8	192,2	140,7	155,1	188,0	185,9	256,5
90%	198,4	135,1	112,4	91,5	67,1	130,5	157,2	117,5	143,5	184,1	172,3	247,3
95%	187,9	129,7	106,3	82,2	53,1	54,9	105,0	80,1	126,1	180,7	155,3	234,6
Distribución	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	P3	P3	P3	P3	LP3	LP3	LP3

**FIGURA 6.2-7**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN PUNTO DE CONTROL 1,**  
**SECTOR FRONTERA, TRAMO INICIAL**



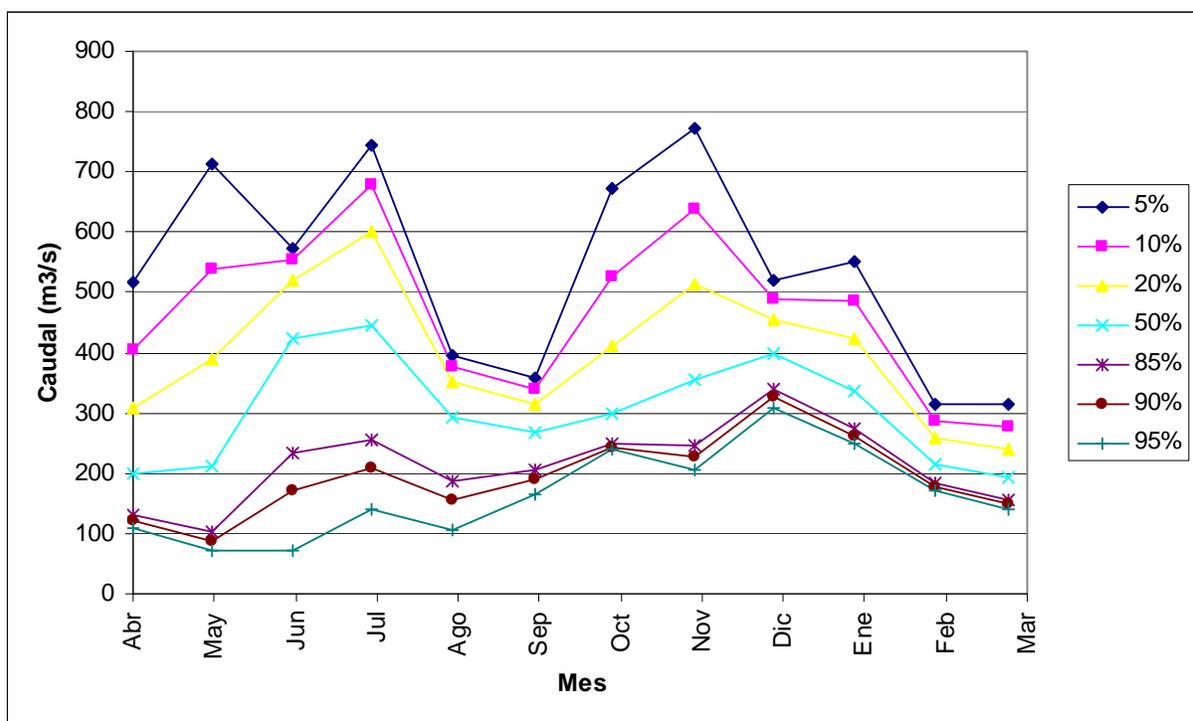
**FIGURA 6.2-8**  
**CURVA DE DURACIÓN EN PUNTO DE CONTROL 1,**  
**SECTOR FRONTERA, TRAMO INICIAL**



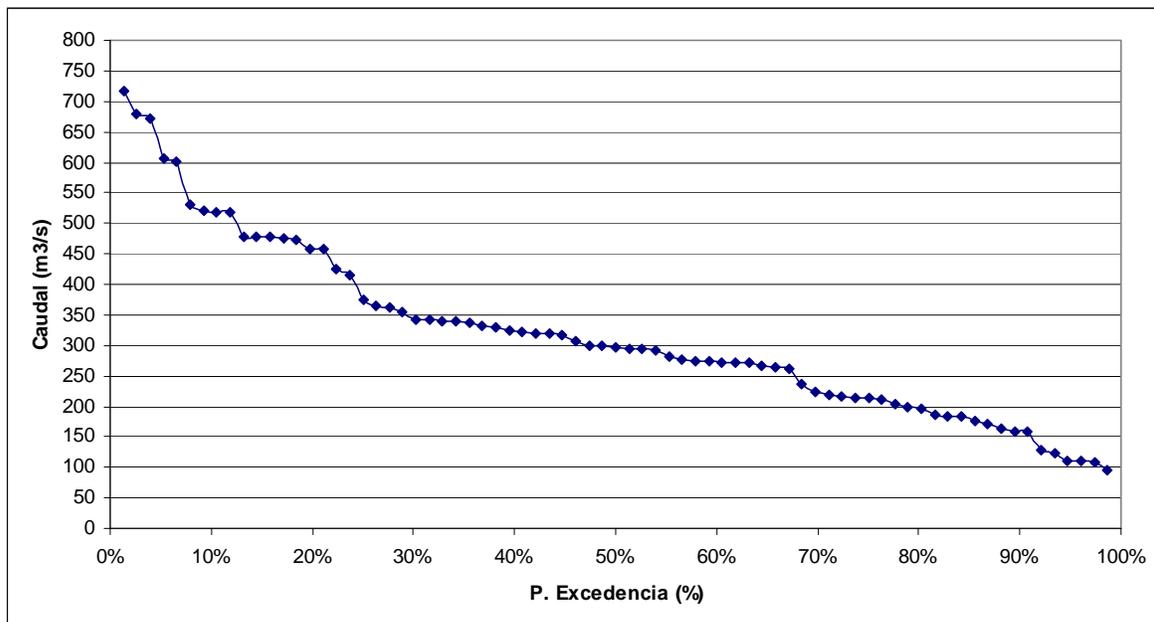
**CUADRO 6.2-13**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN PUNTO DE CONTROL 2,**  
**TRAMO MEDIO**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Excedencia	m3/s											
5%	550,2	315,1	313,5	518,3	713,1	572,5	743,5	394,8	359,0	673,0	772,0	521,0
10%	485,2	285,9	276,5	405,2	539,9	552,9	678,9	377,9	339,4	524,9	636,9	489,7
20%	422,5	256,9	240,7	309,0	388,4	520,2	599,9	353,3	315,2	411,3	512,9	455,0
50%	337,4	216,2	191,9	198,8	211,5	424,6	446,6	291,8	267,2	299,2	355,7	397,2
85%	272,9	184,0	154,7	131,0	104,2	232,1	253,9	185,8	204,8	248,2	245,5	338,8
90%	262,0	178,4	148,4	120,9	88,6	172,4	207,6	155,2	189,6	243,2	227,6	326,7
95%	248,2	171,2	140,3	108,6	70,1	72,5	138,6	105,7	166,5	238,7	205,1	309,8
Distribución	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	P3	P3	P3	P3	LP3	LP3	LP3

**FIGURA 6.2-9**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN PUNTO DE CONTROL 2,**  
**TRAMO MEDIO**



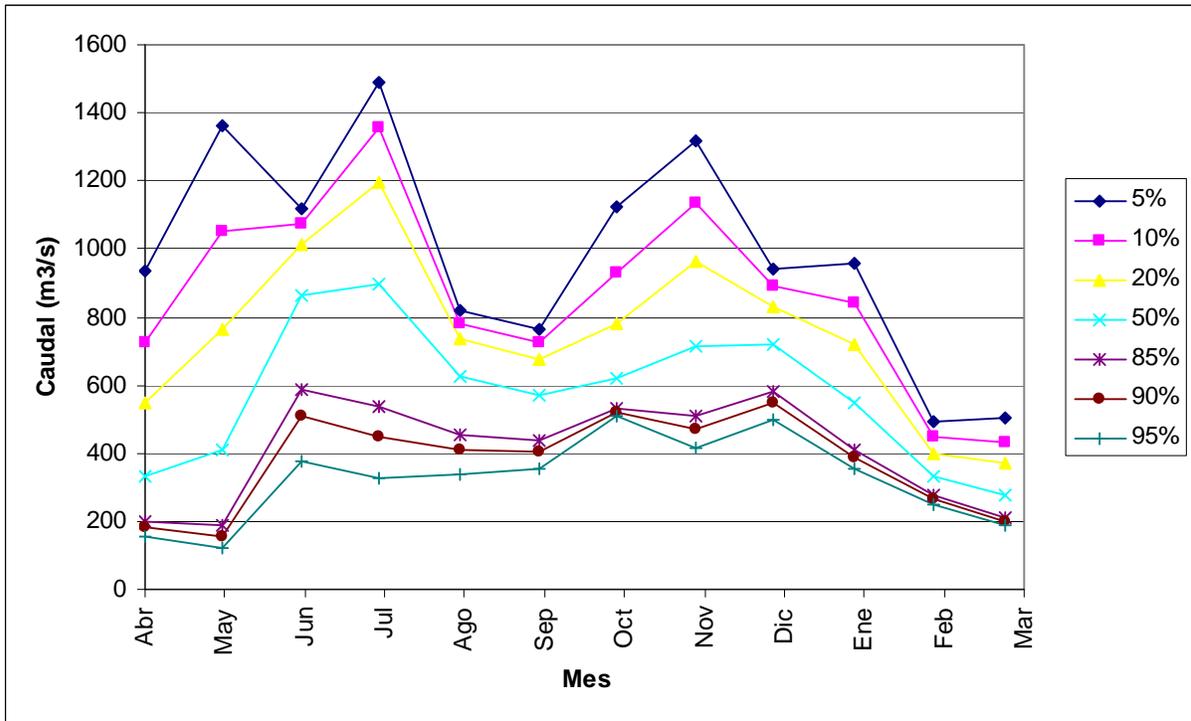
**FIGURA 6.2-10**  
**CURVA DE DURACIÓN EN PUNTO DE CONTROL 2,**  
**TRAMO MEDIO**



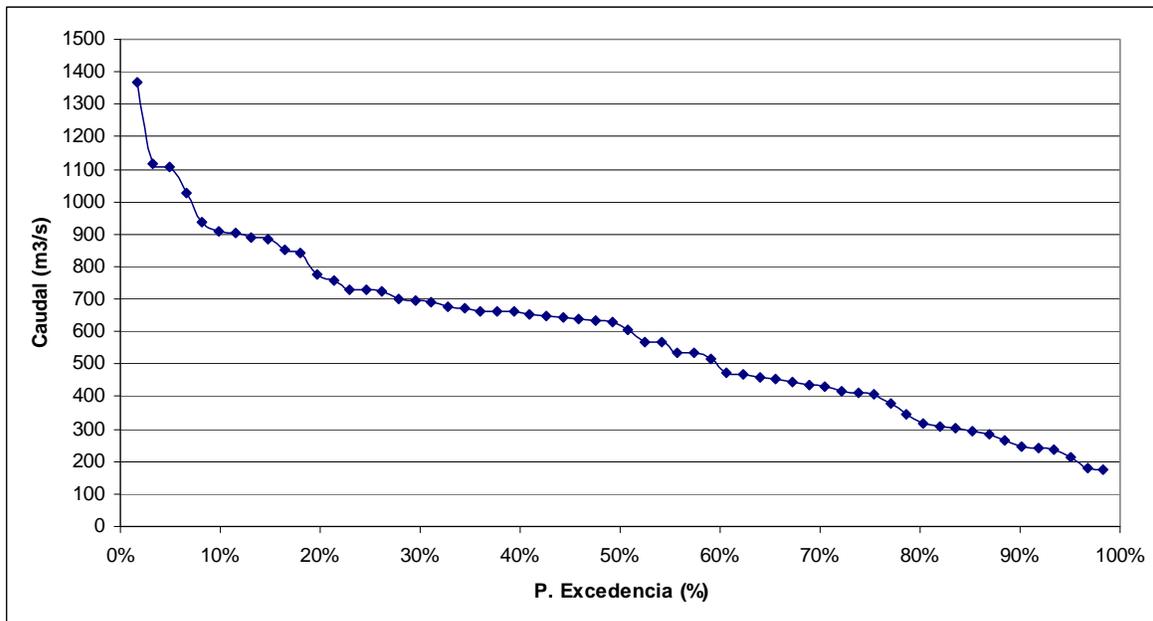
**CUADRO 6.2-14**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN PUNTO DE CONTROL 3,**  
**SECTOR LAGO TAGUA-TAGUA, TRAMO FINAL**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Excedencia	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
5%	959,9	494,0	503,0	934,5	1363,6	1117,6	1489,7	820,2	763,1	1123,4	1319,4	942,5
10%	839,4	447,7	434,2	726,8	1050,2	1076,1	1357,3	783,1	723,0	932,7	1137,1	892,0
20%	719,5	400,7	368,3	545,8	763,8	1015,5	1198,3	733,6	672,9	780,5	961,4	832,3
50%	549,5	332,3	279,5	333,4	411,8	861,8	898,3	623,8	572,3	619,2	716,0	720,6
85%	411,1	275,1	213,1	201,1	189,6	588,6	535,7	456,1	439,5	532,8	508,6	582,9
90%	386,2	264,8	201,9	181,4	157,7	508,0	450,9	410,5	406,6	522,0	468,8	549,7
95%	353,4	251,2	187,7	157,7	120,0	376,1	326,1	338,4	356,7	510,2	414,4	499,9

**FIGURA 6.2-11**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN PUNTO DE CONTROL 3,**  
**SECTOR LAGO TAGUA-TAGUA, TRAMO FINAL**



**FIGURA 6.2-12**  
**CURVA DE DURACIÓN EN PUNTO DE CONTROL 3,**  
**SECTOR LAGO TAGUA-TAGUA, TRAMO FINAL**



c) **Determinación de Caudales Ecológicos**i) **Metodología**

Tal como fuera indicado para el caso del análisis del río Cochiguaz, las diferentes metodologías aplicadas ya fueron explicadas, de modo que no se volverán a repetir.

ii) **Resultados**

Según los procedimientos indicados anteriormente, se obtiene el siguiente cuadro resumen:

**CUADRO 6.2-15  
CAUDALES OBTENIDOS DE GRÁFICOS**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Qma (m3/s)	Q 347 (m3/s)	Q 330 (m3/s)
1	Río Puelo	Inicio	Frontera	235,0	83,5	120,4
2	Río Puelo	Medio	-	310,4	110,3	159,0
3	Río Puelo	Final	Lago Tagua-Tagua	615,6	211,7	248,0

Si bien para obtener el  $Q_{347}$  y  $Q_{330}$  se requiere un análisis de la estadística fluviométrica diaria, una buena aproximación a estos valores corresponden al  $Q_{95\%}$  y  $Q_{90\%}$ , respectivamente, obtenidos de la curvas de duración.

Con las consideraciones anteriores y la metodología antes señalada, se obtienen los siguientes caudales ecológicos.

- Métodos utilizados por la DGA (a), "Cauce con derechos constituidos con caudal ecológico mínimo del 10%  $Q_{ma}$ ".

**CUADRO 6.2-16  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (A),  
TRAMO 1 "INICIO", SECTOR RÍO PUELO EN LA FRONTERA**

Probabilidad excedencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
20% $Q_{ma}$	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0
10% $Q_{ma}$	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5
50% $Q_{95\%PE}$	94,0	64,8	53,1	41,1	26,5	27,4	52,5	40,0	63,1	90,4	77,6	117,3
Q ecológico	47,0	47,0	47,0	41,1	26,5	27,4	47,0	40,0	47,0	47,0	47,0	47,0

**CUADRO 6.2-17**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (A),**  
**TRAMO 2 "INTERMEDIO"**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
20% Qma	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1
10% Qma	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0
50% Q95%PE	124,1	85,6	70,2	54,3	35,0	36,2	69,3	52,9	83,3	119,3	102,5	154,9
Q ecológico	62,1	62,1	62,1	54,3	35,0	36,2	62,1	52,9	62,1	62,1	62,1	62,1

**CUADRO 6.2-18**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (A),**  
**TRAMO 3 "FINAL", RÍO PUELO EN LAGO TAGUA-TAGUA**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% Qma	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1
10% Qma	61,6	61,6	61,6	61,6	61,6	61,6	61,6	61,6	61,6	61,6	61,6	61,6
50% Q95%PE	176,7	125,6	93,8	78,9	60,0	188,0	163,1	169,2	178,4	255,1	207,2	250,0
Q ecológico	123,1	123,1	93,8	78,9	61,6	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1

- Métodos utilizados por la DGA (b), "Cauce con derechos constituidos con caudal ecológico mínimo del menor 50% del Q95%:".

**CUADRO 6.2-19**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (B),**  
**TRAMO 1 "INICIO", SECTOR RÍO PUELO EN LA FRONTERA**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% Qma	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0
min 50% Q95%PE	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5
50% Q95%PE	94,0	64,8	53,1	41,1	26,5	27,4	52,5	40,0	63,1	90,4	77,6	117,3
Q ecológico	47,0	47,0	47,0	41,1	26,5	27,4	47,0	40,0	47,0	47,0	47,0	47,0

**CUADRO 6.2-20**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (B),**  
**TRAMO 2 "INTERMEDIO"**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
20% Qma	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1	62,1
min 50% Q95%PE	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
50% Q95%PE	124,1	85,6	70,2	54,3	35,0	36,2	69,3	52,9	83,3	119,3	102,5	154,9
Q ecológico	62,1	62,1	62,1	54,3	35,0	36,2	62,1	52,9	62,1	62,1	62,1	62,1

**CUADRO 6.2-21**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (B),**  
**TRAMO 3 "FINAL", RÍO PUELO EN LAGO TAGUA-TAGUA**

Probabilidad excedencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	m3/s											
20% Q <sub>ma</sub>	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1
min 50% Q <sub>95%</sub> PE	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
50% Q <sub>95%</sub> PE	176,7	125,6	93,8	78,9	60,0	188,0	163,1	169,2	178,4	255,1	207,2	250,0
Q ecológico	123,1	123,1	93,8	78,9	60,0	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1

- Método de Tennant

**CUADRO 6.2-22**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE TENNANT**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q eco (m3/s)	
				Q otoño-invierno	Q prim-verano
1	Río Puelo	Inicio	Frontera	47,0	94,0
2	Río Puelo	Medio	-	62,1	124,2
3	Río Puelo	Final	Lago Tagua-Tagua	123,1	246,2

Se consideró la salud del hábitat como buena.

- Método del Área Drenante

**CUADRO 6.2-23**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DEL ÁREA DRENANTE**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Área (km <sup>2</sup> )	Q ecológico (m3/s)
1	Río Puelo	Inicio	Frontera	3177	17,5
2	Río Puelo	Medio	-	4196	23,1
3	Río Puelo	Final	Lago Tagua-Tagua	8337	45,9

- Método de la Legislación Francesa

**CUADRO 6.2-24**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE LA LEGISLACIÓN FRANCESA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q eco (m3/s)
1	Río Puelo	Inicio	Frontera	23,5
2	Río Puelo	Medio	-	31,0
3	Río Puelo	Final	Lago Tagua-Tagua	61,6

- Método de la Legislación Suiza

**CUADRO 6.2-25**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE LA LEGISLACIÓN SUIZA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q eco (m3/s)
1	Río Puelo	Inicio	Frontera	29,2
2	Río Puelo	Medio	-	38,6
3	Río Puelo	Final	Lago Tagua-Tagua	74,1

- Método de la Legislación Asturiana

**CUADRO 6.2-26**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE LA LEGISLACIÓN ASTURIANA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Area (km2)	Q ec 1 (m3/s)	Q ec 2 (m3/s)	Q ec 3 (m3/s)	Qec I = Max(Qec1,2,3) (m3/s)	Q ec II (m3/s)	Q ec III (m3/s)
1	Río Puelo	Inicio	Frontera	3177	29,2	9,8	20,9	29,2	35,6	41,9
2	Río Puelo	Medio	-	4196	38,6	12,3	27,6	38,6	47,0	55,4
3	Río Puelo	Final	Lago Tagua-Tagua	8337	74,1	21,1	52,9	74,1	90,8	107,4

Se calcula a nivel de protección base II y III, debido a que la zona es de interés piscícola.

- Método del Programa de Caudales de Nueva Inglaterra.

**CUADRO 6.2-27**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DEL PROGRAMA DE CAUDALES DE NUEVA INGLATERRA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q ec 1 (m3/s)
1	Río Puelo	Inicio	Frontera	72,9
2	Río Puelo	Medio	-	96,3
3	Río Puelo	Final	Lago Tagua-Tagua	173,1

**iii) Recomendaciones**

Como se aprecia en los cuadros de resultados, los distintos métodos dan estimaciones muy disímiles en algunos casos. Por tratarse de cuencas regidas por la legislación nacional, se hace primordial tener en cuenta las recomendaciones de la Dirección General de Aguas. En este sentido, se recomienda considerar el caudal ecológico según la distribución mensual indicada en el cuadro siguiente.

**CUADRO 6.2-28**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS RECOMENDADOS**

Q. Ecológico				Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ID	Cauce	Tramo	Sector	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
1	Río Puelo	Inicio	Frontera	47,0	47,0	47,0	41,1	26,5	27,4	47,0	40,0	47,0	47,0	47,0	47,0
2	Río Puelo	Medio	-	62,1	62,1	62,1	54,3	35,0	36,2	62,1	52,9	62,1	62,1	62,1	62,1
3	Río Puelo	Final	Lago T-T	123,1	123,1	93,8	78,9	61,6	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1	123,1

**iv) Consideraciones**

- Se ha utilizado toda la información oficial existente y actualmente disponible en la Dirección General de Aguas, para la cuenca del Río Puelo aguas arriba del Lago Tagua-Tagua, en la determinación de caudales medios mensuales.
- Idealmente, para la determinación de caudales medios y ecológicos, se requiere disponer de 25 años de estadística. En este caso sólo se ha realizado la determinación con la información de caudales existentes.
- La extensión o relleno de caudales a través de información pluviométrica (modelo precipitación - escorrentía) en este caso, no es posible de efectuar en forma certera debido a la gran extensión de la cuenca. Para poder realizar este ejercicio en la cuenca del río Puelo, se necesitaría dividirla en varias subcuencas menores y obtener información pluviométrica y/o fluviométrica en cada una de éstas, datos que en la actualidad no existen.
- Al ser una cuenca binacional, se ha consultado la Estadística Hidrológica de La República Argentina para los ríos Manso y Puelo, sin embargo estos datos no permiten trasponer caudales a la frontera debido a que existen varias cuencas sin control.
- En vista de las razones anteriormente expuestas, se considera que la determinación más certera es la efectuada a través del análisis estadístico, aunque sea con pocos datos. Para esto se tuvo la precaución de ajustar cada distribución, en su respectivo papel de probabilidad, en donde los datos ajustados debieran tener la forma de una recta. Es decir, para el caso de un buen ajuste, los datos debieran ajustarse a la misma recta en el caso de contar con un número mayor de registros.
- Sobre los caudales ecológicos, en la mayoría de los meses, corresponden al 20% del  $Q_{ma}$ , esto ocurre debido a que se obtienen  $Q_{90\%}$  y  $Q_{95\%}$  altos. En estos casos se considera una buena estimación debido a que el  $Q_{ma}$ , es muy estable, con poca desviación.

- En el caso de los Tramos "1" Inicial y "2" Intermedio, los meses en donde el caudal ecológico corresponde al 50% del  $Q_{95\%}$  son Abril, Mayo y Junio. Esto ocurre debido a que el río presenta grandes reducciones en sus caudales medios mensuales mínimos con respecto al caudal medio histórico de estos meses (Cuadro 6.2-5). Por último en el Tramo "3" Final, los meses en donde el caudal ecológico corresponde al 50% del  $Q_{95\%}$  son Marzo y Abril. En mayo la variación de los caudales medios mensuales mínimos con respecto al caudal medio histórico aumenta, adoptándose según la metodología DGA el 10% del  $Q_{ma}$ .

### **6.3 Hidrología Río Futaleufú**

#### **6.3.1 Introducción**

La caracterización hidrológica del Río Futaleufú en los distintos puntos de control, se realizó en base a registros históricos de caudales medios mensuales, además de las precipitaciones representativas del sector en estudio. Esta información se obtuvo de distintos estudios y registros oficiales existentes para la zona.

#### **6.3.2 Antecedentes Recopilados**

Para la elaboración del presente estudio se consultaron los siguientes antecedentes:

**Ref. 1** Hidrología Aplicada. Ven Te Chow – David Maidment – Larry Mays, McGraw-Hill, 1994.

**Ref. 2** Manual de Carreteras. Volumen 2 y 3. Dirección de Vialidad. Ministerio de Obras Públicas, 2001.

**Ref. 3** Cartografía del Instituto Geográfico Militar (IGM) escala 1:50.000.

**Ref. 4** Estadística Hidrológica de La República Argentina, Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina, Edición 2004.

**Ref. 5** Informe Preliminar Determinación del Potencial Hidroeléctrico XI Región y Provincia de Palena X Región, Dirección General de Aguas, 2007.

**Ref. 6** Balance Hídrico de Chile, Dirección General de Aguas, 1987.

**Ref. 7** Pluviometría de Chile, Dirección Meteorológica de Chile, 2005.

**Ref. 8** Cartografía Digital ARCVIEW, DGA.

**Ref. 9** Cartografía Digital Software Google Earth.

### 6.3.3 Pluviometría

Se recopilaron antecedentes de precipitaciones del sector en estudio. Estos corresponden a registros históricos de precipitaciones medias mensuales de las estaciones más cercanas a la hoya del Río Futaleufú.

Las estaciones pluviométricas existentes en la cuenca del Río Futaleufú corresponden a Lago Espolón (DGA) y Futaleufú Aeródromo (DMC). Por poseer una considerable cantidad de registros y al estar emplazada en un lugar representativo de la cuenca, se recurrió a la información de la estación pluviométrica Futaleufú Aeródromo, de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC). Estos registros datan de 1961 y se detallan en los cuadros a continuación:

**CUADRO 6.3-1  
UBICACIÓN DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS CERCANAS**

NOMBRE	ESTE	NORTE	DATUM	HUSO	ALTURA	VIGENCIA
Lago Espolón (DGA)	261.955	5.210.959	1956	19	350	Vigente
Futaleufú Aeródromo (DMC)	271.148	5.213.036	1956	19	317	Vigente

**CUADRO 6.3-2  
PRECIPITACIONES (mm) MENSUALES ESTACIÓN LAGO ESPOLÓN (DGA)**

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Tot. Anual
2000							368,5		128	284,7	128	201,5	n.c
2001		123,5	331	136	526	414,5	389	284	53	41,5	138,5	60,5	n.c
2002	85,1	216,5	358	313	385	235,5	189,5	357	359,5	555	387	143,5	3584,6
2003		45	40	73	179,5	555,5	221,5	424,5	265,4	261	229,5	198	n.c
2004	75,5	17	141,5	481	32	664	214	171	265	276	113	176	2626,0
2005	135	12,5	246,5	165	850	587	315	319,5	80,5	169,5	409	39,5	3329,0
2006	350,5	96	402,4	198,5	199,5	472	605		166,1	299,5	144	309	n.c
2007	26	70	179	271,5	2	314	306	211	262	340	25	74,5	2081,0
2008	52,5	66,5	54,5	302,5	361,5	455,6	497	464	63	119	188,5	50,5	2675,1
P.M.M	74,82	76,5	195,9	306,6	326,1	451,22	304,3	304,5	206	291,9	224,5	96,8	2859,1

**CUADRO 6.3-3  
PRECIPITACIONES (mm) MENSUALES ESTACIÓN FUTALEUFÚ AERÓDROMO  
(DMC)**

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Tot. Anual
1961	308,1	46,0	105,8	92,6	206,0	310,0	401,0	480,0	270,0	119,0	198,9	105,0	2642,4
1962	34,0	17,0	92,0	134,0	118,0	263,0	147,0	501,0	209,0	18,0	31,0	80,0	1644
1963	103,7	10,6	165,3	314,5	220,0	350,0	168,7	111,6	172,8	34,9	72,8	55,5	1780,4
1964	46,0	178,0	104,0	-	440,0	273,0	-	299,0	195,0	123,0	11,0	130,0	n.c
1965	83,4	201,9	11,2	172,3	235,2	436,0	265,7	314,4	121,3	246,0	193,7	152,9	2434,0

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Tot. Anual
1966	40,0	43,0	-	118,0	541,0	346,0	232,0	123,0	125,0	81,0	50,0	291,0	n.c
1967	156,0	30,0	70,0	21,0	439,0	126,0	291,0	496,0	149,0	123,0	155,0	119,0	2175,0
1968	32,3	177,8	80,0	58,2	177,0	76,7	328,0	172,8	300,1	119,9	152,2	200,9	1875,9
1969	17,2	121,8	10,7	301,3	179,7	249,6	390,6	287,9	297,3	205,6	26,9	50,7	2139,3
1970	78,0	63,9	63,3	195,6	218,7	200,4	529,6	385,0	231,0	49,2	151,9	264,3	2430,9
1971	183,5	137,3	133,5	107,0	211,4	174,0	501,4	358,0	231,0	49,2	151,9	264,3	2502,5
1972	131,1	93,4	109,0	48,9	455,7	315,9	368,7	135,8	43,2	190,2	48,2	55,6	1995,7
1973	139,7	12,5	43,4	147,8	268,8	378,2	246,6	277,7	165,3	127,2	59,8	28,1	1895,1
1974	368,1	112,3	63,3	83,8	242,4	244,9	389,9	364,0	87,1	35,2	225,2	62,0	2278,2
1975	6,8	192,5	26,5	492,9	212,5	168,8	543,9	288,9	251,7	179,4	145,8	218,2	2727,9
1976	196,7	25,3	35,2	110,3	254,1	338,4	362,4	88,7	69,5	91,2	44,6	196,2	1812,6
1977	144,5	31,3	88,7	285,3	309,4	587,2	177,4	219,0	258,0	205,6	307,1	71,9	2685,4
1978	150,8	38,4	42,3	43,9	289,8	250,5	451,8	207,1	119,9	318,6	62,1	27,4	2002,6
1979	12,7	28,0	55,8	39,2	474,0	301,2	270,4	499,1	199,4	212,1	143,8	87,6	2323,3
1980	14,3	141,9	167,2	162,0	343,0	279,8	237,6	319,0	130,3	26,3	183,3	84,5	2089,2
1981	53,0	16,2	76,5	101,5	680,1	229,6	239,7	130,9	298,0	33,0	83,9	88,6	2031,0
1982	119,9	46,0	83,3	35,7	319,4	270,5	236,2	320,0	167,4	129,9	70,1	36,2	1834,6
1983	69,6	98,5	49,1	178,6	173,5	213,5	323,2	142,6	117,5	136,5	62,4	36,9	1601,9
1984	181,6	248,2	67,6	197,7	304,4	228,5	108,5	63,7	99,8	329,0	38,8	91,2	1959,0
1985	132,3	184,4	126,5	194,5	506,4	221,4	173,6	197,5	224,2	99,1	227,5	81,0	2368,4
1986	117,5	51,7	170,4	292,1	229,1	386,5	357,9	133,5	178,9	34,8	177,4	44,4	2174,2
1987	9,7	21,7	117,2	144,1	157,2	279,0	342,9	180,5	167,3	47,9	56,3	95,0	1618,8
1988	80,3	19,8	153,1	135,9	110,7	344,9	58,6	253,5	63,9	198,2	84,4	194,2	1697,5
1989	49,3	52,0	50,4	191,9	65,6	329,2	160,8	378,0	152,4	56,1	29,4	233,0	1748,1
1990	29,8	45,6	161,4	255,5	255,7	302,8	168,1	226,5	196,7	147,8	66,8	136,7	1993,4
1991	72,5	68,5	68,9	137,0	289,2	148,7	284,9	192,0	323,4	127,0	74,0	283,2	2069,3
1992	14,4	135,3	119,0	159,1	229,6	254,6	114,2	103,0	243,1	379,0	53,6	127,9	1932,8
1993	87,1	14,4	207,5	182,7	273,0	367,4	339,1	145,0	43,9	82,4	112,8	172,9	2028,2
1994	60,5	71,0	71,5	212,3	530,8	362,2	291,9	319,2	323,5	123,0	210,8	109,3	2686,0
1995	89,7	35,0	62,3	196,2	301,2	436,4	379,5	268,8	121,0	97,1	32,8	3,4	2023,4
1996	50,2	67,9	226,3	222,8	162,6	229,2	155,0	447,2	49,1	108,1	163,3	82,1	1963,8
1997	205,9	91,6	35,0	334,8	68,3	219,7	462,3	259,5	52,1	180,2	166,9	100,3	2176,6
1998	96,0	0,4	93,7	105,0	131,8	91,2	229,7	181,0	89,7	68,3	45,5	27,0	1159,3
1999	40,2	67,7	60,5	52,7	135,6	307,0	324,2	312,0	138,3	20,9	38,7	151,6	1649,4
2000	56,5	119,1	89,0	192,0	82,3	403,8	261,2	198,4	87,7	179,9	70,3	127,8	1868,0
2001	297,7	98,1	269,6	92,2	362,3	307,7	357,7	221,0	48,7	16,8	95,2	38,6	2205,6
2002	56,9	134,3	245,4	214,6	325,7	200,6	123,8	306,5	226,2	451,0	351,4	105,0	2741,4
2003	155,5	27,2	19,9	42,4	115,0	427,6	150,9	280,2	173,7	160,6	140,3	137,2	1830,5
2004	60,9	11,0	95,1	403,3	37,6	525,8	149,9	104,4	165,9	107,5	124,9	105,9	1892,2
P.M.M	103,5	76,4	97,2	168,7	254,8	289,0	282,5	258,8	168,1	134,9	117,4	112,7	2064,0

Como se aprecia, la estación Lago Espolón posee pocos años de registros y varios meses con estadística incompleta. Por presentar varios años con información completa, se utilizarán los registros de la estación Futaleufú Aeródromo, para validar y utilizar los métodos indicados en los puntos posteriores de este informe.

### 6.3.4 Fluviometría

El principal objetivo del estudio fluviométrico es la generación de caudales medios mensuales en cada una de las subcuencas en estudio.

Debido a que la cuenca del Río Futaleufú cuenta con control fluviométrico, se utilizará esta información para generar caudales medios mensuales a través de transposición por unidad de área y precipitación media. Los registros oficiales fueron obtenidos de la Dirección General de Aguas. Para la cuenca del Río Futaleufú, la institución posee las estaciones Río Futaleufú en La Frontera, Río Futaleufú en Futaleufú, Río Espolón en Desagüe Lago Espolón y Río Futaleufú antes Junta Río Malito. La estadística de caudales medios mensuales se presenta en los cuadros siguientes:

**CUADRO 6.3-4  
UBICACIÓN DE ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS EN LA CUENCA DEL RÍO  
FUTALEUFÚ**

CODBNA	NOMBRE	ESTE	NORTE	DATUM	HUSO	VIGENCIA
10701002-5	Río Espolón en Desagüe Lago Espolón	261.411	5.211.651	1956	19	Vigente
10702001-2	Río Futaleufú en Futaleufú	269.295	5.214.073	1956	19	Suspendida
10702002-0	Río Futaleufú en La Frontera	276.109	5.216.073	1956	19	Vigente
10704002-1	Río Futaleufú Antes Junta Río Malito	248.549	5.184.523	1956	19	Vigente

**CUADRO 6.3-5  
CAUDALES MEDIOS MENSUALES ESTACIÓN RÍO ESPOLÓN EN DESAGÜE  
LAGO ESPOLÓN (m<sup>3</sup>/s)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2001							50,41@	72,84	37,47	49,61	50,54	58,69@	n,c
2002				64,68 @	105,08	52,58	44,76	71,92	48,27	159,1	133,1	76,46	n,c
2003	94,84	82,28	31,3	20,62	32,29	104,82	49,5	111,19	55,1	77,76	77,21	75,5	67,7
2004	53,33	34,51	35,92	111,84	23,7	101,69	94,28	35,74	59,15	60,31	52,85	71,57	61,2
2005	65,85	33,91	70,08	43,5	100,38	120,04	53,45	51,11	36,14	55,91	143,75	67,17@	n,c
2006				117,60@	54,75	80,23	114,34	43,75	42,93	50,34	61,88	107,29	n,c
2007	63,63	36,98	43,66	56,16	30,67	24,66	42	23,09	51,56	66,29	54,1	61,11	46,2
2008	64,54	39,06	35,85	77,35	113,91	160,49	142,91						n,c
Promedio	68,4	45,3	43,4	61,9	65,8	92,1	77,3	58,5	47,2	74,2	81,9	78,4	58,4

\* : 1 - 10 Días con información en el mes

@ : 11 - 20 Días con información en el mes

% : más de 20 días con información en el mes

**CUADRO 6.3-6**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES ESTACIÓN RÍO FUTALEUFÚ EN LA**  
**FRONTERA (m3/s)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2001							386,42@	334,26	383,17	411,50@		294,79@	n.c
2002	278,16	266,32	257,42	287,37	416,32	410,33	380,55	383,35	387,4	647,35	733,33	480,45	410,7
2003	409,9	410,18	297,84	292,13	305,71	309,1	335,19	424,77	364,13	348,26	335,2	315,06	345,6
2004	291,39	255,31	281,39	334,53	365,16	379,3	524,94	387,45	408,13	394,81	366,47	309,84	358,2
2005	300,87	303,18	300,65	299,63	348,03	406,4	381,26	390,26	368,07	402,45	461,67	483,65	370,5
2006	537,1	327,79	283,48	343,73	367,1	424,73	625,9	460,13	372,67	358,81	450,13	437,84	415,8
2007	398,16	243,29	173,9	275,47	357,32	402,43	288,84	231,58	228,8	245,52	237,5	223,84	275,6
2008	232	225,93	200,74	214,57	427	426,73	688						n.c
Promedio	349,7	290,3	256,5	292,5	369,5	394,1	460,7	373,1	358,9	399,5	430,7	375,1	362,7

\* : 1 - 10 Días con información en el mes

@ : 11 - 20 Días con información en el mes

% : más de 20 días con información en el mes

**CUADRO 6.3-7**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES ESTACIÓN RÍO FUTALEUFÚ ANTES JUNTA**  
**RÍO MALITO (m3/s)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2002				395%	573,81	487,17	446,39	508,29	460,73	908,39	963,97	609,26	n.c
2003	543,58	495,07	309	270,67	301,45	510,27	422,71	584,39	472,37	501,94	481,03	448,52	445,1
2004	371,48	283,28	307,39	518,7	372	545,27	649,9	422,39	489,77	480,61	445,6	409,1	441,3
2005	373,58	315,96	375,77	335,77	524,26	585,27	467,45	475,1	422,17	498,58	695,2	600,94	472,5
2006	719,45	388,93	392,61	443,23	442,94	565,03	830,29	524,48	438,73	434,61	551,07	612,87	528,7
2007	483,94	270,96	205,52	346,87	384,29	423,6	350,81	245,94	314,03	365,55	321,4	303,58	334,7
2008	276,13	209,83	174,06	302,3	570,26	608,13	949,71						n.c
Promedio	461,4	327,3	294,1	373,2	452,7	532,1	588,2	460,1	433,0	531,6	576,4	497,4	444,5

\* : 1 - 10 Días con información en el mes

@ : 11 - 20 Días con información en el mes

% : más de 20 días con información en el mes

El caudal medio mensual se calculó promediando sólo los años con información mensual con más de 20 días de información. El caudal medio anual se obtuvo sólo promediando los años completos.

**a) Generación de Caudales Medios Mensuales**

En este caso en particular, una estimación a través de un modelo precipitación - escorrentía tiene varias limitaciones que no permiten obtener un resultado certero y confiable. Se requiere una caracterización pluviométrica detallada, con mediciones en varios puntos de la cuenca, ya que por su gran tamaño, la información pluviométrica existente es insuficiente y no representa correctamente el régimen de precipitaciones

existente en cada subcuenca de ésta. Por otra parte el Río Futaleufú cuenta con una serie de lagos y aportes de deshielo, complejos de modelar debido a que no se cuenta con registros o modelos acabados de estos.

Si bien la estadística existente en las estaciones fluviométricas sólo presentan registros cortos, entre 5 y 8 años de información, se prefiere basar el análisis hidrológico del Río Futaleufú en ellos, debido a que la cuenca es importante, por su tamaño, ubicación y tipos de cauces que llegan a él, haciéndolo un sistema complejo de estudiar y modelar. Por este motivo se prefirió tomar los datos existentes y hacer con esto la caracterización hidrológica.

#### **i) Análisis de Frecuencia**

Con la estadística señalada en Cuadros 6.3-5, 6.3-6 y 6.3-7, se aplican los métodos de distribución, empleados comúnmente en estudios hidrológicos en nuestro país, con el objeto de determinar el caudal medio mensual según probabilidad de excedencia. Dichas distribuciones son las siguientes: Normal, Log-Normal, Gumbel, Pearson y Log-Pearson tipo III.

Adicionalmente, y debido a la escasa información con la que cuentan las estaciones fluviométricas, se recurrirá al análisis gráfico a través de gráficos de probabilidad. Esto debido a que el test Chi-Cuadrado no es posible de aplicar en una muestra tan reducida. Luego se privilegiará la mejor aproximación por el método de mínimos cuadrados.

#### **b) Caudales Medios Mensuales y Anuales, en Estaciones Fluviométricas del Río Futaleufú**

Con la metodología señalada en puntos anteriores se procede al cálculo de caudales medios mensuales y anuales, según la estadística de Cuadros 6.3-5, 6.3-6 y 6.3-7. Cabe señalar que para la obtención de parámetros anuales sólo se consideraron los años calendarios con información hidrológica completa, por su parte la estadística mensual sólo consideró la información que contaba con al menos 20 días de registros. Los resultados obtenidos son los siguientes:

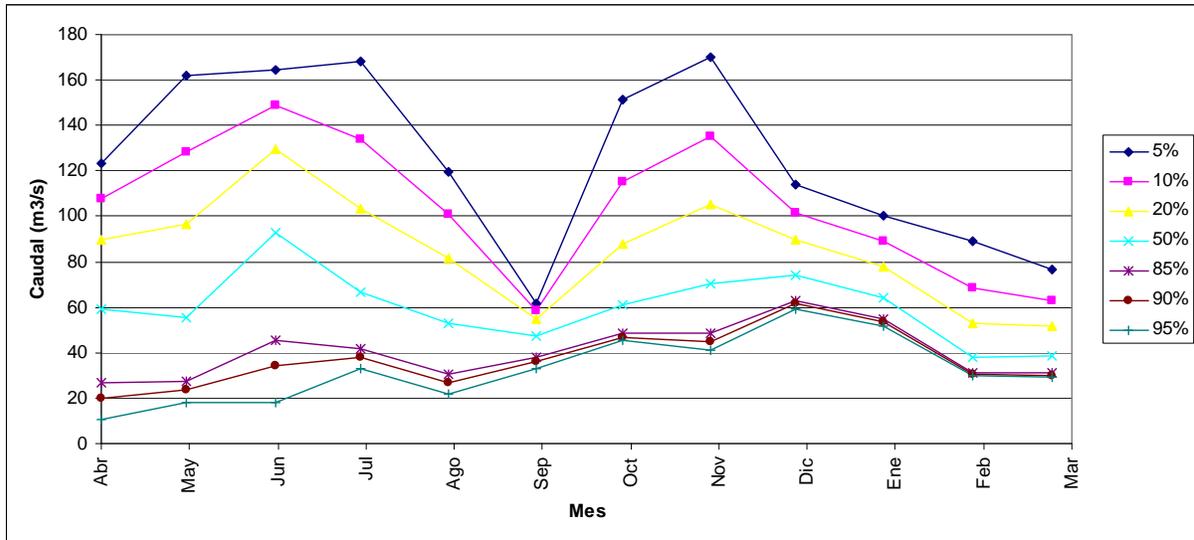
**CUADRO 6.3-8**  
**CAUDAL MEDIO ANUAL EN ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS DE LA CUENCA**  
**DEL RÍO FUTALEUFÚ**

Estación	Río Espolón	Río Futaleufú en Frontera	Río Futaleufú en Jta Malito
Parámetro	m3/s	m3/s	m3/s
Caudal Medio Anual	58,4	362,7	444,5
Desviación Estándar	11,1	51,2	70,6
Máximo	67,7	415,8	528,7
Mínimo	46,2	275,6	334,7

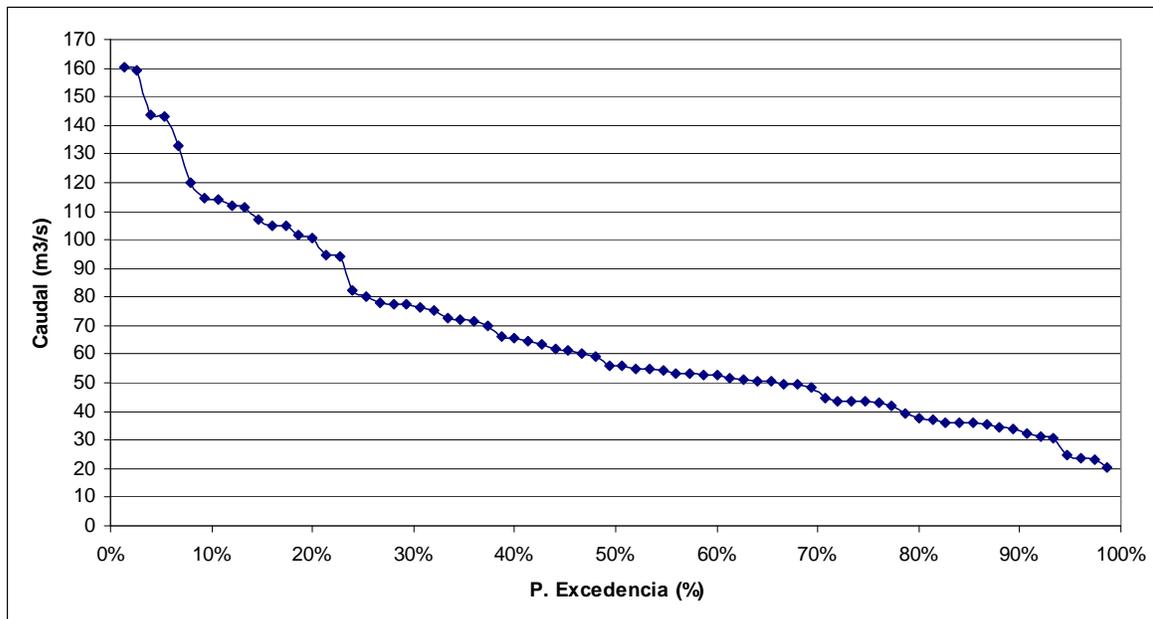
**CUADRO 6.3-9**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO**  
**ESPOLÓN EN DESAGÜE LAGO ESPOLÓN**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
5%	100,5	88,8	76,6	123,5	162,1	164,7	167,9	119,8	61,6	151,4	169,8	113,7
10%	88,9	68,3	63,0	107,8	128,4	149,0	134,0	100,8	58,5	115,2	135,2	101,3
20%	78,1	52,9	51,5	89,8	96,6	129,8	103,6	81,4	54,6	87,8	105,3	89,6
50%	64,4	37,9	38,5	58,9	55,5	92,6	66,4	53,2	47,2	60,9	70,3	74,2
85%	55,0	31,3	31,1	26,6	27,7	45,8	41,7	30,5	38,2	48,3	48,3	63,2
90%	53,6	30,7	30,1	19,8	23,4	34,6	37,8	26,6	36,0	46,9	45,0	61,4
95%	52,0	30,2	29,0	10,4	18,3	17,8	33,0	21,6	32,8	45,6	40,9	59,3
Distribución	LP3	LP3	LP3	P3	LP3	P3	LP3	LP3	N	LP3	LP3	LP3
R2	0,870	0,837	0,924	0,990	0,905	0,977	0,918	0,981	0,976	0,916	0,894	0,901
Promedio	68,4	45,3	43,4	61,9	65,8	92,1	77,3	58,5	47,2	74,2	81,9	78,4
Desv. Est.	15,6	20,7	15,6	34,7	39,4	44,7	40,0	29,5	8,8	38,7	39,7	17,3
Max.	94,8	82,3	70,1	111,8	113,9	160,5	142,9	111,2	59,2	159,1	143,8	107,3
Min.	53,3	33,9	31,3	20,6	23,7	24,7	42,0	23,1	36,1	49,6	50,5	61,1
N	5	5	5	5	7	7	7	7	7	7	7	5

**FIGURA 6.3-1**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO**  
**ESPOLÓN EN DESAGÜE LAGO ESPOLÓN**



**FIGURA 6.3-2**  
**CURVA DE DURACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**  
**RÍO ESPOLÓN EN DESAGÜE LAGO ESPOLÓN**

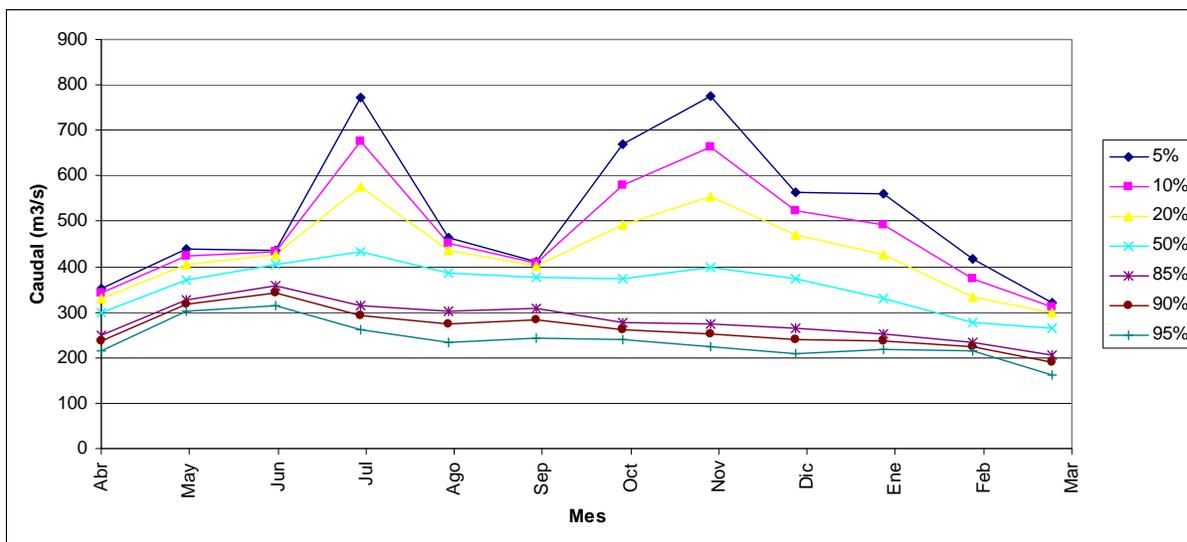


En Figura 6.3-1 se observa cierta anomalía para el mes de Septiembre, en particular para probabilidades de excedencia bajas (5% y 10%). Esta situación es consistente con los datos oficiales de la estación, los cuales presentan una notoria reducción de los caudales más altos para este mes, probablemente por efectos climáticos. De todas maneras, debido a la situación descrita anteriormente y a los pocos datos presentados por la estación, se prefiere descartar del análisis y privilegiar la información de las estaciones Río Futaleufú en La Frontera y Río Futaleufú antes Junta Río Malito, ya que se encuentran emplazadas directamente en el cauce en estudio y cercanas a los puntos de control.

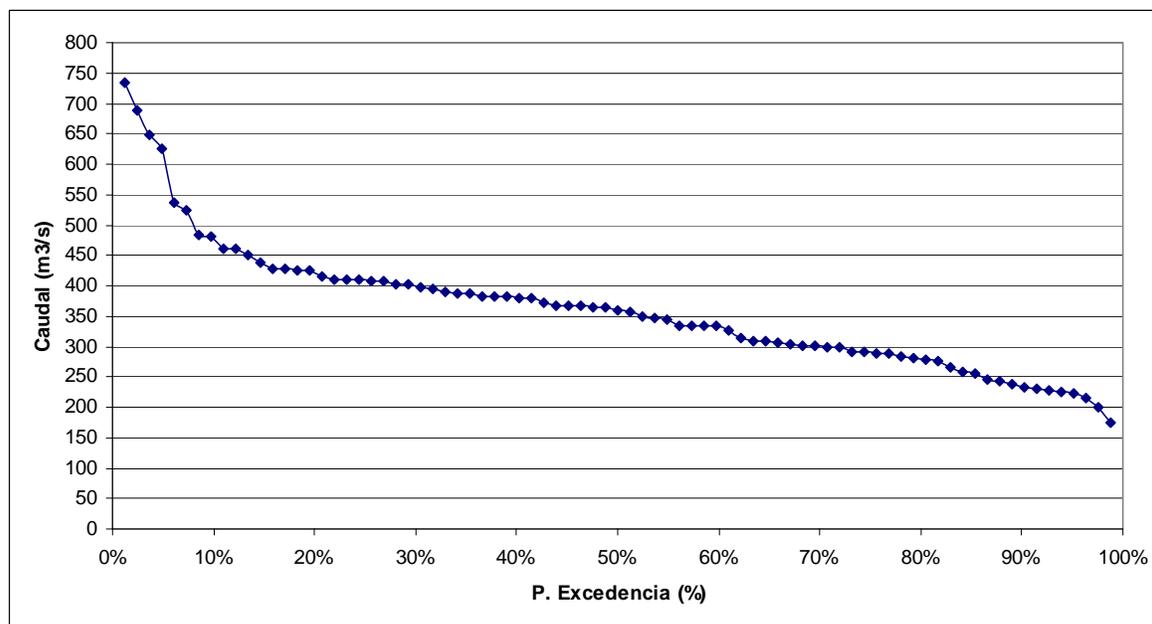
**CUADRO 6.3-10**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO**  
**FUTALEUFÚ EN LA FRONTERA**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
5%	560,2	416,7	321,9	351,3	438,1	434,5	772,5	464,0	409,7	669,4	776,0	564,9
10%	492,6	374,4	312,5	341,8	422,7	431,7	675,3	452,4	407,8	579,7	664,0	522,2
20%	425,3	333,2	298,8	328,7	404,1	426,0	576,8	434,7	402,5	492,4	553,5	470,3
50%	329,6	276,4	264,7	298,2	369,0	405,7	433,5	387,5	378,1	372,3	398,4	372,9
85%	251,7	232,8	206,6	249,4	326,8	357,6	313,4	301,0	309,3	278,7	275,0	263,4
90%	237,8	225,4	189,9	235,8	317,0	341,6	291,5	275,3	284,9	262,4	253,3	240,0
95%	219,5	216,0	162,9	214,3	302,5	314,1	262,6	233,0	241,9	241,3	225,0	207,4
Distribución	LP3	LP3	P3	P3	P3	P3	LP3	P3	P3	LP3	LP3	LP3
R2	0,960	0,977	0,920	0,931	0,929	0,907	0,954	0,929	0,823	0,888	0,954	0,925
Promedio	349,7	290,3	256,5	292,5	369,5	394,1	460,7	373,1	358,9	399,5	430,7	375,1
Desv. Est.	104,8	63,4	49,9	42,5	41,2	40,7	153,4	73,5	59,2	133,8	169,4	107,3
Max.	537,1	410,2	300,7	343,7	427,0	426,7	688,0	460,1	408,1	647,4	733,3	483,7
Min.	232,0	225,9	173,9	214,6	305,7	309,1	288,8	231,6	228,8	245,5	237,5	223,8
N	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6

**FIGURA 6.3-3**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO**  
**FUTALEUFÚ EN LA FRONTERA**



**FIGURA 6.3-4**  
**CURVA DE DURACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO FUTALEUFÚ EN LA**  
**FRONTERA**



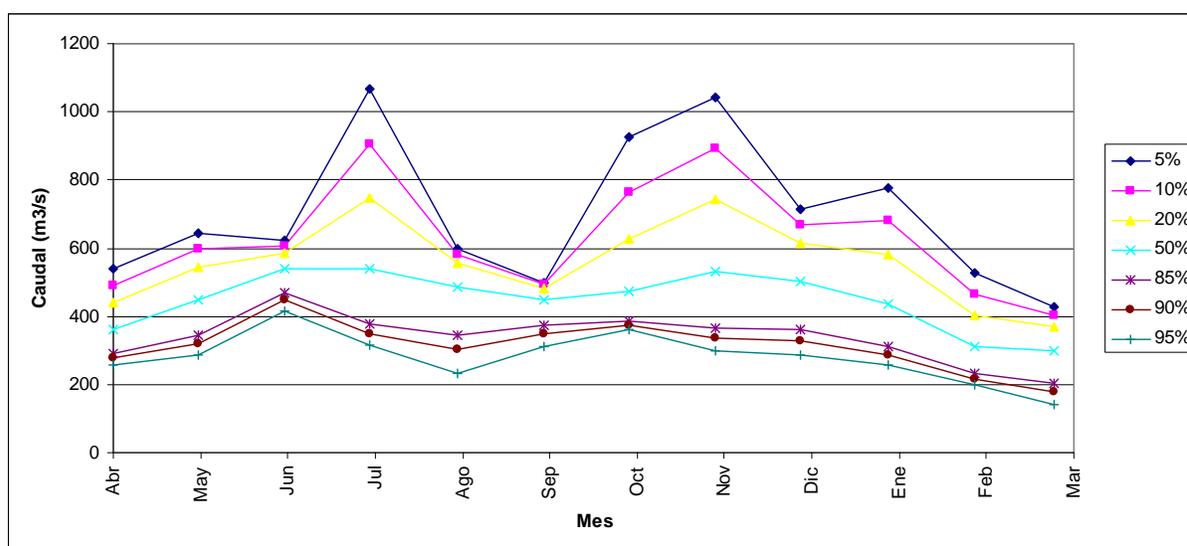
Al igual que en el caso de Lago Espolón, el río Futaleufú en La Frontera, presenta caudales bajos para probabilidades de excedencia bajas (5% y 10%), en el mes de septiembre. Esta situación es consistente con los datos oficiales de la estación, los cuales presentan una notoria reducción los caudales más altos para este mes. Cabe

señalar que la cuenca del río Futaleufú es un sistema intervenido, existiendo 1 embalse aguas arriba de la frontera, el cual afecta el régimen natural del río, siendo esta una de las posibles explicaciones a dichos valores.

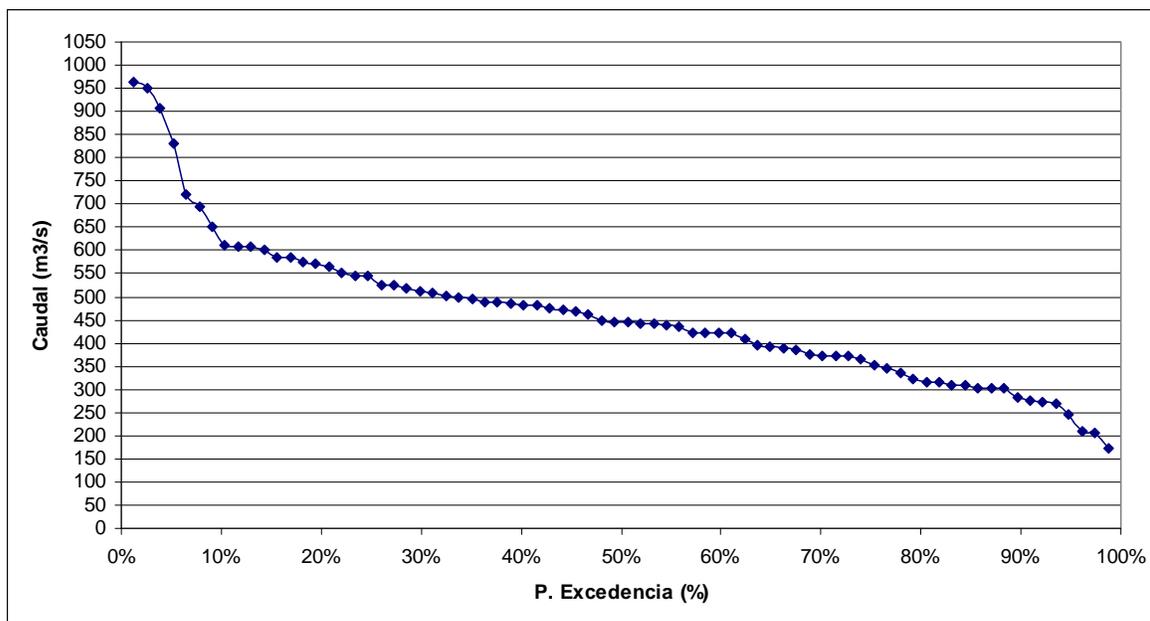
**CUADRO 6.3-11**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO**  
**FUTALEUFÚ ANTES JUNTA RÍO MALITO**

Probabilidad excedencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5%	776,6	529,4	428,7	539,1	641,8	622,7	1068,3	599,0	500,1	926,5	1042,7	713,0
10%	681,0	466,6	402,8	490,1	596,9	607,2	905,4	583,2	494,2	763,1	890,8	670,0
20%	582,7	403,0	369,5	438,9	544,0	586,3	749,1	557,7	483,6	625,5	741,3	614,4
50%	436,3	310,0	299,9	360,5	448,4	539,3	538,0	485,9	449,4	471,8	532,4	501,1
85%	310,5	231,7	202,7	290,0	343,0	467,2	377,7	346,4	374,6	385,2	367,1	360,8
90%	287,3	217,4	177,8	276,6	320,3	447,8	350,3	303,8	350,5	374,1	338,1	329,3
95%	256,4	198,4	139,5	258,4	288,4	417,0	315,0	233,1	309,8	361,9	300,3	284,6
Distribución	LP3	LP3	P3	LP3	LP3	P3	LP3	P3	P3	LP3	LP3	LP3
R2	0,974	0,978	0,942	0,992	0,955	0,987	0,952	0,943	0,924	0,867	0,981	0,916
Promedio	461,4	327,3	294,1	373,2	452,7	532,1	588,2	460,1	433,0	531,6	576,4	497,4
Desv. Est.	157,5	101,0	88,4	85,8	106,3	63,4	227,9	117,8	63,0	191,6	226,4	129,9
Max.	719,5	495,1	392,6	518,7	573,8	608,1	949,7	584,4	489,8	908,4	964,0	612,9
Min.	276,1	209,8	174,1	270,7	301,5	423,6	350,8	245,9	314,0	365,6	321,4	303,6
N	6	6	6	7	7	7	7	6	6	6	6	6

**FIGURA 6.3-5**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO**  
**FUTALEUFÚ ANTES JUNTA RÍO MALITO**



**FIGURA 6.3-6**  
**CURVA DE DURACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO FUTALEUFÚ ANTES**  
**JUNTA RÍO MALITO**



En el mes de Septiembre se observa el mismo fenómeno que en las estaciones fluviométricas analizadas anteriormente. Esto indicaría que el efecto puede ser producto de las características climáticas de la zona, o bien algún, tipo de intervención en los embalses y/o centrales existentes en el lado Argentino de la cuenca.

De todas maneras los caudales Q95 y Q90, los cuales son de interés para el análisis de caudales ecológicos, se aprecian estables y sin grandes variaciones.

Con respecto a las curvas de duración, estas fueron confeccionadas considerando los meses con información hidrológica completa o que tuvieran al menos 20 días de registros, utilizando el procedimiento de Weibull indicado en Ref.2.

### c) Caudales Medios Mensuales y Anuales en Puntos de Control

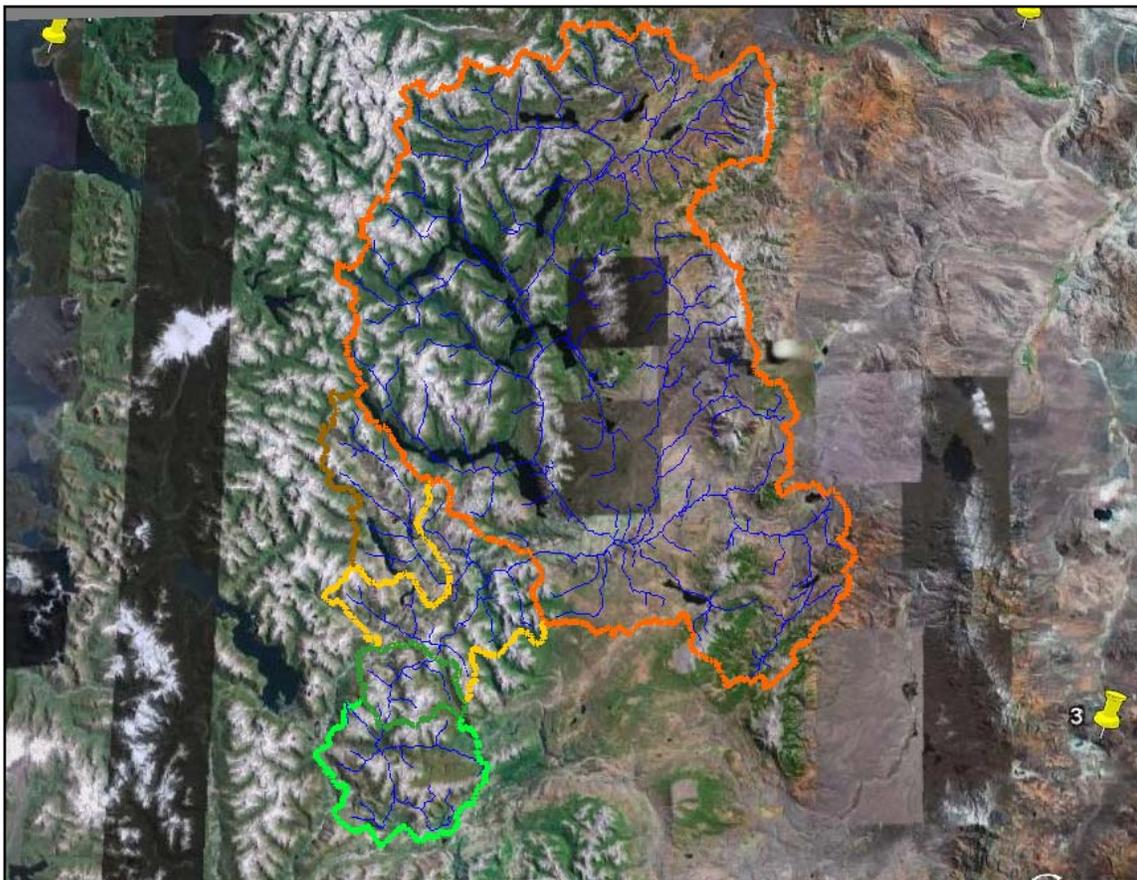
Se han establecido 3 puntos de control en el cual se han determinado caudales medios mensuales, estos se indican en el cuadro siguiente:

**CUADRO 6.3-12  
PUNTOS DE CONTROL SOBRE EL RÍO FUTALEUFÚ**

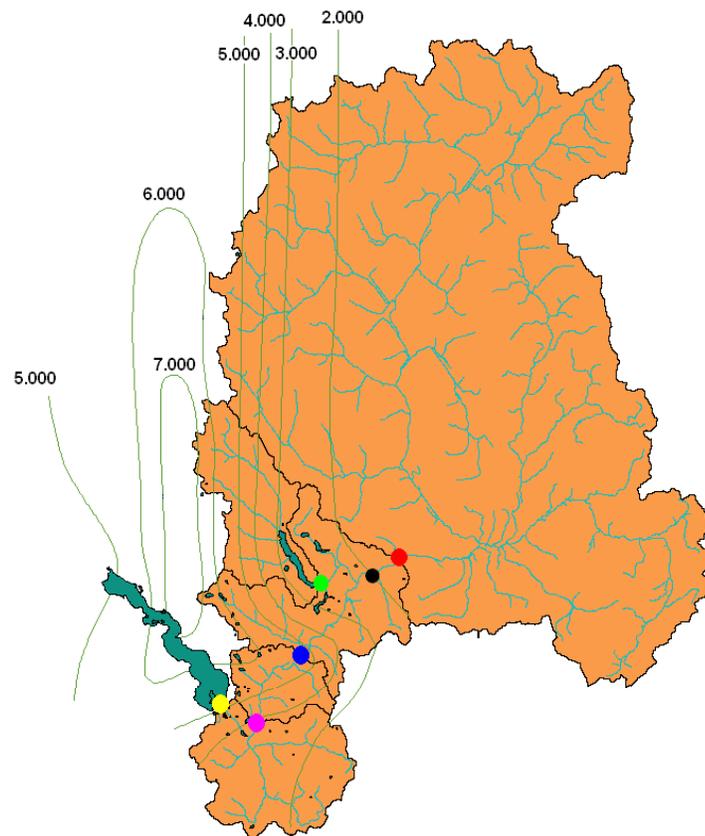
ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Norte	Este	Huso	Datum
1	Río Futaleufú	Inicio	Frontera	763.855	5.214.490	18	WGS 1984
2	Río Futaleufú	Medio	-	744.586	5.197.315	18	WGS 1984
3	Río Futaleufú	Final	Lago Yelcho	726.351	5.189.709	18	WGS 1984

Para calcular caudales con el método de transposición en estos puntos de control, se requiere conocer el área y precipitación media para cada una de las subcuencas. Para esto se procedió a delimitar las subcuencas y superponer las isoyetas indicadas en Ref. 6. El resultado de este ejercicio se presenta a continuación:

**FIGURA 6.3-7  
DELIMITACIÓN DE SUBCUENCAS RÍO FUTALEUFÚ**



**FIGURA 6.3-8**  
**DELIMITACIÓN DE CUENCAS EN PUNTOS DE CONTROL**



**SIMBOLOGÍA**

● Punto de Control 1, "Inicio", Estación Fluviométrica Futaleufú en La Frontera (DGA)

● Estación Pluviométrica Futaleufú Aeródromo (DMC)

● Estación Fluviométrica Río Espolón en Desagüe Lago Espolón (DGA).

● Punto de Control 2, "Intermedio".

● Estación Fluviométrica Futaleufú Antes Junta Río Malito

● Punto de Control 3, "Final".

— Isoyetas de Precipitación Media Anual (mm)

De las figuras presentadas se extrae la siguiente información:

**CUADRO 6.3-13  
ÁREAS APORTANTES A PUNTOS DE CONTROL**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Área (km <sup>2</sup> )
1	Río Futaleufú	Inicio	Frontera	7.610
2	Río Futaleufú	Medio	-	8.736
3	Río Futaleufú	Final	Lago Yelcho	9.519
	Río Futaleufú	-	Antes Junta con Malito	8.958
	Río Espolón	-	Desagüe Lago Espolón	475

Con respecto a las precipitaciones, las isoyetas de precipitación media anual presentan consistencia con los registros de precipitación de la estación pluviométrica Futaleufú Aeródromo (DMC), por lo cual la fuente de información gráfica se considera confiable.

Para efecto de transposición de caudales, sólo se transpondrá utilizando la estación fluviométrica Río Futaleufú antes Junta Río Malito. Debido al gran tamaño de la cuenca y a la cercanía de los puntos de control 2 y 3, se considerarán las mismas precipitaciones medias para las subcuencas, que para la estación fluviométrica.

Para transponer caudales se utilizó la siguiente metodología:

$$Q_x = P_x \cdot A_x / (P_{Est} \cdot A_{Est}) \cdot Q_{Est}$$

En donde :

$Q_x$  = Caudal en punto de control x. (m<sup>3</sup>/s)

$P_x$  = Precipitación media en la cuenca x. (mm)

$A_x$  = Área aportante a la cuenca x. (km<sup>2</sup>)

$P_{Est}$  = Precipitación media de la cuenca controlada por la estación fluviométrica. (mm)

$A_{Est}$  = Área aportante a la cuenca de la estación fluviométrica. (km<sup>2</sup>)

$Q_{Est}$  = Caudal en estación fluviométrica. (m<sup>3</sup>/s)

Según las consideraciones señaladas, para utilizar la metodología de transposición de caudal, se supondrá que la precipitación media de las cuencas de tramo 2

(intermedio) y 3 (final), es similar a la precipitación media representativa de la cuenca aportante a la estación fluviométrica Río Futaleufú Antes Junta Río Malito. Este supuesto no se encuentra alejado de la realidad debido a que la cuenca encerrada por la estación es muy similar en área, forma y ubicación a las subcuencas "2" y "3".

Con esto los caudales medios mensuales y anuales son los que se indican a continuación:

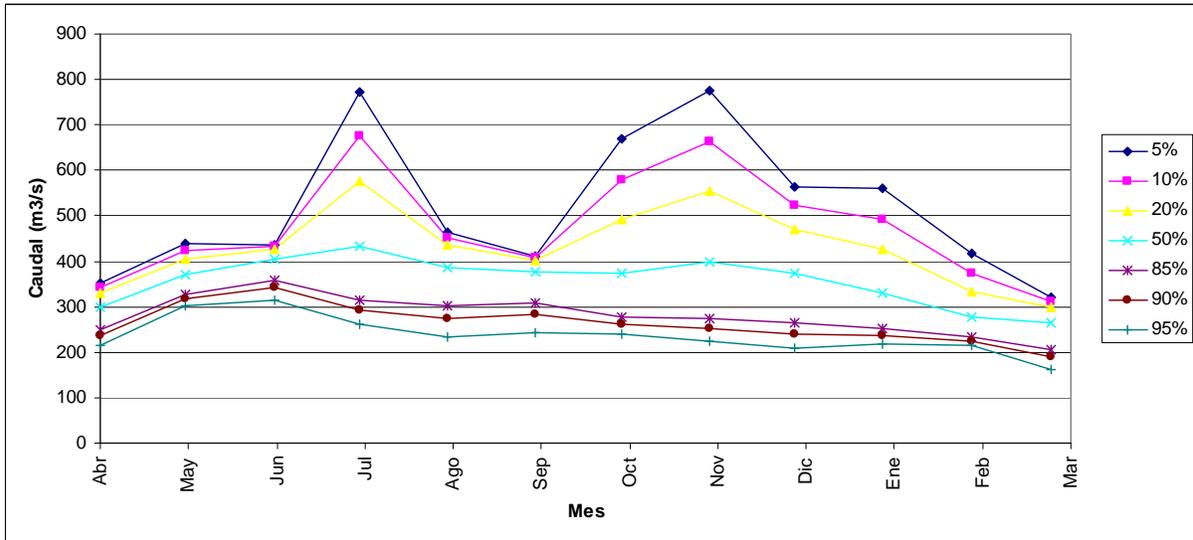
**CUADRO 6.3-14  
CAUDALES MEDIOS ANUALES EN PUNTOS DE CONTROL**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Area (km <sup>2</sup> )	Q medio (m <sup>3</sup> /s)
1	Río Futaleufú	Inicio	Frontera	7.610	362.7
2	Río Futaleufú	Medio	-	8.736	433.4
3	Río Futaleufú	Final	Lago Yelcho	9.519	472.3

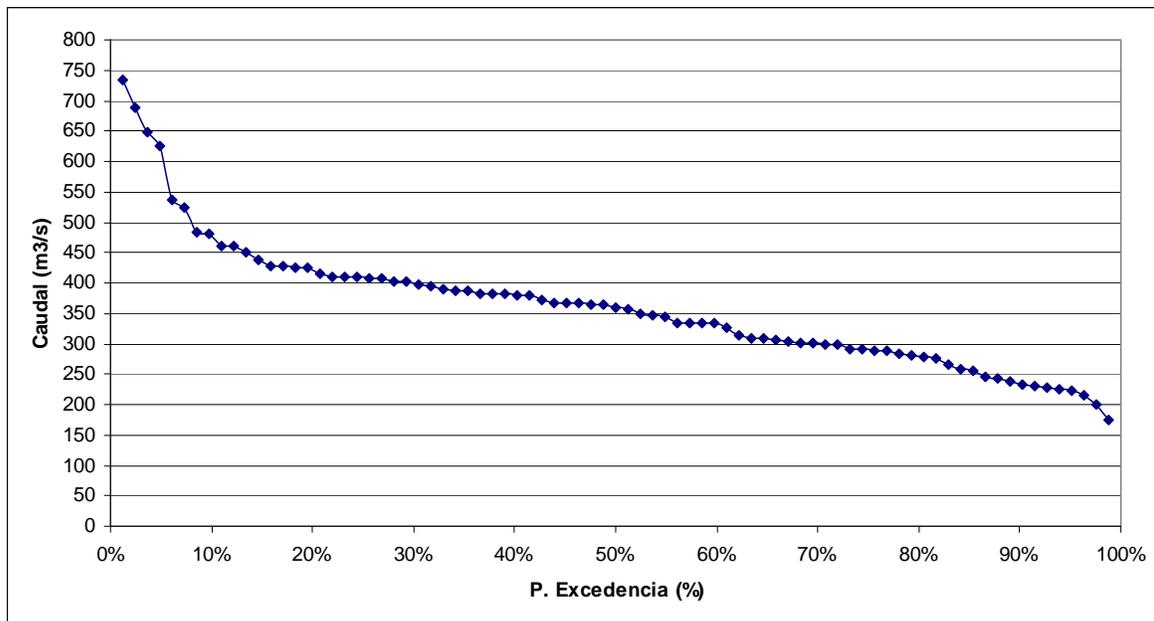
**CUADRO 6.3-15  
CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN PUNTO DE CONTROL 1,  
SECTOR FRONTERA, TRAMO INICIAL**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Excedencia	m <sup>3</sup> /s											
5%	560,2	416,7	321,9	351,3	438,1	434,5	772,5	464,0	409,7	669,4	776,0	564,9
10%	492,6	374,4	312,5	341,8	422,7	431,7	675,3	452,4	407,8	579,7	664,0	522,2
20%	425,3	333,2	298,8	328,7	404,1	426,0	576,8	434,7	402,5	492,4	553,5	470,3
50%	329,6	276,4	264,7	298,2	369,0	405,7	433,5	387,5	378,1	372,3	398,4	372,9
85%	251,7	232,8	206,6	249,4	326,8	357,6	313,4	301,0	309,3	278,7	275,0	263,4
90%	237,8	225,4	189,9	235,8	317,0	341,6	291,5	275,3	284,9	262,4	253,3	240,0
95%	219,5	216,0	162,9	214,3	302,5	314,1	262,6	233,0	241,9	241,3	225,0	207,4
Distribución	LP3	LP3	P3	P3	P3	P3	LP3	P3	P3	LP3	LP3	LP3

**FIGURA 6.3-9**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN PUNTO DE CONTROL 1,**  
**SECTOR FRONTERA, TRAMO INICIAL**



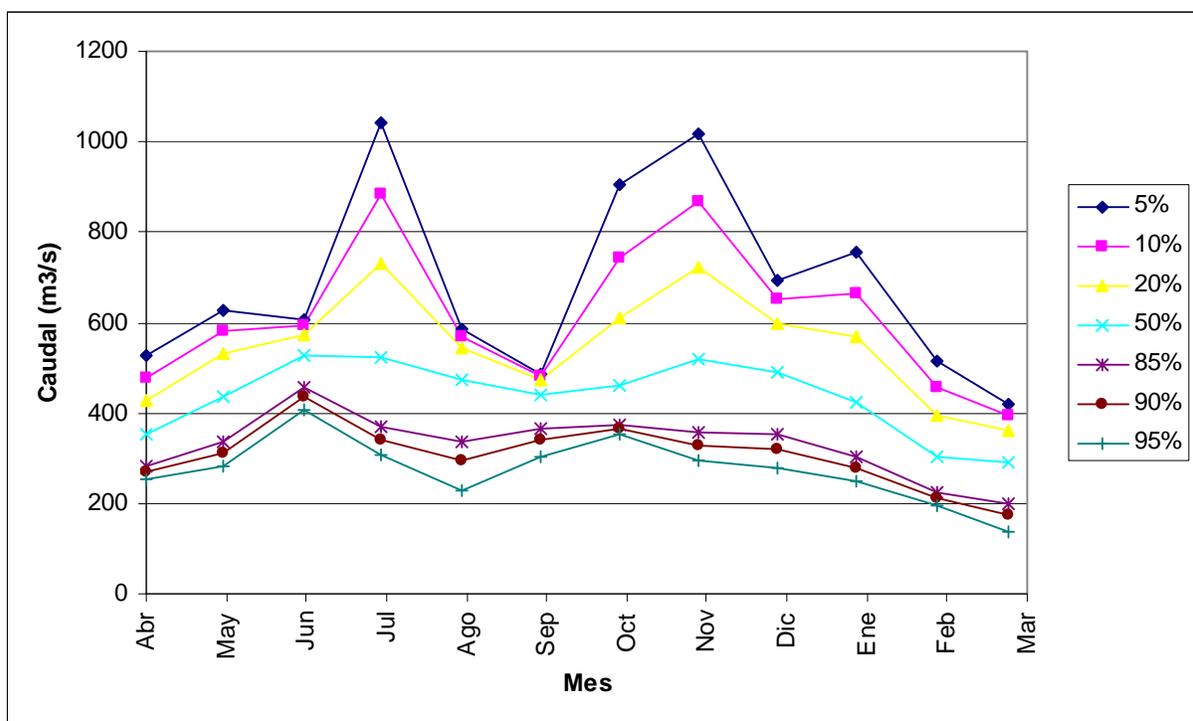
**FIGURA 6.3-10**  
**CURVA DE DURACIÓN EN PUNTO DE CONTROL 1,**  
**SECTOR FRONTERA, TRAMO INICIAL**



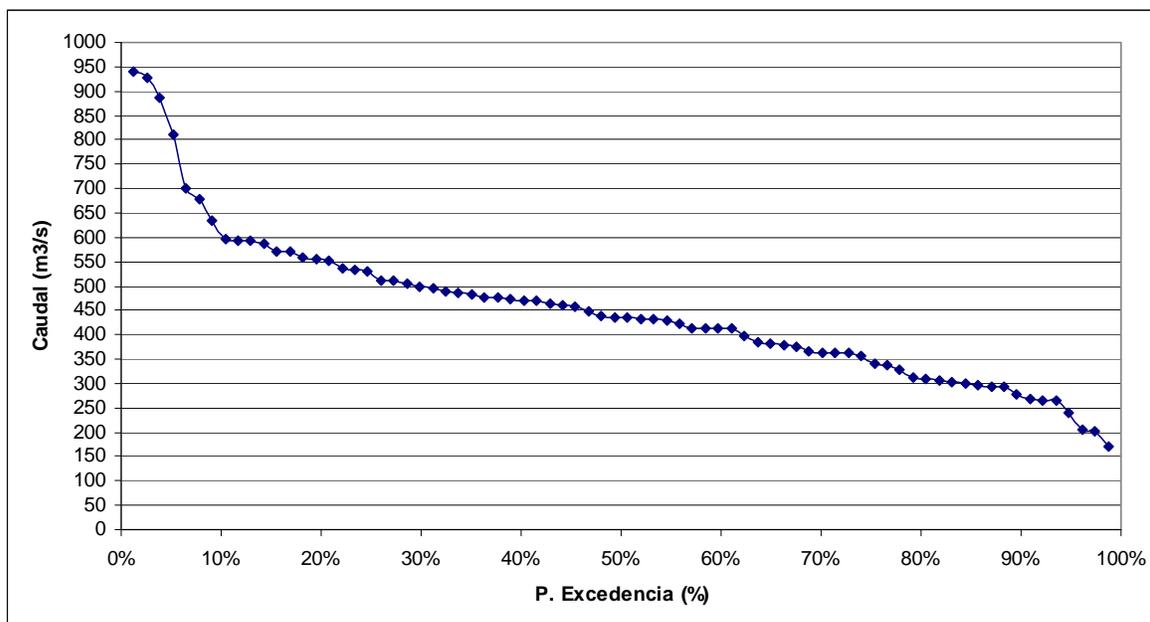
**CUADRO 6.3-16**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN PUNTO DE CONTROL 2,**  
**TRAMO MEDIO**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Excedencia	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s						
5%	757,4	516,3	418,1	525,7	625,8	607,3	1041,8	584,2	487,7	903,6	1016,9	695,3
10%	664,2	455,0	392,8	478,0	582,1	592,2	883,0	568,7	482,0	744,2	868,8	653,4
20%	568,2	393,0	360,4	428,0	530,5	571,8	730,6	543,9	471,6	610,0	722,9	599,2
50%	425,5	302,3	292,5	351,5	437,3	525,9	524,7	473,8	438,2	460,1	519,2	488,7
85%	302,8	226,0	197,7	282,8	334,5	455,7	368,4	337,8	365,3	375,7	358,0	351,8
90%	280,2	212,0	173,4	269,7	312,4	436,7	341,6	296,3	341,9	364,8	329,7	321,1
95%	250,1	193,5	136,0	252,0	281,2	406,7	307,2	227,3	302,1	352,9	292,9	277,5
Distribución	LP3	LP3	P3	LP3	LP3	P3	LP3	P3	P3	LP3	LP3	LP3

**FIGURA 6.3-11**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN PUNTO DE CONTROL 2,**  
**TRAMO MEDIO**



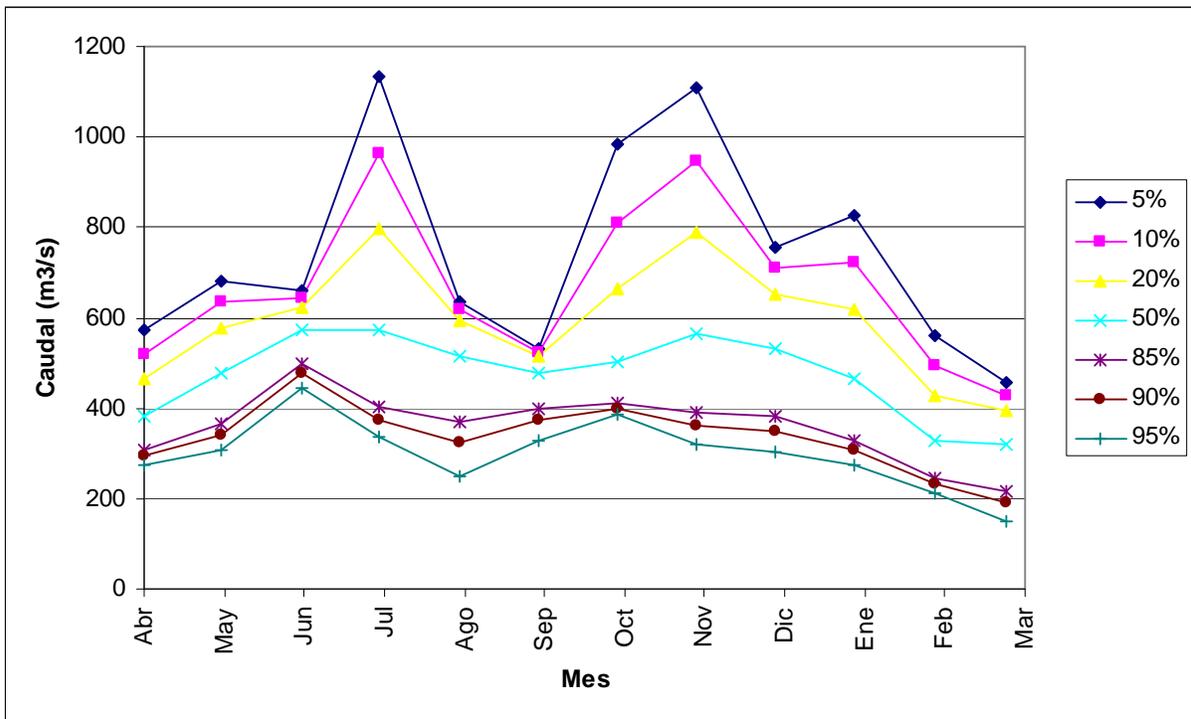
**FIGURA 6.3-12**  
**CURVA DE DURACIÓN EN PUNTO DE CONTROL 2,**  
**TRAMO MEDIO**



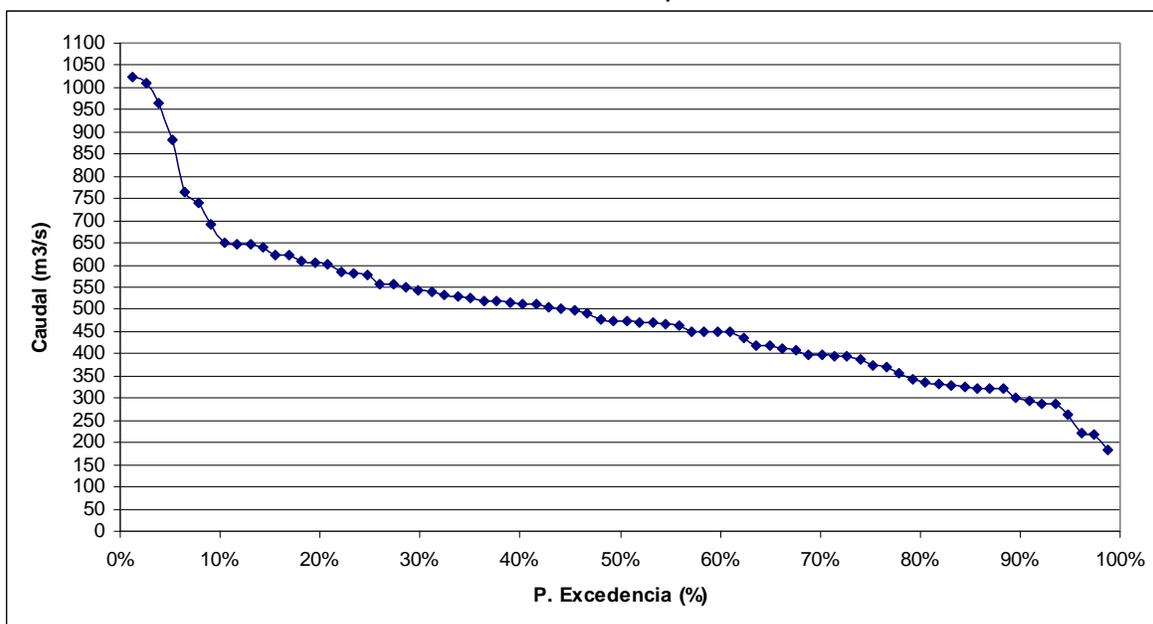
**CUADRO 6.3-17**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN PUNTO DE CONTROL 3,**  
**SECTOR LAGO YELCHO, TRAMO FINAL**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Excedencia	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s						
5%	825,3	562,5	455,6	572,9	681,9	661,7	1135,2	636,5	531,4	984,5	1108,0	757,6
10%	723,7	495,8	428,0	520,8	634,3	645,3	962,1	619,7	525,2	810,9	946,6	712,0
20%	619,2	428,2	392,7	466,4	578,1	623,1	796,0	592,6	513,9	664,7	787,7	652,9
50%	463,6	329,4	318,7	383,0	476,5	573,0	571,7	516,3	477,5	501,3	565,8	532,5
85%	330,0	246,3	215,4	308,2	364,5	496,5	401,4	368,1	398,1	409,4	390,1	383,4
90%	305,3	231,0	188,9	293,9	340,4	475,8	372,2	322,8	372,5	397,5	359,2	349,9
95%	272,5	210,8	148,2	274,6	306,4	443,2	334,7	247,7	329,2	384,6	319,2	302,4
Distribución	LP3	LP3	P3	LP3	LP3	P3	LP3	P3	P3	LP3	LP3	LP3

**FIGURA 6.3-13**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN PUNTO DE CONTROL 3,**  
**SECTOR LAGO YELCHO, TRAMO FINAL**



**FIGURA 6.3-14**  
**CURVA DE DURACIÓN EN PUNTO DE CONTROL 3,**  
**SECTOR LAGO YELCHO, TRAMO FINAL**



**d) Determinación de Caudales Ecológicos****i) Metodología**

Tal como fuera indicado para el caso del análisis del río Cochiguaz, las diferentes metodologías aplicadas ya fueron explicadas, de modo que no se volverán a repetir.

**ii) Resultados**

Según los procedimientos indicados anteriormente, se obtiene el siguiente cuadro resumen:

**CUADRO 6.3-18  
CAUDALES OBTENIDOS DE GRÁFICOS**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Qma (m3/s)	Q 347 (m3/s)	Q 330 (m3/s)
1	Río Futaleufú	Inicio	Frontera	362,7	224	232
2	Río Futaleufú	Medio	-	433,4	239	269
3	Río Futaleufú	Final	Lago Yelcho	472,3	261	293

Si bien para obtener el  $Q_{347}$  y  $Q_{330}$  se requiere un análisis de la estadística fluviométrica diaria, una buena aproximación a estos valores corresponden al  $Q_{95\%}$  y  $Q_{90\%}$ , respectivamente, obtenidos de la curvas de duración.

Con las consideraciones anteriores y la metodología antes señalada, se obtienen los siguientes caudales ecológicos.

- Métodos utilizados por la DGA (a), "Cauce con derechos constituidos con caudal ecológico mínimo del 10%  $Q_{ma}$ ".

**CUADRO 6.3-19  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (A),  
TRAMO 1 "INICIO", SECTOR RÍO FUTALEUFÚ EN LA FRONTERA**

Probabilidad excedencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
20% $Q_{ma}$	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5
10% $Q_{ma}$	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3
50% $Q_{95\%PE}$	109,8	108,0	81,4	107,2	151,3	157,1	131,3	116,5	120,9	120,6	112,5	103,7
Q ecológico	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5

**CUADRO 6.3-20**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (A),**  
**TRAMO 2 "INTERMEDIO"**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
20% Qma	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7
10% Qma	43,3	43,3	43,3	43,3	43,3	43,3	43,3	43,3	43,3	43,3	43,3	43,3
50% Q95%PE	125,0	96,7	68,0	126,0	140,6	203,4	153,6	113,6	151,0	176,5	146,5	138,8
Q ecológico	86,7	86,7	68,0	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7

**CUADRO 6.3-21**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (A),**  
**TRAMO 3 "FINAL", RÍO FUTALEUFÚ EN LAGO YELCHO**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
20% Qma	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5
10% Qma	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2
50% Q95%PE	136,2	105,4	74,1	137,3	153,2	221,6	167,4	123,8	164,6	192,3	159,6	151,2
Q ecológico	94,5	94,5	74,1	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5

- Métodos utilizados por la DGA (b), "Cauce con derechos constituidos con caudal ecológico mínimo del menor 50% del Q95%:".

**CUADRO 6.3-22**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (B),**  
**TRAMO 1 "INICIO", SECTOR RÍO FUTALEUFÚ EN LA FRONTERA**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
20% Qma	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5
min 50% Q95%PE	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4
50% Q95%PE	109,8	108,0	81,4	107,2	151,3	157,1	131,3	116,5	120,9	120,6	112,5	103,7
Q ecológico	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5

**CUADRO 6.3-23**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (B),**  
**TRAMO 2 "INTERMEDIO"**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
20% Qma	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7
min 50% Q95%PE	68,0	68,0	68,0	68,0	68,0	68,0	68,0	68,0	68,0	68,0	68,0	68,0
50% Q95%PE	125,0	96,7	68,0	126,0	140,6	203,4	153,6	113,6	151,0	176,5	146,5	138,8
Q ecológico	86,7	86,7	68,0	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7

**CUADRO 6.3-24**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (B),**  
**TRAMO 3 "FINAL", RÍO FUTALEUFÚ EN LAGO YELCHO**

Probabilidad excedencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
20% Qma	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5
min 50% Q95%PE	74,1	74,1	74,1	74,1	74,1	74,1	74,1	74,1	74,1	74,1	74,1	74,1
50% Q95%PE	136,2	105,4	74,1	137,3	153,2	221,6	167,4	123,8	164,6	192,3	159,6	151,2
Q ecológico	94,5	94,5	74,1	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5

- Método de Tennant

**CUADRO 6.3-25**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE TENNANT**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q eco (m3/s)	
				Q otoño-invierno	Q prim-verano
1	Río Futaleufú	Inicio	Frontera	72,5	145,1
2	Río Futaleufú	Medio	-	86,7	173,4
3	Río Futaleufú	Final	Lago Yelcho	94,5	188,9

Se consideró la salud del hábitat como buena.

- Método del Área Drenante

**CUADRO 6.3-26**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DEL ÁREA DRENANTE**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Área (km2)	Q ecológico (m3/s)
1	Río Futaleufú	Inicio	Frontera	7610	41,9
2	Río Futaleufú	Medio	-	8736	48,0
3	Río Futaleufú	Final	Lago Yelcho	9519	52,4

- Método de la Legislación Francesa

**CUADRO 6.3-27**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE LA LEGISLACIÓN FRANCESA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q eco (m3/s)
1	Río Futaleufú	Inicio	Frontera	36,3
2	Río Futaleufú	Medio	-	43,3
3	Río Futaleufú	Final	Lago Yelcho	47,2

- Método de la Legislación Suiza

**CUADRO 6.3-28**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE LA LEGISLACIÓN SUIZA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q eco (m3/s)
1	Río Futaleufú	Inicio	Frontera	78,4
2	Río Futaleufú	Medio	-	83,7
3	Río Futaleufú	Final	Lago Yelcho	91,4

- Método de la Legislación Asturiana

**CUADRO 6.3-29**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE LA LEGISLACIÓN ASTURIANA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Area (km2)	Q ec 1 (m3/s)	Q ec 2 (m3/s)	Q ec 3 (m3/s)	Qec I = Max(Qec1,2,3) (m3/s)	Q ec II (m3/s)	Q ec III (m3/s)
1	Río Futaleufú	Inicio	Frontera	7610	78,4	22,1	56,0	78,4	93,6	108,8
2	Río Futaleufú	Medio	-	8736	83,7	23,4	59,8	83,7	101,1	118,6
3	Río Futaleufú	Final	Lago Yelcho	9519	91,4	25,2	65,3	91,4	110,4	129,4

Se calcula a nivel de protección base II y III, debido a que la zona es de interés piscícola.

- Método del Programa de Caudales de Nueva Inglaterra.

**CUADRO 6.3-30**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DEL PROGRAMA DE CAUDALES DE NUEVA INGLATERRA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q ec 1 (m3/s)
1	Río Futaleufú	Inicio	Frontera	173,9
2	Río Futaleufú	Medio	-	169,7
3	Río Futaleufú	Final	Lago Yelcho	185,0

### iii) Recomendaciones

Como se aprecia en los cuadros de resultados, los distintos métodos dan estimaciones muy disímiles en algunos casos. Por tratarse de cuencas regidas por la legislación nacional, se hace primordial tener en cuenta las recomendaciones de la Dirección General de Aguas. En este sentido, se recomienda considerar el caudal ecológico según la distribución mensual indicada en el cuadro siguiente.

**CUADRO 6.3-31**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS RECOMENDADOS**

Q. Ecológico				Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ID	Cauce	Tramo	Sector	m3/s											
1	Río Futaleufú	Inicio	Frontera	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5
2	Río Futaleufú	Medio	-	86,7	86,7	68,0	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7
3	Río Futaleufú	Final	L.Yelcho	94,5	94,5	74,1	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5

### e) Consideraciones

- Se ha utilizado toda la información oficial existente y actualmente disponible en la Dirección General de Aguas, para la cuenca del río Futaleufú, en la determinación de caudales medios mensuales.

- Idealmente, para la determinación de caudales medios y ecológicos, se requiere disponer de 25 años de estadística. En este caso sólo se ha realizado la determinación con la información de caudales existentes.

- La extensión o relleno de caudales a través de información pluviométrica (modelo precipitación - escorrentía) en este caso, no es posible de efectuar en forma certera debido a la gran extensión de la cuenca. Para poder realizar este ejercicio en la cuenca del río Futaleufú, se necesitaría dividirla en varias subcuencas menores y obtener información pluviométrica y/o fluviométrica en cada una de éstas, datos que en la actualidad no existen.

- Al ser una cuenca binacional, se ha consultado la Estadística Hidrológica de La República Argentina, sin embargo estos datos no permiten trasponer caudales a la frontera debido a que existen varias cuencas sin control.

- En vista de las razones anteriormente expuestas, se considera que la determinación más certera es la efectuada a través del análisis estadístico, aunque sea con pocos datos. Para esto se tuvo la precaución de ajustar cada distribución, en su respectivo papel de probabilidad, en donde los datos ajustados debieran tener la forma de una recta. Es decir, para el caso de un buen ajuste, los datos debieran ajustarse a la misma recta en el caso de contar con un número mayor de registros.

- Sobre los caudales ecológicos, en la mayoría de los meses salvo marzo, corresponden al 20% del  $Q_{ma}$ , esto ocurre debido a que se obtienen  $Q_{90\%}$  y  $Q_{95\%}$  altos. En estos casos se considera una buena estimación debido a que el  $Q_{ma}$ , es muy estable, con poca desviación. En el caso del mes de marzo, se estima que para los Tramos "2" y "3", el valor de caudal ecológico corresponde al 50% del  $Q_{95\%}$ . Debido a la poca estadística existente los valores obtenidos en estos tramos parecen

algo extraños, ya que el caudal ecológico obtenido en el caso del Tramo "2" es menor que el Tramo "1", ubicado aguas arriba. Sin embargo son consistentes con la estadística oficial de la cuenca, que por ejemplo en el caso de marzo de 2006 indica un valor mayor para Río Futaleufú en la Frontera, que para Río Futaleufú antes junta Río Malito.

## **6.4 Hidrología Río Simpson**

### **6.4.1 Introducción**

La caracterización hidrológica del Río Simpson en los distintos puntos de control, se realizó en base a registros históricos de caudales medios mensuales, además de las precipitaciones representativas del sector en estudio. Esta información se obtuvo de distintos estudios y registros oficiales existentes para la zona.

### **6.4.2 Antecedentes Recopilados**

Para la elaboración del presente estudio se consultaron los siguientes antecedentes:

**Ref. 1** Hidrología Aplicada. Ven Te Chow – David Maidment – Larry Mays, McGraw-Hill, 1994.

**Ref. 2** Manual de Carreteras. Volumen 2 y 3. Dirección de Vialidad. Ministerio de Obras Públicas, 2001.

**Ref. 3** Cartografía del Instituto Geográfico Militar (IGM) escala 1:50.000.

**Ref. 4** Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua Según Objetivos de Calidad Cuenca del Río Aysen, Cade-Idepe – DGA, 2004.

**Ref. 5** Informe Preliminar Determinación del Potencial Hidroeléctrico XI Región y Provincia de Palena X Región, Dirección General de Aguas, 2007.

**Ref. 6** Balance Hídrico de Chile, Dirección General de Aguas, 1987.

**Ref. 7** Pluviometría de Chile, Dirección Meteorológica de Chile, 2005.

**Ref. 8** Cartografía Digital ARCVIEW, DGA.

**Ref. 9** Cartografía Digital Software Google Earth.

### 6.4.3 Pluviometría

Se recopilaron antecedentes de precipitaciones del sector en estudio. Estos corresponden a registros históricos de precipitaciones medias mensuales de las estaciones más cercanas a la hoya del Simpson.

Las estaciones pluviométricas existentes en la cuenca del Río Simpson corresponden a El Balseo, Coyhaique Alto, Coyhaique Escuela Agrícola y Coyhaique CONAF. La cuenca en estudio del presente informe, corresponde a la limitada por el Río Simpson antes junta Río Mañiguales. Por poseer una considerable cantidad de registros y al estar emplazada en un lugar representativo de la cuenca, se recurrió a la información de la estación pluviométrica Coyhaique Escuela Agrícola, de la Dirección General de Aguas (DGA). Estos registros datan de 1984 y se detallan en los cuadros a continuación:

**CUADRO 6.4-1  
UBICACIÓN DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS CERCANAS**

CODBNA	NOMBRE	ESTE	NORTE	DATUM	HUSO	ALTURA	VIGENCIA
11318002-1	EL BALSEO	226.685	4.966.076	1956	19	150	Vigente
11316004-7	COYHAIQUE ALTO	296.802	4.959.972	1956	19	770	Vigente
11316003-9	COYHAIQUE (ESCUELA AGRICOLA)	263.283	4.949.520	1956	19	343	Vigente
11317005-0	COYHAIQUE CONAF	262.058	4.947.627	1956	19	340	Vigente

**CUADRO 6.4-2  
PRECIPITACIONES (mm) MENSUALES ESTACIÓN COYHAIQUE ESCUELA  
AGRÍCOLA (DGA)**

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Tot. Anual
1984	47,1	63,2	16,9	56,9	98,2	87	48,5	28,9	42,8	127,6	36,7	26,2	680
1985	34	41	27,2	95,5	211,5	145,2	43,8	82,4	129,9	41,7	55,5	24,5	932,2
1986	63	22,9	84,8	123,9	100,9	129,2	148,7	31,4	70,4	30	47,5	23,8	876,5
1987	34,3	13,8	51	45	73,6	99,4	129,9	53,7	48,2	37,2	49,4	46,9	682,4
1988	27,5	7,8			0	202,4	18,1	86,1	8,7	54	25,3	70,6	n.c
1989	35,3	25,2	36,8	126,3	21,7	117,2	55,9	140,6	15,8	16,9	31,2	162,4	785,3
1990	40,4	16,6	55,9	64,3	202,6	148,9	86,6	114,2	88,1	66	52,4	26,2	962,2
1991	40,4	47,2	50,9	77,6	137,6	49,2	138,9	79,8	108,9	50,3	61,7	77,3	919,8
1992	17,1	34,1	64,4	63,9	86,8	112,4	29,6	53	68,6	155	36,7	64,8	786,4
1993	42,1	22,4	126,3	82,2	116,3	131,1	82	91,9	36,5	25,4	42,7	60,7	859,6
1994	68,5	29,4	19,1	88,1	223,2	149,8	115	124,7	125,1	21	55,8	42,6	1062,3
1995	26,4	51,2	135,3	90,6	145,7	117,5	227,3	72,1	30,6	46,9	16,9	18,7	979,2
1996	11,2	57,7	90,1	171,3	100,2	88,7	82,2	292,8	30	52,6	57,1	47,9	1081,8
1997		30,1	35,4	162,1	28,2	149,6	195,1	209,9	31,6	104	48,8	23,2	n,c,
1998	79,5	4	50,2	31,7	64,5	57,7	256,5	63	17,4	39	36,5	63,3	763,3
1999	36,8	55,9	56,3	25,7	43,9	178,6	120	82	65,8	54,4	33,9	44,6	797,9

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Tot. Anual
2000	42,4	31,5			36,6	133,5	98,5	38,9	105	53,8	56,7	132,7	n.c
2001	156,5	83,9	150,6	27,2	113,6	106,3	101,6	109,4	46,1	12,5	35,1	40,9	983,7
2002	58,9	76,1	115,7		113,2	103	78,2	136,5	101,9	129,4	97,2	71,8	n.c
2003	63,2	26	30,6	21,1	84,3		42,5			228,1	79,4	50,4	n.c
2004	12,4	7,5	47,2	220,3	20,7	234,5	106,6	30,9	77,1	83,4	40,4	77,9	958,9
2005	44,6	13,1	114,4	123,8	212,4	132,4	45,2	71,1	11,9	76,5	103,1	3,6	952,1
2006	87,7	23,9	98,6	113,7	78	113,9	182,7	89,7	47,1	100,1	45,7	111,9	1093
2007							60,4	40	48,7	82,9	17,3	30,3	n.c
2008	50,1	23,6	12,5	143,2	87	181,5	127,2	74,9	13,2	27,4	101,4	11,5	853,5
P.M.M	49,6	35,0	68,3	89,6	107,8	124,6	106,7	88,7	61,0	67,1	53,3	55,9	895,3

Como se aprecia, la estación Coyhaique Escuela Agrícola posee algunos meses sin información completa. A pesar de esto se cuenta con 20 años de información completa lo cual será de utilidad para utilizar los métodos indicados en los puntos posteriores de este informe.

#### 6.4.4 Fluviometría

El principal objetivo del estudio fluviométrico es la generación de caudales medios mensuales en cada una de las subcuencas en estudio.

Debido a que la cuenca del Río Simpson cuenta con control fluviométrico, se utilizará esta información para generar caudales medios mensuales a través de transposición por unidad de área y precipitación media. Los registros oficiales fueron obtenidos de la Dirección General de Aguas.

Para la cuenca del Río Simpson, la institución posee las estaciones Río Huemules frente Cerro Galera, Río Oscuro en Camino Cerro Portezuelo, Río Blanco Chico antes junta Oscuro, Río Blanco antes junta Huemules, Río Pollux antes junta Simpson, Río Claro en Piscicultura, Río Claro arriba junta con Simpson, Río Claro en el Puente, Río Coyhaique en Tejas Verdes, Río Simpson bajo Junta Coyhaique y Río Simpson antes junta Río Mañiguales.

La cuenca en estudio corresponde a la limitada por el Río Simpson antes junta con Río Mañiguales. Se considera el análisis de la estación Río Simpson bajo junta Río Coyhaique, debido a que es la única vigente en el Río Simpson, y además, por contar con una longitud estadística, si bien no óptima pero suficiente para poder aplicar análisis estadísticos. Los registros de la estación datan desde enero de 1984. La estadística de caudales medios mensuales se presenta en los cuadros siguientes:

**CUADRO 6.4-3  
UBICACIÓN DE ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS EN LA CUENCA DEL  
RÍO SIMPSON**

CODBNA	NOMBRE	ESTE	NORTE	DATUM	HUSO	VIGENCIA
11310001-K	RIO HUEMULES FRENTE CERRO GALERA	284.335	4.920.200	1956	19	Vigente
11310002-8	RIO OSCURO EN CAMINO CO. PORTEZUELO	290.067	4.911.660	1956	19	Vigente
11310003-6	RIO BLANCO CHICO ANTES JUNTA OSCURO	288.847	4.915.001	1956	19	Vigente
11312001-0	RIO BLANCO ANTES JUNTA HUEMULES	273.500	4.922.635	1956	19	Vigente
11314001-1	RIO POLLUX ANTES JUNTA SIMPSON	257.297	4.943.064	1956	19	Suspendida
11315001-7	RIO CLARO EN PISICULTURA	259.297	4.948.724	1956	19	Vigente
11315002-5	RIO CLARO ARRIBA JTA CON SIMPSON	258.424	4.947.505	1956	19	Suspendida
11315003-3	RIO CLARO EN EL PUENTE	256.241	4.947.032	1956	19	Suspendida
11316001-2	RIO COYHAIQUE EN TEJAS VERDES	263.151	4.949.997	1956	19	Vigente
11317001-8	RIO SIMPSON BAJO JUNTA COYHAIQUE	260.591	4.951.547	1956	19	Vigente
11318001-3	RIO SIMPSON ANTES JTA RIO MAÑIGUALES	227.254	4.966.230	1956	19	Suspendida

**CUADRO 6.4-4  
CAUDALES MEDIOS MENSUALES ESTACIÓN RÍO SIMPSON BAJO JUNTA RÍO  
COYHAIQUE**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1969				38,49@	121,45	39,47	70,26	83,73	74,87	95,77	95,72	50,24	n,c
1970	27,14	21,19	17,22	20,62	71,35	54,6	76,15	72,43	96,58	89,08	78,67	64,81	57,49
1971	34,12	22,94	18,92	22,41	18,74	19,82	98,39	103,76	132,04	141,85	60,30%	42,15	59,62
1972	54,21	45,46	22,78	41,02	65,45	60,57%	40,39%	52,17 *	61,14@	100,28@	91,17	32,38	n,c
1973	37,88 *												n,c
1974													n,c
1975													n,c
1976													n,c
1977													n,c
1978													n,c
1979													n,c
1980													n,c
1981													n,c
1982													n,c
1983													n,c
1984													n,c
1985		18,78 *	8,91	24,79	39,63	70,11%	57,86	64,95	104,3	89,8	82,73	36,27	n,c
1986	21,97	14,32	25	37,81	56,56	58,48	110,95%	52,52	57,65	87,3	43,03	32,42	49,83
1987	16,97	10,11	8,42	9,42 *	17,35%	40,92	30,71	38,34	45,42%	61,65	38,52	19,82	n,c
1988	11,63	4,78	10,92	18,8	13,29	28,3	30,29	26,67	34,9	43,56	49,63	29,39	25,18
1989	18,53	8,73	7,39	39,29	18,64	39,65	41,98	53,34	51,04	65,36	44,31	67,05	37,94
1990	25,35	15,83 *		14,38@	53,84	119,98	97,45	97,23	80,28	90,31	56,85	43,51	n,c
1991	21,61	12,87	18,69	24,91	34,75	26,5	51,06	63,17%	113,67	92,49	91,94	50,07%	50,14
1992	26,41%				17,13%	17,2	14,98%	37,29	46,53	92,18	125,34	55,19	n,c

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1993	28,82	19,09	9,38@				46,33 *	68,96	49,28	40,43	25,96	26,56	n.c
1994	14,39	18,24	5,33	8,54	64,37	133,23*		70,21	59,73@	78,21%	70,99	50,19	N.c
1995	22,61	12,32	12,15	34,05	51	58,61	95,95	57,19	62,25	81,49	67,43	33,11	49,01
1996	8,91	12,57	12,11%			30,25 *	40,43%	118,67%	90,48@	67,44@	60,88@	41,99 *	n.c
1997			7,32@	25,88	25,02	34,41	99,93	150,35	84,93	72,69	56,89	28,92	n.c
1998	30,66	7,87@	8,77	3,95@	22,92	23,96	109,3	87,35	34,39	65,48	52,05	55,45 *	n.c
1999	11,86%	12,13	12,58@	13,08	19,8	29,99	39,84	84,47	71,33	83,90%			n.c
2000	4,50 *		17,30 *										n.c
2001													n.c
2002													n.c
2003													n.c
2004												42,56%	n.c
2005	26,41	11,65@	28,59%	22,7	57,76%	97,95	63,67	54,81	80,85	135,25	102,81	55,15	n.c
2006	34,95	15,89	32,79	38,2	41,9	39,69	93,07	86,54	76,89	79,2	88,64	65,53	57,77
2007	46,98	14,67%	10,18	22,8	20,83	20,73	27,35	24,05	52,83	91,19@	58,03	38,76%	n.c
2008	23,62	9,23%	7,24%	29,64%		53,99%	107,55	58,34	65,27	67,04	83,83		n.c
Prom	25,36	15,91	15,02	26,53	41,59	46,75	66,55	70,65	70,77	82,65	69,75	43,20	48,37

\* : 1 - 10 Días con información en el mes

@ : 11 - 20 Días con información en el mes

% : más de 20 días con información en el mes

El caudal medio mensual, se calculó promediando sólo los años con información mensual con más de 20 días de información.

#### a) Generación de Caudales Medios Mensuales

Si bien la estadística en la cuenca del Río Simpson no cuenta con 25 años de información hidrológica completa, se considera que la existente es suficiente para efectuar una correcta caracterización hidrológica de la zona. Por esto, sería erróneo basar el análisis hidrológico del Río Simpson en otras aproximaciones o estimaciones indirectas de caudales; debido a que la cuenca es importante, por su tamaño, ubicación y tipos de cauces que llegan a él, haciendo del Simpson un sistema complejo de estudiar.

#### i) Análisis de Frecuencia

Con la estadística señalada en Cuadro 6.4-4, se aplican los métodos de distribución, empleados comúnmente en estudios hidrológicos en nuestro país, con el objeto de determinar el caudal medio mensual según probabilidad de excedencia. Dichas distribuciones son las siguientes: Normal, Log-Normal, Gumbel, Pearson y Log-Pearson tipo III.

Para ajustar de mejor manera la información hidrológica de la estación fluviométrica, se recurrirá al análisis gráfico a través de gráficos de probabilidad. En el caso de muestras superiores a 20 datos se consulta la aplicación del test Chi-Cuadrado.

**b) Caudales Medios Mensuales y Anuales, en Estación Fluviométrica Río Simpson bajo junta Río Coyhaique.**

Con la metodología señalada en puntos anteriores se procede al cálculo de caudales medios mensuales y anuales, según la estadística de Cuadro 6.4-4. Los resultados obtenidos son los siguientes:

**CUADRO 6.4-5  
CAUDAL MEDIO ANUAL EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA  
RÍO SIMPSON BAJO JUNTA RÍO COYHAIQUE**

Parámetro	m3/s
Caudal Medio Anual	48,37
Desviación Estándar	11,65
Máximo (1971)	59,62
Mínimo (1988)	25,18

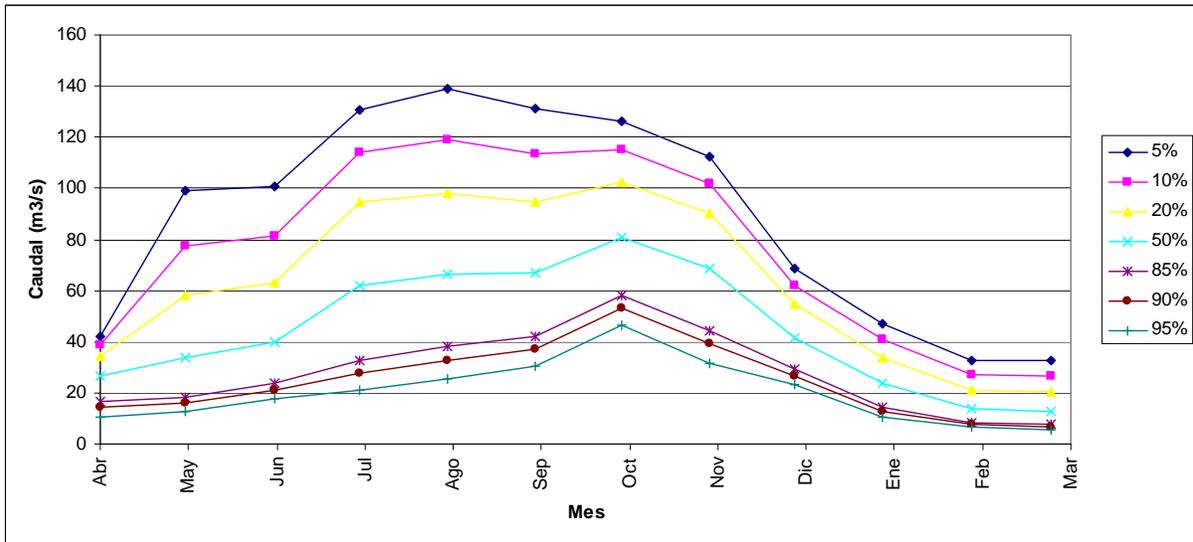
Para la obtención de estos valores sólo se consideraron los años calendarios con información hidrológica completa o cuya estadística media mensual se encuentre con al menos 20 días de registros.

**CUADRO 6.4-6  
CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO  
SIMPSON BAJO JUNTA RÍO COYHAIQUE**

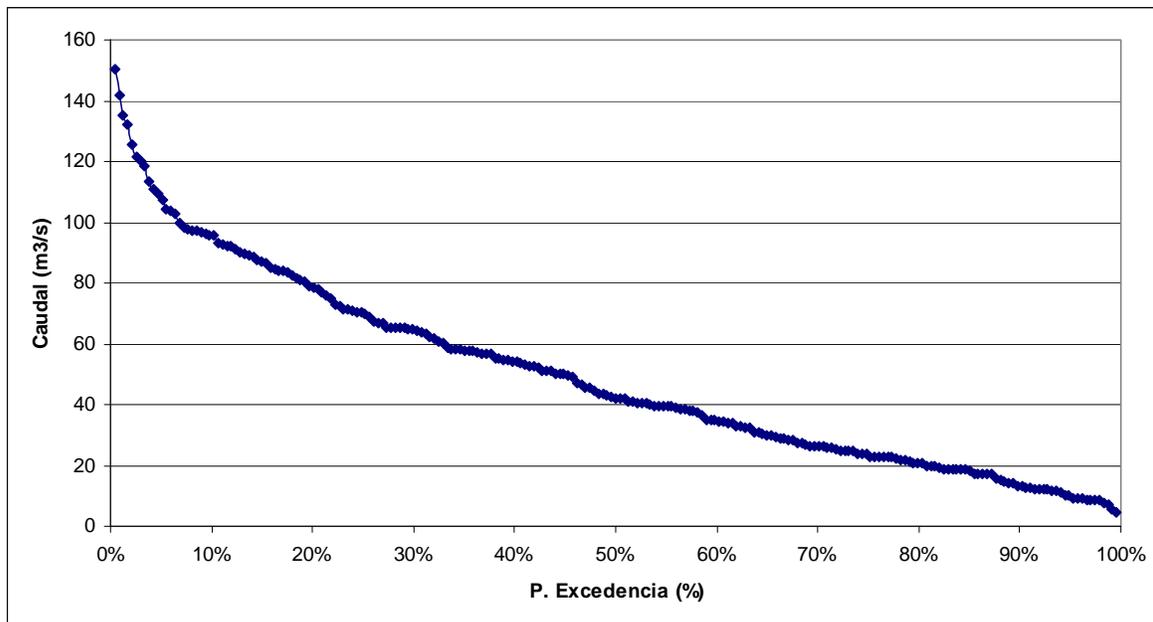
Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
5%	47	33	33	42	99	101	131	139	131	126	112	69
10%	41	27	26	39	78	81	114	119	113	115	102	62
20%	34,0	21,3	20,5	34,5	57,9	63,1	94,4	97,8	94,9	102,7	90,0	54,5
50%	24	14	13	27	34	40	62	66	67	81	68	42
85%	14	8	8	17	18	24	33	38	42	58	44	29
90%	13	8	7	14	16	21	27	33	37	53	39	27
95%	11	6	6	11	13	18	21	25	31	47	32	23
Distribución	LP3	LP3	LP3	P3	LP3	LP3	LP3	G	G	LP3	P3	LP3
R2	0,9748	0,9258	0,9752	0,9593	0,9514	0,9842	0,9559	0,9800	0,9928	0,9220	0,9821	0,9803
Promedio	25,4	15,9	15,0	26,5	41,6	46,7	66,6	70,7	70,8	82,7	69,8	43,2
Desv. Est.	11,3	9,2	8,2	9,5	26,8	26,4	31,7	30,0	26,3	24,6	24,6	13,7
Max.	54,2	45,5	32,8	41,0	121,5	120,0	111,0	150,4	132,0	141,9	125,3	67,1
Min.	8,9	4,8	5,3	8,5	13,3	17,2	15,0	24,1	34,4	40,4	26,0	19,8
N	20	16	17	16	20	20	21	22	20	20	21	20

Para la obtención de estadígrafos de los caudales medios mensuales se consideraron todos los meses con información hidrológica completa o que tuviera al menos 20 días con registros.

**FIGURA 6.4-1**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO SIMPSON BAJO JUNTA RÍO COYHAIQUE**



**FIGURA 6.4-2**  
**CURVA DE DURACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO SIMPSON BAJO JUNTA RÍO COYHAIQUE**



Como se aprecia en la Figura 6.4-1 el río presenta sus mayores caudales medios en el periodo julio – octubre, indicando una importante componente pluvial en la escorrentía.

Con respecto a la curva de duración, esta fue confeccionada considerando los meses con información hidrológica completa o que tuvieran al menos 20 días de registros, utilizando el procedimiento de Weibull indicado en Ref.2.

### c) Caudales Medios Mensuales y Anuales en Puntos de Control

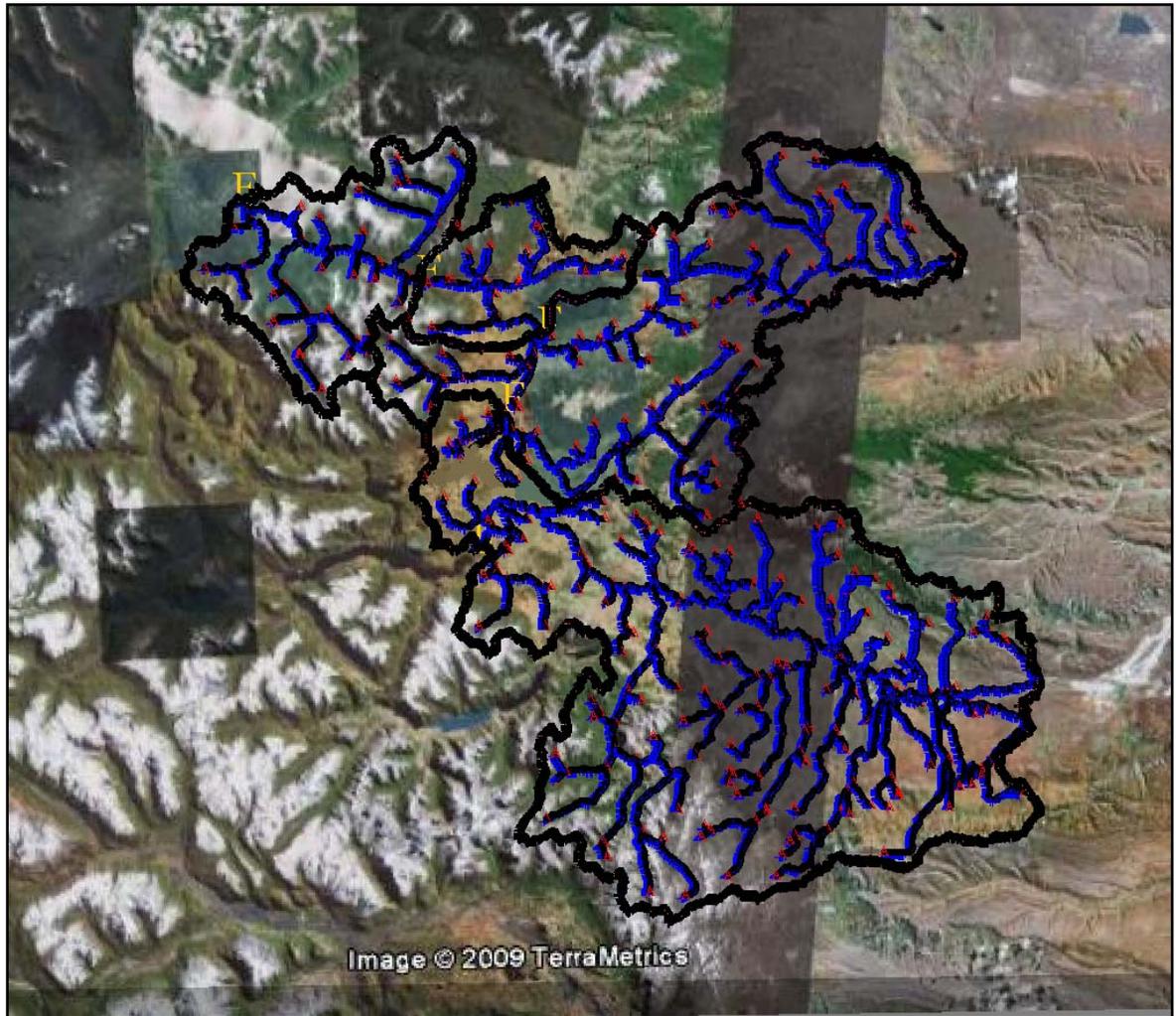
Se han establecido 3 puntos de control en el cual se solicita calcular caudales medios mensuales, estos se indican en el cuadro siguiente:

**CUADRO 6.4-7  
PUNTOS DE CONTROL SOBRE EL RÍO SIMPSON**

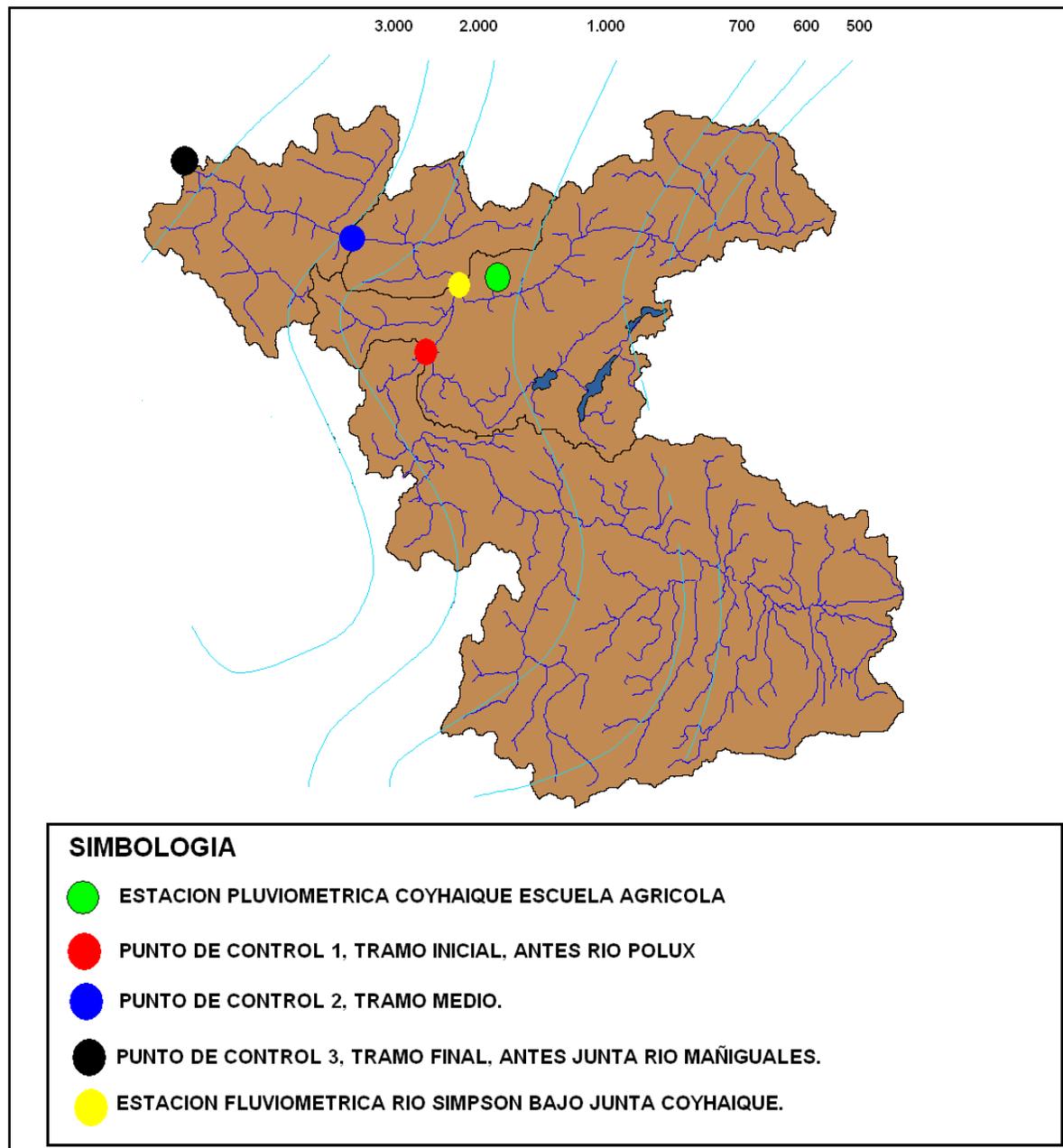
ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Norte	Este	Huso	Datum
1	Río Simpson	Inicio	A. Jta Polux	724.439	4.943.705	18	WGS 1984
2	Río Simpson	Medio	-	715.863	4.958.242	18	WGS 1984
3	Río Simpson	Final	A. Jta. Mañiguales	695.699	4.968.857	18	WGS 1984

Para calcular caudales con el método de transposición en estos puntos de control, se requiere conocer el área y precipitación media para cada una de las cuencas. Para esto se procedió a delimitar las cuencas y superponer las isoyetas indicadas en Ref. 6. El resultado de este ejercicio se presenta a continuación:

**FIGURA 6.4-3  
DELIMITACIÓN DE SUBCUENCAS SIMPSON**



**FIGURA 6.4-4**  
**DELIMITACIÓN DE CUENCAS EN PUNTOS DE CONTROL**



De las figuras presentadas se extrae la siguiente información:

**CUADRO 6.4-8  
ÁREAS APORTANTES A PUNTOS DE CONTROL**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	P. Media(mm)	Área (km2)
1	Río Simpson	Inicio	A. Jta Polux	850	1.845
2	Río Simpson	Medio	-	900	3.282
3	Río Simpson	Final	A. Jta. Mañiguales	1.150	3.712
-	Río Simpson	Est. Fluv.	Simpson bajo Coyhaique	880	3.022

Con respecto a las precipitaciones, las isoyetas de precipitación media anual presentan valores un poco mayores con respecto a los registros de precipitación de la estación pluviométrica Coyhaique Escuela Agrícola. A pesar de esto se considera confiable la fuente de información gráfica, ya que la discrepancia es sólo cercana al 10%.

Para efecto de transposición de caudales, se utilizó la siguiente metodología:

$$Q_x = P_x \cdot A_x / (P_{Est} \cdot A_{Est}) \cdot Q_{Est}$$

En donde :

$Q_x$  = Caudal en punto de control x. (m3/s)

$P_x$  = Precipitación media en la cuenca x. (mm)

$A_x$  = Área aportante a la cuenca x. (km2)

$P_{Est}$  = Precipitación media de la cuenca controlada por la estación fluviométrica (mm)

$A_{Est}$  = Área aportante a la cuenca de la estación fluviométrica. (km2)

$Q_{Est}$  = Caudal en estación fluviométrica. (m3/s)

Con esto los caudales medios mensuales y anuales son los que se indican a continuación:

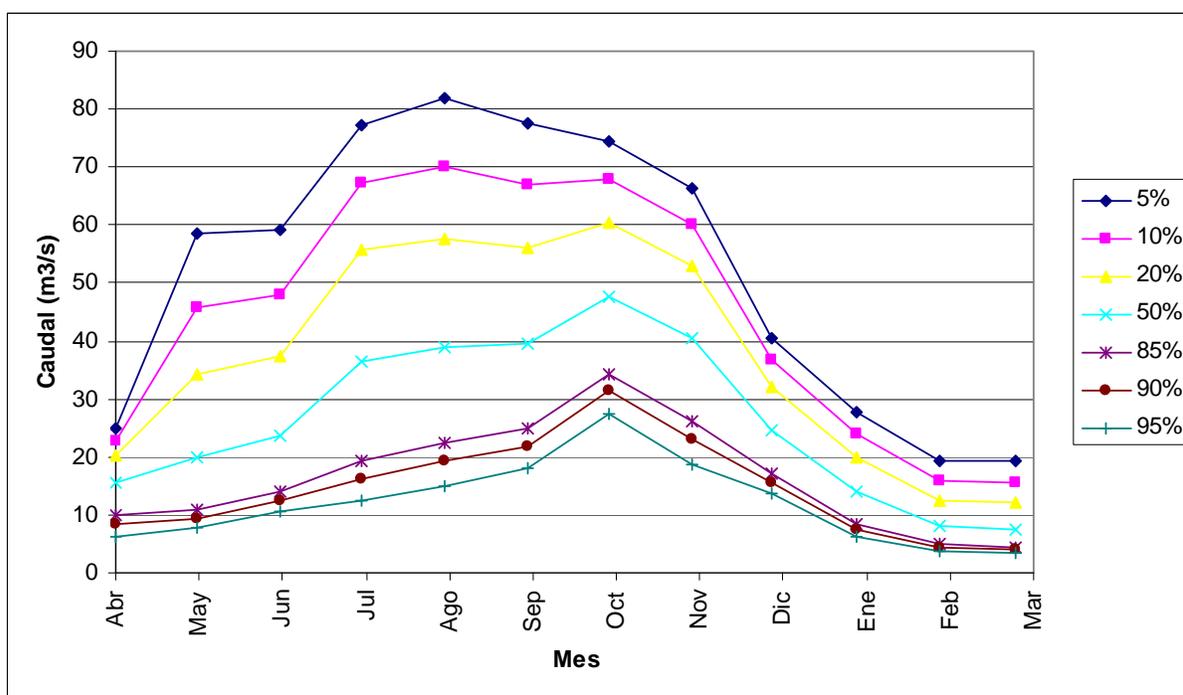
**CUADRO 6.4-9  
CAUDALES MEDIOS ANUALES EN PUNTOS DE CONTROL**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Area (km2)	Q medio (m3/s)
1	Río Simpson	Inicio	A. Jta Polux	1.845	28,52
2	Río Simpson	Medio	-	3.282	53,73
3	Río Simpson	Final	A. Jta. Mañiguales	3.712	77,64

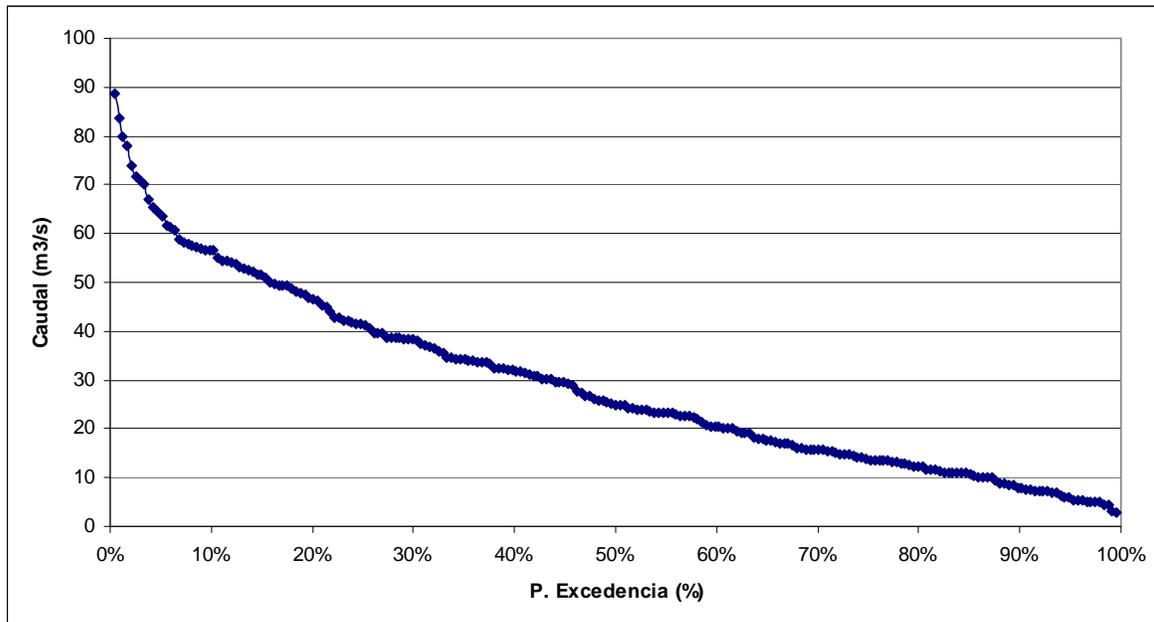
**CUADRO 6.4-10**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN PUNTO DE CONTROL 1,**  
**SECTOR ANTES JUNTA RÍO POLUX, TRAMO INICIAL**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Excedencia	m3/s											
5%	28	19	19	25	59	59	77	82	77	74	66	41
10%	24	16	16	23	46	48	67	70	67	68	60	37
20%	20	13	12	20	34	37	56	58	56	61	53	32
50%	14	8	8	16	20	24	37	39	39	48	40	25
85%	8	5	4	10	11	14	19	22	25	34	26	17
90%	7	4	4	8	9	12	16	19	22	31	23	16
95%	6	4	3	6	8	11	12	15	18	28	19	14
Distribución	LP3	LP3	LP3	P3	LP3	LP3	LP3	G	G	LP3	P3	LP3

**FIGURA 6.4-5**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN PUNTO DE CONTROL 1,**  
**SECTOR ANTES JUNTA RÍO POLUX, TRAMO INICIAL**



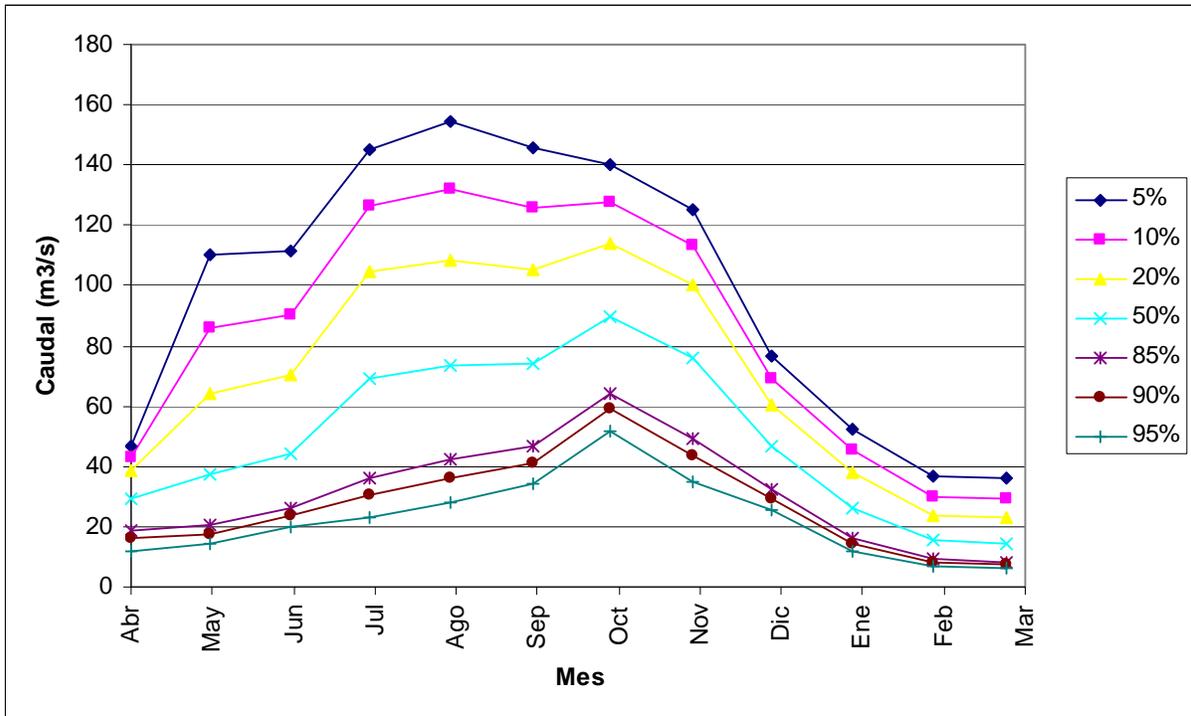
**FIGURA 6.4-6**  
**CURVA DE DURACIÓN EN PUNTO DE CONTROL 1,**  
**SECTOR ANTES JUNTA RÍO POLUX, TRAMO INICIAL**



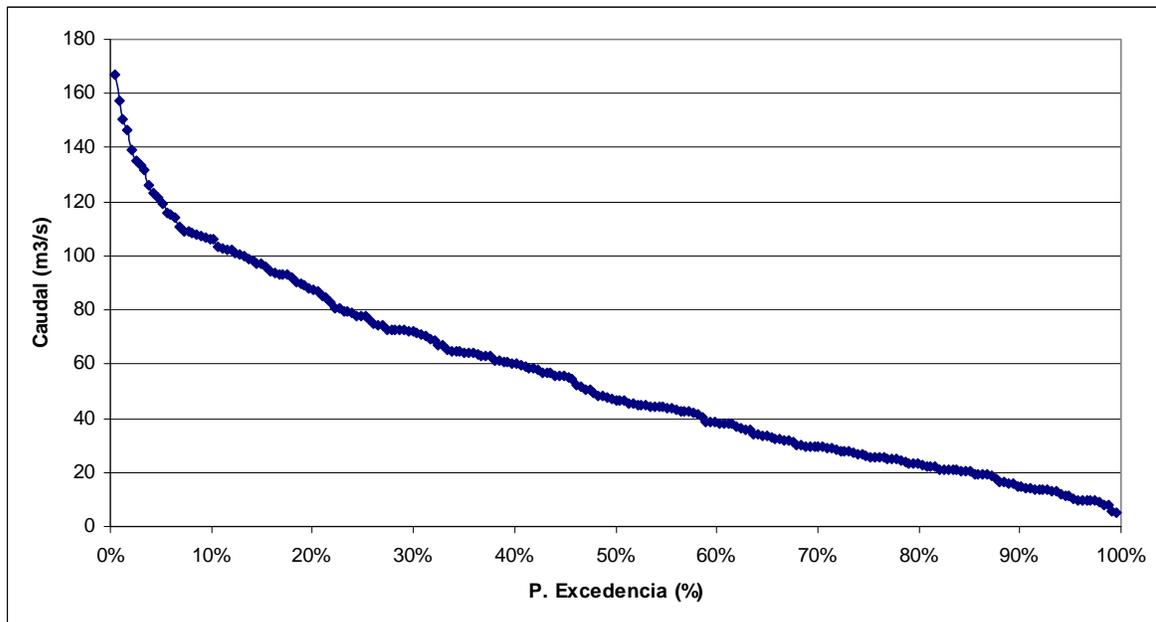
**CUADRO 6.4-11**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN PUNTO DE CONTROL 2,**  
**TRAMO MEDIO**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Excedencia	m3/s											
5%	52	36	36	47	110	112	145	154	146	140	125	76
10%	45	30	29	43	86	90	126	132	126	128	113	69
20%	38	24	23	38	64	70	105	109	105	114	100	61
50%	26	15	14	30	38	44	69	74	74	90	76	46
85%	16	9	8	19	20	26	36	42	47	64	49	32
90%	14	8	7	16	18	23	30	36	41	59	43	30
95%	12	7	6	12	14	20	23	28	34	52	35	26
Distribución	LP3	LP3	LP3	P3	LP3	LP3	LP3	G	G	LP3	P3	LP3

**FIGURA 6.4-7**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN PUNTO DE CONTROL 2,**  
**TRAMO MEDIO**



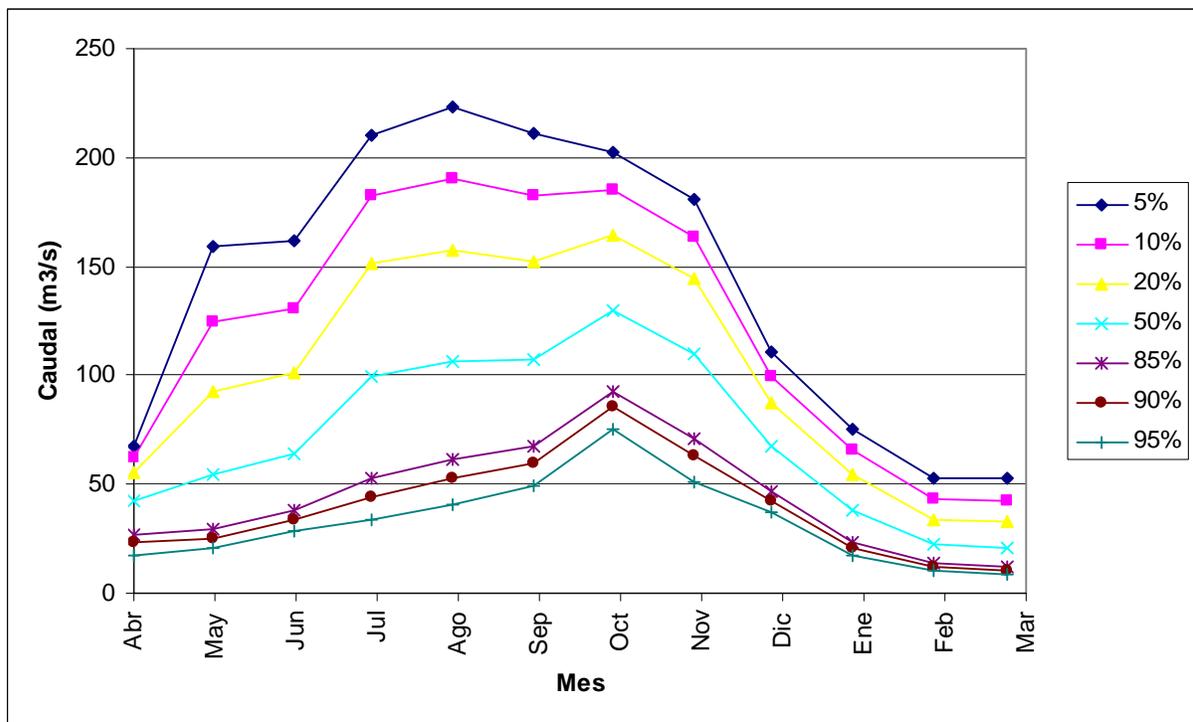
**FIGURA 6.4-8**  
**CURVA DE DURACIÓN EN PUNTO DE CONTROL 2,**  
**TRAMO MEDIO**



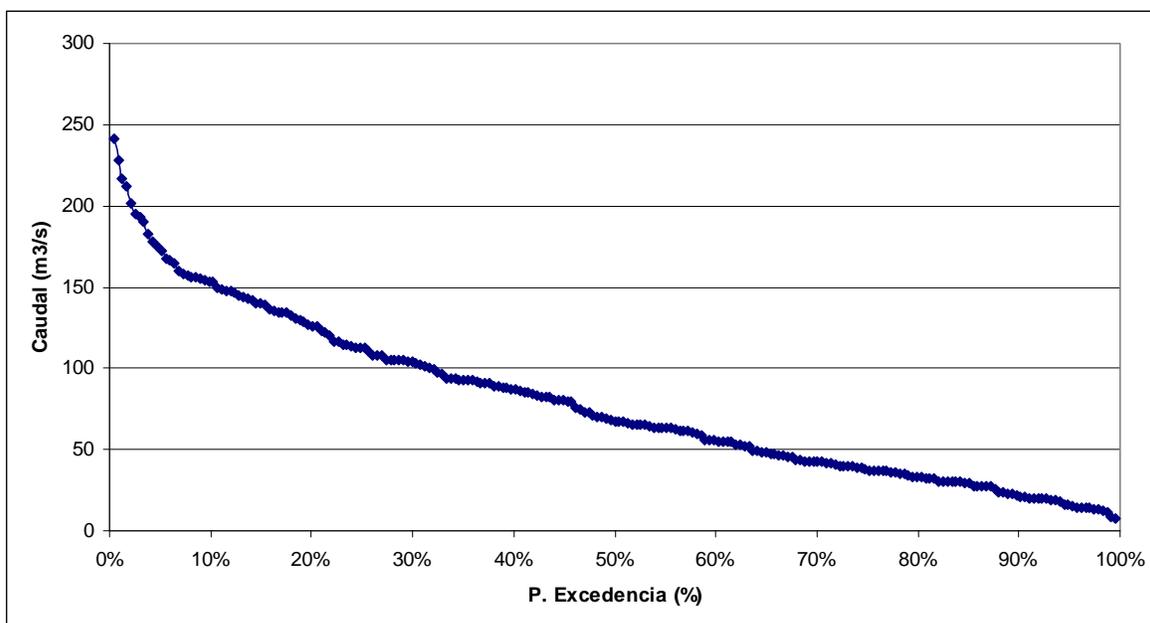
**CUADRO 6.4-12**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN PUNTO DE CONTROL 3,**  
**SECTOR ANTES JUNTA RÍO MAÑIGUALES, TRAMO FINAL**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Excedencia	m3/s											
5%	75	53	52	67	159	161	210	223	211	202	180	110
10%	65	43	42	62	124	130	183	191	182	185	164	100
20%	55	34	33	55	93	101	152	157	152	165	144	88
50%	38	22	21	43	54	64	100	106	107	130	110	67
85%	23	14	12	27	29	38	52	61	67	93	71	47
90%	20	12	11	23	26	34	44	52	60	85	63	43
95%	17	10	9	17	21	29	34	41	49	75	51	37
Distribución	LP3	LP3	LP3	P3	LP3	LP3	LP3	G	G	LP3	P3	LP3

**FIGURA 6.4-9**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN PUNTO DE CONTROL 3,**  
**SECTOR ANTES JUNTA RÍO MAÑIGUALES, TRAMO FINAL**



**FIGURA 6.4-10**  
**CURVA DE DURACIÓN EN PUNTO DE CONTROL 3,**  
**SECTOR ANTES JUNTA RÍO MAÑIGUALES, TRAMO FINAL**



**d) Determinación de Caudales Ecológicos**

**i) Metodología**

Tal como fuera indicado para el caso del análisis del río Cochiguaz, las diferentes metodologías aplicadas ya fueron explicadas, de modo que no se volverán a repetir.

**ii) Resultados**

Según los procedimientos señalados en la metodología, se obtienen los siguientes caudales de las curvas y cuadros presentados:

**CUADRO 6.4-13**  
**CAUDALES OBTENIDOS DE GRÁFICOS**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Qma (m³/s)	Q 347 (m³/s)	Q 330 (m³/s)
1	Río Simpson	Inicio	A. Jta Polux	28,52	5,6	7,8
2	Río Simpson	Medio	-	53,73	10,7	14,6
3	Río Simpson	Final	A. Jta. Mañiguales	77,64	15,2	21,1

Si bien para obtener el  $Q_{347}$  y  $Q_{330}$  se requiere un análisis de la estadística fluviométrica diaria, una buena aproximación a estos valores corresponden al  $Q_{95\%}$  y  $Q_{90\%}$ , respectivamente, obtenidos de la curvas de duración.

Con las consideraciones anteriores y la metodología antes señalada, se obtienen los siguientes caudales ecológicos.

- Métodos utilizados por la DGA (a), "Cauce con derechos constituidos con caudal ecológico mínimo del 10%  $Q_{ma}$ ".

**CUADRO 6.4-14**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (A),**  
**TRAMO 1 "INICIAL", SECTOR ANTES JUNTA RÍO PÓLUX**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% $Q_{ma}$	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
10% $Q_{ma}$	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
50% $Q_{95\%PE}$	3,1	1,9	1,6	3,2	3,8	5,3	6,2	7,5	9,0	13,8	9,3	6,8
Q ecológico	3,1	2,9	2,9	3,2	3,8	5,3	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7

**CUADRO 6.4-15**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (A),**  
**TRAMO 2 "INTERMEDIO"**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% $Q_{ma}$	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7
10% $Q_{ma}$	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
50% $Q_{95\%PE}$	5,8	3,6	3,1	6,0	7,2	9,9	11,6	14,1	17,0	25,9	17,6	12,8
Q ecológico	5,8	5,4	5,4	6,0	7,2	9,9	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7

**CUADRO 6.4-16**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (A),**  
**TRAMO 3 "FINAL", SECTOR ANTES JUNTA RÍO MAÑIGUALES**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% $Q_{ma}$	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5
10% $Q_{ma}$	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
50% $Q_{95\%PE}$	8,4	5,2	4,5	8,7	10,4	14,3	16,8	20,3	24,6	37,4	25,4	18,5
Q ecológico	8,4	7,8	7,8	8,7	10,4	14,3	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5

- Métodos utilizados por la DGA (b), "Cauce con derechos constituidos con caudal ecológico mínimo del menor 50% del  $Q_{95\%}$ ".

**CUADRO 6.4-17**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (B),**  
**TRAMO 1 "INICIAL", SECTOR ANTES JUNTA RÍO PÓLUX**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% Q <sub>ma</sub>	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
min 50% Q <sub>95%</sub> PE	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
50% Q <sub>95%</sub> PE	3,1	1,9	1,6	3,2	3,8	5,3	6,2	7,5	9,0	13,8	9,3	6,8
Q ecológico	3,1	1,9	1,6	3,2	3,8	5,3	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7

**CUADRO 6.4-18**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (B),**  
**TRAMO 2 "INTERMEDIO"**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% Q <sub>ma</sub>	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7
min 50% Q <sub>95%</sub> PE	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
50% Q <sub>95%</sub> PE	5,8	3,6	3,1	6,0	7,2	9,9	11,6	14,1	17,0	25,9	17,6	12,8
Q ecológico	5,8	3,6	3,1	6,0	7,2	9,9	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7

**CUADRO 6.4-19**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (B),**  
**TRAMO 3 "FINAL", SECTOR ANTES JUNTA RÍO MAÑIGUALES**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% Q <sub>ma</sub>	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5
min 50% Q <sub>95%</sub> PE	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
50% Q <sub>95%</sub> PE	8.4	5.2	4.5	8.7	10.4	14.3	16.8	20.3	24.6	37.4	25.4	18.5
Q ecológico	8.4	5.2	4.5	8.7	10.4	14.3	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5

- Método de Tennant

**CUADRO 6.4-20**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE TENNANT**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q eco (m3/s)	
				Q otoño-invierno	Q prim-verano
1	Río Simpson	Inicio	A. Jta Polux	5,7	11,4
2	Río Simpson	Medio	-	10,7	21,5
3	Río Simpson	Final	A. Jta. Mañiguales	15,5	31,1

Se consideró la salud del hábitat como buena.

- Método del Área Drenante

**CUADRO 6.4-21  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DEL ÁREA DRENANTE**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Área (km <sup>2</sup> )	Q ecológico (m <sup>3</sup> /s)
1	Río Simpson	Inicio	A. Jta Polux	1845	10,15
2	Río Simpson	Medio	-	3282	18,05
3	Río Simpson	Final	A. Jta. Mañiguales	3712	20,42

- Método de la Legislación Francesa

**CUADRO 6.4-22  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE LA LEGISLACIÓN FRANCESA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q eco (m <sup>3</sup> /s)
1	Río Simpson	Inicio	A. Jta Polux	2,85
2	Río Simpson	Medio	-	5,37
3	Río Simpson	Final	A. Jta. Mañiguales	7,76

- Método de la Legislación Suiza

**CUADRO 6.4-23  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE LA LEGISLACIÓN SUIZA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q eco (m <sup>3</sup> /s)
1	Río Simpson	Inicio	A. Jta Polux	1,96
2	Río Simpson	Medio	-	3,75
3	Río Simpson	Final	A. Jta. Mañiguales	5,32

- Método de la Legislación Asturiana

**CUADRO 6.4-24  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE LA LEGISLACIÓN ASTURIANA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Area (km <sup>2</sup> )	Q ec 1 (m <sup>3</sup> /s)	Q ec 2 (m <sup>3</sup> /s)	Q ec 3 (m <sup>3</sup> /s)	Qec I = Max(Qec1,2,3) (m <sup>3</sup> /s)	Q ec II (m <sup>3</sup> /s)	Q ec III (m <sup>3</sup> /s)
1	Río Simpson	Inicio	A. Jta Polux	1845	1,96	1,13	1,42	1,96	5,65	9,34
2	Río Simpson	Medio	-	3282	3,75	1,86	2,69	3,75	10,31	16,87
3	Río Simpson	Final	A. Jta. Mañiguales	3712	5,32	2,46	3,82	5,32	12,74	20,17

Se calcula a nivel de protección base II y III, debido a que la zona es de interés piscícola.

- Método del Programa de Caudales de Nueva Inglaterra.

**CUADRO 6.4-25**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DEL PROGRAMA DE CAUDALES DE NUEVA INGLATERRA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q ec 1 (m3/s)
1	Río Simpson	Inicio	A. Jta Polux	8,9
2	Río Simpson	Medio	-	16,7
3	Río Simpson	Final	A. Jta. Mañiguales	24,1

### iii) Recomendaciones

Como se aprecia en los cuadros de resultados, los distintos métodos dan estimaciones muy disímiles en algunos casos. Por tratarse de cuencas regidas por la legislación nacional, se hace primordial tener en cuenta las recomendaciones de la Dirección General de Aguas. En este sentido, se recomienda considerar el caudal ecológico según la distribución mensual indicada en el cuadro siguiente.

**CUADRO 6.4-26**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS RECOMENDADOS (m3/s)**

ID	Tramo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	Río Simpson, Antes Junta con Pólux	3,1	2,9	2,9	3,2	3,8	5,3	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
2	Río Simpson, Medio	5,8	5,4	5,4	6,0	7,2	9,9	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7
3	Río Simpson, Antes Junta con Mañiguales	8,4	7,8	7,8	8,7	10,4	14,3	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5

## 6.5 Hidrología Río Baker

### 6.5.1 Introducción

La caracterización hidrológica del Río Baker en los distintos puntos de control, se realizó en base a registros históricos de caudales medios mensuales, además de las precipitaciones representativas del sector en estudio. Esta información se obtuvo de distintos estudios y registros oficiales existentes para la zona.

### 6.5.2 Antecedentes Recopilados

Para la elaboración del presente estudio se consultaron los siguientes antecedentes:

- Ref. 1** Hidrología Aplicada. Ven Te Chow – David Maidment – Larry Mays, McGraw-Hill, 1994.
- Ref. 2** Manual de Carreteras. Volumen 2 y 3. Dirección de Vialidad. Ministerio de Obras Públicas, 2001.
- Ref. 3** Cartografía del Instituto Geográfico Militar (IGM) escala 1:50.000.
- Ref. 4** Diagnóstico y Clasificación de la Calidad de Agua en la Cuenca del Río Baker según Objetivos de Calidad, Juan Francisco Salas Contreras, 2004.
- Ref. 5** Informe Preliminar Determinación del Potencial Hidroeléctrico XI Región y Provincia de Palena X Región, Dirección General de Aguas, 2007.
- Ref. 6** Balance Hídrico de Chile, Dirección General de Aguas, 1987.
- Ref. 7** Pluviometría de Chile, Dirección Meteorológica de Chile, 2005.
- Ref. 8** Cartografía Digital ARCVIEW, DGA.
- Ref. 9** Cartografía Digital Software Google Earth.

### **6.5.3 Pluviometría**

Se recopilaron antecedentes de precipitaciones del sector en estudio. Estos corresponden a registros históricos de precipitaciones medias mensuales de las estaciones más cercanas a la hoya del Río Baker.

Las estaciones pluviométricas existentes en la cuenca del Río Baker corresponden a Villa Cerro Castillo, Puerto Ibáñez, Bahía Murta, Chile Chico, Puerto Guadal, Puerto Bertrand, Estancia Chacabuco, Baker Angostura Chacabuco-DCP y Aeródromo Cochrane. La subcuenca en estudio del presente informe, corresponde a la limitada por el Río Baker antes junta Río Nef, en este caso las estaciones pertenecientes a ésta cuenca corresponden a las 6 primeras. Por poseer una considerable cantidad de registros y al estar emplazada en un lugar representativo de la cuenca, se recurrió a la información de la estación pluviométrica Puerto Ibáñez, de la Dirección General de Aguas (DGA). Estos registros datan de 1961 y se detallan en los cuadros a continuación:

**CUADRO 6.5-1  
UBICACIÓN DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS CERCANAS**

CODBNA	NOMBRE	ESTE	NORTE	DATUM	HUSO	ALTURA	VIGENCIA
11503001-9	VILLA CERRO CASTILLO	256.385	4.887.858	1956	19	400	Vigente
11511001-2	PUERTO IBANEZ	274.085	4.868.950	1956	19	215	Vigente
11513001-3	BAHIA MURTA	217.930	4.848.742	1956	19	210	Vigente
11521002-5	CHILE CHICO	292.929	4.842.303	1956	19	215	Vigente
11523001-8	PUERTO GUADAL	217.597	4.806.008	1956	19	210	Vigente
11553002-K	PUERTO BERTRAND	209.928	4.785.812	1956	19	400	Suspendida
11533001-2	ESTANCIA CHACABUCO	236.194	4.774.841	1956	19	343	Vigente
11536004-3	BAKER ANG. CHACABUCO-DCP	226.054	4.770.003	1956	19	130	Vigente
11536003-5	AERODROMO COCHRANE	230.294	4.762.953	1956	19	200	Suspendida

**CUADRO 6.5-2  
PRECIPITACIONES (mm) MENSUALES ESTACIÓN PUERTO IBAÑEZ (DGA)**

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Tot. Anual
1961												15,0	n.c
1962	16,0	7,0	27,0	38,5	48,5	211,5	36,0		47,0	2,0	16,0	23,5	n.c
1963	50,5	11,0	101,8	196,0	100,5	145,5	191,5	109,5	72,0	25,5	22,5	107,0	1133,3
1964	14,5	75,5	42,0	39,5	150,0	10,0	86,0	74,5	46,0		0,0	59,5	n.c
1965	34,0	60,0	6,5	93,5	81,0	111,5	128,5	52,0	19,5	12,0	45,5	10,5	654,5
1966	11,0	6,5	47,5	25,5	244,0	53,5	156,0	27,5	25,0	9,0	15,0	7,0	627,5
1967	42,5	5,5	11,5	23,0	147,0	38,0	129,5	87,0	25,0	71,5	24,0	67,0	671,5
1968	8,0	72,5	35,0	7,0	72,3	38,8	101,2	85,9	171,5	20,6	39,1	20,8	672,7
1969	0,0	37,2	17,2	155,8	138,7	44,7	109,0	40,7	80,4	33,6	1,2	14,6	673,1
1970	13,9	89,6	63,9	51,5	137,4	62,0	80,1	31,9	33,7	5,1	4,0	68,3	641,4
1971	12,6	1,5	33,5	10,0		17,3	178,3	78,6	38,9	20,5	50,2	31,2	n.c
1972	99,7	40,1	21,9	21,0	131,0	40,5	96,1	56,5	25,2	30,7	46,1	13,0	621,8
1973	40,7	22,4	11,0	65,1	72,8	78,8	89,4	127,5	27,3	21,5	12,1	1,2	569,8
1974	36,7	49,5	43,8	66,0	117,9	9,5	39,0	40,0	0,0		6,4	1,5	n.c
1975	4,0	9,0	26,4		31,8	17,9	47,8						n.c
1985			10,0	75,8	186,0	106,4	39,9	78,6	138,4	63,9	26,3	22,2	n.c
1986				104,2	93,6	138,2	132,0	36,8	40,6	22,9	44,3	22,0	n.c
1987	40,9	29,4	24,2										n.c
1988						130,0	18,0	92,6	16,4	72,4	18,7	77,7	n.c
1989	40,3	30,0	22,4	105,5				109,2	10,6	6,4	8,4	158,9	n.c
1990	20,6	27,7		17,4	169,3								n.c
1993											9,0	24,5	n.c
1994	53,7	16,5	3,5	37,0	203,7	120,2	37,0	64,5	67,0	9,0	26,3	12,0	650,4
1995	10,5	52,0	60,0	96,0	84,7	98,0	131,5	58,7	30,3	40,0	26,0		n.c
1997											0,0	0,0	n.c
1998	81,5	0,0	30,9	22,0		31,7	170,5						n.c
1999										10,4	11,1	17,2	n.c
2000	15,0	43,8	47,1		32,9	38,3	23,8	21,3	41,2	31,6		75,2	n.c
2001	9,1	39,0	105,1	30,0	68,5	73,0	83,6	100,6	21,7	3,5	50,3	39,3	623,7

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Tot. Anual
2002	36,1	50,0	120,9	58,8	71,2	3,5	63,4	80,2	38,4	10,0	96,6	39,6	668,7
2003	58,0	2,2	13,9	16,0	88,0	67,1	7,5	122,0	38,5	135,0	35,5	24,0	607,7
2004	21,5	0,0	34,0	148,0	20,8	108,0	40,0	22,2	60,6	46,5	26,0	41,0	568,6
2005	8,0	10,0	61,0	86,5	119,5	70,1	21,6	32,6	24,9	76,7	86,0	6,9	603,8
2006	103,3	24,6	126,8	130,4	54,9	50,3	132,1	35,8	32,1	96,0	113,3	57,7	957,3
2007	10,8	14,9	20,2	151,8	41,1	67,7	32,9	45,9	111,7	47,6	5,5	16,6	566,7
2008	28,2	15,6	21,8	69,5	56,8	90,5	31,9	58,9	9,1	41,2	85,9	6,2	515,6
P.M.M.	31,8	29,1	41,1	69,3	102,4	71,5	83,9	65,6	46,2	35,7	31,7	34,9	643,1

Como se aprecia, la estación Puerto Ibañez posee varios meses con estadística incompleta. A pesar de esto se cuenta con 18 años de información completa lo cual será de utilidad para utilizar los métodos indicados en los puntos posteriores de este informe.

#### 6.5.4 Fluviometría

El principal objetivo del estudio fluvimétrico es la generación de caudales medios mensuales en cada una de las subcuencas en estudio.

Debido a que la cuenca del Río Baker cuenta con control fluvimétrico, se utilizará esta información para generar caudales medios mensuales a través de transposición por unidad de área y precipitación media. Los registros oficiales fueron obtenidos de la Dirección General de Aguas. Para la cuenca del Río Baker, la institución posee las estaciones Río Ibañez antes junta Cajón, Río Claro antes junta Río Ibañez, Río Ibañez en Desembocadura, Río Murta en Desembocadura, Río El Baño en Chile Chico, Río Jeinimeni en Chile Chico, Río Baker en Desagüe Lago Bertrand, Río Baker en Angostura Chacabuco, Río Cochrane en Cochrane, Río El Salto ante Junta Baker, Río Baker en Colonia, Río Ñadis ante junta Baker y Río Baker bajo Ñadis.

La cuenca en estudio del presente informe corresponde a la limitada por el Río Baker antes junta con Río Nef. Por este motivo la estación de interés corresponde a Río Baker en Desagüe Lago Bertrand, con registros desde marzo de 2003. La estadística de caudales medios mensuales se presenta en los cuadros siguientes:

#### CUADRO 6.5-3 UBICACIÓN DE ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS EN LA CUENCA DEL RÍO BAKER (DGA)

CODBNA	NOMBRE	ESTE	NORTE	DATUM	HUSO	VIGENCIA
11500002-0	RIO IBANEZ ANTES JUNTA CAJON	224.770	4.889.200	1956	19	Suspendida
11504001-4	RIO CLARO ANTES JUNTA RIO IBAGNEZ	271.314	4.873.799	1956	19	Suspendida
11505001-K	RIO IBAÑEZ EN DESEMBOCADURA	269.463	4.872.276	1956	19	Vigente
11514001-9	RIO MURTA EN DESEMBOCADURA	215.951	4.849.090	1956	19	Vigente

COBNA	NOMBRE	ESTE	NORTE	DATUM	HUSO	VIGENCIA
11521001-7	RIO EL BAÑO EN CHILE CHICO	278.319	4.840.421	1956	19	Vigente
11520002-K	RIO JEINIMENI EN CHILE CHICO	295.653	4.837.551	1956	19	Vigente
11530000-8	RIO BAKER EN DESAGUE LAGO BERTRAND	209.149	4.785.203	1956	19	Vigente
11536004-3	RIO BAKER EN ANGOSTURA CHACABUCO	226.054	4.770.003	1956	19	Vigente
11536001-9	RIO COCHRANE EN COCHRANE	230.494	4.760.838	1956	19	Vigente
11536005-1	RIO EL SALTO ANTE JUNTA BAKER	220.621	4.755.830	1956	19	Suspendida
11542001-1	RIO BAKER EN COLONIA	208.405	4.752.411	1956	19	Vigente
11543002-5	RIO ÑADIS ANTE JUNTA BAKER	204.543	4.733.805	1956	19	Suspendida
11545000-K	RIO BAKER BAJO ÑADIS	200.634	4.731.510	1956	19	Vigente

**CUADRO 6.5-4**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m<sup>3</sup>/s) ESTACIÓN RÍO BAKER EN**  
**DESAGÜE LAGO BERTRAND (DGA)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2003			784.00@	684.97	558.94	557.73	488.35	463.42	470.77	511.68	639.27	669	n.c
2004	783.35	825.62	797.06	806.33	728.94	639.4	626.06	530.06	489.53	495.9	504.2	628.55	654.6
2005	757.19	732.79	748	653.03	637.23	572.6	480.26	405.81	354.23	424.26	518.57	565.19	570.8
2006	655.27%	668.43	696.19	736.53	695.35	620.97	555.16	482.42	434.4	421.77	452.63	545.16	580.4
2007	693.06	704.86	605.97	572.03	518.48	432.03	356.35	302.55	291.6	326.42	369.73	454.1	468.9
2008	587.97	669.34	655.58	615.63	609.13	538.47	548.68						n.c
Promedio	695.4	720.2	700.6	678.1	624.7	560.2	509.1	436.9	408.1	436.0	496.9	572.4	568.7

\* : 1 - 10 Días con información en el mes

@ : 11 - 20 Días con información en el mes

% : más de 20 días con información en el mes

El caudal medio mensual, se calculó promediando sólo los años con información mensual con más de 20 días de información.

De forma adicional se obtuvo los registros de la estación Río Baker en Desagüe Lago Bertrand (ENDESA), la cual cuenta con información desde Mayo de 1963 hasta Marzo de 2003. Estos datos se informan en el cuadro a continuación:

**CUADRO 6.5-5**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m<sup>3</sup>/s) ESTACIÓN RÍO BAKER EN**  
**DESAGÜE LAGO BERTRAND (ENDESA)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1963					716	680	563	495	435	417	447	546	n.c
1964	656	737	691	684	689	653	513	463	430	435	457	541	579,1
1965	667	831	797	779	724	657	617	579	492	452	595	830	668,3
1966	853	787	703	678	684	876	798	607	487	422	431	472	649,8
1967	532	615	601	608	685	615	512	468	415	406	519	720	558,0
1968	825	828	776	617	589	534	501	466	508	493	525	699	613,4
1969	680	681	680	622	852	745	600	521	450	429	431	531	601,8

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1970	624	714	725	651	636	657	554	486	449	425	446	529	574,7
1971	609	584	582	568	482	422	421	431	424	511	644	705	531,9
1972	811	915	873	772	737	599	472	390	350	356	432	521	602,3
1973	602	612	624	666	537	514	459	441	422	426	470	588	530,1
1974	641	684	675	653	603	549	473	436	390	394	437	466	533,4
1975	549	653	665	647	608	525	467	403	388	376	460	513	521,2
1976	651	740	746	696	737	634	531	450	409	435	459	521	584,1
1977	816	857	825	842	921	956	787	589	567	635	687	712	766,2
1978	786	789	803	686	685	610	531	459	385	370	399	540	586,9
1979	661	717	711	627	541	504	536	542	503	461	520	611	577,8
1980	728	764	771	850	709	652	576	540	553	506	529	710	657,3
1981	788	803	754	656	618	602	592	511	435	409	494	539	600,1
1982	603	697	685	612	556	545	412	360	373	370	414	486	509,4
1983	618	714	716	670	607	484	386	347	331	336	391	538	511,5
1984	681	730	706	635	577	472	372	315	302	335	382	484	499,3
1985	623	657	640	600	601	546	490	432	420	459	493	592	546,1
1986	684	747	744	679	681	643	616	526	426	419	446	469	590,0
1987	539	660	657	615	554	508	523	459	392	380	442	511	520,0
1988	536	539	515	527	459	394	363	326	298	263	349	445	417,8
1989	554	588	593	645	614	561	540	467	392	373	433	582	528,5
1990	772	771	679	585	531	639	738	673	580	560	535	593	638,0
1991	686	713	703	639	557	463	438	390	408	395	477	550	534,9
1992	607	629	655	608	536	424	344	310	334	365	458	635	492,1
1993	711	802	800	753	681	564	489	491	469	467	458	470	596,3
1994	552	613	602	536	570	654	576	502	440	422	452	572	540,9
1995	660	662	607	606	597	542	469	416	365	377	434	552	523,9
1996	624	592	612	601	665	657	517	516	515	552	571	668	590,8
1997	739	722	636	623	641	545	481	600	588	529	554	568	602,2
1998	612	636	647	566	500	493	575	624	501	510	593	651	575,7
1999	756	708	666	539	459	398	349	393	371	388	451	499	498,1
2000	498	512	461	415	404	388	335	307	268	304	370	516	398,2
2001	660	736	787	659	549	495	445	385	358	382	451	508	534,6
2002	547	565	596	651	673	570	489	480	437	491	538	640	n.c
2003	747	767											
Promedio	662,2	701,8	684,8	642,7	619,1	574,2	511,3	464,9	426,5	425,9	476,9	570,6	562,8

### a) Generación de Caudales Medios Mensuales

Como la cuenca del Río Baker cuenta con información fluviométrica, sería erróneo basar el análisis hidrológico del río en otras aproximaciones o estimaciones indirectas de caudal. Esto, debido a que la cuenca del río Baker es importante por su tamaño, ubicación y tipos de cauces que llegan a él, haciéndolo un sistema complejo de estudiar.

### i) Análisis de Frecuencia

Se cuenta con 2 series estadísticas para el sector de Río Baker en Desagüe Lago Bertrand, la oficial de la Dirección General de Aguas, y la estadística ENDESA. Al contar la estadística oficial sólo con 6 años, se preferirá utilizar la estadística correspondiente a los registros ENDESA. Como se observa ambos registros poseen valores muy similares en términos de caudales medios mensuales, encontrándose diferencias menores al 10%. Por este motivo se considera consistentes y válidos los registros ENDESA.

Con la estadística señalada en Cuadro 6.3.5-5, se aplican los métodos de distribución, empleados comúnmente en estudios hidrológicos en nuestro país, con el objeto de determinar el caudal medio mensual según probabilidad de excedencia. Dichas distribuciones son las siguientes: Normal, Log-Normal, Gumbel, Pearson y Log-Pearson tipo III.

### b) Caudales Medios Mensuales y Anuales, en Estación Fluviométrica Río Baker en Desagüe Lago Bertrand

Con la metodología señalada en puntos anteriores se procede al cálculo de caudales medios mensuales y anuales, según la estadística de Cuadro 6.5-5. Los resultados obtenidos son los siguientes:

**CUADRO 6.5-6  
CAUDAL MEDIO ANUAL EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA  
RÍO BAKER EN DESAGÜE LAGO BERTRAND (ENDESA)**

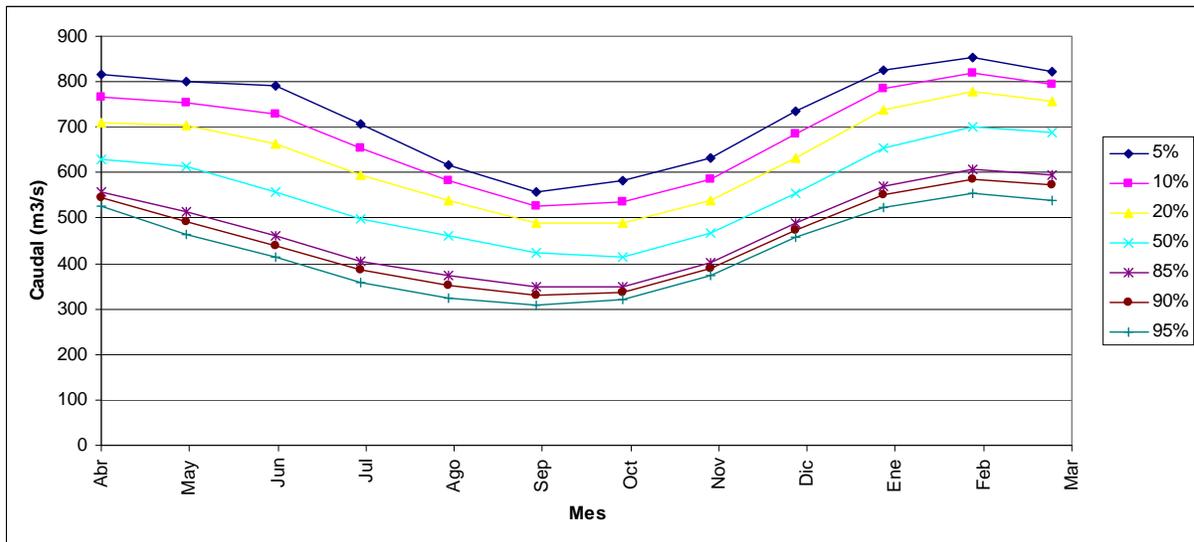
Parámetro	m3/s
Caudal Medio Anual	562,8
Desviación Estándar	67,0
Máximo (1977)	766,2
Mínimo (2000)	398,2

**CUADRO 6.5-7  
CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO  
BAKER EN DESAGÜE LAGO BERTRAND (ENDESA)**

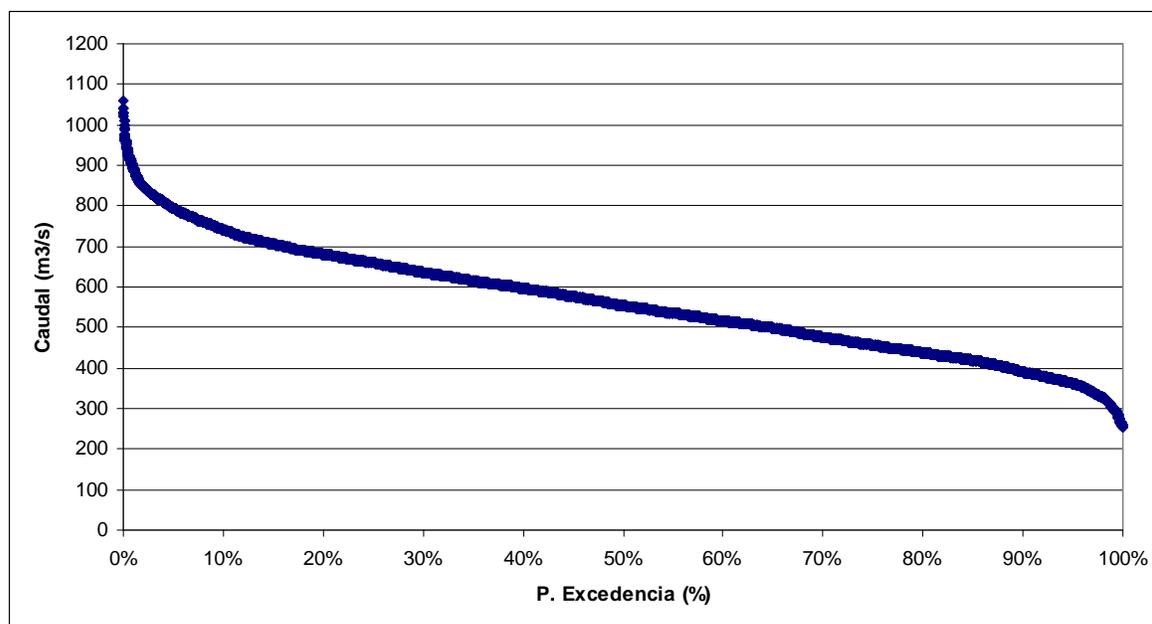
Probabilidad excedencia	Ene m3/s	Feb m3/s	Mar m3/s	Abr m3/s	May m3/s	Jun m3/s	Jul m3/s	Ago m3/s	Sep m3/s	Oct m3/s	Nov m3/s	Dic m3/s
5%	825,2	853,9	821,9	817,0	800,0	790,9	705,8	616,1	557,9	582,3	630,7	734,5
10%	783,9	819,5	793,3	765,3	754,6	729,0	652,8	580,9	526,6	535,9	585,0	685,0
20%	736,9	778,2	757,8	711,4	702,7	662,7	594,6	539,1	489,7	487,5	537,5	633,5
50%	655,4	700,3	687,3	630,0	611,9	558,1	499,1	462,2	423,0	414,5	465,6	555,7
85%	568,4	607,6	595,7	557,8	514,4	459,7	405,0	372,7	348,1	349,5	401,8	487,5

Probabilidad excedencia	Ene m3/s	Feb m3/s	Mar m3/s	Abr m3/s	May m3/s	Jun m3/s	Jul m3/s	Ago m3/s	Sep m3/s	Oct m3/s	Nov m3/s	Dic m3/s
90%	549,8	586,4	573,3	543,8	493,5	440,4	385,9	352,3	331,6	337,1	389,5	474,9
95%	523,4	555,4	539,5	525,0	463,8	413,9	359,4	322,7	308,0	320,1	372,8	458,0
Distribución	LP3	LP3	P3	G	LP3	LP3	LP3	P3	LP3	G	G	LP3
R2	0,9837	0,9933	0,9815	0,9237	0,9736	0,9636	0,9695	0,9900	0,9859	0,9783	0,9784	0,9821
Promedio	662,2	701,8	684,8	642,7	619,1	574,2	511,3	464,9	426,5	425,9	476,9	570,6
Desv. Est.	92,0	90,5	85,9	81,8	103,1	117,9	107,1	89,3	76,0	73,6	72,3	87,0
Max.	853,0	915,0	873,0	850,0	921,0	956,0	798,0	673,0	588,0	635,0	687,0	830,0
Min.	498,0	512,0	461,0	415,0	404,0	388,0	335,0	307,0	268,0	263,0	349,0	445,0
N	40	40	39	39	40	40	40	40	40	40	40	40

**FIGURA 6.5-1**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO**  
**BAKER EN DESAGÜE LAGO BERTRAND (ENDESA)**



**FIGURA 6.5-2**  
**CURVA DE DURACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**  
**RÍO BAKER EN DESAGÜE LAGO BERTRAND (ENDESA)**



Como se aprecia en la Figura 6.5-1, el río presenta sus mayores caudales medios en el periodo Enero – abril, indicando una importante componente nival en la escorrentía. Con respecto a la curva de duración, esta fue confeccionada utilizando el procedimiento de Weibull indicado en Ref.2.

### c) Caudales Medios Mensuales y Anuales en Puntos de Control

Se han establecido 3 puntos de control donde se calcularán los caudales medios mensuales; éstos se indican en el cuadro siguiente:

**CUADRO 6.5-8**  
**PUNTOS DE CONTROL SOBRE EL RÍO BAKER**

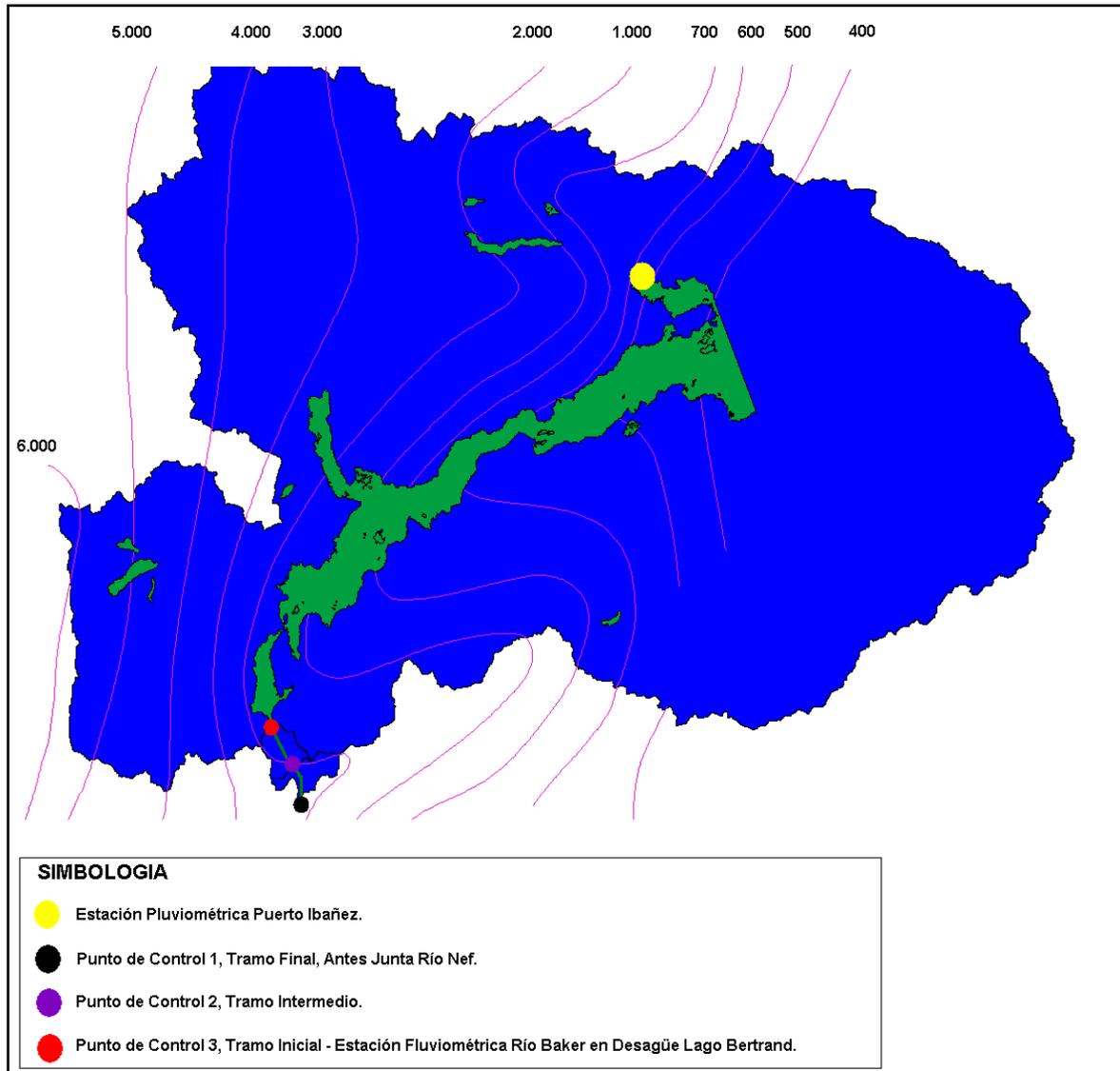
ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Norte	Este	Huso	Datum
1	Río Baker	Final	Conf. Río Nef	4.778.962	668.727	18	WGS 1984
2	Río Baker	Medio	-	4.785.230	666.898	18	WGS 1984
3	Río Baker	Inicio	Lago Bertrand	4.792.207	664.005	18	WGS 1984

Para calcular caudales con el método de transposición en estos puntos de control, se requiere conocer el área y precipitación media para cada una de las cuencas. Para esto se procedió a delimitar las cuencas y superponer las isoyetas indicadas en Ref. 6. El resultado de este ejercicio se presenta a continuación:

**FIGURA 6.5-3  
DELIMITACIÓN DE SUBCUENCAS RÍO BAKER**



**FIGURA 6.5-4  
DELIMITACIÓN DE CUENCAS EN PUNTOS DE CONTROL**



De las figuras presentadas se extrae la siguiente información:

**CUADRO 6.5-9  
ÁREAS APORTANTES A PUNTOS DE CONTROL**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Área (km2)
1	Río Baker	Final	Conf. Río Nef	15.616
2	Río Baker	Medio	-	15.569
3	Río Baker	Inicio	Lago Bertrand	15.520

Con respecto a las precipitaciones, las isoyetas de precipitación media anual presentan consistencia con los registros de precipitación de la estación pluviométrica Puerto Ibáñez, por lo cual la fuente de información gráfica se considera confiable.

Para efecto de transposición de caudales, debido al gran tamaño de la cuenca y a la cercanía de los puntos de control, se considerarán las mismas precipitaciones medias para las 3 subcuencas, con un valor de 1.000 mm/año.

Para transponer caudales se utilizó la siguiente metodología:

$$Q_x = P_x \cdot A_x / (P_{Est} \cdot A_{Est}) \cdot Q_{Est}$$

En donde :

$Q_x$  = Caudal en punto de control x. (m<sup>3</sup>/s)

$P_x$  = Precipitación media en la cuenca x. (mm)

$A_x$  = Área aportante a la cuenca x. (km<sup>2</sup>)

$P_{Est}$  = Precipitación media de la cuenca controlada por la estación fluviométrica. (mm)

$A_{Est}$  = Área aportante a la cuenca de la estación fluviométrica. (km<sup>2</sup>)

$Q_{Est}$  = Caudal en estación fluviométrica. (m<sup>3</sup>/s)

Según las consideraciones señaladas, para utilizar la metodología de transposición de caudal, se supondrá que la precipitación media de cada cuenca es similar a la precipitación media representativa de la cuenca aportante a la estación fluviométrica Río Baker en Desagüe Lago Bertrand. Este supuesto no se encuentra alejado de la realidad debido a que la cuenca encerrada por la estación es muy similar en área al resto de las subcuencas.

Con esto los caudales medios mensuales y anuales son los que se indican a continuación:

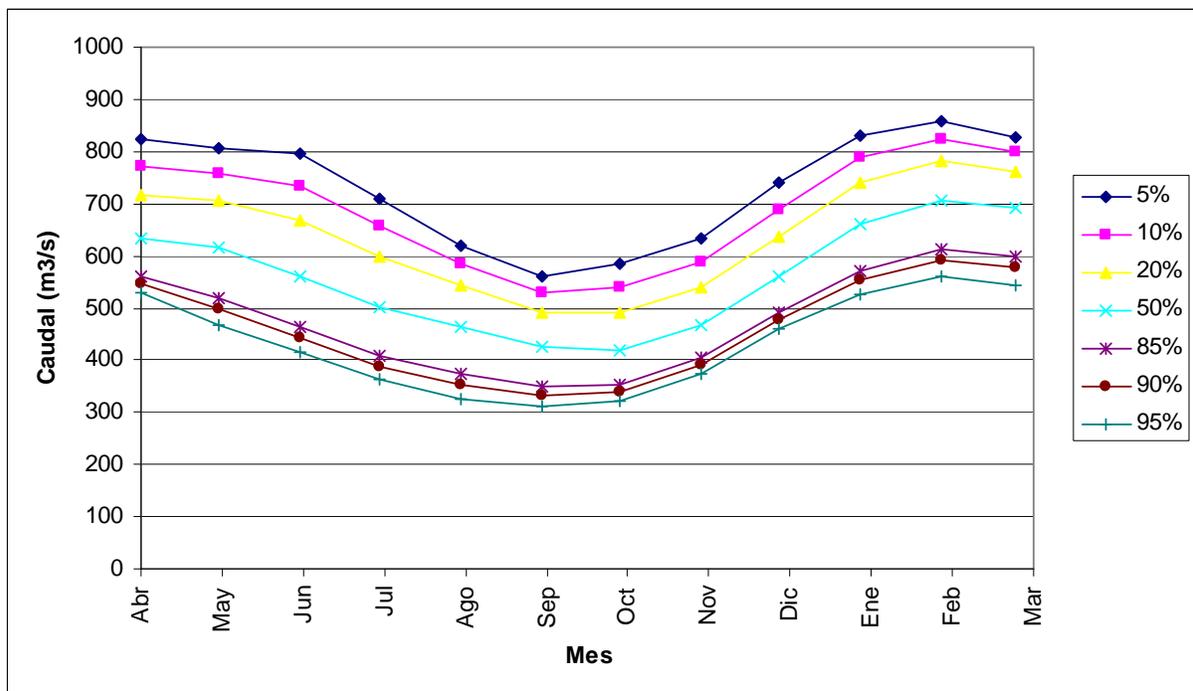
**CUADRO 6.5-10**  
**CAUDALES MEDIOS ANUALES EN PUNTOS DE CONTROL**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Area (km <sup>2</sup> )	Q medio (m <sup>3</sup> /s)
1	Río Baker	Final	Conf. Río Nef	15.616	566,2
2	Río Baker	Medio	-	15.569	564,5
3	Río Baker	Inicio	Lago Bertrand	15.520	562,8

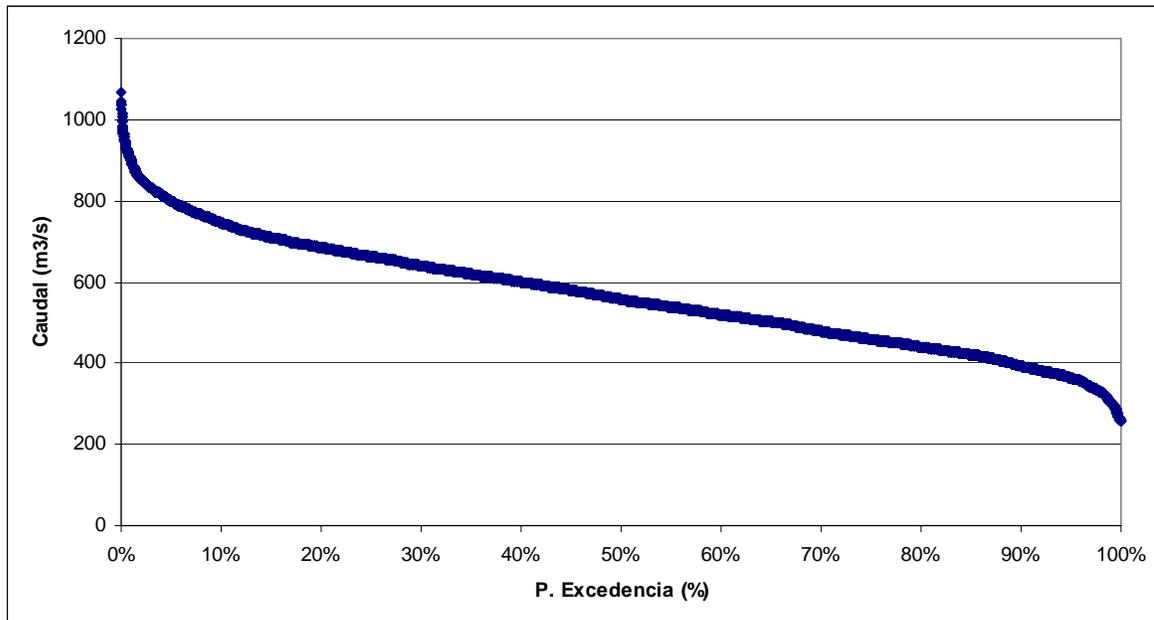
**CUADRO 6.5-11  
CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN PUNTO DE CONTROL 1,  
SECTOR CONF. RÍO NEF, TRAMO FINAL**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Excedencia	m3/s											
5%	830,3	859,1	827,0	822,0	805,0	795,8	710,2	619,9	561,4	585,9	634,6	739,1
10%	788,7	824,6	798,2	770,0	759,3	733,5	656,8	584,5	529,8	539,2	588,7	689,2
20%	741,4	783,0	762,5	715,8	707,0	666,8	598,2	542,5	492,8	490,5	540,8	637,4
50%	659,4	704,7	691,5	633,9	615,7	561,5	502,2	465,1	425,6	417,0	468,5	559,1
85%	571,9	611,4	599,4	561,2	517,6	462,6	407,5	375,0	350,2	351,7	404,3	490,6
90%	553,2	590,0	576,8	547,2	496,5	443,1	388,3	354,5	333,6	339,1	391,9	477,8
95%	526,6	558,8	542,8	528,2	466,7	416,5	361,7	324,7	310,0	322,1	375,1	460,9
Distribución	LP3	LP3	P3	G	LP3	LP3	LP3	P3	LP3	G	G	LP3

**FIGURA 6.5-5  
CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN PUNTO DE CONTROL 1,  
SECTOR CONF. RÍO NEF, TRAMO FINAL.**



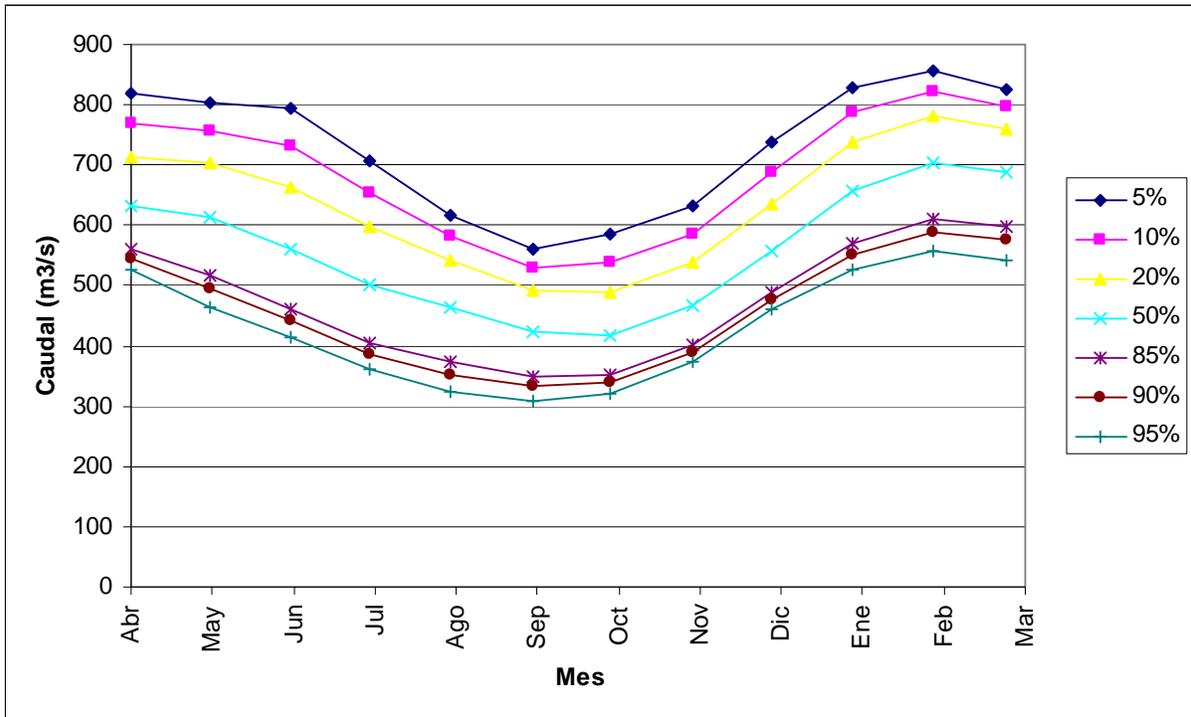
**FIGURA 6.5-6**  
**CURVA DE DURACIÓN EN PUNTO DE CONTROL 1,**  
**SECTOR CONF. RÍO NEF, TRAMO FINAL**



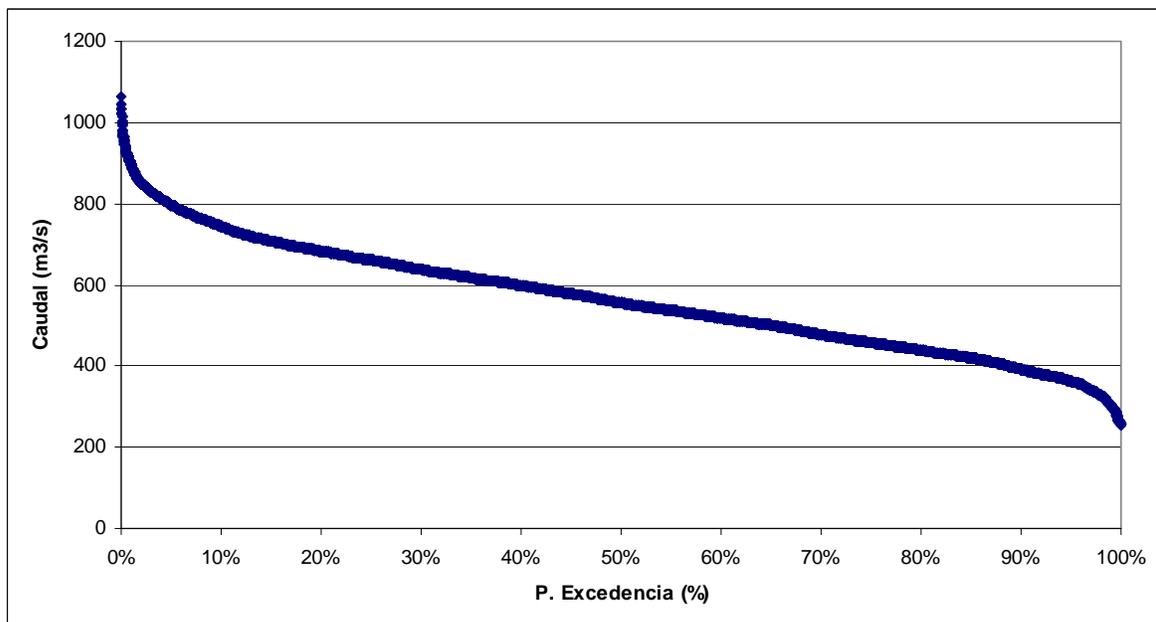
**CUADRO 6.5-12**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN PUNTO DE CONTROL 2,**  
**TRAMO MEDIO**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Excedencia	m3/s											
5%	827,8	856,5	824,5	819,6	802,6	793,4	708,0	618,1	559,7	584,1	632,7	736,8
10%	786,4	822,1	795,8	767,7	757,0	731,3	654,8	582,7	528,2	537,6	586,9	687,1
20%	739,2	780,7	760,2	713,7	704,9	664,8	596,4	540,8	491,3	489,1	539,2	635,5
50%	657,4	702,6	689,4	632,0	613,9	559,8	500,7	463,7	424,3	415,8	467,1	557,4
85%	570,2	609,5	597,6	559,5	516,1	461,2	406,3	373,9	349,2	350,7	403,1	489,1
90%	551,5	588,2	575,1	545,6	495,0	441,7	387,1	353,5	332,6	338,1	390,7	476,4
95%	525,0	557,1	541,2	526,6	465,3	415,2	360,6	323,7	309,0	321,1	374,0	459,5
Distribución	LP3	LP3	P3	G	LP3	LP3	LP3	P3	LP3	G	G	LP3

**FIGURA 6.5-7  
CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN PUNTO DE CONTROL 2,  
TRAMO MEDIO**



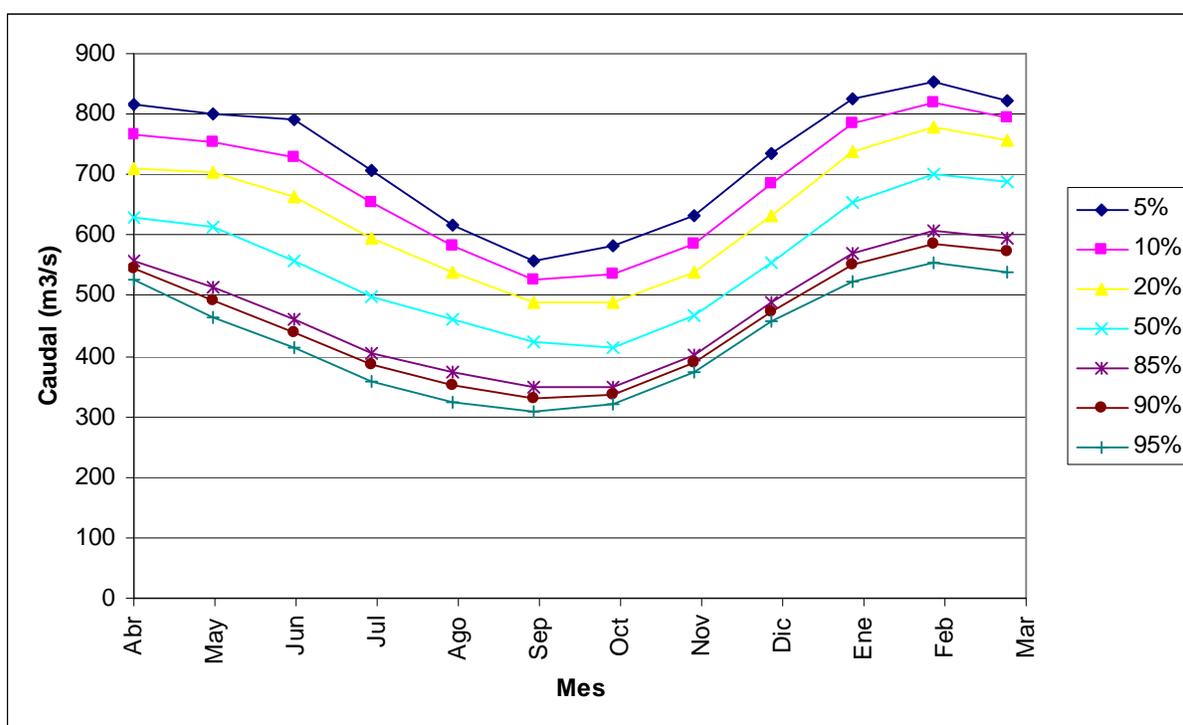
**FIGURA 6.5-8  
CURVA DE DURACIÓN EN PUNTO DE CONTROL 2,  
TRAMO MEDIO**



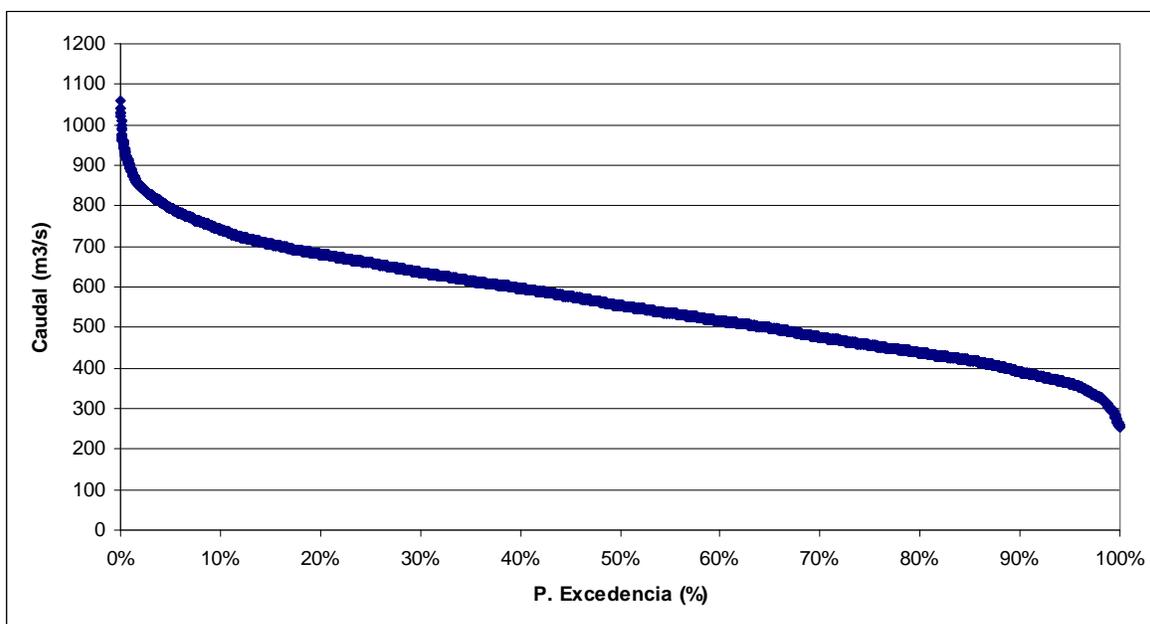
**CUADRO 6.5-13**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN PUNTO DE CONTROL 3,**  
**SECTOR DESAGÜE LAGO BERTRAND, TRAMO INICIAL**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Excedencia	m3/s											
5%	825,2	853,9	821,9	817,0	800,0	790,9	705,8	616,1	557,9	582,3	630,7	734,5
10%	783,9	819,5	793,3	765,3	754,6	729,0	652,8	580,9	526,6	535,9	585,0	685,0
20%	736,9	778,2	757,8	711,4	702,7	662,7	594,6	539,1	489,7	487,5	537,5	633,5
50%	655,4	700,3	687,3	630,0	611,9	558,1	499,1	462,2	423,0	414,5	465,6	555,7
85%	568,4	607,6	595,7	557,8	514,4	459,7	405,0	372,7	348,1	349,5	401,8	487,5
90%	549,8	586,4	573,3	543,8	493,5	440,4	385,9	352,3	331,6	337,1	389,5	474,9
95%	523,4	555,4	539,5	525,0	463,8	413,9	359,4	322,7	308,0	320,1	372,8	458,0
Distribución	LP3	LP3	P3	G	LP3	LP3	LP3	P3	LP3	G	G	LP3

**FIGURA 6.5-9**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN PUNTO DE CONTROL 3,**  
**SECTOR DESAGÜE LAGO BERTRAND, TRAMO INICIAL**



**FIGURA 6.5-10**  
**CURVA DE DURACIÓN EN PUNTO DE CONTROL 3,**  
**SECTOR DESAGÜE LAGO BERTRAND, TRAMO INICIAL**



**d) Determinación de Caudales Ecológicos**

**i) Metodología**

Tal como fuera indicado para el caso del análisis del río Cochiguaz, las diferentes metodologías aplicadas ya fueron explicadas, de modo que no se volverán a repetir.

**ii) Resultados**

Según los procedimientos señalados en la metodología, se obtienen los siguientes caudales de los gráficos y cuadros presentados:

**CUADRO 6.5-14**  
**CAUDALES OBTENIDOS DE GRÁFICOS**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Qma (m³/s)	Q 347 (m³/s)	Q 330 (m³/s)
1	Río Baker	Final	Conf. Río Nef	566,2	363,2	393,4
2	Río Baker	Medio	-	564,5	362,1	392,2
3	Río Baker	Inicio	Lago Bertrand	562,8	361,0	391,0

Para obtener el  $Q_{347}$  y  $Q_{330}$  se realizó un análisis de la estadística fluviométrica diaria.

Con las consideraciones anteriores, se obtienen los siguientes caudales ecológicos.

- Métodos utilizados por la DGA (a), "Cauce con derechos constituidos con caudal ecológico mínimo del 10%  $Q_{ma}$ ".

**CUADRO 6.5-15  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (A),  
TRAMO 1 "FINAL", CONF. RÍO NEF**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% $Q_{ma}$	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2
10% $Q_{ma}$	56,6	56,6	56,6	56,6	56,6	56,6	56,6	56,6	56,6	56,6	56,6	56,6
50% $Q_{95\%PE}$	263,3	279,4	271,4	264,1	233,3	208,2	180,8	162,4	155,0	161,0	187,6	230,4
Q ecológico	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2

**CUADRO 6.5-16  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (A),  
TRAMO 2 "INTERMEDIO"**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% $Q_{ma}$	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9
10% $Q_{ma}$	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5
50% $Q_{95\%PE}$	262.5	278.6	270.6	263.3	232.6	207.6	180.3	161.9	154.5	160.6	187.0	229.7
Q ecológico	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9

**CUADRO 6.5-17  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (A),  
TRAMO 3 "INICIAL", DESAGÜE LAGO BERTRAND**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% $Q_{ma}$	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6
10% $Q_{ma}$	56,3	56,3	56,3	56,3	56,3	56,3	56,3	56,3	56,3	56,3	56,3	56,3
50% $Q_{95\%PE}$	261,7	277,7	269,7	262,5	231,9	207,0	179,7	161,4	154,0	160,0	186,4	229,0
Q ecológico	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6

- Métodos utilizados por la DGA (b), "Cauce con derechos constituidos con caudal ecológico mínimo del menor 50% del  $Q_{95\%}$ ".

**CUADRO 6.5-18**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (B),**  
**TRAMO 1 "FINAL", CONF. RÍO NEF**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% Q <sub>ma</sub>	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2
min 50% Q <sub>95%</sub> PE	155,0	155,0	155,0	155,0	155,0	155,0	155,0	155,0	155,0	155,0	155,0	155,0
50% Q <sub>95%</sub> PE	263,3	279,4	271,4	264,1	233,3	208,2	180,8	162,4	155,0	161,0	187,6	230,4
Q ecológico	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2	113,2

**CUADRO 6.5-19**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (B),**  
**TRAMO 2 "INTERMEDIO"**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% Q <sub>ma</sub>	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9
min 50% Q <sub>95%</sub> PE	154.5	154.5	154.5	154.5	154.5	154.5	154.5	154.5	154.5	154.5	154.5	154.5
50% Q <sub>95%</sub> PE	262.5	278.6	270.6	263.3	232.6	207.6	180.3	161.9	154.5	160.6	187.0	229.7
Q ecológico	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9	112.9

**CUADRO 6.5-20**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (B),**  
**TRAMO 3 "INICIAL", DESAGÜE LAGO BERTRAND**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% Q <sub>ma</sub>	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6
min 50% Q <sub>95%</sub> PE	154,0	154,0	154,0	154,0	154,0	154,0	154,0	154,0	154,0	154,0	154,0	154,0
50% Q <sub>95%</sub> PE	261,7	277,7	269,7	262,5	231,9	207,0	179,7	161,4	154,0	160,0	186,4	229,0
Q ecológico	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6	112,6

- Método de Tennant

**CUADRO 6.5-21**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE TENNANT**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q eco (m3/s)	
				Q otoño-invierno	Q prim-verano
1	Río Baker	Final	Conf. Río Nef	113,2	226,5
2	Río Baker	Medio	-	112,9	225,8
3	Río Baker	Inicio	Lago Bertrand	112,6	225,1

Se consideró la salud del hábitat como buena.

- Método del Área Drenante

**CUADRO 6.5-22**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DEL ÁREA DRENANTE**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Área (km <sup>2</sup> )	Q ecológico (m <sup>3</sup> /s)
1	Río Baker	Final	Conf. Río Nef	15616	85,9
2	Río Baker	Medio	-	15569	85,6
3	Río Baker	Inicio	Lago Bertrand	15520	85,4

- Método de la Legislación Francesa

**CUADRO 6.5-23**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE LA LEGISLACIÓN FRANCESA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q eco (m <sup>3</sup> /s)
1	Río Baker	Final	Conf. Río Nef	56,6
2	Río Baker	Medio	-	56,5
3	Río Baker	Inicio	Lago Bertrand	56,3

- Método de la Legislación Suiza

**CUADRO 6.5-24**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE LA LEGISLACIÓN SUIZA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q eco (m <sup>3</sup> /s)
1	Río Baker	Final	Conf. Río Nef	127,1
2	Río Baker	Medio	-	126,8
3	Río Baker	Inicio	Lago Bertrand	126,4

- Método de la Legislación Asturiana

**CUADRO 6.5-25**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE LA LEGISLACIÓN ASTURIANA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Area (km <sup>2</sup> )	Q ec 1 (m <sup>3</sup> /s)	Q ec 2 (m <sup>3</sup> /s)	Q ec 3 (m <sup>3</sup> /s)	Qec I = Max(Qec1,2,3) (m <sup>3</sup> /s)	Q ec II (m <sup>3</sup> /s)	Q ec III (m <sup>3</sup> /s)
1	Río Baker	Final	Conf. Río Nef	15616	127,1	33,2	90,8	127,1	158,4	189,6
2	Río Baker	Medio	-	15569	126,7	33,2	90,6	126,7	157,9	189,0
3	Río Baker	Inicio	Lago Bertrand	15520	126,4	33,1	90,3	126,4	157,4	188,4

Se calcula a nivel de protección base II y III, debido a que la zona es de interés piscícola.

- Método del Programa de Caudales de Nueva Inglaterra.

**CUADRO 6.5-26**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DEL PROGRAMA DE CAUDALES DE NUEVA INGLATERRA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q ec 1 (m3/s)
1	Río Baker	Final	Conf. Río Nef	264,6
2	Río Baker	Medio	-	263,8
3	Río Baker	Inicio	Lago Bertrand	263,0

**iii) Recomendaciones**

Como se aprecia en los cuadros de resultados, los distintos métodos dan estimaciones muy disímiles en algunos casos. Por tratarse de cuencas regidas por la legislación nacional, se hace primordial tener en cuenta las recomendaciones de la Dirección General de Aguas. En este sentido, se recomienda considerar el caudal ecológico como el 20% del caudal medio anual, para todos los meses del año.

**CUADRO 6.5-27**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS RECOMENDADOS**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q eco (m3/s)
1	Río Baker	Final	Conf. Río Nef	113,2
2	Río Baker	Medio	-	112,9
3	Río Baker	Inicio	Lago Bertrand	112,6

**6.6 Hidrología Río Serrano**

**6.6.1 Introducción**

La caracterización hidrológica del Río Serrano en los distintos puntos de control, se realizó en base a registros históricos de caudales medios mensuales, además de las precipitaciones representativas del sector en estudio. Esta información se obtuvo de distintos estudios y registros oficiales existentes para la zona.

**6.6.2 Antecedentes Considerados**

Para la elaboración del presente estudio se consultaron los siguientes antecedentes:

- Ref. 1** Hidrología Aplicada. Ven Te Chow – David Maidment – Larry Mays, McGraw-Hill, 1994.
- Ref. 2** Manual de Carreteras. Volumen 2 y 3. Dirección de Vialidad. Ministerio de Obras Públicas, 2001.
- Ref. 3** Cartografía del Instituto Geográfico Militar (IGM) escala 1:50.000.
- Ref. 4** Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad Cuenca del Río Serrano, Cade-Idepe - DGA, 2004.
- Ref. 5** Manual de Geografía de Chile, Editorial Andrés Bello, 1997.
- Ref. 6** Balance Hídrico de Chile, Dirección General de Aguas, 1987.
- Ref. 7** Pluviometría de Chile, Dirección Meteorológica de Chile, 2005.
- Ref. 8** Cartografía Digital ARCVIEW, DGA.
- Ref. 9** Cartografía Digital Software Google Earth.

### 6.6.3 Pluviometría

Se recopilaron antecedentes de precipitaciones del sector en estudio. Estos corresponden a registros históricos de precipitaciones medias mensuales de las estaciones más cercanas a la hoya del Río Serrano.

Las estaciones pluviométricas existentes en la cuenca del Río Serrano corresponden a Cerro Guido, Torres del Paine y Cerro Castillo. Por poseer una considerable cantidad de registros y al estar emplazada en un lugar representativo de la cuenca, se recurrió a la información de la estación pluviométrica Torres del Paine, de la Dirección General de Aguas (DGA). Estos registros datan de 1982 y se detallan en los cuadros a continuación:

**CUADRO 6.6-1  
UBICACIÓN DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS CERCANAS**

CODBNA	NOMBRE	ESTE	NORTE	DATUM	HUSO	VIGENCIA
12283001-2	CERRO GUIDO	257.183	4.351.098	1956	19	Vigente
12286001-9	TORRES DEL PAINE	223.803	4.323.418	1956	19	Vigente
12284010-7	CERRO CASTILLO	266.879	4.316.776	1956	19	Vigente

**CUADRO 6.6-2**  
**PRECIPITACIONES MENSUALES (mm) ESTACIÓN TORRES DEL PAINE**  
**(DGA)**

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Tot. Anual
1982					24,1	11,3	6,0	66,0	21,5	62,5	48,5	34,4	n.c
1983	37,5	28,5	47,7	89,9	66,5	31,0	32,8	24,3	42,6	49,5	86,8	16,6	553,7
1984	105,8	81,3	9,8	103,4	51,5		7,0	47,0	7,0	21,0	49,1	23,0	n.c
1985	43,5	101,8	135,6	120,6	94,9	27,5	88,0	86,0	95,0	24,5	19,0	12,5	848,9
1986	150,1	109,5	71,0	79,4	47,4	116,0	95,5	18,1	9,8	16,0	95,5	24,3	832,6
1987	62,5	95,5	13,5	35,5	22,0	65,6	48,5	24,0	13,5	43,0	51,5	21,0	496,1
1988	40,0	34,0	75,5	55,5	73,5	72,7	31,6	19,0	25,5	77,5	72,6	83,2	660,6
1989	116,5	36,0	16,0	105,6	94,5	123,4	46,5	39,0	65,2	36,0	31,7	166,5	876,9
1990	52,8	24,3	97,0	60,1	89,0	126,5	98,1	78,5	64,0	97,6	121,5	35,0	944,4
1991	21,0	62,0	190,3	161,0	35,8	58,0	38,5	83,3	48,8	22,5	39,0	45,5	805,7
1992	36,0	49,5	42,5	58,0	44,7	0,0	18,6	37,0	54,0	52,5	31,9	46,5	471,2
1993	26,2	74,7	134,2	76,5	18,5	0,0	9,5	67,0	58,5	101,1	60,0	72,0	698,2
1994	82,5	58,0	85,9	63,5	137,9	22,0	56,2	21,0	0,0	5,0	63,5	77,5	673,0
1995	24,5	53,5	60,0	84,5	80,5	28,5	71,0	12,0	64,5	11,0	31,5	42,0	563,5
1996	49,0	24,5	45,0	86,0	92,0	37,0	41,5	73,5	44,5	74,3	86,0	61,5	714,8
1997	110,2	65,5	44,0	80,5	29,0	15,7	59,0	74,5	68,2	59,0	34,0	24,5	664,1
1998	50,0	110,0	104,2	46,1	55,5	19,1	270,0	75,0	39,2	99,0	94,0	89,7	1051,8
1999	67,0	87,0	29,5	55,0	76,7	0,0	107,0	66,6	75,2	34,5	13,0	127,5	739,0
2000	75,2	14,1	27,5	116,5	25,5	27,5	57,0	31,5	50,7	146,5	40,5	75,5	688,0
2001	76,0	158,8	123,3	70,5	67,5	39,5	4,0	69,9	75,0	13,4	71,3	80,0	849,2
2002	9,0	36,0	126,5	45,0	89,5	10,0	43,0	48,5	41,5	83,0	15,0	9,0	556,0
2003	50,5	79,0	133,5	32,5	119,0	30,5	85,0	32,5	31,5	143,6	59,5	19,5	816,6
2004	15,0	7,0	91,0	70,5	52,5	83,2	15,0	60,5	71,0	68,5	36,0	74,0	644,2
2005	53,0	12,0	90,0	211,5	45,5	95,0	11,5	40,5	85,1	102,0	50,5	32,5	829,1
2006	62,4	17,0	156,0	89,8	51,0	11,0	35,0	75,0	85,2	74,0	40,5	103,0	799,9
2007	95,0	60,7	83,3	108,0	35,0	111,5	34,0	84,0	13,0	97,5	45,0	48,0	815,0
2008	42,5	64,0	30,5	163,7	73,5	117,0	52,0	52,0	44,0	61,5			n.c
P.M.M.	60,4	59,2	81,3	84,2	63,8	48,0	56,2	51,5	49,1	62,1	53,6	56,4	725,9

Como se aprecia, la estación Torres del Paine posee gran cantidad de información completa lo cual será de utilidad para utilizar las metodologías indicadas en los puntos posteriores de este informe.

#### 6.6.4 Fluviometría

El principal objetivo del estudio fluviométrico es la generación de caudales medios mensuales en cada una de las subcuencas en estudio.

Debido a que la cuenca del Río Serrano cuenta con control fluviométrico, se utilizará esta información para generar caudales medios mensuales a través de transposición

por unidad de área y precipitación media. Los registros oficiales fueron obtenidos de la Dirección General de Aguas.

Para la cuenca del Río Serrano, la institución posee las estaciones Río Paine en Parque Nacional, Río Baguales en Cerro Guido, Río Las Chinas en Cerro Guido, Río Vizcachas en Cerro Guido, Río Grey antes junta Río Serrano, Río Serrano en Desagüe Lago Toro, Río Las Chinas en Puente Carretero, Río Las Chinas en Desagüe Lago Toro, Río Serrano antes junta Grey, Río Don Guillermo en Cerro Castillo, Río Serrano en Desembocadura y Río Chorrillos Tres Pasos en Ruta N°9.

Las cuencas en estudio corresponden a las limitadas por el Río Serrano en Desagüe Lago Toro y Río Serrano en Desembocadura. Por este motivo las estaciones de interés corresponden a Río Serrano en Desagüe Lago Toro, Río Grey antes junta Río Serrano y Río Serrano en Desembocadura. La estadística de caudales medios mensuales se presenta en los cuadros siguientes:

**CUADRO 6.6-3**  
**UBICACIÓN DE ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS EN CUENCA DEL RÍO SERRANO**

CODBNA	NOMBRE	ESTE	NORTE	DATUM	HUSO	VIGENCIA
12280002-4	RIO PAINE EN PARQUE NACIONAL 2	233.978	4.347.663	1956	19	VIGENTE
12280001-6	RIO PAINE EN PARQUE NACIONAL	233.227	4.345.467	1956	19	SUSPENDIDA
12284002-6	RIO BAGUALES EN CERRO GUIDO	255.444	4.343.533	1956	19	VIGENTE
12284006-9	RIO LAS CHINAS EN CERRO GUIDO	255.487	4.342.471	1956	19	VIGENTE
12284003-4	RIO VIZCACHAS EN CERRO GUIDO	255.543	4.342.470	1956	19	VIGENTE
12287001-4	RIO GREY ANTES JUNTA RIO SERRANO	219.725	4.321.706	1956	19	VIGENTE
12289002-3	RIO SERRANO EN DES. LAGO DEL TORO	224.323	4.321.399	1956	19	VIGENTE
12284004-2	RIO LAS CHINAS EN PTE. CARRETERO	257.917	4.319.431	1956	19	SUSPENDIDA
12284007-7	RIO LAS CHINAS EN DES. LAGO DEL TORO	253.882	4.316.249	1956	19	VIGENTE
12289003-1	RIO SERRANO ANTES JUNTA GREY	222.412	4.316.156	1956	19	SUSPENDIDA
12284005-0	RIO DON GUILLERMO EN CO. CASTILLO	267.875	4.315.998	1956	19	VIGENTE
12289001-5	RIO SERRANO EN DESEMBOCADURA	214.212	4.303.418	1956	19	VIGENTE
12285001-3	RIO CHORRILLOS 3 PASOS EN RUTA N° 9	257.769	4.294.771	1956	19	VIGENTE

**CUADRO 6.6-4**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m<sup>3</sup>/s) ESTACIÓN RÍO SERRANO EN DESAGÜE LAGO TORO**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1986					43,83 *	36,34	55,79	48,28	36,71	72,32	100,38	109,61	n.c
1987	102,45	103,14	93,28	66,06	52,28	36,31	38,77	38,13 *		52,78	66,49	77,48	n.c
1988	118,20	107,76	98,18	76,36	51,20	42,69	40,67	32,36	21,45	53,27	85,43	130,03	71,47
1989	114,19	119,25	98,29	61,95	71,47	60,64	57,09	23,84	40,89	67,88	113,36	109,01	78,16
1990	122,84	98,16	100,15	79,56	54,59	71,75	76,69	49,72	49,62	101,04	149,37	155,74	92,44

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1991	118,98	113,11	139,13	151,47	110,91	41,34	25,64	29,29	49,67	57,90	97,81	86,11	85,11
1992	87,48	108,78	99,40	73,66	44,53	24,92	17,42	17,40	24,78	61,23	110,30	137,74	67,30
1993	108,49	112,75	112,35	100,11	55,75	30,52	18,73	29,70	50,57	81,02	85,89	74,00	71,66
1994	106,63	107,75	107,80	75,14	65,05	44,97	26,03	23,68	26,25	42,46	84,63	120,13	69,21
1995	114,26	106,86	92,61	91,67	74,24	42,40	23,43	27,36	40,50	102,86	133,77	144,77	82,89
1996	133,48	96,78	91,13	89,22	84,69	62,35	28,94	31,49	36,03	66,74	76,92	105,59	75,28
1997	115,45	109,61	81,52	72,32	74,80	36,40	23,44	55,39 @	43,15	65,67	81,09	79,91	n.c
1998	98,75	116,64	200,94	124,32	58,37	33,45	101,08	130,39	95,94	82,38	151,27	177,84	114,28
1999	152,87	141,25	116,80	67,03	61,52	41,07	26,65	44,36	40,98	76,20	112,87	101,26	81,91
2000	138,39	109,88	88,29	72,72	70,22	41,75	24,21	26,51	25,25	65,83	124,70	133,45	76,77
2001	148,06	144,79	133,45	106,00	81,46	42,13	30,86	43,51	71,27	88,70	90,13	101,75	90,18
2002	112,39	107,96	111,02	87,12	72,66	37,78	34,09	27,42	46,78	63,09	70,48	95,58	72,20
2003	100,16	99,54	178,16	106,45	77,87	57,73	33,45	67,71 @	47,35 @	51,50 @	104,78	86,11	n.c
2004	122,27	134,31	138,48	79,13	66,74	47,19	30,94	34,21	43,36	56,95	61,92 @	94,35	n.c
2005	94,96	124,00	114,79	71,95	94,45	48,29	28,62	43,91	48,63	82,70	92,86	81,66	77,23
2006	102,74	132,82	127,90	107,73	74,27	39,79	16,31	18,25	30,46 @	69,89 @	74,81	87,29	n.c
2007	100,03	131,64	111,42	131,33	87,09	78,81	57,89	33,27	40,54	65,89	87,28	92,76	84,83
2008	115,13	142,10	140,29	111,00	89,43	53,33	44,53						n.c
Prom.	114,92	116,77	117,06	91,01	71,53	45,74	37,45	37,63	43,81	70,35	99,74	108,28	80,68

**CUADRO 6.6-5  
CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m<sup>3</sup>/s) ESTACIÓN RÍO GREY ANTES  
JUNTA RÍO SERRANO**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1981										96,84 *	105,16	152,97%	n.c
1982	304,00@	298,82@	267,29	107,8	60,32	31,57	7,92 @	13,58 @	20,84%	48,57	109,16	164,58	n.c
1983	250,55	217,54	175,35	126,29	54,65	29,79	40,44	43,97	44,3	50,52	154,23	211,87	116,63
1984	248,94	157,14	153,07	103,49	65,5	25,03%	21,79 *	28,04	47,85	75,77	141,47	165,29	n.c
1985	222,71	237	199,7	108,96	64,94	21,35	33,61	56,35	45,39	54,74	113,62	191,71	112,51
1986	256,9	176,67	106,89	93,4	46,23	29,89	50,46	23,06	26,8	76,19	93,55	132,93	92,75
1987	204,52	193,25	164,76	131,39	72,55	38,06	44,61	28,76	26,51	59,75	138,6	152,99	104,65
1988	195,00%	237,24	202,48	109,97	89,75	69,34	36,98	31,97	27,57	80,86	149,26	157,48	115,66
1989	191,74	324,07	209,71	121,57	80,85	48,94	32,82	17,54%	31,99	104,67	151,17	168,15	123,60
1990	204,61	218,64	207,97	64,08	65,74	67,01	53,64	35,24	29,23	107,98	142	154,49	112,55
1991	212	266,14	282,43%	169,79%	71,65	25,09%	26,74%	25,33%	25,70%	46,74	111,34%	101,98	113,74
1992	297,97	197,28	211	119,26%	36,58	23,61%	18,99	27,05	28,46	76,34	97,43	153,9	107,32
1993	186,13	268,46	182,31	85,36	62,92	32,22	37,77	55,58	69,29	109,74	133,97	181,33	117,09
1994	276,32	231,82	201,48	106,53	69,28	29,97	32,66	35,05	29,32	42,33	110,68	166,71	111,01
1995	197,13	219,57	231,48	134,9	79,85	33,13	25,67	24,96	34,21	75,95	121,74	234,58	117,77
1996	190,32	196,38	209,97	144,63	107,91	51,94	32,97	35,62	43,14	72,89	119,46	172,45	114,81
1997	195,55	168,79	155,93	123,21	64,95%	25,57	29,55	56,89	37,56	74,6	102,97	147,02	98,55
1998	225,13	235,11	307,39	170,3	91,4	43,37	105,47	75,25	57,51	99,54	176,17	218,26	150,41
1999	264,32	268,21	143,58	112,94	89,28	46,93	44,52	54,93	43,7	124,06	163,57	188,84	128,74
2000	283,52	162,48	155,56	127,97	85,54	33,7	24,22	32,04	22,65	67,19	97,02	158,94	104,24

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2001	224,77	246,43	132,75	134,09	76,55	30,02	31,32	46,68	49,68	68,17	113,77	180,35	111,22
2002	196,71@	238,00 *	115,03	114,19	52,85	32,33	32,61	24,58 @	40,67	57,5	78,83	184,47	n.c
2003	203	236,29	365,03	102,94	116,8	61,1	60,76	75,45	43,28	71,54%	127,69	142,87	133,90
2004	324,81	308,28	269,52	123,19	102,03	70,26	34,81	59,55%	74,84 @	81,16	130,04	202,61	n.c
2005	236,87	343,89	188,74	131,79	60,96	20,64	28,91	45,65	61,57	85,68	114,54	213,97	127,77
2006	315,06	344,68	261,65	130,67	151,91	35,24%	20,78@	27,9	52,77	73,94	108,26	154,87%	n.c
2007	221,32	225,57	209,1	213,41	87,45	78,53	36,54	34,56	49,13	100,17	97,67	200,68	129,51
2008	247,55	410,34	279,87	163,95	91,9	46,92	29,47						n.c
Prom.	235,07	243,65	207,04	125,04	77,79	40,06	38,56	38,27	39,56	76,41	122,35	172,45519	116,40

**CUADRO 6.6-6**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES ESTACIÓN RÍO SERRANO EN**  
**DESEMBOCADURA**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1994												364,24@	n.c
1995	389,68	475,80@	460,41@	267,17	159,38	49,73	70,93%	81,15	127,76	289,55	415,7	645,74	n.c
1996	597,23	557,41	588,45	480,3	382,52	208,47	117,99	119,35	156,57	246,77	360	498,13	359,43
1997	574,97	510,04	453,48	393,63	243,23	92,67	106,72%	185,4	143,17	222,26	309	417,87	304,37
1998	640,35	674,89	744,48%	568	328,68%	224,86%	386,23	288,26	223,43	317,52	580,8	742,87	476,7
1999	813,03	823,5	479,61	373,6	278,61	117,93	107,98	150,55	128,96	372,97	497,33	574,87	393,25
2000	841,06	536,79	493,74	431,07	283,58	120,44	79,52	97,52	49,05	208,4	363,87	558,74	338,65
2001	768	854,79	520,84	491,07	287,19	117,68	91,69	150,39	178,17	240,29	378,57	590,61	389,11
2002	684,65	715,54	388,1	370,3	179,74	109,4	100,64	67,08	132,85	179,61	250,47	544,65	310,25
2003	640,9	737,89	1029,84	324,17	358,74	185,67	177,29	208,03	129,63	177,68	326,53	387,74	390,34
2004	982,58	910,31	772,06	344,4	276,87	189,9	104,48	169,65	186,27	244,52	376,1	578,19	427,94
2005	719,39	1035,43	587,48	411,9	239,06	117,12	116,87	133,50 @				555,91%	n.c
2006	787,9	899,14	742,1	411,73	383,29	115,56%				245,16@	306,11@	384,79@	n.c
2007	651,03	727,61	695,03	688,07	303,26	278,17	127,51	109,4	138	295,45	327,87	612,58	412,83
2008	767,77	1218,76	859,03	529,47	374,48%	142,67 *	104,96						n.c
Prom.	704,18	784,78	642,63	434,63	291,33	148,28	130,22	147,89	144,90	254,09	380,57	558,99	380,29

\* : 1 - 10 Días con información en el mes

@ : 11 - 20 Días con información en el mes

% : más de 20 días con información en el mes

El caudal medio mensual, se calculó promediando sólo los años con información mensual con más de 20 días de información.

**a) Generación de Caudales Medios Mensuales**

Si bien la estadística en la cuenca del Río Serrano no cuenta con 25 años de información hidrológica completa, se considera que la existente es suficiente para efectuar una correcta caracterización hidrológica de la zona. Por esto, sería erróneo basar el análisis hidrológico del Río Serrano en otras aproximaciones o estimaciones indirectas de caudales; debido a que la cuenca es importante, por su tamaño,

ubicación y tipos de cauces que llegan a él, haciendo del Serrano un sistema complejo de estudiar.

### i) Análisis de Frecuencia

Con la estadística señalada en Cuadros 6.6-4, 6.6-5 y 6.6-6, se aplican los métodos de distribución empleados comúnmente en estudios hidrológicos en nuestro país, con el objeto de determinar el caudal medio mensual según probabilidad de excedencia. Dichas distribuciones son las siguientes: Normal, Log-Normal, Gumbel, Pearson y Log-Pearson tipo III.

Para ajustar de mejor manera la información hidrológica de las estaciones fluviométricas, se recurrirá al análisis gráfico a través de gráficos de probabilidad. En el caso de muestras superiores a 20 datos se consulta la aplicación del test Chi-Cuadrado.

### b) Caudales Medios Mensuales y Anuales, en Estaciones Fluviométricas

Con la metodología señalada en puntos anteriores se procede al cálculo de caudales medios mensuales y anuales, según la estadística de Cuadros 6.6-4, 6.6-5 y 6.6-6. Los resultados obtenidos son los siguientes:

**CUADRO 6.6-7  
CAUDAL MEDIO ANUAL EN ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS**

Parámetro	Serrano Desagüe Lago Toro	Grey antes junta Serrano	Serrano en Desembocadura
Caudal Medio Anual	80,68	116,40	380,29
Desviación Estándar	11,582	12,87	53,551
Máximo	114,28	150,41	476,70
Mínimo	67,30	92,75	304,37

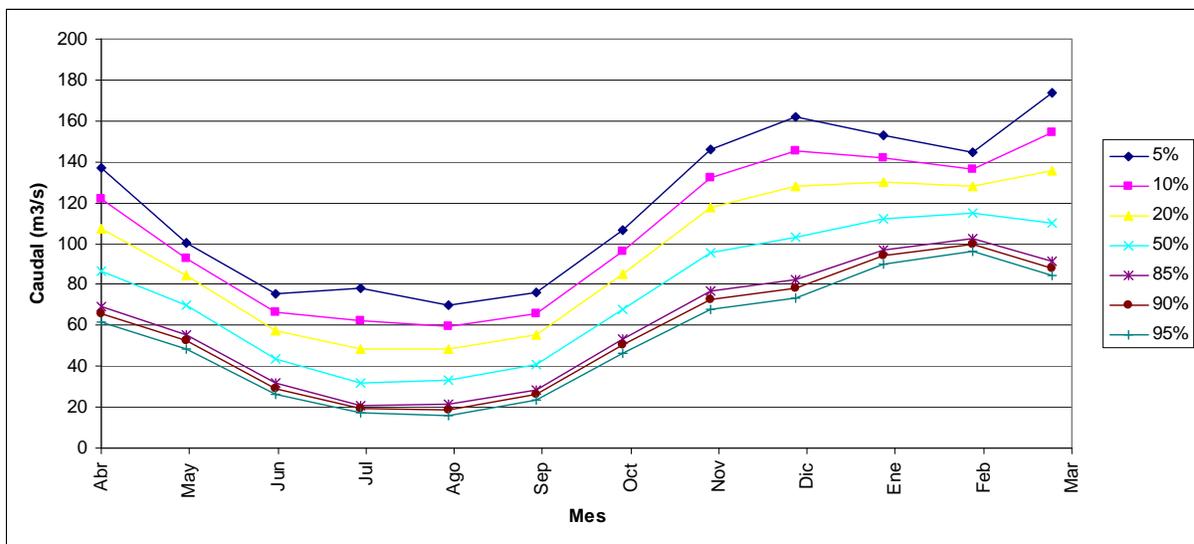
Para la obtención de éstos valores sólo se consideraron los años calendarios con información hidrológica completa o cuya estadística media mensual se encuentre con al menos 20 días de registros.

**CUADRO 6.6-8  
CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO SERRANO EN DESAGÜE LAGO TORO**

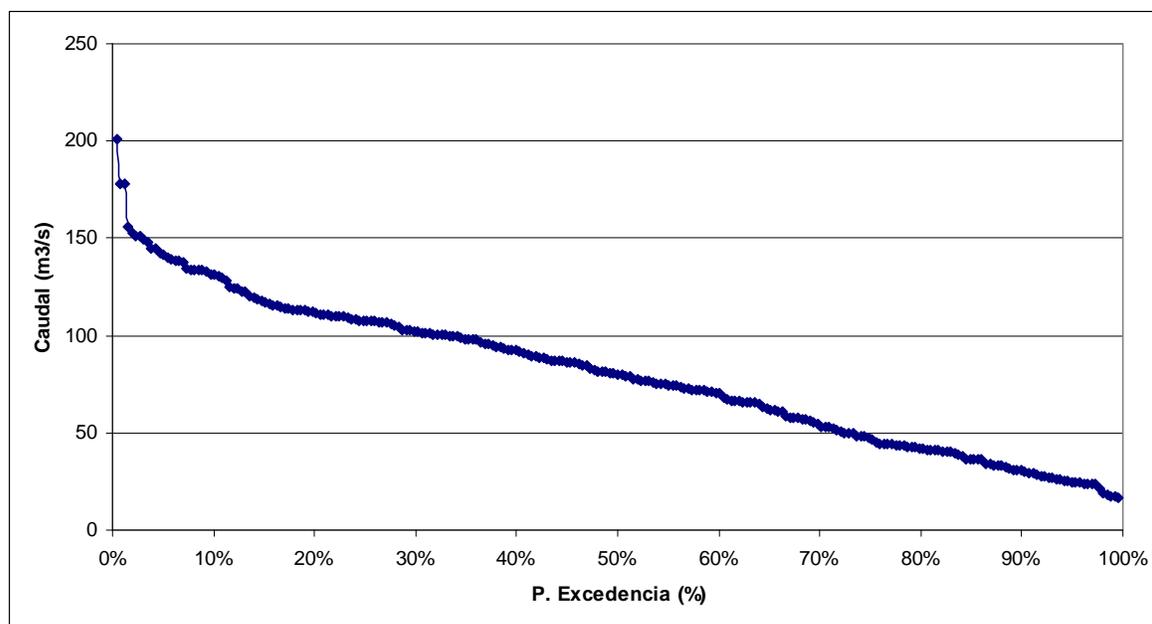
Probabilidad excedencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5%	152,8	144,3	173,7	136,9	100,5	75,2	77,9	69,7	76,2	106,6	146,1	162,1
10%	141,7	136,5	154,3	122,1	92,9	66,5	62,1	59,3	65,8	95,9	132,0	145,0

Probabilidad excedencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
20%	130,0	128,1	135,6	107,4	84,4	57,5	48,3	48,7	55,4	84,8	117,5	127,8
50%	112,4	114,8	110,2	86,3	70,0	43,8	31,7	33,5	40,5	68,0	95,6	102,9
85%	96,8	102,1	91,3	69,0	55,4	31,6	20,9	21,1	28,4	53,1	76,5	82,2
90%	93,8	99,7	88,1	65,9	52,3	29,3	19,2	18,9	26,2	50,2	72,9	78,4
95%	89,7	96,3	84,1	61,8	48,1	26,1	17,2	16,1	23,4	46,3	68,1	73,5
Distribución	G	LP3	LP3	LP3	LP3	G	LP3	LN	LP3	G	LP3	LP3
R2	0,9798	0,9573	0,9749	0,9779	0,9871	0,9690	0,9821	0,8541	0,9210	0,9771	0,9874	0,9869
Promedio	114,9	116,8	117,1	91,0	71,5	45,7	37,4	37,6	43,8	70,3	99,7	108,3
Desv. Est.	16,7	14,8	29,3	23,7	16,0	13,1	20,5	24,4	17,1	15,8	24,3	27,9
Max.	152,9	144,8	200,9	151,5	110,9	78,8	101,1	130,4	95,9	102,9	151,3	177,8
Min.	87,5	96,8	81,5	62,0	44,5	24,9	16,3	17,4	21,5	42,5	66,5	74,0
N	22	22	22	22	22	23	23	19	19	20	21	22

**FIGURA 6.6-1**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO**  
**SERRANO EN DESAGÜE LAGO TORO**



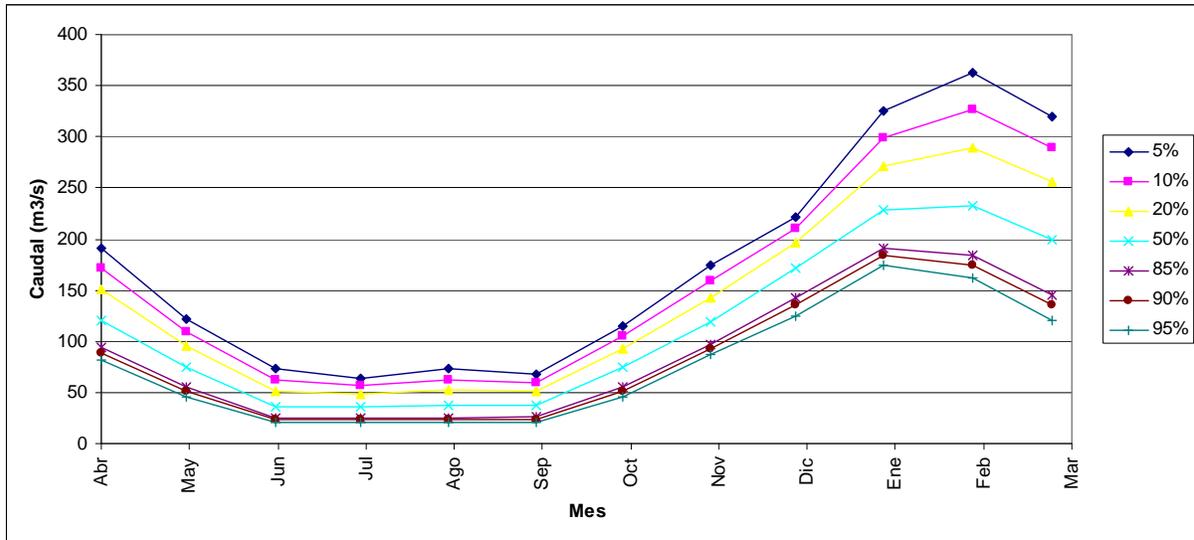
**FIGURA 6.6-2**  
**CURVA DE DURACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**  
**RÍO SERRANO EN DESAGÜE LAGO TORO**



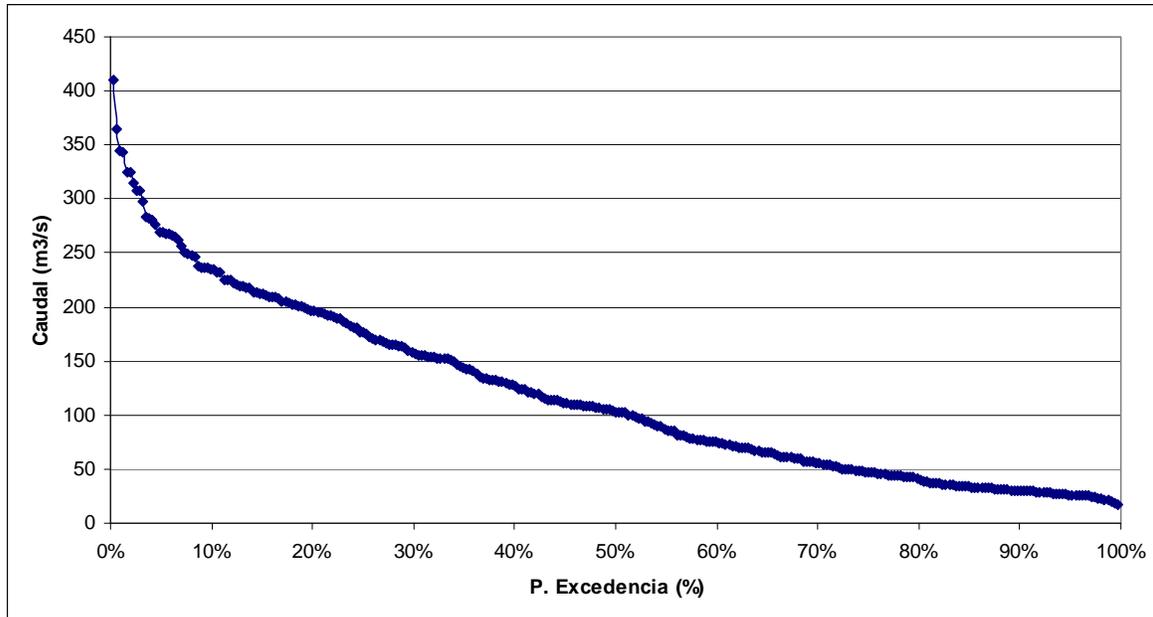
**CUADRO 6.6-9**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO GREY**  
**ANTES JUNTA RÍO SERRANO**

Probabilidad excedencia	Ene m3/s	Feb m3/s	Mar m3/s	Abr m3/s	May m3/s	Jun m3/s	Jul m3/s	Ago m3/s	Sep m3/s	Oct m3/s	Nov m3/s	Dic m3/s
5%	325,4	362,6	320,1	190,5	121,5	73,4	63,9	72,9	68,3	115,5	174,7	221,1
10%	298,8	326,4	289,3	171,2	109,1	61,8	56,3	62,7	59,8	105,0	159,2	210,1
20%	271,0	289,0	255,4	151,0	95,7	50,8	48,3	52,4	51,0	93,4	143,1	197,0
50%	229,0	233,0	199,8	120,6	74,5	36,1	36,1	37,5	37,6	74,1	118,8	172,1
85%	191,7	184,0	145,9	93,5	54,8	25,1	25,2	25,3	25,8	55,0	97,1	142,2
90%	184,5	174,8	135,2	88,3	50,9	23,2	23,1	23,1	23,5	51,2	93,0	135,2
95%	174,8	162,6	120,5	81,2	45,7	20,8	20,4	20,2	20,4	45,9	87,3	124,9
Distribución	G	LP3	LP3	G	LN	LP3	LN	LP3	G	LP3	G	P3
R2	0,9805	0,9793	0,9826	0,9435	0,9695	0,9708	0,8900	0,9724	0,9798	0,9762	0,9853	0,9648
Promedio	235,1	243,7	207,0	125,0	77,8	40,1	38,6	40,7	39,6	76,4	122,3	172,5
Desv. Est.	40,4	62,6	61,2	29,6	23,8	16,6	17,2	16,2	12,8	21,2	23,6	29,2
Max.	324,8	410,3	365,0	213,4	151,9	78,5	105,5	75,5	69,3	124,1	176,2	234,6
Min.	186,1	157,1	106,9	64,1	36,6	20,6	19,0	17,5	20,8	42,3	78,8	102,0
N	25	25	27	27	27	27	24	24	25	26	27	27

**FIGURA 6.6-3**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO GREY**  
**ANTES JUNTA RÍO SERRANO**



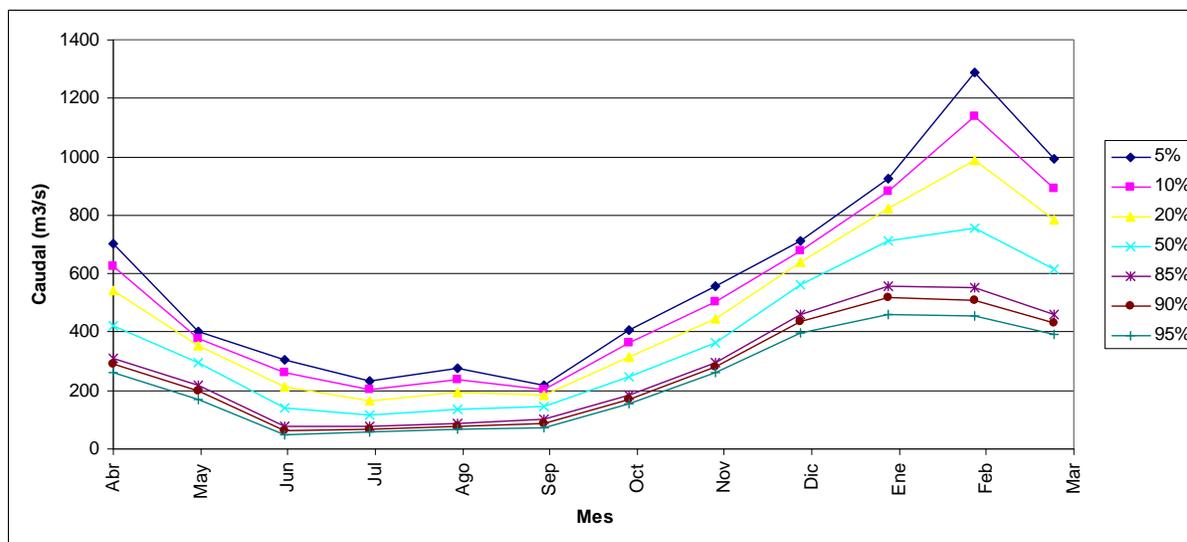
**FIGURA 6.6-4**  
**CURVA DE DURACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO GREY ANTES JUNTA**  
**RÍO SERRANO.**



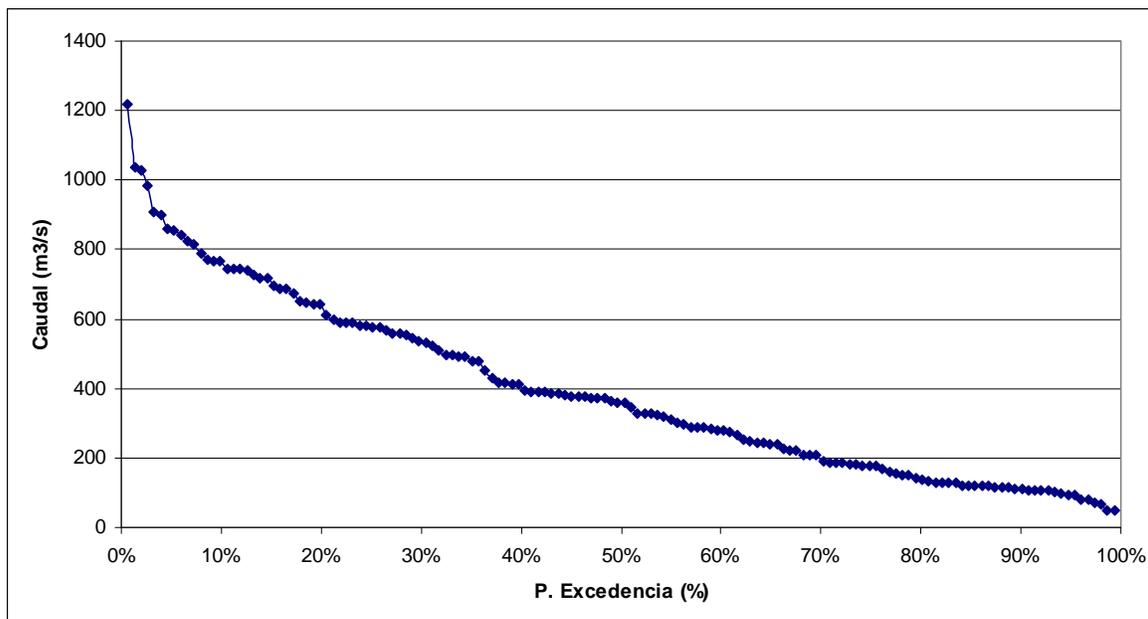
**CUADRO 6.6-10**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO**  
**SERRANO EN DESEMBOCADURA**

Probabilidad excedencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5%	926,2	1287,7	995,0	701,0	399,8	305,3	234,4	276,1	217,1	407,2	555,4	711,5
10%	881,4	1140,8	892,9	623,0	378,7	259,4	201,1	236,2	201,2	362,6	501,9	679,2
20%	825,0	987,5	784,5	541,8	351,8	211,6	167,1	195,4	181,9	316,1	447,0	639,4
50%	710,6	756,1	616,0	419,1	295,7	139,3	117,3	136,1	144,9	245,8	365,1	561,0
85%	557,1	550,5	462,0	310,1	218,1	75,1	75,8	87,1	99,4	183,5	294,2	460,6
90%	518,8	511,0	432,3	289,1	198,3	62,8	68,4	78,4	88,6	171,5	281,0	436,2
95%	460,4	457,2	392,2	260,6	167,9	46,0	58,7	67,0	72,7	155,1	263,4	399,6
Distribución	P3	G	LP3	G	P3	G	LN	LN	N	G	LP3	P3
R2	0,9456	0,9806	0,9814	0,9816	0,9650	0,9415	0,7456	0,9896	0,8720	0,9816	0,9474	0,9311
Promedio	704,2	784,8	642,6	434,6	291,3	148,3	130,2	147,9	144,9	254,1	380,6	559,0
Desv. Est.	141,9	203,6	184,1	109,3	70,8	63,6	81,1	64,1	43,9	60,0	91,3	94,9
Max.	982,6	1218,8	1029,8	688,1	383,3	278,2	386,2	288,3	223,4	373,0	580,8	742,9
Min.	389,7	510,0	388,1	267,2	159,4	49,7	70,9	67,1	49,1	177,7	250,5	387,7
N	14	13	13	14	14	13	13	11	11	11	11	12

**FIGURA 6.6-5**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO**  
**SERRANO EN DESEMBOCADURA**



**FIGURA 6.6-6  
CURVA DE DURACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO SERRANO EN  
DESEMBOCADURA**



Para la obtención de estadígrafos de caudales medios mensuales se consideraron todos los meses con información hidrológica completa o que tuviera al menos 20 días de registros.

Como se aprecia en las figuras anteriores, los cauces presenta sus mayores caudales medios en el periodo diciembre – abril, esto indica una importante componente nival de la escorrentía.

Con respecto a las curvas de duración, estas fueron confeccionadas considerando los meses con información hidrológica completa o que tuvieran al menos 20 días de registros, utilizando el procedimiento de Weibull indicado en Ref.2.

### c) Caudales Medios Mensuales y Anuales en Puntos de Control

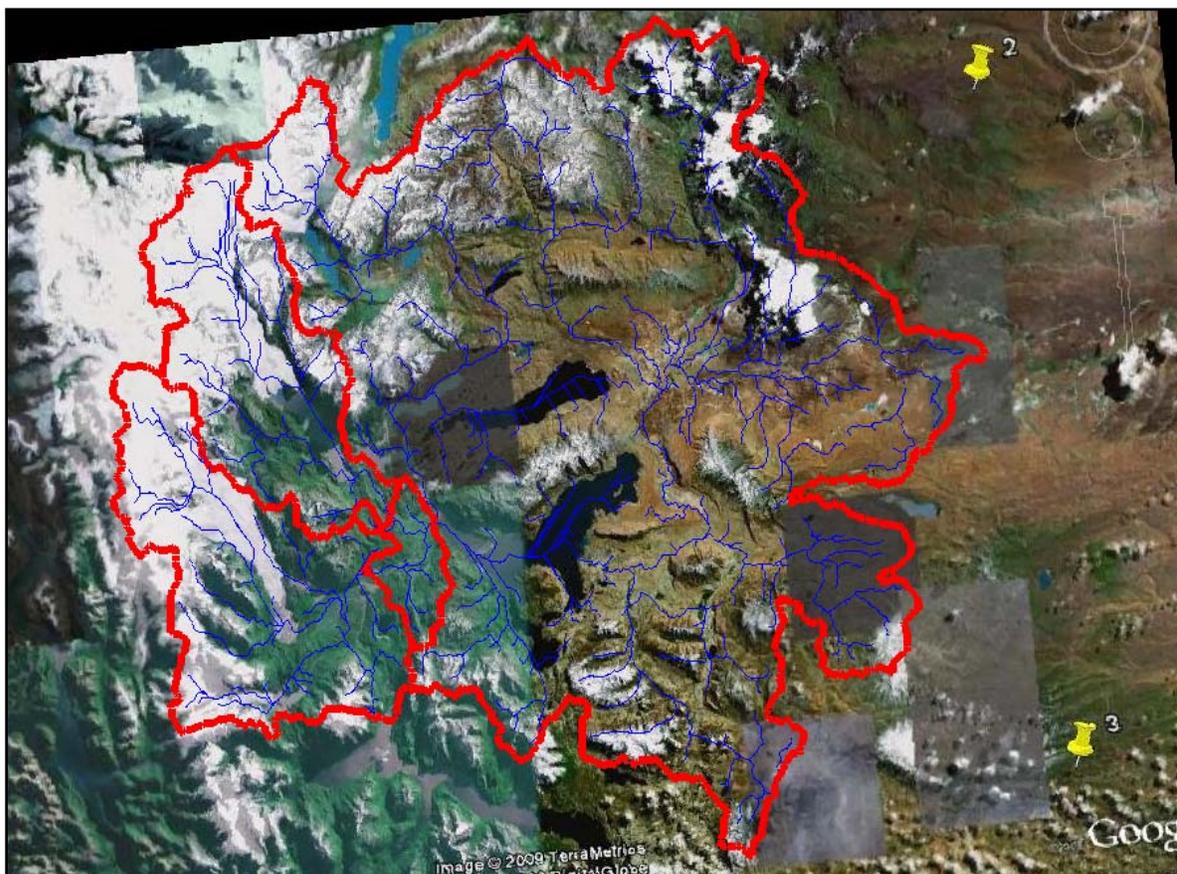
Se han establecido 3 puntos de control en el cual se solicita calcular caudales medios mensuales, estos se indican en el cuadro siguiente:

**CUADRO 6.6-11  
PUNTOS DE CONTROL SOBRE EL RÍO SERRANO**

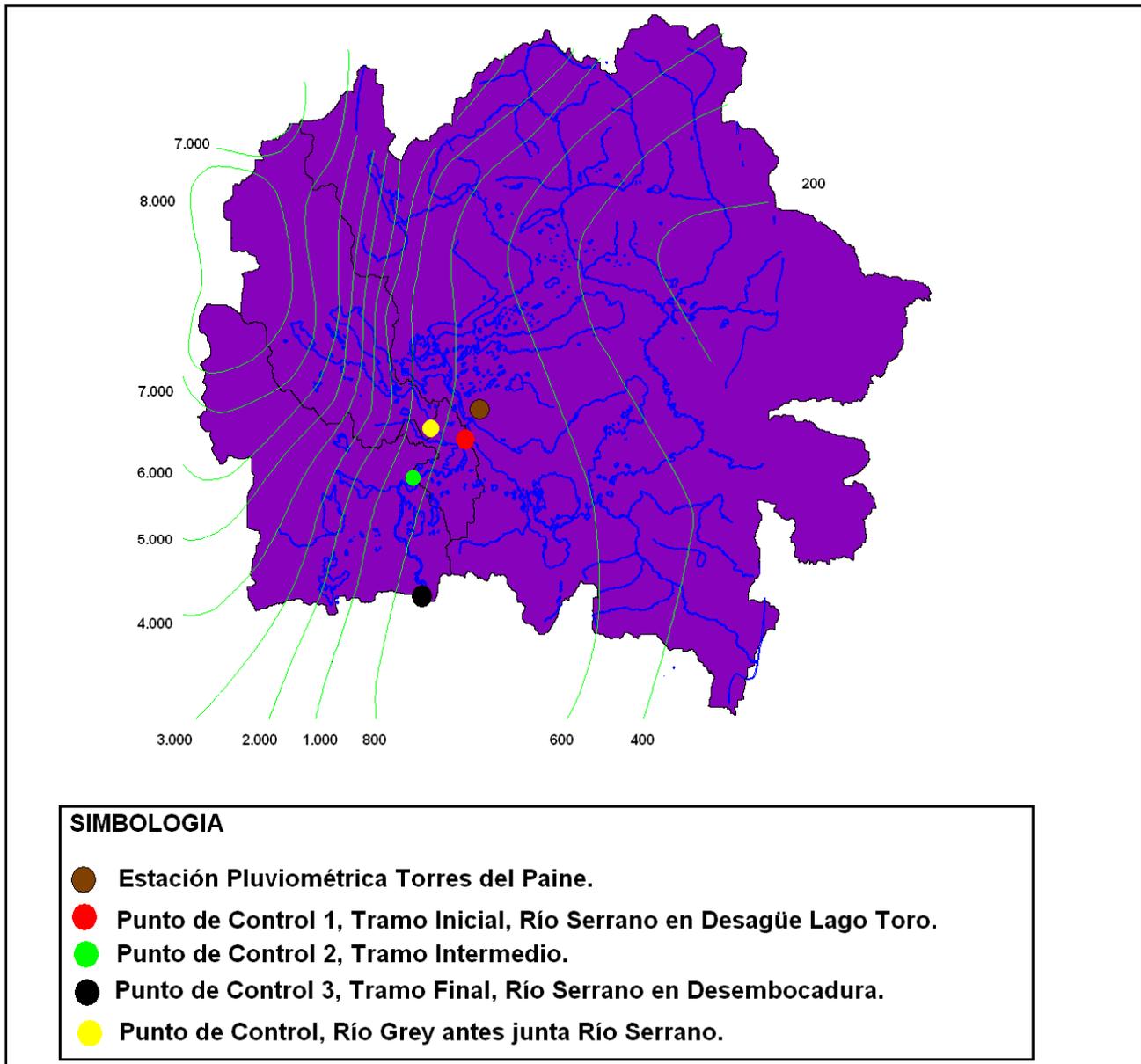
ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Norte	Este	Huso	Datum
1	Río Serrano	Inicio	Desagüe Lago Toro	4.327.175	643.377	18	WGS 1984
2	Río Serrano	Medio	-	4.320.385	632.517	18	WGS 1984
3	Río Serrano	Final	Desembocadura	4.302.282	633.266	18	WGS 1984

Para calcular caudales con el método de transposición en estos puntos de control, se requiere conocer el área y precipitación media para cada una de las cuencas. Para esto se procedió a delimitar las cuencas y superponer las isoyetas indicadas en Ref. 6. El resultado de este ejercicio se presenta a continuación:

**FIGURA 6.6-7  
DELIMITACIÓN DE SUBCUENCAS RÍO SERRANO**



**FIGURA 6.6-8**  
**DELIMITACIÓN DE CUENCAS EN PUNTOS DE CONTROL**



De las figuras presentadas se extrae la siguiente información:

**CUADRO 6.6-12**  
**ÁREAS APORTANTES A PUNTOS DE CONTROL**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	P.media (mm)	Área (km <sup>2</sup> )
1	Río Serrano	Inicio	Desagüe Lago Toro	590	5.902
2	Río Serrano	Medio	-	1.150	6.874
3	Río Serrano	Final	Desembocadura	1.550	7.905
-	Río Grey	-	Antes junta con Serrano	6.100	831

Con respecto a las precipitaciones, las isoyetas de precipitación media anual presentan consistencia con los registros de precipitación de la estación pluviométrica Torres del Paine, por lo cual la fuente de información gráfica se considera confiable.

Para efecto de transposición de caudales, sólo será necesario utilizar esta metodología para estimar los caudales del punto de control 2, ubicado en la zona intermedia. Esto debido a que los puntos de control 1 y 3 se encuentran prácticamente en la misma ubicación que las estaciones fluviométricas.

Para transponer caudales se utilizó la siguiente metodología:

$$Q_x = P_x \cdot A_x / (P_{Est} \cdot A_{Est}) \cdot Q_{Est}$$

En donde :

$Q_x$  = Caudal en punto de control x. (m<sup>3</sup>/s)

$P_x$  = Precipitación media en la cuenca x. (mm)

$A_x$  = Área aportante a la cuenca x. (km<sup>2</sup>)

$P_{Est}$  = Precipitación media de la cuenca controlada por la estación fluviométrica. (mm)

$A_{Est}$  = Área aportante a la cuenca de la estación fluviométrica. (km<sup>2</sup>)

$Q_{Est}$  = Caudal en estación fluviométrica. (m<sup>3</sup>/s)

Para la transposición al punto de control 2 se consideró como estadística base la existente en la estación fluviométrica Río Serrano en Desagüe Lago Toro y Río Grey antes junta Río Serrano.

Con esto los caudales medios mensuales y anuales son los que se indican a continuación:

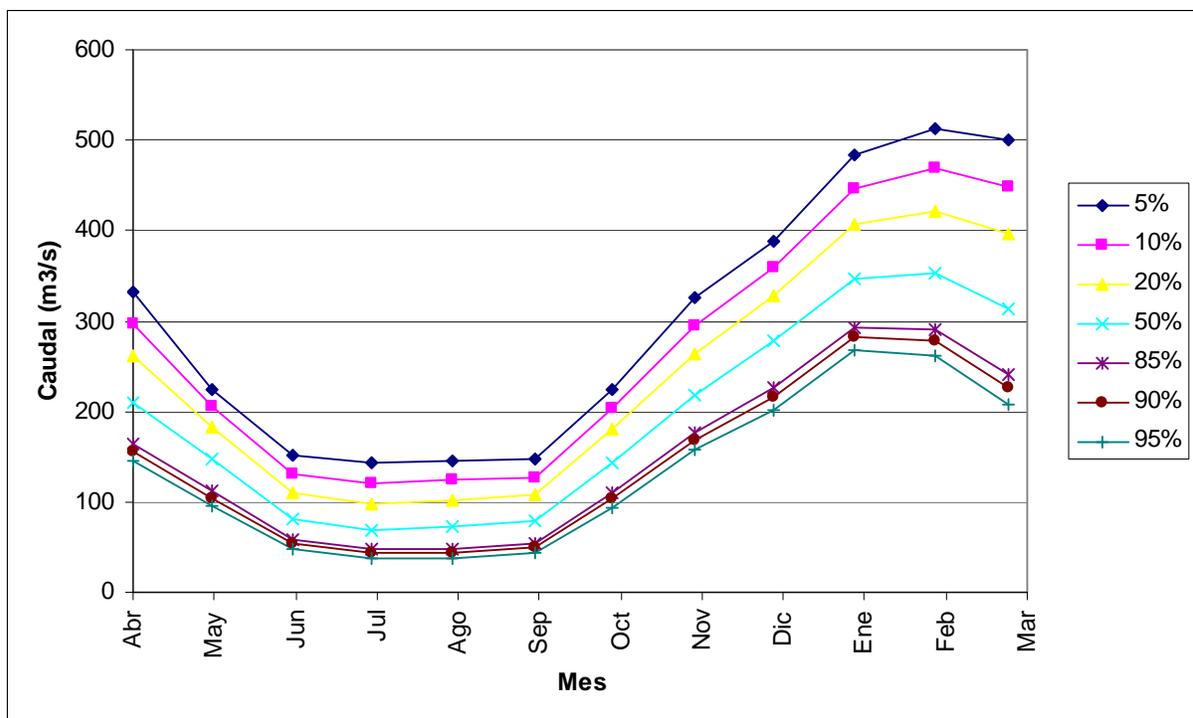
**CUADRO 6.6-13**  
**CAUDALES MEDIOS ANUALES EN PUNTOS DE CONTROL**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Area (km <sup>2</sup> )	Q medio (m <sup>3</sup> /s)
1	Río Serrano	Inicio	Desagüe Lago Toro	5.902	80,68
2	Río Serrano	Medio	-	6.874	199,68
3	Río Serrano	Final	Desembocadura	7.905	380,29

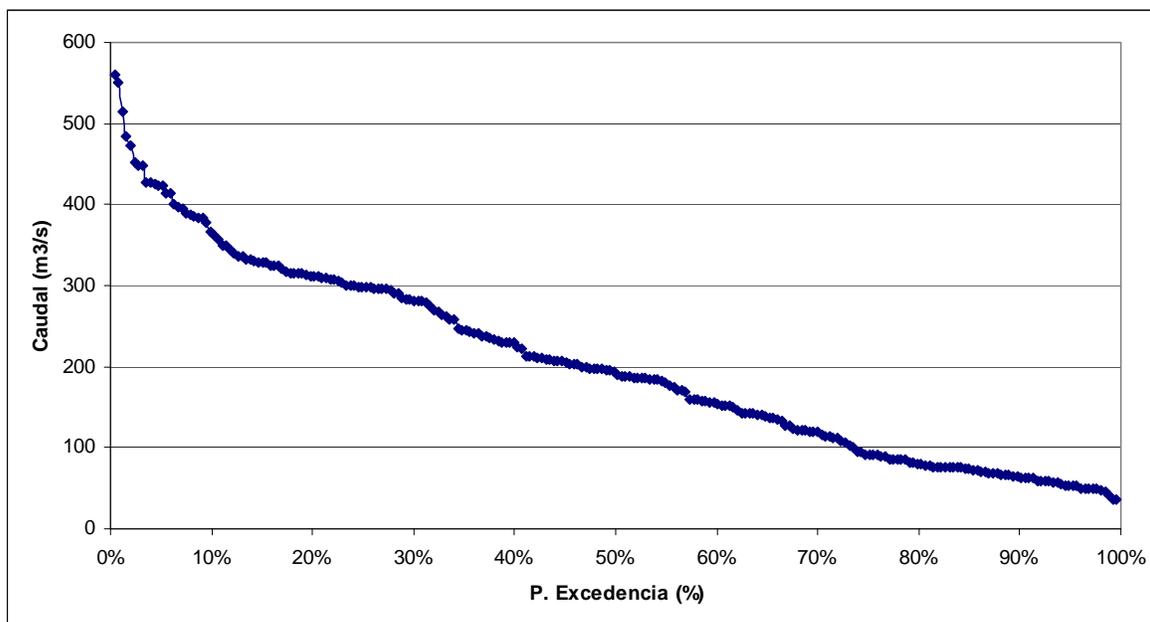
**CUADRO 6.6-14**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN PUNTO DE CONTROL 2,**  
**RÍO SERRANO TRAMO MEDIO**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Excedencia	m3/s											
5%	484,4	513,2	500,2	331,7	225,0	150,6	143,7	144,5	146,5	225,1	325,1	388,3
10%	446,1	468,7	449,3	297,2	204,7	130,1	120,1	123,6	127,3	203,7	295,1	359,8
20%	406,1	422,4	396,0	261,9	182,5	109,8	98,0	102,5	107,8	180,6	264,1	329,0
50%	345,8	352,2	314,0	209,6	146,5	81,0	68,7	72,0	79,2	144,0	217,3	278,6
85%	292,2	289,9	240,3	164,7	111,7	57,5	46,7	47,1	54,9	109,6	176,0	227,3
90%	281,9	278,1	226,2	156,2	104,7	53,2	43,0	42,6	50,4	102,8	168,1	216,4
95%	267,9	262,2	207,3	144,9	95,1	47,6	38,1	36,9	44,4	93,5	157,5	201,0

**FIGURA 6.6-5**  
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN PUNTO DE CONTROL 2,**  
**RÍO SERRANO TRAMO MEDIO**



**FIGURA 6.6-6  
CURVA DE DURACIÓN EN PUNTO DE CONTROL 2,  
RÍO SERRANO TRAMO MEDIO.**



**d) Determinación de Caudales Ecológicos**

**i) Metodología**

Tal como fuera indicado para el caso del análisis del río Cochiguaz, las diferentes metodologías aplicadas ya fueron explicadas, de modo que no se volverán a repetir.

**ii) Resultados**

Según los procedimientos señalados, se obtienen los siguientes caudales de los gráficos y cuadros presentados:

**CUADRO 6.6-15  
CAUDALES OBTENIDOS DE GRÁFICOS**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Qma (m³/s)	Q 347 (m³/s)	Q 330 (m³/s)
1	Río Serrano	Inicio	Desagüe Lago Toro	80,68	24,9	30,4
2	Río Serrano	Medio	-	199,68	53,5	63,7
3	Río Serrano	Final	Desembocadura	380,29	92,0	109,4

Si bien para obtener el  $Q_{347}$  y  $Q_{330}$  se requiere un análisis de la estadística fluviométrica diaria, una buena aproximación a estos valores corresponden al  $Q_{95\%}$  y  $Q_{90\%}$ , respectivamente, obtenidos de la curvas de duración.

Con las consideraciones anteriores, se obtienen los siguientes caudales ecológicos.

- Métodos utilizados por la DGA (a), "Cauce con derechos constituidos con caudal ecológico mínimo del 10%  $Q_{ma}$ ".

**CUADRO 6.6-16  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (A),  
TRAMO 1 "INICIAL", DESAGÜE LAGO TORO**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% $Q_{ma}$	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1
10% $Q_{ma}$	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
50% $Q_{95\%PE}$	44.9	48.1	42.1	30.9	24.1	13.1	8.6	8.1	11.7	23.2	34.1	36.7
Q ecológico	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	13.1	8.6	8.1	11.7	16.1	16.1	16.1

**CUADRO 6.6-17  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (A),  
TRAMO 2 "INTERMEDIO"**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
20% $Q_{ma}$	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9
10% $Q_{ma}$	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
50% $Q_{95\%PE}$	133,9	131,1	103,7	72,5	47,6	23,8	19,0	18,4	22,2	46,7	78,8	100,5
Q ecológico	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	23,8	20,0	20,0	22,2	39,9	39,9	39,9

**CUADRO 6.6-18  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (A),  
TRAMO 3 "FINAL", RÍO SERRANO EN DESEMBOCADURA**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
20% $Q_{ma}$	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1
10% $Q_{ma}$	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0
50% $Q_{95\%PE}$	230,2	228,6	196,1	130,3	84,0	23,0	29,3	33,5	36,3	77,6	131,7	199,8
Q ecológico	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	38,0	38,0	38,0	38,0	76,1	76,1	76,1

- Métodos utilizados por la DGA (b), "Cauce con derechos constituidos con caudal ecológico mínimo del menor 50% del Q95%:".

**CUADRO 6.6-19**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (B),**  
**TRAMO 1 "INICIAL", DESAGÜE LAGO TORO**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s											
20% Qma	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1
min 50% Q95%PE	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1
50% Q95%PE	44,9	48,1	42,1	30,9	24,1	13,1	8,6	8,1	11,7	23,2	34,1	36,7
Q ecológico	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	13,1	8,6	8,1	11,7	16,1	16,1	16,1

**CUADRO 6.6-20**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (B),**  
**TRAMO 2 "INTERMEDIO"**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
20% Qma	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9
min 50% Q95%PE	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4
50% Q95%PE	133,9	131,1	103,7	72,5	47,6	23,8	19,0	18,4	22,2	46,7	78,8	100,5
Q ecológico	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	23,8	19,0	18,4	22,2	39,9	39,9	39,9

**CUADRO 6.6-21**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DGA (B),**  
**TRAMO 3 "FINAL", RÍO SERRANO EN DESEMBOCADURA**

Probabilidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
excedencia	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
20% Qma	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1
min 50% Q95%PE	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0
50% Q95%PE	230,2	228,6	196,1	130,3	84,0	23,0	29,3	33,5	36,3	77,6	131,7	199,8
Q ecológico	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	23,0	29,3	33,5	36,3	76,1	76,1	76,1

- Método de Tennant

**CUADRO 6.6-22**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE TENNANT**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q eco (m3/s)	
				Q otoño-invierno	Q prim-verano
1	Río Serrano	Inicio	Desagüe Lago Toro	16,1	32,3
2	Río Serrano	Medio	-	39,9	79,9
3	Río Serrano	Final	Desembocadura	76,1	152,1

Se consideró la salud del hábitat como buena.

- Método del Área Drenante

**CUADRO 6.6-23  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DEL ÁREA DRENANTE**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Área (km <sup>2</sup> )	Q ecológico (m <sup>3</sup> /s)
1	Río Serrano	Inicio	Desagüe Lago Toro	5902	32,46
2	Río Serrano	Medio	-	6874	37,81
3	Río Serrano	Final	Desembocadura	7905	43,48

- Método de la Legislación Francesa

**CUADRO 6.6-24  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE LA LEGISLACIÓN FRANCESA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q eco (m <sup>3</sup> /s)
1	Río Serrano	Inicio	Desagüe Lago Toro	8,07
2	Río Serrano	Medio	-	19,97
3	Río Serrano	Final	Desembocadura	38,03

- Método de la Legislación Suiza

**CUADRO 6.6-25  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE LA LEGISLACIÓN SUIZA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q eco (m <sup>3</sup> /s)
1	Río Serrano	Inicio	Desagüe Lago Toro	8,72
2	Río Serrano	Medio	-	18,73
3	Río Serrano	Final	Desembocadura	32,20

- Método de la Legislación Asturiana

**CUADRO 6.6-26  
CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DE LA LEGISLACIÓN ASTURIANA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Area (km <sup>2</sup> )	Q ec 1 (m <sup>3</sup> /s)	Q ec 2 (m <sup>3</sup> /s)	Q ec 3 (m <sup>3</sup> /s)	Qec I = Max(Qec1,2,3) (m <sup>3</sup> /s)	Q ecII (m <sup>3</sup> /s)	Q ec III (m <sup>3</sup> /s)
1	Río Serrano	Inicio	Desagüe Lago Toro	5902	8,72	3,65	6,24	8,72	20,52	32,32
2	Río Serrano	Medio	-	6874	18,73	6,77	13,39	18,73	32,47	46,22
3	Río Serrano	Final	Desembocadura	7905	32,20	10,56	23,02	32,20	48,01	63,82

Se calcula a nivel de protección base II y III, debido a que la zona es de interés piscícola.

- Método del Programa de Caudales de Nueva Inglaterra.

**CUADRO 6.6-27**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS, METODOLOGÍA DEL PROGRAMA DE CAUDALES DE NUEVA INGLATERRA**

ID	Cauce	Tramo	Sector Cercano	Q ec 1 (m3/s)
1	Río Serrano	Inicio	Desagüe Lago Toro	37,5
2	Río Serrano	Medio	-	74,1
3	Río Serrano	Final	Desembocadura	130,2

### iii) Recomendaciones

Como se aprecia en los cuadros de resultados, los distintos métodos dan estimaciones muy disímiles en algunos casos. Por tratarse de cuencas regidas por la legislación nacional, se hace primordial tener en cuenta las recomendaciones de la Dirección General de Aguas. En este sentido, se recomienda considerar el caudal ecológico según la distribución mensual indicada en el cuadro siguiente.

**CUADRO 6.6-28**  
**CAUDALES ECOLÓGICOS RECOMENDADOS (m3/s)**

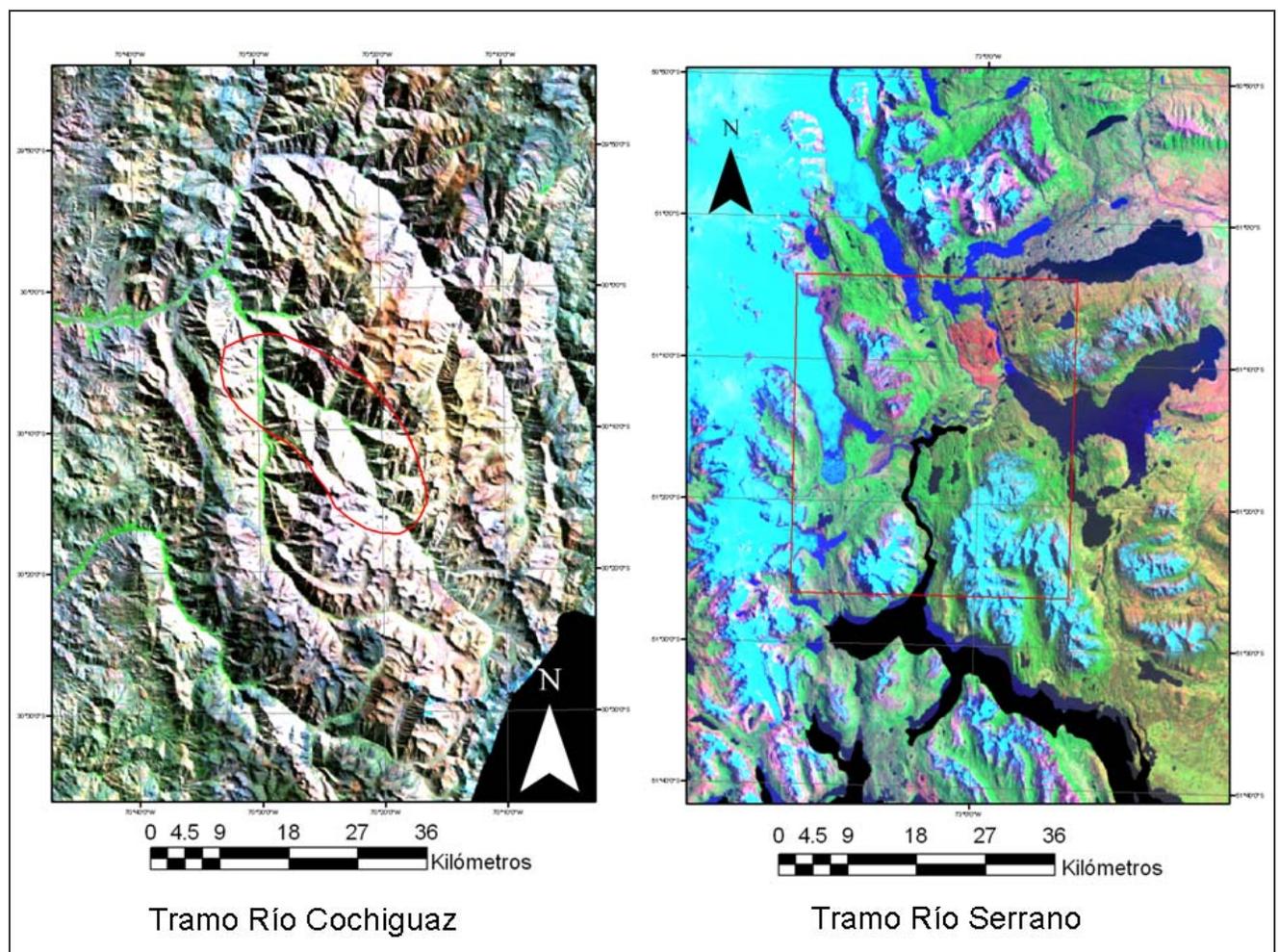
ID	Tramo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	Río Serrano, Desagüe Lago Toro	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	13,1	8,6	8,1	11,7	16,1	16,1	16,1
2	Río Serrano, Tramo Intermedio	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	23,8	19,0	18,4	22,2	39,9	39,9	39,9
3	Río Serrano, en Desembocadura	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	23,0	29,3	33,5	36,3	76,1	76,1	76,1

## 7 MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN

### 7.1 Introducción y Antecedentes Generales

Con el objetivo de construir modelos hidráulicos (Hec Ras) en cada uno de los tramos de ríos que serán analizados, se han desarrollado modelos digitales de elevación (DEM, del inglés *Digital Elevation Model*) mediante la utilización combinada de datos satelitales ópticos ASTER y de radar SRTM (Shuttle RADAR Topography Mission), con el objetivo de obtener curvas de nivel cada 5 m en tramos de los ríos Cochiguaz (IV Región de Coquimbo), Puelo (X Región de Los Lagos), Futaleufú (X Región de Los Lagos), Simpson (XI Región de Aysén), Baker (XI Región de Aysén) y Serrano (XII Región de Magallanes).

**FIGURA 7-1  
TRAMOS RÍOS COCHIGUAZ Y SERRANO**



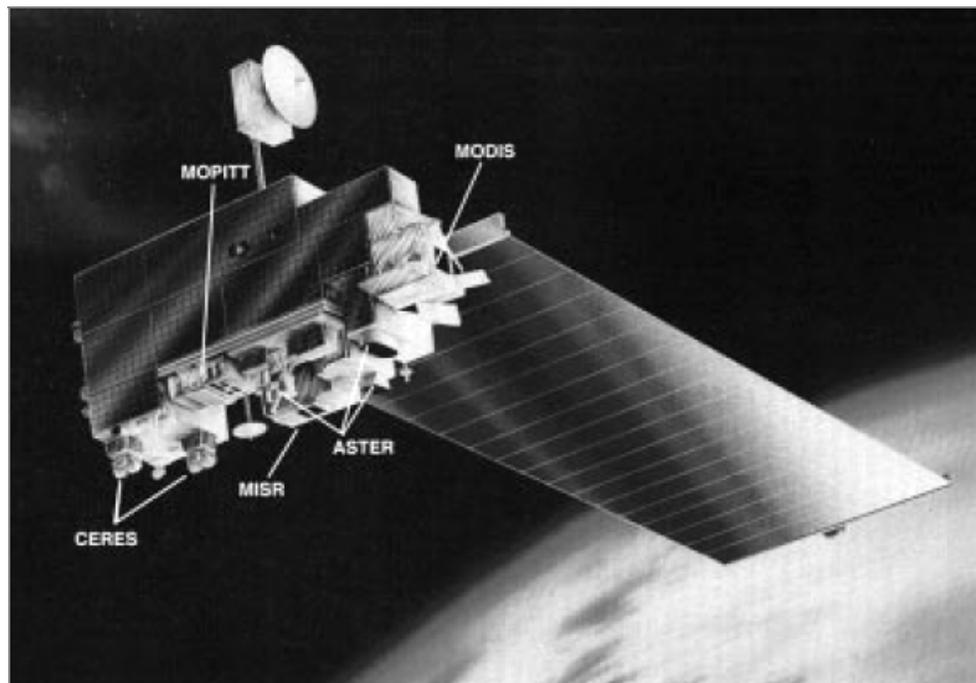
## 7.2 Materiales y Métodos

### 7.2.1 Plataforma satelital Terra (EOS AM-1)

El año 1998, NASA en consorcio con el Ministerio de Economía e Industria de Japón realizan el lanzamiento de la plataforma satelital EOS - AM1, conocido posteriormente como Terra. Este es el primero de una serie de sistemas de observación terrestre (EOS, del inglés *Earth Observing System*) dedicados a monitorear una amplia gama de fenómenos naturales y antrópicos en relación con el actual cambio climático (Kauffmann *et al.*, 1998).

El satélite Terra lleva consigo distintos instrumentos (Figura 7-2): Estos son: CERES (*Clouds and Earth's Radiant Energy System*), MODIS (*Moderate Resolution Spectrometer*), MOPITT (*Measurement of Pollution in the Troposphere*), MISR (*Multi-angle Imaging SpectroRadiometer*) y ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*). El satélite posee una órbita sincrónica solar a 705km de altura, ubicada 30 minutos atrás del Landsat-7 ETM+, cruzando el Ecuador a las 10:30 A.M. (hora solar local), volviendo a la misma órbita cada 16 días (Fujisada *et al.*, 1998; Yamaguchi *et al.*, 1998).

**FIGURA 7-2**  
**ESQUEMA SATÉLITE TERRA (EOS/AM1)**



El sensor ASTER esta compuesto por 3 subsistemas que captan información del espectro electromagnético (Yamaguchi *et al.*, 1998; Iwasaki & Fujisada, 2005). Estos son el VNIR (*Visible Near Infrared*), SWIR (*Short Wave Infrared*) y TIR (*Thermal Infrared*). Cada uno de estos subsistemas presenta características particulares tales como: 3 bandas en la región espectral del visible e infrarrojo cercano, con una resolución espacial de 15 m; 6 bandas en la región espectral del infrarrojo de onda corta, con una resolución espacial de 30m; y 5 bandas en el infrarrojo térmico, con una resolución espacial de 90 m. Cada escena ASTER cubre un área de 60 x 60 km; en el Cuadro 7-1 se incluye la información señalada.

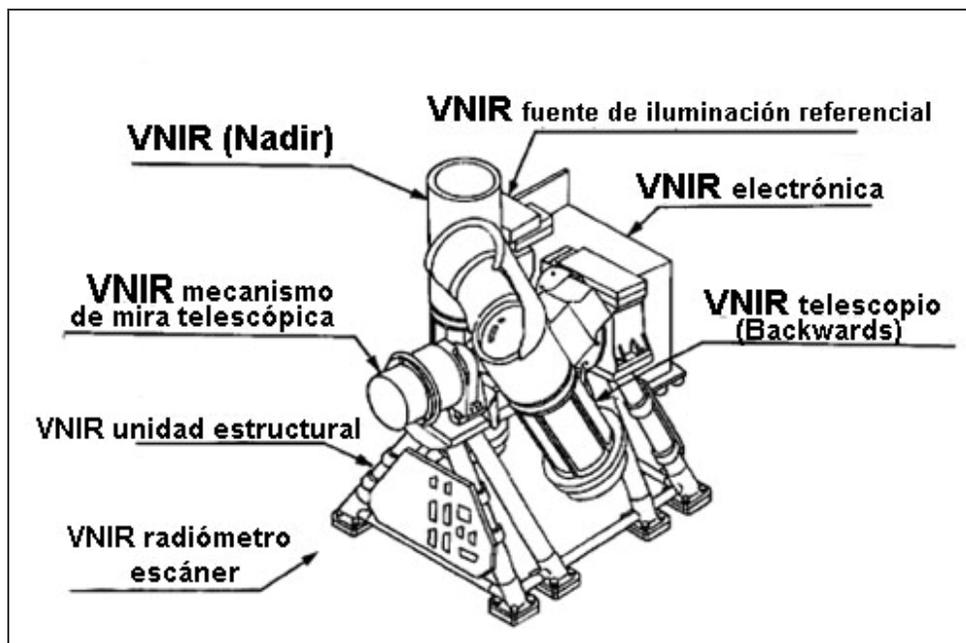
**CUADRO 7-1  
CARACTERÍSTICAS ESPECTRALES DE LAS BANDAS DEL SENSOR  
ASTER**

ASTER	Bandas	Rango espectral ( $\mu\text{m}$ )	Resolución espacial (m)
VNIR	1	0,520-0,600	15
	2	0,630-0,690	15
	3 N (*)	0,760-0,860	15
	3 B (**)	0,760-0,860	15
SWIR	4	1,60-1,70	30
	5	2,145-2,185	30
	6	2,185-2,225	30
	7	2,235-2,285	30
	8	2,295-2,365	30
	9	2,36-2,43	30
TIR	10	8,125-8,475	90
	11	8,475-8,825	90
	12	8,925-9,275	90
	13	10,25-10,95	90
	14	10,95-11,65	90

Una característica especial que distingue al sensor ASTER de otros sistemas de observación multiespectral, es su capacidad de obtener pares estereoscópicos que permiten generar modelos de terreno (Fujisada *et al.*, 2005). Esto se debe gracias a que el subsistema VNIR posee dos

telescopios, uno con visión nadir y otro con visión hacia atrás (*Backwards*) (ver Figura 7-3).

**FIGURA 7-3**  
**SISTEMA TELESCÓPICO DEL SENSOR ASTER**



La evaluación de la precisión vertical para estos modelos digitales de elevación según Hirano *et al.* (2001) y Eckert *et al.* (2005) en zonas montañosas del altiplano (21°S) y del norte de la Patagonia (43°S), muestran que éstos son bastante precisos en zonas planas con errores de  $\pm 10$  metros, utilizando entre 20 y 50 puntos de control terrestre. En los datos ASTER el error horizontal es  $\pm 15$  m (Welch *et al.*, 1998).

En el presente trabajo fueron utilizadas escenas Terra/ASTER correspondientes a los diferentes tramos de ríos anteriormente mencionados. Para cubrir algunos de estos tramos fue necesario emplear más de una escena, razón por la cual en EL Cuadro 7-2 aparece más de una fecha de captura de escena para un mismo sector.

**CUADRO 7-2**  
**FECHAS DE LAS ESCENAS TERRA/ASTER UTILIZADAS**

<b>Tramo de Río</b>	<b>Fecha de captura de escena</b>
Cochiguaz	06 de Diciembre de 2001
Puelo	03 de Septiembre de 2001
	03 de Septiembre de 2001
Futaleufú	27 de Febrero de 2005
	27 de Febrero de 2005
Simpson	28 de abril 2001
	28 de abril 2001
Baker	18 de enero de 2002
	18 de enero de 2002
Serrano	07 de Septiembre de 2005
	03 de Septiembre de 2006

En el proceso de generación de los modelos de terreno no hubo oportunidad de contar con puntos de control en terreno, razón por la cual no fue posible estimar el error asociado de los resultados obtenidos.

### **7.2.2 Datos altimétricos SRTM**

Durante el mes de Febrero del año 2000, la tripulación a bordo del trasbordador espacial Endeavour fue puesta en órbita a 233 km de altitud en una inclinación de 57° para llevar a cabo la misión *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), cuyo objetivo consistió en captar millones de datos altimétricos de la superficie terrestre entre los 60° N y 57° S, cubriendo aproximadamente un 80% del globo (Rabus *et al.*, 2003; Farr *et al.*, 2007).

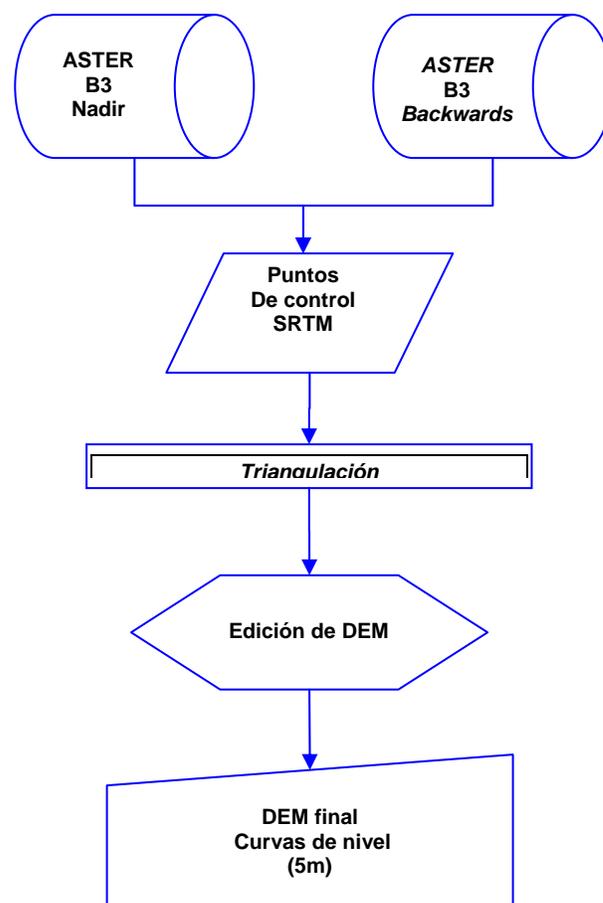
En los datos altimétricos SRTM, los errores son originados principalmente por movimientos de la antena durante la adquisición de los datos y por la ausencia de datos en zonas de fuertes pendientes y sombras dónde el proceso de interferometría no se completó exitosamente (Rabus *et al.*, 2003; Falorni *et al.*, 2005). Según Farr *et al.* (2007). El promedio para Sudamérica en los errores verticales absolutos estimados para los datos SRTM3 es de  $\pm 7$  m.

### 7.2.3 Método

La generación de modelos digitales de elevación a partir de los datos Terra/ASTER se realizó utilizando las bandas 3N y 3B del subsistema VNIR con el objeto de realizar un modelo estereoscópico. Los datos altimétricos SRTM fueron utilizados con el objetivo de entregar la mayor precisión vertical en el proceso de obtención del DEM y aportar la mayor cantidad de puntos de control en áreas de las escenas satelitales donde la nubosidad impedía un correcto proceso de estéreo restitución (Figura 7-3).

Para la construcción de estos DEM se utilizó el software ArcView 3.2 junto con las extensiones *Spatial Analyst*, *3D analyst* y *Grid Analyst*, siguiendo el siguiente flujo de trabajo. Las curvas de nivel fueron derivadas utilizando el software GRASS.

**FIGURA 7-4  
GENERACIÓN DEL MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (DEM)**



### **7.3 Resultados**

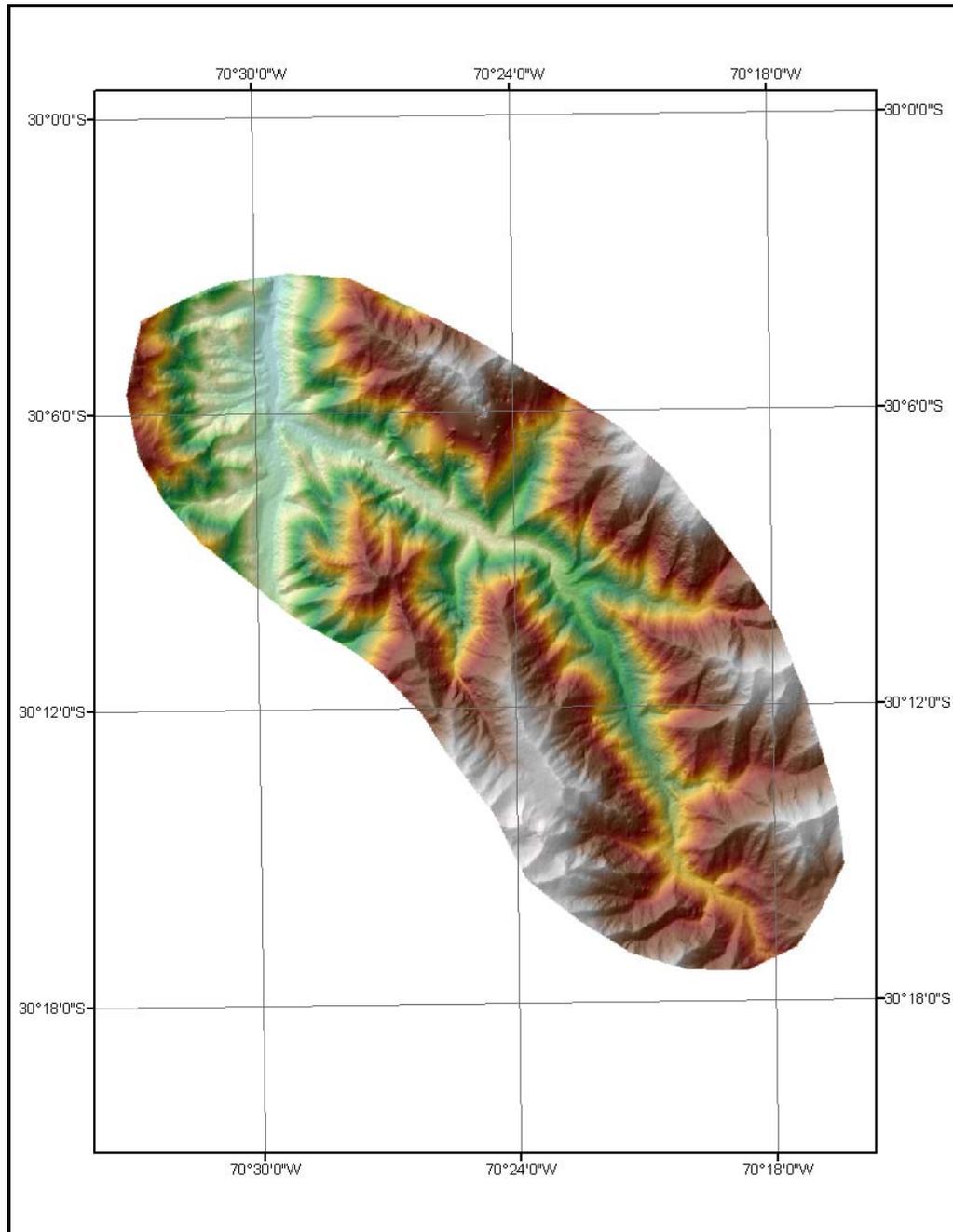
Para cada una de las áreas de interés se generaron más de 50 puntos de control  $(X, Y, Z)$ , distribuidos en forma homogénea en las bandas 3N y 3B de las imágenes Terra/ASTER correspondientes. La resolución vertical final para los modelos de elevación digital fue de 10 m, desde los cuales se interpolaron curvas de nivel cada 5 m.

A continuación se entrega una descripción resumida para cada uno de los sectores de interés y que fueron levantados mediante el método descrito.

#### **7.3.1 Río Cochiguaz (IV Región de Coquimbo)**

Se utilizó una imagen Terra/ASTER correspondiente al 6 de diciembre del año 2001. En la escena aparece un río con una caja muy estrecha, que impide apreciar el espejo de agua que escurre superficialmente.

**FIGURA 7-5**  
**DEM GENERADO PARA TRAMO DE RÍO COCHIGUAZ**



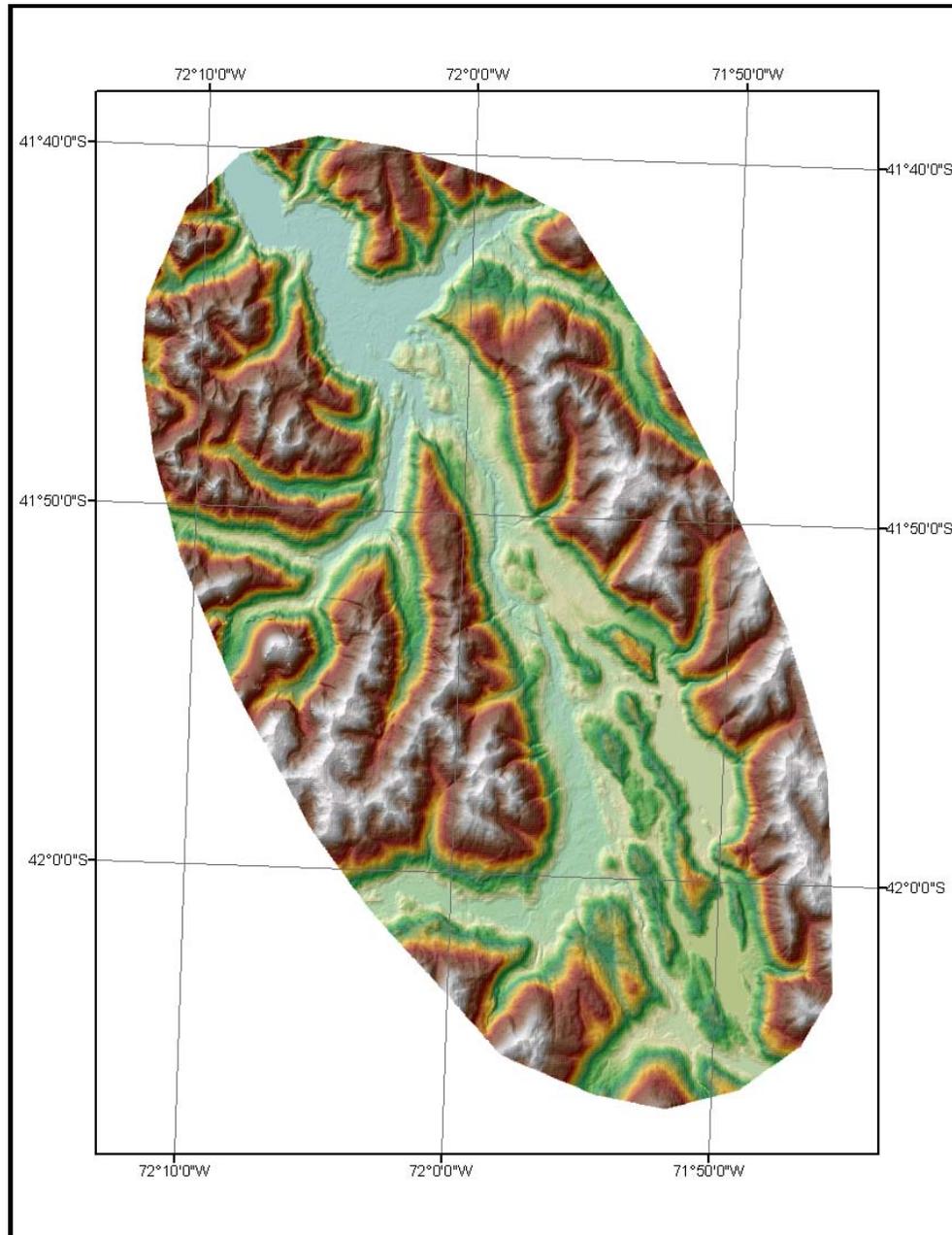
Tal como ocurre con los demás ríos de interés, el modelo de terreno obtenido en este tramo del Cochiguz sólo recoge las elevaciones de los elementos apreciados en la escena satelital y/o los puntos agregados del SRTM, por lo tanto no es posible apreciar de modo directo las elevaciones del lecho del río.

A partir del modelo obtenido se generaron curvas de nivel cada 5 m, las que fueron transformadas a la proyección cartográfica UTM zona 19 Sur y referidos al datum WGS84 y respaldados en formato óptico (CD-ROM). Del mismo modo se generaron archivos ráster (de imagen) para ser visualizados con el software abierto Google Earth como apoyo a otros procesos de restitución de información.

### **7.3.2 Río Puelo (X Región de Los Lagos)**

Se utilizaron dos imágenes correspondientes al 3 de septiembre del año 2001. Las escenas muestran un río de caja estrecha, pero que igualmente permite apreciar el espejo de agua que escurre superficialmente, especialmente aguas abajo, cerca de su desembocadura en el lago Tagua-Tagua y en el estuario de Reloncaví.

**FIGURA 7-6**  
**DEM GENERADO PARA TRAMO DE RÍO PUELO**



A partir del modelo generado se obtuvieron curvas de nivel cada 5 m, las que fueron transformadas a la proyección UTM zona 18 Sur y referidos al datum WGS84 y respaldados en formato óptico (CD-ROM). Del mismo modo se generaron archivos ráster para ser visualizados en Google Earth.

De manera similar a los casos anteriores, a las zonas con mayor nubosidad dentro de las escenas satelitales fueron agregados un mayor número de puntos SRTM, medida que tiende a disminuir fuertemente el error estereoscópico inducido.

### 7.3.3 Río Futaleufú (X Región de Los Lagos)

Se utilizaron dos imágenes correspondientes al 27 de febrero del año 2005. Las escenas muestran un río de caja muy estrecha, que permite apreciar con dificultad el espejo de agua del mismo.

**FIGURA 7-7**  
**DEM GENERADO PARA TRAMO DE RÍO FUTALEUFÚ**



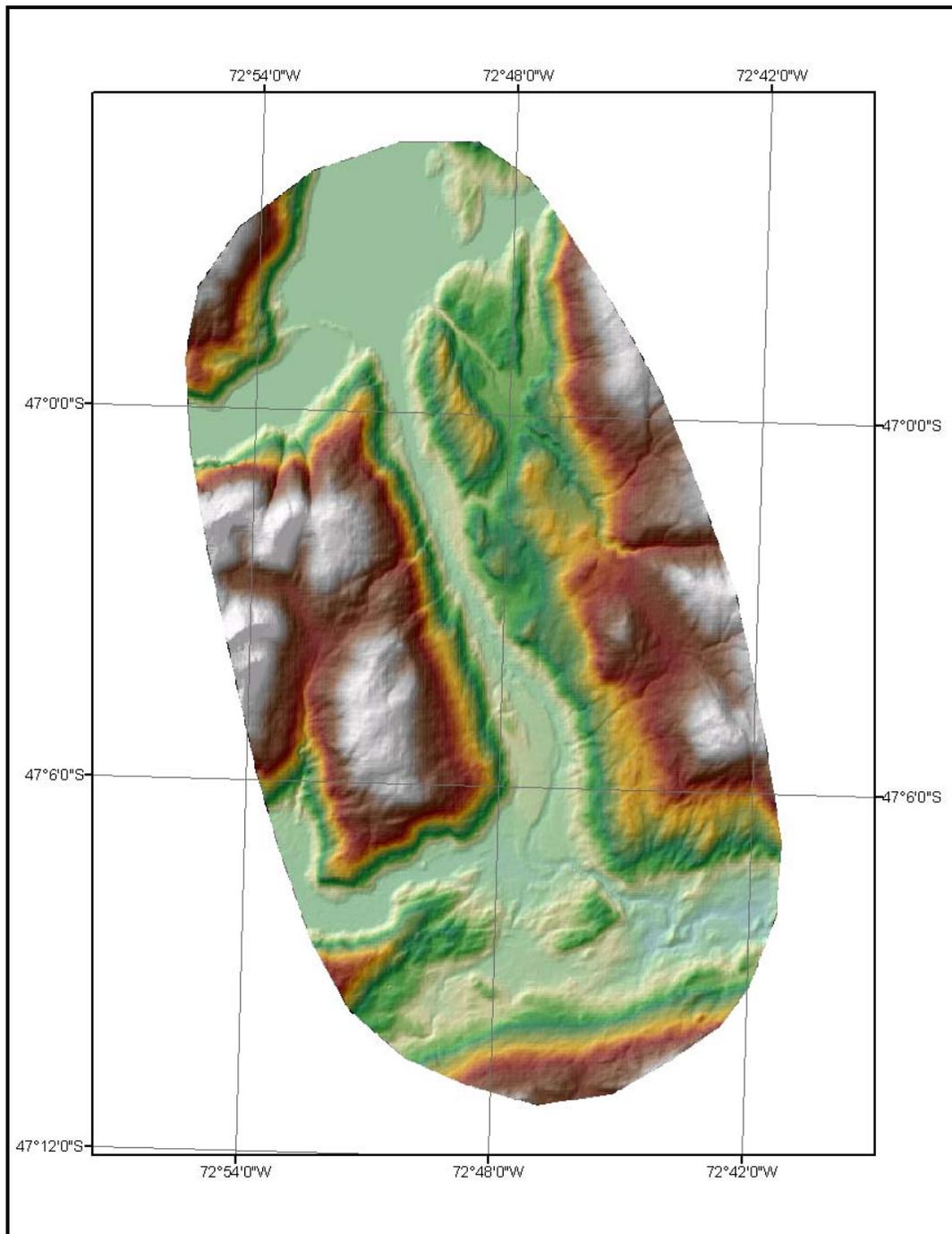
A partir del modelo obtenido (Figura 7-7) se generaron curvas de nivel cada 5 m, las que fueron transformadas a la proyección cartográfica UTM zona 18 Sur y referidos al datum WGS84 y respaldados en formato óptico (CD-ROM). Del mismo modo se generaron archivos ráster (de imagen) para ser visualizados en Google Earth.

Para este tramo del Futaleufú, así como para el del río Baker, las escenas satelitales mostraban algo de nubosidad dispersa, por lo que dichas zonas fueron rellenadas por puntos adicionales de datos SRTM.

#### **7.3.4 Río Baker (XI Región de Aysén)**

Se utilizaron dos imágenes correspondientes al 18 de enero del año 2002. Las escenas muestran un río de caja relativamente estrecha, pero que igualmente permite apreciar el espejo de agua que escurre superficialmente.

**FIGURA 7-8**  
**DEM GENERADO PARA TRAMO DE RÍO BAKER**



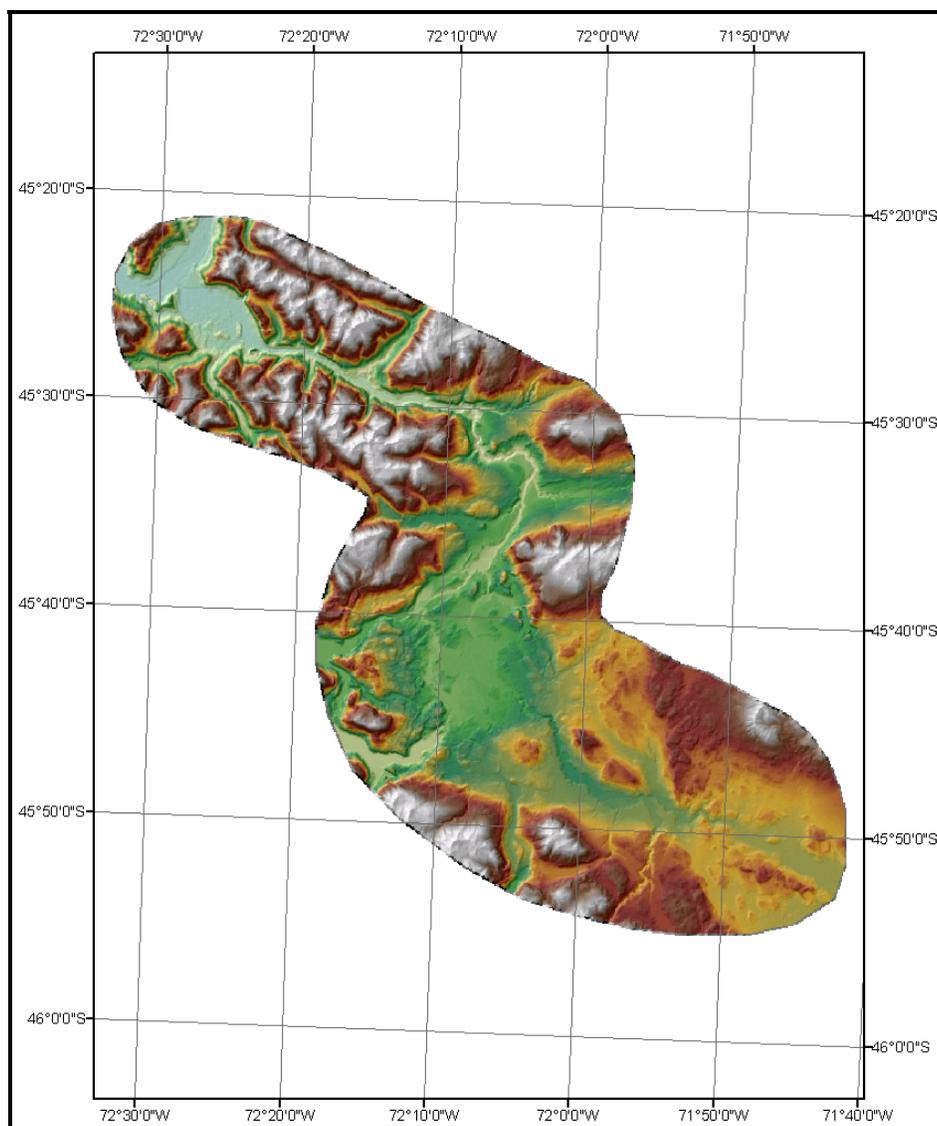
A partir del modelo obtenido se generaron curvas de nivel cada 5 m, las que fueron transformadas a la proyección cartográfica UTM zona 18 Sur y referidos al datum WGS84 y respaldados en formato óptico (CD-ROM). Del

mismo modo se generaron archivos ráster (de imagen) para ser visualizados en Google Earth.

### 7.3.5 Río Simpson (XI Región de Aysén)

Se utilizaron dos imágenes correspondientes al 28 de abril del año 2001. Las escenas muestran un río de caja estrecha, similar a la mostrada por el Futaleufú, pero que igualmente permite apreciar el espejo de agua que escurre superficialmente.

**FIGURA 7-9  
DEM GENERADO PARA TRAMO DE RÍO SIMPSON**



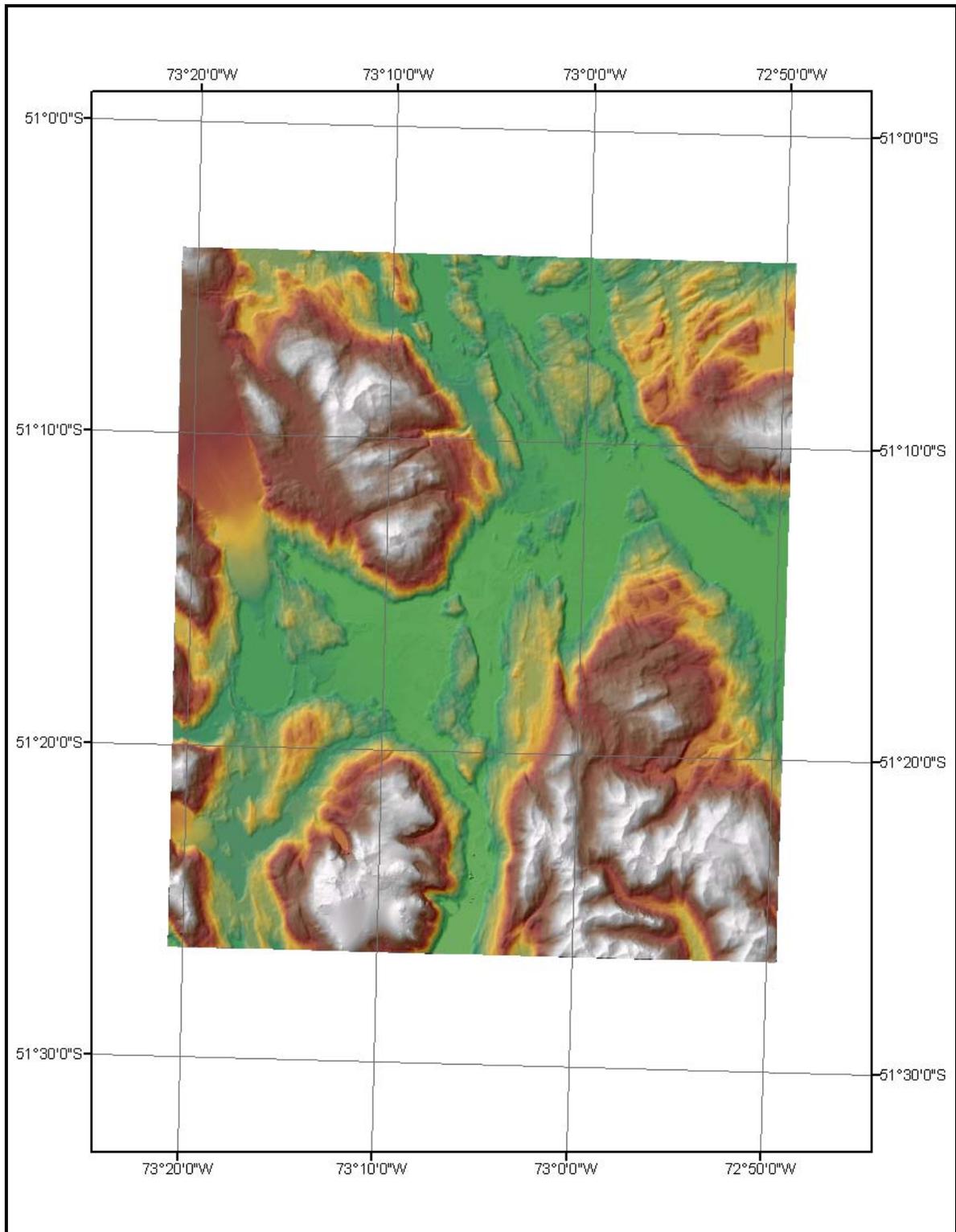
A partir del modelo de elevación se generaron curvas de nivel cada 5 m, las que fueron transformadas a la proyección UTM zona 18 Sur y referidos al datum WGS84 y luego respaldados en formato óptico (CD-ROM). Del mismo modo se generaron archivos ráster para ser visualizados en Google Earth.

De manera similar a los casos anteriores, a las zonas con mayor nubosidad dentro de las escenas satelitales fueron agregados un mayor número de puntos SRTM.

### **7.3.6 Río Serrano (XII Región de Magallanes)**

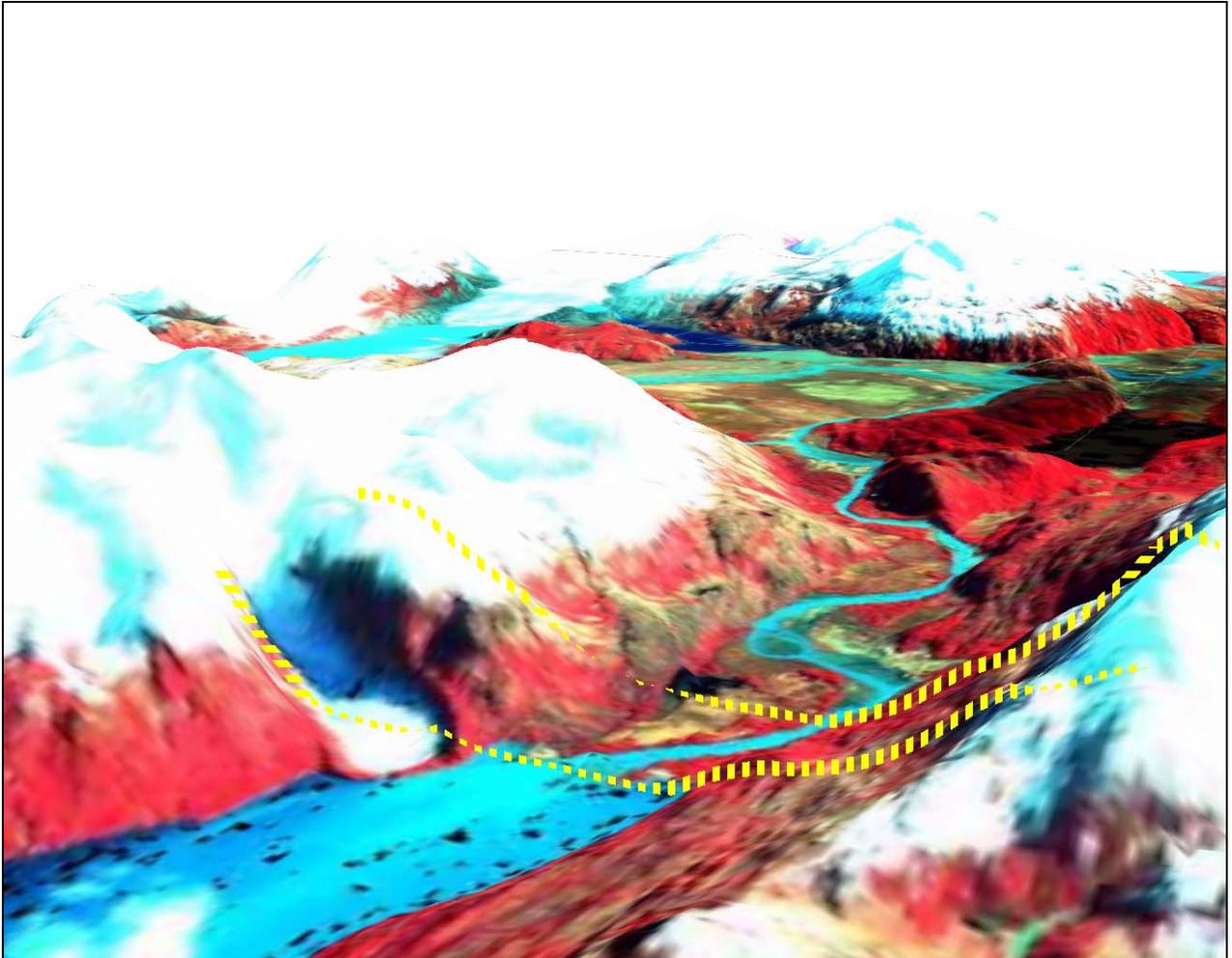
Se utilizaron las imágenes correspondientes al 7 de septiembre del año 2005 y 3 de septiembre del año 2006. Las escenas muestran un río con una caja más amplia, que permite apreciar el espejo de agua que escurre superficialmente.

**FIGURA 7-10**  
**DEM GENERADO PARA TRAMO DE RÍO SERRANO**



El modelo de elevación generado recoge las alturas de los elementos presentes en la escena, incluido el espejo de agua del río. Tal como se muestra en la Figura 7-11, el modelo de elevación no permite cuantificar las cotas correspondientes al lecho del río.

**FIGURA 7-11**  
**MOSAICO DE IMÁGENES Y DOS LÍNEAS DISCONTINUAS EN**  
**AMARILLO SOBREPUESTAS AL MODELO DE ELEVACIÓN**



Los transectos (en amarillo) sobre el modelo de elevación permiten observar cómo éste recoge sólo la superficie del río, es decir su espejo de agua.

A partir del modelo obtenido se generaron curvas de nivel cada 5 m, las que fueron transformadas a la proyección cartográfica UTM zona 18 Sur y

referidos al datum WGS84 y respaldados en formato óptico (CD-ROM). Del mismo modo se generaron archivos ráster (de imagen) para ser visualizados con el software abierto Google Earth como apoyo a otros procesos de restitución de información.

#### 7.4 Comentarios y Recomendaciones

Dada la imposibilidad de estimar directamente la profundidad de los lechos fluviales a partir de la metodología presentada, es que se podría mejorar la información a través de los siguientes posibles procedimientos:

- Efectuar levantamientos topográficos (topobatimetría) locales en secciones del río donde se produzcan cambios de dirección importante. Dichos levantamientos debieran ser con el mismo Datum que el modelo digital generado, y hecho con GPS en modo diferencial.
- Medir la profundidad del río con ecosonda (georeferenciada) en secciones transversales del mismo; ligar esas mediciones a las curvas de nivel obtenidas con los modelos digitales.

Por otro lado, se recomienda la utilización de pares estereoscópicos a partir de datos IKONOS o QUICKBIRD con el objeto de incrementar la resolución espacial de los modelos digitales de elevación. Además, se debería complementar el proceso de obtención de dichos modelos mediante la toma de puntos de control en terreno mediante GPS en modo diferencial.

Otra fuente de datos para la generación de Modelos de Elevación Digital (DEM) es el LiDAR (Light Detection And Ranging). Éste tipo especial de sensor láser permite generar modelos de precisión submétrica (grados de error menores a los 10cm en la vertical), permitiendo capturar hasta los mínimos detalles del relieve de una escena determinada.

**Es importante destacar que los Modelos de Elevación Digital (DEM) serán utilizados para generar los ejes hidráulicos en cada uno de los ríos en estudio. En efecto, utilizando la extensión HEC GeoRAS para ArcGIS 9.2, se genera un archivo que contiene la geometría del terreno que se utiliza como input para la modelación con HecRAS. En términos simples, a partir de las curvas de nivel y el modelo digital de elevaciones (DEM), utilizando la extensión Hec GeoRAS, se digitaliza en ArcGIS 9.2 el cauce principal de cada uno de los ríos, los "banks" (delimitación del cauce principal), el**

**“flowpath” (zonas donde se supone que circulará preferentemente el agua, incluyendo llanuras de inundación) y las secciones transversales.**

**Una vez que se han digitalizadas estas capas, se atributa cada una de ellas con su respectivo valor de altura, extraído del DEM, para finalmente generar un único archivo que contiene toda la geometría georreferenciada (perfiles transversales) de cada uno de los ríos, la cual se exporta a HecRAS para la modelación hidráulica.**

## **7.5 Referencias**

- Eckert, S., T. Kellenberger and K. Itten (2005). Accuracy assessment of automatically derived digital elevation models from aster data in mountainous terrain. *International Journal of Remote Sensing*, 26 (9): 1493-1957.
- Falorni, G. V. Teles, E. Vivoni, R. Bras and K. Amaratunga (2005). Analysis and characterization of the vertical accuracy of digital elevation models from the Shuttle Radar Topography Mission. *Journal of Geophysical Research*, 110 (2), F02005, doi:10.1029/2003JF000113.
- Farr, T., P. Rosen, E. Caro, R. Crippen, R. Duren, S. Hensley, M. Kobrick, M. Paller, E. Rodriguez, L. Roth, D. Seal, S. Shaffer, J. Shimada and Jeffrey Umland (2007). The Shuttle Radar Topography Mission. *Review of Geophysics*, 45: RG2004, doi:10.1029/2005RG000183.
- Fujisada, H., G. Bryan, K. Glenn, H. Seichii and M. Abrams (2005). ASTER DEM Performance. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 43 (12): 2707-2714.
- Hirano, A., R. Welch and H. Lang (2003). Mapping from ASTER stereo image data: DEM validation and accuracy assessment. *Photogrammetry and Remote Sensing*, 57: 356-370.
- Iwasaki, A., and H. Fujisada (2005). ASTER geometric performance. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 43 (12): 2700-2706.
- Kauffmann, Y., D. Herring, K. Ranson and G. Collatz (1998). Earth Observing System AM1 Mission to Earth. *IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing*, 36 (4): 1045-1055.
- Rabus, B., M. Eineder, A. Roth and R. Bamler (2003). The shuttle radar topography mission—a new class of digital elevation models

acquired by spaceborne radar. *Photogrammetry & Remote Sensing*, 57: 241-262.

- Rodríguez, E., C. Morris and J. Belz (2006). A global assessment of the SRTM performance. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 72 (3): 249-260.
- Yamaguchi, T., A. Khale, H. Tsu, T. Kawakami and M. Pniel (1998). Overview of advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER). *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36 (4): 1062-1071.
- Welch, R., T. Jordan, H. Lang and H. Murakami (1998). ASTER as a source for topographic data in the late 1990's. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36 (4): 1282-1289.

## **8 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A CUENCAS SELECCIONADAS**

### **8.1 Lineamiento Metodológico**

#### **8.1.1 Introducción**

El establecimiento de caudales de reserva turísticos está asociado a asegurar el normal desarrollo de las variadas actividades recreativas que pueden ser realizadas en un río, así como mantener valores paisajísticos notables, que constituyen el atractivo del lugar.

Este amplio objetivo contempla una compleja relación del caudal del río con su entorno, el que incluye relaciones con aspectos escénicos, geológicos, de fauna y flora silvestre, recreativos, históricos, culturales, económicos, entre otros elementos.

La determinación de caudales de reserva de interés turístico se realiza a través de variados métodos científicos y técnicas aplicadas, siendo apropiado realizarlo, cuando es posible, utilizando enfoques interdisciplinarios y métodos evaluativos experienciales, directamente con los usuarios del espacio a estudiar.

La metodología propone que la aproximación al tema no sea parcial, sino que logre integrar resultados matemáticos con los niveles de percepción de los usuarios, debiendo adaptarse a cada caso los métodos propuestos, según la información existente o generada.

Resulta interesante mencionar la apreciación general de un destacado autor de estas materias que indica: "en relación a los enfoques analíticos, creo que el *"juicio experto"* provee un enfoque muy útil y pienso que se debe considerar alguna forma de evaluación subjetiva, empleada junto con uno o más enfoques que incluyan evaluaciones hidrológicas. Recomiendo una mezcla de análisis hidrológicos y físicos con alguna forma de evaluaciones o encuestas de los usuarios" (S. Rood, 2001)

La cantidad de agua en un río o estero tiene una profunda influencia en el tipo y calidad de la recreación en el curso de agua o incluso puede inhibirla. Los flujos determinan si un río es apto para navegar, pescar, nadar, etc. y afectan sus atributos, tales como descensos en aguas blancas y la estética del paisaje que proporciona el río.

Dada la diversidad hídrica de nuestro país, la propuesta a aplicar debe ser versátil para dar cuenta de la gran diversidad biológica, escénica, hidrográfica y sociocultural de los espacios a estudiar. Por lo tanto las metodologías que se escojan para la determinación de los caudales de reserva deben dar cuenta de las circunstancias específicas de cada río en estudio.

Los caudales en los ríos son determinantes para el desarrollo de un sinnúmero de actividades recreativas, culturales, deportivas y económicas, es por esta razón que la sociedad valora en forma creciente la preservación de los espacios con bajos niveles de intervención antrópica. El Cuadro 8.1-1 presenta una lista de componentes del medio humano que pudieran ser afectados por disminuciones de caudales en los ríos.

**CUADRO 8.1-1**  
**COMPONENTES DEL MEDIO HUMANO POTENCIALMENTE**  
**AFECTADOS POR REDUCCIÓN DEL CAUDAL EN RÍOS**

Usos componentes	Impactos por Reducción de Caudales
<b>Paisaje</b>	La reducción del caudal produce una disminución del atractivo visual global del río o de ciertos puntos de observación panorámicos. En la relación río/fondo, río/vegetación, río/cauce, en caídas de agua, etc.
<b>Ambiente acústico</b>	La disminución de caudales incide en la disminución del sonido del río, lo que puede percibirse negativamente por los usuarios de los cauces, en razón de la disminución o de la pérdida de ambiente y dinamismo ligado al movimiento del agua.
<b>Navegación comercial</b>	La reducción de caudal puede limitar la navegación comercial durante algunos períodos, acarreado así una reducción de la actividad económica ligada al transporte fluvial.
<b>Recreación, Baño Navegación de agrado Canoa Kayak Rafting, Camping, etc.</b>	La reducción de caudales, de velocidades de escurrimiento y de nivel de las aguas afecta las características hídricas de los cursos de agua y su utilización en razón de la modificación de su patrón de uso (ej. Impacto negativo sobre el kayak de aguas blancas, pero positivo para el baño o canoa (canotaje). Esto puede acarrear repercusiones sobre la economía local. Desde el punto de vista turístico, la pérdida de atractivo de un río para la recreación puede traducirse en una reducción del número de ocasiones en que se desarrolla una actividad al aire libre

Usos componentes	Impactos por Reducción de Caudales
<b>Pesca deportiva</b>	La reducción de caudal puede acarrear una disminución o una pérdida del atractivo de ciertos tramos de un río para la pesca deportiva, e inversamente un aumento del atractivo en otros tramos. En efecto, una reducción de caudal acarrea a menudo un desplazamiento de algunas especies deportivas hacia otros hábitats más favorables, acarreando a su vez un desplazamiento de los sectores más propicios para pescar. La aparición de obstáculos a la navegación, la degradación posible de la calidad del paisaje y la apertura de las riberas favoreciendo el acceso al río son elementos que pueden modificar el patrón de uso de un curso de agua para la pesca deportiva. La relocalización posible de peces puede acarrear el desplazamiento de sitios favorables para la pesca lo que podría requerir habilitar nuevos caminos de acceso.
<b>Veraneo</b>	Disminución posible del valor de las propiedades. Pérdida del goce de lugares considerando la lejanía generada entre la línea de la ribera y las fachadas de las casas, así como las orillas más desnudas de vegetación durante el período de tiempo necesario para la recolonización de la sección con vegetación.
<b>Actividades tradicionales</b>	En su manifestación contemporánea, las actividades tradicionales pueden practicarse en un medio poco transformado y utilizado en diversos fines. Varias comunidades desean toda vez mantener salvajes los ríos ligados a sus culturas y a su historia. Los impactos de la reducción del caudal sobre las actividades tradicionales pueden parecerse a aquellos vividos por otros utilizadores (problemas ligados a la navegación, a la disminución del atractivo del paisaje, desplazamiento invierno/verano, pesca, caza, captura de animales, pérdida de espacios propicios a la vivienda etc.) pero con un grado de percepción más elevado, en razón del lazo estrecho que mantienen las poblaciones autóctonas con su territorio y más particularmente con los ríos. La reducción del caudal puede ser percibida negativamente por los autóctonos, en razón del impacto posible (o presumido así) sobre la abundancia y la distribución de los recursos de fauna (peces y animales de pieles) y sobre las dificultades de acceso al territorio que ella puede provocar.
<b>Planificación territorial</b>	Como los caudales del río influyen la abundancia y la distribución de los recursos acuáticos y la mayoría de los usos ligados al medio acuático y ribereño, toda modificación permanente del caudal debe ser considerada en el marco de la planificación y ordenamiento territorial (riego para la agricultura, tomas de agua potable, lugares para la recreación, vertidos industriales, turismo etc.)
<b>Áreas protegidas</b>	La Ley sobre los Parques no ofrece protección al exterior de los límites del parque (en Canadá), en consecuencia, la reducción del caudal hacia arriba de los límites de un parque no implica medidas de protección adicionales.
<b>Aspectos sociales</b>	La reducción de caudal de un curso de agua, al modificar ciertos patrones de uso para diversos fines, puede ser origen de conflictos entre grupos sociales y económicos. (ej. residentes, autóctonos y no autóctonos).
<b>Salud pública</b>	La baja en el nivel del agua puede ocasionar, en período de fuertes calores, una proliferación de algas y bacterias y acarrear problemas de salud pública.

Fuente: Revisión Métodos para caudales reservados HQ, 2002

Se define Caudal de Reserva Turístico como el caudal de agua en un río necesario para satisfacer los usos recreacionales predominantes en el río y

mantener las condiciones paisajísticas que caracterizan un determinado territorio.

En Anexo 8.1-1 se incluyen las definiciones relacionadas con el desarrollo del turismo hídrico (tipos de embarcaciones, grados de dificultad para descenso, tipos de pesca, etc.) presentes en Normas Chilenas para turismo aventura.

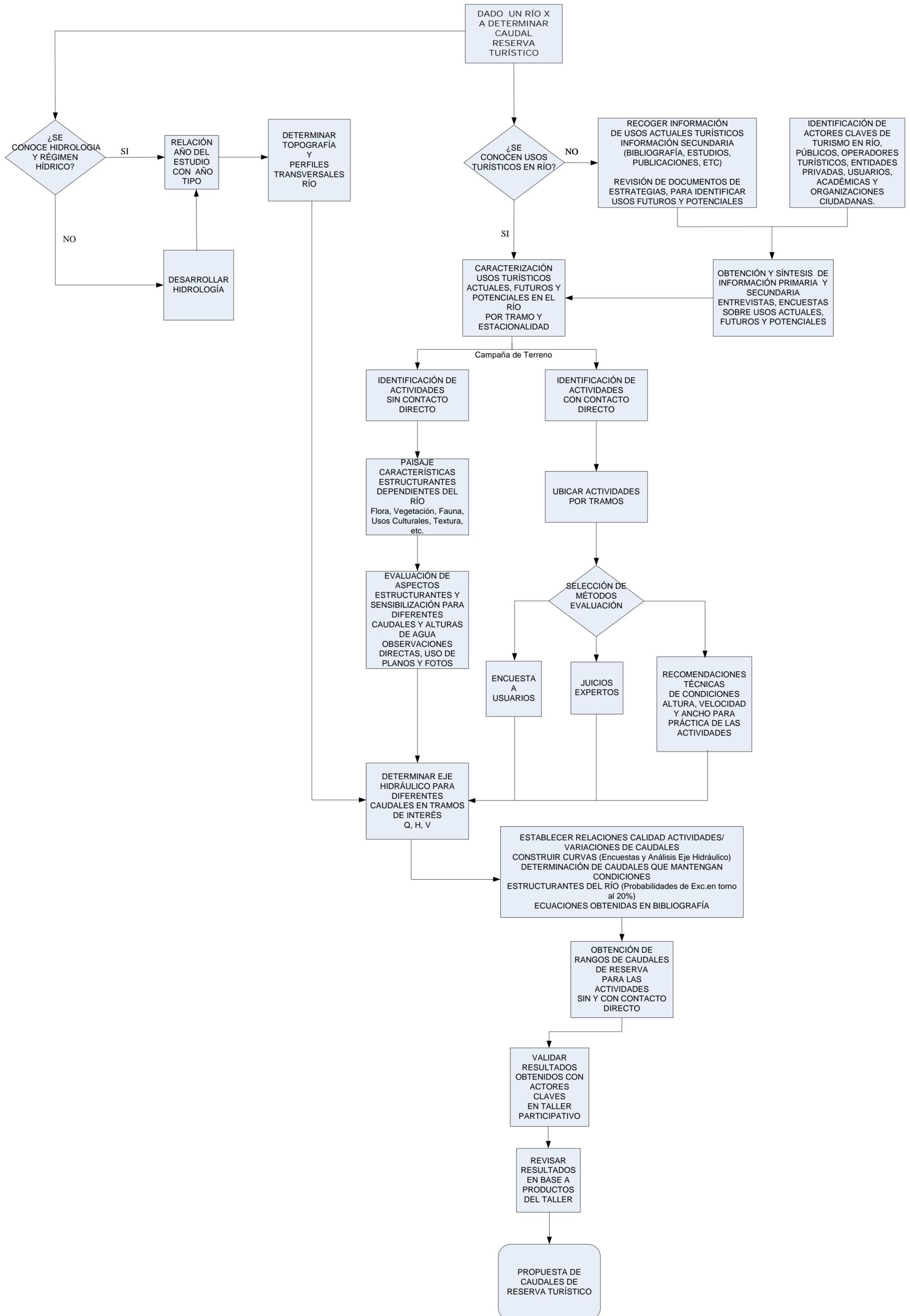
### **8.1.2 Propuesta Metodológica**

Tomando en cuenta lo planteado, se ha generado una metodología que recoge las distintas alternativas que un cauce pueda presentar. Las componentes principales de la metodología dicen relación con:

- Determinar los usos o actividades turísticas actuales y futuras. Identificación de los diversos actores claves y usuarios. Determinación de los períodos de desarrollo de las actividades turísticas.
- Análisis hidrológico.
- Caracterización del río o tramo de río en estudio, identificación y localización de los usos turísticos y sectorización del río según categorías de usos.
- Identificación de los caudales requeridos para asegurar los usos turísticos y definición de aspectos críticos. Establecimiento de relaciones calidad de las actividades versus caudales del río, análisis de variables estadísticas.
- Propuesta de caudales de reserva, recomendación de caudales necesarios para asegurar una calidad recreativa elevada.

La Figura 8.1-1 presenta la metodología propuesta cuyo pasos metodológicos de describen a continuación.

FIGURA 8.1-1  
 DIAGRAMA GENERAL METODOLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES DE RESERVA TURÍSTICOS



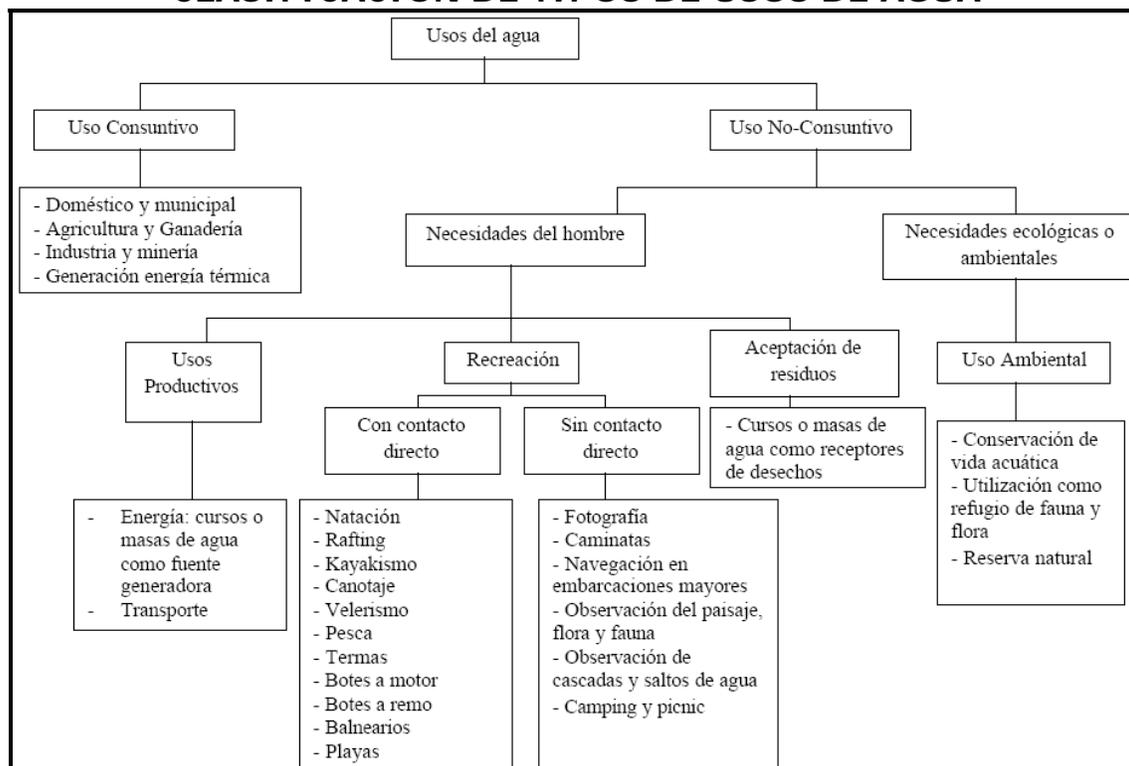
## a) Pasos Metodológicos

Dado un río o un tramo de río que se requiera determinar caudales de reserva turístico, se plantean los siguientes pasos metodológicos para su determinación.

### i) Determinar los usos o actividades turísticas actuales y futuras e identificación de los diversos actores claves y usuarios

Se requiere determinar cuáles son los tipos de usos recreacionales que tienen expresión en el río en estudio y agruparlos según su relación de contacto o no con el agua. Se ha empleado para esta clasificación, aquella propuesta por el Estudio UACH/DGA Sobre Usos No extractivos, 2004<sup>1</sup>. En dicho estudio se introduce terminología que se incluye en la presente metodología. La Figura 8.1-2 presenta la clasificación general de los usos de agua presentados en el estudio citado

**FIGURA 8.1-2**  
**CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE USOS DE AGUA**



Fuente: UACH/DGA, Usos No extractivos 2004

<sup>1</sup> Levantamiento de Usos No Extractivos o Usos In Situ del Agua, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, DGA, MOP, SIT N° 95, 2004

Así, los usos del agua para fines recreativos pueden ser agrupados en actividades con y sin contacto directo con el agua, usos que incluyen al menos las siguientes actividades:

**- Actividades con contacto directo:**

- i. Natación
- ii. Rafting
- iii. Kayakismo
- iv. Canotaje
- v. Velerismo
- vi. Pesca
- vii. Termas
- viii. Botes a Motor
- ix. Botes a remo
- x. Balnearios
- xi. Playas

**- Actividades sin contacto directo:**

- i. Fotografías
- ii. Caminatas
- iii. Navegación en embarcaciones mayores
- iv. Observación del Paisaje, Flora y Fauna
- v. Observación de cascadas y saltos de agua
- vi. Camping y Picnic

La información sobre los usos turísticos en el río se realiza obteniendo tanto información primaria como secundaria.

➤ **Obtención de Información Primaria. Consultas y Entrevistas**

Es recomendable validar información recogida desde fuentes impresas y obtener nueva información, a través de entrevistas de actores claves.

La obtención de la información primaria se realiza a través de consultas y entrevistas, lo que se desarrolla tomando en cuenta quiénes son los actores e informantes claves y su visión presente de las actividades hidro-turísticas.

**- Identificación de los actores relevantes en las áreas de estudio:** estos son actores públicos y privados relacionados con el tema turístico, investigadores, operadores y planificadores del área turística, económica y medio ambiente, y desarrollo regional. En particular se identifican actores con relación al uso deportivo, recreativo, y ecoturístico

del agua. Esta fase de identificación permite obtener la malla o mapa de actores estratégicos del tema, de los cuales se intenta conocer sus intereses, grado de involucramiento y poder que tienen para intervenir en alguna dirección.

- **Entrevistas de los actores relevantes:** las entrevistas se realizan a actores en base a una pauta a través de la cual se busca identificar: su relación y conocimiento del tema, visión de la situación y de sus potencialidades de desarrollo, identificación de problemas y formas de solucionarlos, disposición para trabajar en conjunto para desarrollar el sector. No obstante, las entrevistas pueden ser semi-estructuradas, buscando obtener la apreciación cualitativa que permita hacer una evaluación del valor turístico de los principales cursos de agua, para las actividades más relevantes.

Las entrevistas con expertos, ya sean operadores turísticos o conocedores de bajadas en kayak, permiten identificar las condiciones determinantes de la calidad de la experiencia (rafting, kayak y canoa) y especificar las relaciones entre el caudal y la calidad de la recreación, así como detectar oportunidades de recreación y efectos potenciales que el flujo del río puede producir.

- **Encuestas:** Las encuestas de percepción de la calidad de las actividades turísticas realizadas a usuarios y expertos, son componentes importantes de los estudios de caudales de reserva, pues permiten establecer relaciones estadísticas y descriptivas sobre los caudales óptimos para el desarrollo de las actividades. Ello permite construir curvas de evaluación de caudales en función de la calidad de las experiencias.

Luego de haber recogido información primaria como secundaria se requiere realizar una síntesis de la información, que permita establecer las actividades presentes como futuras.

#### ➤ **Obtención de Información Secundaria**

Revisión de información disponible (impresas y vía web) que caracterice el área de estudio, publicaciones de agencias de turismo, Sernatur, Municipios, Cámaras de Turismo, Estudios de Tesis Universitarias y publicaciones variadas.

Se recomienda revisar los Planes de Desarrollo Turístico, que aportan valiosa información sobre actividades prioritarias, así como las Estrategias Regionales de Desarrollo, que junto con delinear los aspectos más

relevantes del desarrollo turístico, hay veces que señalan y presentan los ríos turísticos prioritarios.

## **ii) Análisis Hidrológico**

Se requiere desarrollar un estudio hidrológico del río en los sectores turísticos que se analiza. A través de dicho estudio, se debe contar con al menos caudales mensuales con probabilidades de excedencia 10, 20, 50, 85, 90 y 95 %.

En base a los métodos propuestos por la DGA, se deben determinar además los denominados "Caudales Ecológicos", los que serán indicativos de los valores mínimos del río para fines de asegurar parcialmente la supervivencia de un ecosistema acuático preestablecido, (tomando en cuenta que hay consenso en que estos valores no representan adecuadamente las condiciones ambientales del río, sino que la subestiman).

## **iii) Caracterización del Río o Tramo de Río en Estudio. Identificación y Localización de los Usos Turísticos y Sectorización del Río Según Categorías de Usos**

Se debe realizar un reconocimiento general del río, con el objetivo de conocer el área de estudio, e identificar la información obtenida a través de la recopilación de antecedentes primarios y secundarios.

Luego del reconocimiento general y de la identificación de los accesos al río, puentes, pasarelas, caminos públicos y privados, se realizan, si el río lo permite, descensos y ascensos vía fluvial.

Las embarcaciones a utilizar dependen específicamente del río, las que pueden ser botes a motor de bases planas y metálicas, botes inflables (tipo Zodiac), motores a hélice o jet, los que se escogen según las condiciones del río y del lecho. Los operadores locales deben proponer la embarcación más adecuada por su conocimiento del río. Se deben tomar todas las precauciones de seguridad establecidas en la legislación vigente, y asegurarse de que el capitán de la embarcación cuente con licencia al día.

Los implementos necesarios para el reconocimiento de terreno que se consideran adecuados son los siguientes:

- GPS de buena resolución

- Máquina fotográfica
- Telémetro láser, para medir anchos de caja del río
- Ecosonda, para realizar batimetrías
- Mapas y planos a escala de trabajo del río en estudio
- Grabadora, para descripciones espaciales
- Libreta para tomar notas, (se recomienda libretas a pruebas de lluvia)

La actividad de reconocimiento de terreno se orienta a describir la hidromorfología del río en estudio, la caracterización del paisaje río (que incluye el territorio visto desde el cauce, y los del territorio desde el cual es posible apreciar el río (cuenca visual)) y las características intrínsecas del río, según los puntos planteados en la Ficha Observación de características de terreno, incluida en Anexo 8.1-2.

Además de registrar lo señalado en el párrafo anterior, de ser posible por el tipo de río, es conveniente realizar una batimetría en los puntos de observación. La batimetría se puede realizar con un ecosonda, registrando coordenadas (con GPS) y profundidades en perfiles transversales. Dependiendo del tipo de ecosonda, este puede conectarse al GPS, para registrar la información integrada. De no contarse con un ecosonda, puede hacerse la batimetría según métodos tradicionales (batimetría).

La caracterización del terreno permite generar diferentes estaciones en el río; cada estación se describe tomando como base los aspectos registrados en la Ficha del Anexo 8.1-2.

La información de terreno permite identificar unidades homogéneas de paisaje, las que se construyen en base a la valoración paisajística de los elementos estructurante del paisaje, según los elementos planteados en la Ficha del Anexo 8.1-2; estos pueden ser los siguientes:

- Color
- Sonido del agua
- Velocidad del Caudal
- Transparencia del agua
- Existencia de playa de río
- % vegetación nativa
- % vegetación introducida
- Presencia de Acantilados
- Existencia de Miradores
- Presencia de Senderos ribereño o la factibilidad de existencia
- Puntos con vista panorámica

- Avistamiento de Fauna
- Marcas positivas en el paisaje
- Marcas negativas en el paisaje
- Interés cultural general del área o punto de observación

La identificación de las áreas de usos turísticos, junto con información recogida de operadores turísticos y actores claves, permite realizar una sectorización de los usos turísticos del río.

Así, la sectorización del río contempla aspectos de paisaje, de la hidromorfología del río y de usos turísticos, información que debe ser incluida en planos de trabajo.

Las actividades con y sin contacto directo se sintetizan según su ubicación en el río, agrupadas desde aguas arriba a aguas abajo, por unidades de paisaje (tramos) y/o por tramos homogéneos de actividades de turismo aventura, según el cuadro siguiente:

**Cuadro Tipo de Síntesis de  
Actividades Con y Sin Contacto Directo (ACCD y ASCD)**

Nº	Distancia (km)	LUGAR	ACCD	ASCD
<b>Tramo 1, Nombre del Tramo:</b>				
Punto 1				
Punto 2				
Punto ...				
<b>Tramo 2, Nombre del Tramo:</b>				
Punto ...				
Punto ...				
<b>Tramo i, Nombre del Tramo:</b>				
Punto ...				
Punto ...				

Como producto de la caracterización de los usos turísticos del río, se establecen aquellas secciones del río críticas para el desarrollo de las actividades turísticas, por ejemplo lugares relevantes para el kayakismo, rafting, pesca, etc. En las secciones críticas se verifican las características hidrodinámicas del río que permiten el normal desarrollo de las actividades.

### ➤ Elementos para la Valorización de Paisaje

El Paisaje es un concepto amplio de lo que significa el entorno del hombre. Su percepción va más allá de una apreciación estética, involucra la interrelación de todos sus componentes espaciales y ambientales considerados como recursos naturales y culturales del hombre. Es precisamente esta mirada del paisaje como construcción simbólica la que se pretende adoptar, el paisaje ya no como un objeto sino la representación subjetiva del entrecruzamiento naturaleza - mundo cultural ideológico humano; es decir, el paisaje como una parte del territorio que tiene carga simbólica.

La puesta en valor o puesta en uso social del paisaje, equivale a habilitar el patrimonio cultural de las condiciones objetivas y ambientales, que sin desvirtuar su naturaleza, resaltan sus características y permiten su óptimo aprovechamiento.

Lograr el desarrollo de una conciencia social para favorecer la conservación y defensa del patrimonio cultural y ambiental asociado a un paisaje, es promover el acceso de las comunidades para el uso y disfrute de los bienes que la conforman, así como contribuir al desarrollo económico.

La integración del paisaje como variable del medio ha pasado a ser una necesidad urgente de tratar, su caracterización y valoración previa a cualquier proyecto permitirá conservar o reproducir el paisaje o planificar los usos del territorio de forma compatible.

El paisaje puede ser analizado y clasificado a través de términos cualitativos basados principalmente en observaciones subjetivas del paisaje, donde la percepción es un fenómeno activo, y tanto las experiencias previas como el medio cultural ayudan a elaborar una imagen individual de éste.

#### - Aspectos Generales

- Antecedentes previos. Recopilar y analizar información de antecedentes locales obtenida a partir de fuentes primarias y secundarias, generando una línea de base de de la cuenca estudiada. Encuesta a usuarios (habitantes locales y turistas).

La encuesta a actores locales y turistas permite indagar en la valoración existente en la memoria colectiva de los usuarios de un paisaje/cuenca: conocer cuales son los elementos patrimoniales, urbanos y naturales considerados como tales por la comunidad, por su valor de uso y apropiación social.

Con lo anterior se genera un plano o mapa de necesidades y aspiraciones sobre el paisaje/cuenca.

- Antecedentes Componente Urbano/social.
  - Evaluar y caracterizar la relación histórica de las comunidades locales con el curso de agua.
  - Generación de mapas de valor de uso social, el que se relaciona con la utilización que hace un individuo o un determinado colectivo de un paisaje específico para itinerarios como placer, ocio, paseo, reposo, observación de panorámicas, lugares de encuentro, educación ambiental, prácticas deportivas, y también instituciones que tengan algún uso o valor social.<sup>2</sup>
  - Mapa de los valores estéticos del paisaje, el que se asocia con una base cultural que asocia la belleza a determinados patrones o modelos y no resulta simplemente de los factores primarios como el color y las texturas. Algunos ejemplos generales de valores estéticos son los paisajes donde se producen combinaciones armónicas, áreas claramente reconocibles respecto a su entorno, fondos escénicos, conjuntos monumentales u otras singularidades estéticas.
  
- Antecedentes Componente Cultural/Patrimonial
  - Mapas de valores históricos/patrimoniales, que corresponde a las huellas más relevantes que el ser humano ha dejado en el paisaje a lo largo de la historia, como tipologías constructivas, tipologías de asentamiento, centros históricos de los núcleos urbanos, estructuras parcelarias y sus límites, sistemas de infraestructuras de contención de suelo; no es sólo un inventario de elementos de interés histórico, sino también de espacios o conjuntos de elementos que se consideren con valor paisajístico desde una perspectiva histórica.
  - Mapa de los valores religiosos y espirituales, simbólicos e identitarios corresponden a elementos de paisajes que se relacionan con prácticas y creencias religiosas, como por ejemplo lugares y recorridos por donde transcurren procesiones, peregrinaciones o espacios donde se celebran actividades religiosas. El valor identitario corresponde con la identificación que un determinado colectivo siente con un paisaje, los dos valores identitario y simbólico, se refieren a elementos del paisaje con gran carga simbólica o identitaria para la población local.

---

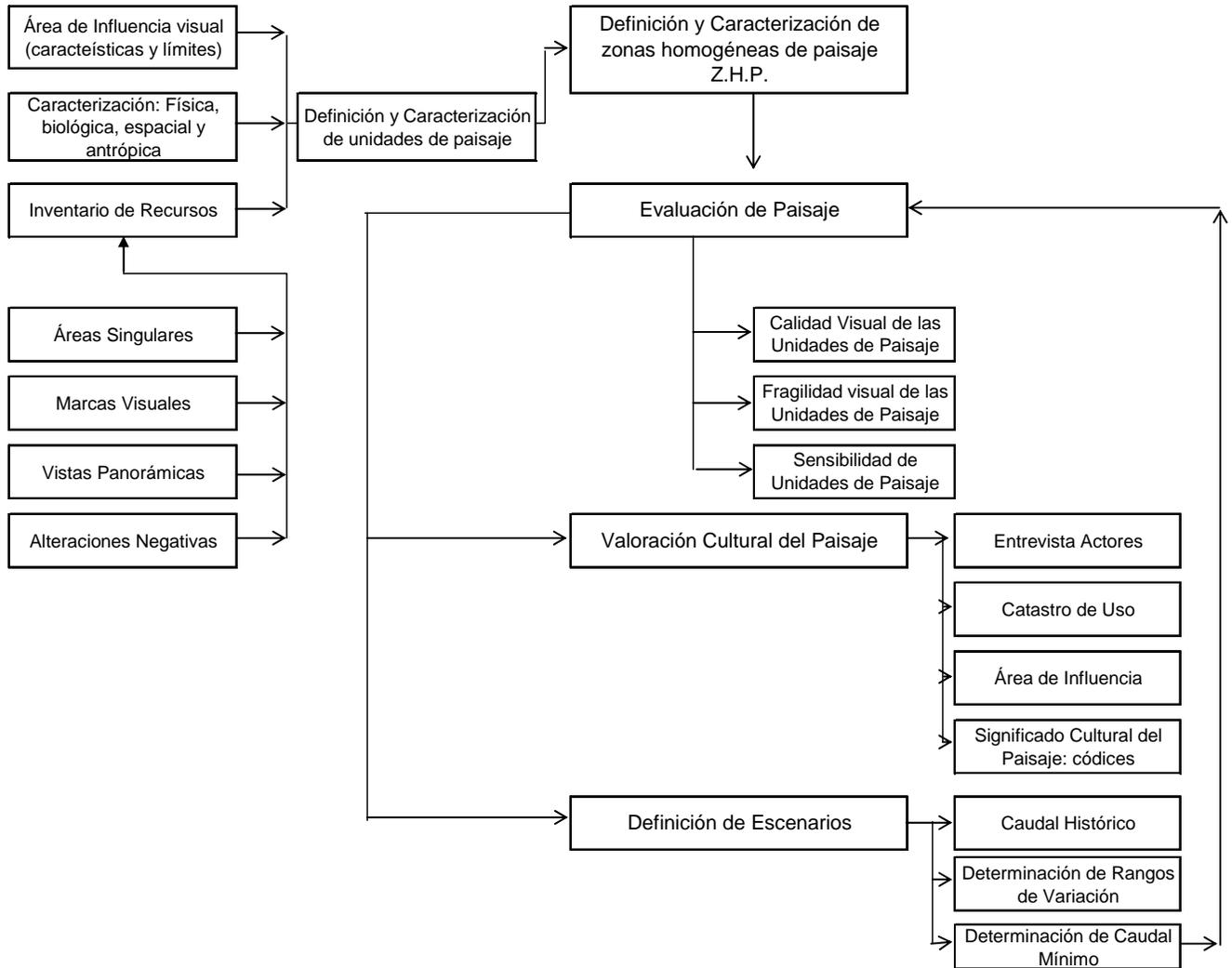
<sup>2</sup> Observatori del Paisatge, año 2006, Prototipo de Catálogo de Paisaje, Bases conceptuales, metodológicas y procedimentales para la elaboración de los Catálogos del Paisaje de Cataluña, Barcelona.

- Antecedentes Componente Ambiental Biótico/abiótico
  - Identificar y caracterizar las unidades prioritarias para la protección y conservación de los recursos físicos y biológicos.
  - Generación de mapa de comunidades vegetales. Identificación de amenazas, singularidades y abundancia.
  - Generación de mapa de comunidades faunística. Identificación de amenazas, singularidades y abundancia.

El desarrollo de esta componente se debe realizar primero en gabinete y luego en terreno, para poder caracterizar y poder actuar en conjunto con la evaluación de paisaje para evaluar distintos escenarios de caudales en ríos y sus efectos bióticos.

La metodología para evaluar el paisaje se incluye en la Figura 8.1-3 siguiente.

**FIGURA 8.1-3  
ESQUEMA METODOLÓGICO EVALUACIÓN PAISAJE/RÍO**



#### **iv) Determinación de Requerimientos Críticos para Desarrollo de Actividades**

Uno de los aspectos que se tornan complejos para proponer caudales de reserva turísticos, es la determinación de los requerimientos críticos para el normal desarrollo de las actividades turísticas descritas, y ubicadas espacialmente en la sectorización de los usos turísticos.

Los requerimientos críticos son aquellas condiciones externas a las actividades turísticas necesarias para el buen desarrollo de éstas. En las actividades con contacto directo, la velocidad, altura de agua, presencia de obstáculos, altura de olas y transparencia son algunos elementos críticos para la calidad de la experiencia.

En el caso de las actividades sin contacto directo, la relación río/paisaje, memoria histórica del lugar, presencia de flora y fauna, senderos, miradores, intervención del espacio, hitos culturales, entre otros, son algunos elementos que contribuyen a la calidad de la actividad turística.

Autores consultados indican la importancia de emplear una variedad de métodos (encuestas a usuarios, encuestas a expertos, modelos, etc.) para determinar los caudales de reserva aptos para sostener múltiples usos de un curso de agua. (Clipperton, 1993; Gillilan y Brown, 1997; Merrill y O'Laughlin, 1993; Whittaker y col, 1993). Sin embargo, hay acuerdo en que las encuestas a usuarios son probablemente el método más eficaz para integrar en forma correcta las demandas recreacionales (Gillilan y Brown, 1993).

Los métodos se pueden agrupar en 3 grandes categorías:

- Modelos Numéricos y Científicos
- Encuestas a los Usuarios
- Juicios de Expertos

La elección de un método dependerá de varios factores, tales como: el tipo de río, los componentes del medio humano considerados, los tipos de usuarios y su disponibilidad, así como los recursos y el tiempo disponible para aplicarlo. Según Whittaker y Col. (1993) no existe un método suficientemente completo que considere todos los componentes del medio humano en la determinación de caudales de reserva, por tal motivo, se recomienda una integración de los resultados de ellos.

➤ **Modelos Numéricos**

**- Modelos Predictivos Basados en Variables Hidrológicas**

Estos modelos relacionan directamente las condiciones propicias para la práctica de una actividad, o el mantenimiento de un uso específico asociado a un caudal medio con la aplicación de una fórmula matemática.

**Flujo mínimo para canotaje**

El "canoeing zero flow" se define como el caudal que permite a un canoista experimentado descender un río sin ser interrumpido en su curso, incluso si la embarcación toca fondo en dos o tres partes en los sectores poco profundos. A partir de estas observaciones de Corbett (1990) y de datos hidrológicos, se propone una ecuación permitiendo predecir este flujo mínimo (canoeing zero flow) para un conjunto de 45 ríos en 4 Estados de E.E.U.U. Este método se basa en una relación empírica entre el caudal medio anual y las necesidades mínimas requeridas para la navegación.

Este método es simple y permite una evaluación rápida de las condiciones favorables para una actividad recreativa dada. Reduce eso sí estas mismas condiciones a un solo factor, el "caudal de agua en el río". Así, esta variable es insuficiente por sí sola para representar adecuadamente el medio ambiente, susceptible de agradar o desagradar a todas las categorías de usuarios.

La ecuación propuesta es:

$$Q_m = 11,22 \times T^{0,702} \times Q_a^{0,442}$$

Donde:

$Q_m$  = caudal mínimo ( $\text{pie}^3/\text{s}$ )

$Q_a$  = caudal medio anual ( $\text{pie}^3/\text{s}$ )

$T = 1$  para aguas quietas

$T = 2$  para aguas blancas

De acuerdo con la ecuación anterior, en promedio, se requiere un 63% ( $2^{0,702} = 1,63$ ) más de flujo para hacer kayak en aguas blancas que en aguas quietas.

Se señala que una estimación precisa del flujo mínimo para hacer kayak no es posible efectuarla con esta ecuación. En efecto, esta ecuación es sólo utilizable para obtener un rango estimativo del mínimo flujo para hacer kayak y para caracterizar en general relaciones de flujos mínimos y promedios.

### **Estimación de Caudal Recreacional mediante Porcentaje Fijo, Método de Tennant**

Uno de los métodos generales de aproximación a caudales ambientales más usados es el método de Tennant o método de Montana, para determinar los requerimientos de caudal para peces, recreación y recursos relacionados; este método indica que:

- 200% del caudal medio anual para flujos altos
- Entre 60 y 100% del caudal medio es un rango óptimo
- 40-60% del caudal medio anual permite la práctica de las actividades recreativas y mantiene la belleza de los paisaje naturales
- 30-50% del caudal medio anual es adecuado para prácticas recreativas y aceptable para belleza escénicas
- 20% -40% del caudal medio anual es regular, 10% degrada el paisaje e insuficiente para la mayoría de las actividades.

### **Correlación de Caudales de Reserva Recreacional con Caudales Medios**

Basado en investigación hidrológica/recreacional de S. Rood para 27 ríos estudiados en Alberta, Canadá, del uso de canoas, kayaks, rafting y otros tipos de botes, con 958 informes de viaje entre 1983 y 1997, utilizando valores de 0,6-0,75 m como profundidades útiles y empleando distintos métodos se concluye que,

$$Q_r = 3 \times Q_m^{0,59}$$

Donde  $Q_r$  caudal recreacional en m<sup>3</sup>/s

$Q_m$  caudal medio en m<sup>3</sup>/s

En otro estudio similar (2001) el autor, empleando curvas de descargas en río para profundidades de 60, 75 y 100 cm, concluye que existe una relación bastante lineal entre el Caudal Medio y el Caudal de Recreación para canoa y kayak, para ríos de la cuenca de Oldman (Canadá):

$$Q_r = 0,77Q_m + 3,97$$

$Q_r$  y  $Q_m$  en m<sup>3</sup>/s

### **- Modelamientos Basados en Modelos Físicos a Escala**

Los modelos físicos implican la construcción a escala reducida del río bajo condiciones controladas en laboratorio. Ellos permiten variar voluntariamente el caudal para medir efectos diferentes (altura de las olas, cantidad de sedimentos transportados, erosión etc.). El modelo reducido se limita evidentemente a una porción del río. Las aplicaciones de este método son escasas y se limitan casi exclusivamente a la creación de ríos artificiales cerca de centros urbanos (bajadas en aguas vivas en slalom), así como al estudio de caídas creadas por un dique con el objetivo de determinar las condiciones de escurrimiento para permitir sus atravesos y accesos con seguridad.

Estos métodos presentan la ventaja de entregar resultados cuantificables y reproducibles, pero tienen la desventaja de ser muy costosos.

### **- Modelación del Eje Hidráulico**

La modelación de eje hidráulico (mediante uso de HECRAS), permite generar información sobre las condiciones físicas para el desarrollo de las actividades con contacto directo, tomando como referencias las experiencias de los usuarios y recomendaciones físicas para ellas.

Un requisito fundamental para poder desarrollar el eje hidráulico es contar con los caudales en el río (estudios hidrológicos) y la topografía del cauce y el sector aledaño. El desarrollo de topografía de detalle en tramos largos de río es muy costoso. Una aproximación a este tema, fue desarrollar topografía de la zona mediante un DEM (Modelo Digital de Elevación) a partir de información satelital. El inconveniente es que las imágenes satelitales convencionales no proporcionan información de cotas bajo el agua. El resultado que se obtiene es variable, y depende de las características geomorfológicas del lugar, de lo abrupto o plano de la topografía local y de la densidad vegetacional, entre otros factores determinantes.

Los resultados de la aplicación de un modelo digital mejoran si son complementados con mediciones del fondo del río que se analiza con ecosonda.

De los perfiles generados en el eje hidráulico, se seleccionan aquellos que tienen una adecuada representación con la realidad, a partir de la información obtenida en terreno. Esto se realiza comparando los anchos de superficie mojada obtenida a través del eje hidráulico con la información

medida in situ con telémetro; también se comparan las profundidades determinadas con el eje hidráulico con las obtenidas con ecosonda. Ambas comparaciones se realizan con aquel caudal que traía el río durante la campaña de terreno; ello es posible hacerlo sólo si el tramo que se analiza cuenta con estación fluviométrica.

Así, se obtiene un grupo de perfiles transversales representativos, para los cuales se evalúa si las velocidades existentes en el río, la altura de agua y el ancho de caja, están dentro de los rangos aceptables para las actividades con contacto directo propuestos por Mosley e Hyra (ver Cuadros 8.1-2 y 8.1-3 siguientes).

Los datos que se obtienen a través de la modelación son referenciales, y debieran correlacionarse con resultados de encuestas sobre satisfacción de actividades; es importante además validar los resultados con curvas de preferencia de uso.

Para comparar los resultados de la modelación del eje hidráulico, se presentan a continuación datos obtenidos empíricamente en ríos de EEUU sobre condiciones hidrodinámicas adecuadas para actividades hidro-turísticas:

➤ **Requerimientos Hidrodinámicos para Actividades en Ríos**

**Estudio de Virginia**

En el estudio de evaluación de flujo recreacionales para los ríos Norte Ana y Pamunkey, necesario para el desarrollo de canoismo, se consideraron dos condiciones de velocidad de agua para usuarios, de nivel principiante e intermedio:

Las preferencias de velocidades para:

nivel principiantes fue de 0,3 m/s a 0,9 m/s

nivel intermedio fue de de 1,2m/s a 2,5 m/s

Aún cuando la velocidad del agua es un factor importante para los canoistas, el nivel de satisfacción tiene relación con su relación con la profundidad de agua en los rápidos y zonas de aguas bajas o someras.

Las profundidades encontradas adecuadas para muchos de los canoistas novicios e intermedios fue superior a 0,5 m.

**Estudio De Mosley**

En base a información de Costell y de Mosley se proponen profundidades, velocidades y anchos de cauces mínimos, máximos y preferidos para actividades con y sin contacto en agua, que se presentan en la Tabla 1.

**CUADRO 8.1-2  
REQUERIMIENTOS HÍDRICOS PARA ACTIVIDADES  
CON CONTACTO DIRECTO SEGÚN MOSLEY**

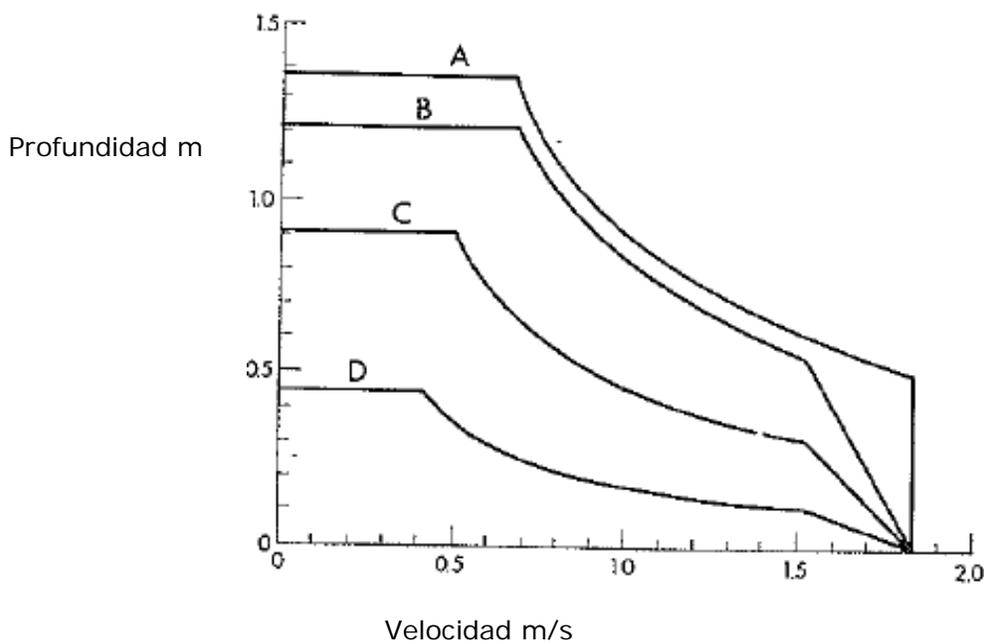
Actividad	Requerimientos Hídricos Ancho Superficial (W) m Profundidad (H)m velocidad (V) m/s			Otros requerimientos
	Mínimo	Máximo	Preferido	
Vadeo	W	W -	W -	HxV< 1,0
y Pesca de Orilla	H	H -1,2	H 0,4 - 0,6	Acceso pendiente suave
	V	V 1,8	V < 0,5	
Nado	W 5,0	W -	W > 10	
	H 0,8	H -	H 1,5	
	V -	V 1,0	V < 0,3	Para buceo H> 2
Cámara Balsas	W 5,0	W -	W 20	
	H 0,3	H -	H 0,8- 1,5	
	V -	V -	V 1,0-2,0	
Aguas Blancas rafting/canoa	W 7,5	W -	W > 20	Espacio entre rocas>2 m
	H 0,2	H 1,2-	H 0,8- 1,5	
	V -	V 4,5	V 1,0-3,0	
Caminata en cauce	W --	W -	W -	HxV< 1 m
	H --	H 1,2	H -	fondo visble
	V --	V 1,8	V -	
Pesca con caña de orilla	W --	W -	W - Habitat de peces	
	H --	H	H - "	5m de la vegetación
	V --	V	V - "	
Pesca con caña desde bote	W 7,5	W -	W - > 7,5	
	H 0,3	H	H 0,6-1,5	
	V --	V 3,0	V < 1,5	
Botes a remo Canoa plana	W 7,5 (20 remo)	W -	W - > 20	
	H 0,5	H	H 0,6-1,5	
	V --	V 1,5	V < 0,5	
Velerismo	W 30	W -	W - >60	
	H 0,8	H	H >1,5	
	V --	V 0,5	V - 0	
Bote plano con motor baja potencia	W 7,5	W -	W - >30	
	H 0,6	H	H >1,5	
	V --	V 3	V <1,5	

Actividad	Requerimientos Hídricos Ancho Superficial (W) m			Otros requerimientos
	Profundidad (H)m	velocidad (V) m/s		
	Mínimo	Máximo	Preferido	
Bote plano con motor alta potencia sky en agua	W 30	W -	W >90	
	H 1,5	H	H ~ 3,0	
	V --	V 4,5	V <1,5	
Jetboat	W 5,0	W -	W >5	
	H -	H	H >0,6	
	V --	V 4,5	V <4,5	

Fuente: Mosley, 1983

A su vez, para el nado en ríos o para las caminatas de vadeo, se propone que el producto de la profundidad con la velocidad (en m) sea menor a 1,0 y propone distintos valores según el peso y estatura de las personas, según se muestra en la Figura 8.1-4.

**FIGURA 8.1-4**  
**LÍMITES DE PROFUNDIDAD Y VELOCIDAD DE VADEO Y NADO SEGURO EN RÍOS PARA PERSONAS DE DISTINTA CONTEXTURA**



- A: Adultos, contextura grande
- B: Contextura media
- C: Contextura media a pequeña
- D: Infantes

## Estudio de Hyra

Para evaluar caudales mínimos recreacionales, Ronal Hyra considera los siguientes límites de profundidad y velocidad señalados en el Cuadro 8.1-3.

**CUADRO 8.1-3  
CRITERIO DE HYRA PARA PROFUNDIDAD Y VELOCIDAD DE AGUA  
DE RÍOS PARA ACTIVIDADES HÍDRICAS**

Actividad	Caudal Mínimo	Caudal Óptimo	Caudal Max.
Pesca orilla	H: 0,2 V: 0	0,3 - 0,8 0,1 - 0,6	1,2 0,9
Pesca bote motor	H: 0,8 V: 0	> 1,1 0,2 - 0,6	s/l 1,5
Pesca bote sin motor	H: 0,3 V: 0	0,6 y + 0,5	s/l 1,2
Vadeo Camita orilla	H: 0,3-0,5 V: 0	0,5 - 0,8 0,3 - 0,6	1,2 1,0
Baño Nadar	H: 1 V: 0	1,2 y+ 0,3	s/l 1
Bote motor	H: 1 V: 0	1,2 0,2 - 1	s/l 2
Bote motor potencia	H: 1 V: 0	1,2 0 - 2,2	s/l 3,5
Canoa/Kayak	H: 0,5 V: 0	> 1 0,2- 2,2	s/l 3
Rafting	H: 0,6 V: 0	1 0,3 - 3	s/l 4,5
Balsa	H: 0,2 V: 0	0,7 0,3 - 1,5	s/l 2,5

Notas: H altura en m, V velocidad en m/s  
s/l: sin límite

Fuente: Hyra, 1978

### **- Selección de Tramo o Sección Crítica**

Debido que realizar un trabajo de topografía específica que permita posteriormente desarrollar un eje hidráulico es muy costoso, una alternativa conveniente es seleccionar un tramo o eventualmente seleccionar secciones críticas o representativas de actividades turísticas específicas.

Si se escoge un tramo específico, se debiera realizar una topografía de

detalle, con un perfil longitudinal y perfiles transversales, sobre la cual se aplicará el eje hidráulico y se procede según las recomendaciones señaladas anteriormente.

También se pueden comparar los requisitos para actividades para secciones específicas, obteniendo su perfil transversal y calculando hidráulicamente la velocidad y altura de agua.

### ➤ Encuestas a Usuarios

Este método implica obtener muestras históricas representativas de usuarios de un río para un conjunto de actividades recreativas. El objetivo es determinar caudales óptimos para la práctica de cada una de las actividades recreativas. La encuesta debe ser preferentemente realizada en terreno, lo que permite una evaluación inmediata de las condiciones de un caudal específico (apreciación cualitativa). Las entrevistas pueden hacerse individualmente o al interior de un focus group. Este método procura datos cuantitativos que permiten desarrollar una relación estadística entre la calidad de la recreación y el caudal, la cual se expresa bajo la forma de una curva de evaluación de caudales.

En Chile no existen antecedentes de la realización de encuestas de satisfacción de turistas asociadas a caudales de ríos. Es una valiosa información que permite correlacionarla con otros métodos para proponer caudales de reserva en ríos. Se recomienda aplicar encuestas como la planteada en Anexo 8.1-3, en ríos con información fluviométrica, para relacionar calidad de las experiencias en el río con los caudales presentes al momento de las actividades.

En el caso de ríos regulados, las encuestas pueden realizarse para un solo caudal (encuesta de caudal único) o para varios caudales. La encuesta puede desarrollarse a lo largo de una estación para evaluar la gama más amplia de caudales. El recurrir a un grupo que frecuenta regularmente el río para el estudio de la práctica de una actividad, permite el uso de soportes audiovisuales como la fotografía y videos.

Según Whittaker y Col. (1993), las encuestas de los usuarios se revelan generalmente como el método más eficaz para evaluar cuantitativamente los caudales, propicios o no, para la práctica de actividades recreativas.

### ➤ **Juicio de Expertos**

Este método consiste en consultar a usuarios experimentados de un curso de agua (especialista en una disciplina dada como el canotaje, kayak, pesca, etc.) o a profesionales en diferentes disciplinas, para obtener la información de base (intereses, preocupaciones e incidencias de caudales por la práctica de una actividad, tipo de actividades practicadas etc.).

Las informaciones recogidas son principalmente de naturaleza descriptiva y cualitativa. Uno de los objetivos consiste en verificar cómo el caudal puede afectar la práctica de las actividades recreativas. El juicio de expertos implica previamente un reconocimiento del río, de preferencia cuando los caudales están cercanos al umbral mínimo crítico para la práctica de una determinada actividad con contacto directo.

Constituye un método adecuado para evaluar el efecto directo del caudal sobre la recreación, y para validar los resultados que emanan de un modelamiento o de una encuesta a los usuarios.

Este método presenta la ventaja de ser rápido y defendible, ya que los testimonios de expertos son generalmente bien recibidos, incluso si la evaluación no proviene de un análisis detallado. Ello implica eso sí, una cierta subjetividad de los expertos respecto de las preferencias del conjunto de los usuarios, así como el nivel de relación entre los caudales y la calidad de práctica de la actividad. En otras palabras, si los juicios son erróneos, las recomendaciones dirigidas a mantener un caudal dado no serán las adecuadas para ofrecer formas y ocasiones de recreación interesantes.

Por otro lado, la evaluación de paisaje es uno de los análisis que requiere información de un juicio experto; a continuación se presentan los lineamientos para abordar el tema.

### ➤ **Paisaje y Actividades Sin Contacto Directo**

No existe información de métodos empleados para evaluar el efecto de una determinada reducción de caudales en los paisajes de ríos. La propuesta metodológica que se propone, se refiere a la identificación y valoración de los elementos estructurantes del paisaje/río por profesionales en paisajismo (Arquitectos del Paisaje, Ecólogos Paisajistas, etc.).

Para cada tramo del río que constituyen unidades de paisaje, hay que

identificar los objetivos de protección del paisaje y asociar un régimen de flujo necesario para alcanzar esos objetivos.

En ríos de Chile Central y del Norte, los elementos estructurantes del paisaje con relación al río, están directamente relacionados con la presencia de agua para sostener la vegetación ripariana, por lo tanto los valores de caudal a determinar son aquellos que permiten que ciertos sectores críticos no tengan carencias hídricas.

Para el caso de ríos del Sur de Chile, con caudales altos, la determinación del los caudales mínimos de reserva turística para actividades sin contacto directo no está necesariamente relacionado con los valores que limitan una actividad turística con contacto directo determinada, ya que por su caudal ésta no es una restricción aparente, si no la determinación del valor de caudal que represente el constructo cultural, "paisaje río", es decir la construcción mental (percepción) de los turistas, el recuerdo, la imagen construida y relatada, y la verificación de esa imagen en una futura permanencia en el lugar.

Por lo anterior se propone que para determinar cuál es el requerimiento hídrico efectivo en lo concerniente a las actividades sin contacto directo, es necesario determinar qué caudales mantienen esta percepción, la dinámica del río y sus atributos.

***Los análisis que se hicieron en el presente trabajo, aplicados en 6 ríos de Chile, indicaron que caudales mensuales cercanos al 20 % de Probabilidad de Excedencia los adecuados para mantener el río en las condiciones señaladas.***

➤ **Análisis de Cascadas o Caídas de agua**

Las cascadas son puntos de alta atracción dentro de la actividad turística, por lo que mermas en sus caudales generan modificaciones relevantes en su calidad estética. La determinación de caudales que posibilitan su expresión física puede ser realizada de acuerdo con el siguiente esquema metodológico:

- Realizar un estudio relacionado con la percepción visual y sonora de los puntos de interés estético, con la ayuda de instrumentos visuales como fotografías, videos, tomados con diferentes caudales, simulaciones visuales e imágenes de síntesis.
- Realizar un análisis de las cascadas, a partir de las fotografías obtenidas con diferentes caudales, para identificar los elementos

- físicos interesantes desde el punto de vista sensorial (como el volumen de salpicaduras y nube de agua de rocío por la caída, la distribución del caudal en la caída, etc.)
- A continuación, por medio de investigaciones, se presentan algunas fotografías del lugar con distintos caudales a usuarios del medio para que aprecien el interés (o el atractivo) sensorial. Así, es posible definir un caudal de atractivo mínimo, es decir, por debajo del cual las caídas no ejercen interés sensorial.
  - Por último, el período de aplicación de este caudal se fija teniendo en cuenta los períodos de asistencia del lugar por el público.

### **8.1.3 Selección de Métodos**

En función de las características del río y del tipo de actividades recreativas que se realizan, o de los usuarios que concurren, algunos métodos son más útiles que otros, lo que tiene relación con las particularidades propias de cada estudio.

El Cuadro 8.1-4 se incluye un resumen de los métodos que pueden emplearse en función de los usos o componentes del medio humano considerado.

**CUADRO 8.1-4  
MÉTODOS SEGÚN COMPONENTE DE ANÁLISIS**

<b>Componente</b>	<b>Método</b>
Navegabilidad	Encuesta a los usuarios. Juicios de expertos. Modelación a partir de secciones transversales en sectores críticos. Encuesta con caudales controlados. Encuentros tipo Focus Group
Bajada en aguas blancas (Rafting)	Encuesta a los usuarios (con uno o más caudales conocidos). Juicios de expertos. Modelación a partir de secciones transversales en sectores críticos. Encuesta con caudales controlados. Encuentros tipo Focus Group. Utilización de fotos o videos. Modelo físico a escala reducida. Clasificación de rápidos en función de diferentes caudales.
Pesca deportiva	Encuesta a los usuarios. Juicios de expertos. Modelación de habitat de peces Encuentros tipo Focus Group.
Actividades de baño	Encuesta a los usuarios. Juicios de expertos (morfología del lecho del río favorable a la creación de playas de arena).
Estética y paisaje	Encuesta a los usuarios. Juicios de expertos. Encuentros tipo Focus Group. Consideración de la gama más amplia de caudales posibles a través de fotos o videos. Simulaciones visuales (imágenes de síntesis, videos).
Actividades tradicionales	Revisión de la problemática ligada al uso y ocupación de las comunidades autóctonas del río (transportes, sitios de camping, sitios de ocupación histórica, caza, pesca) con los responsables de las comunidades autóctonas respectivas y los usuarios. Preconizar el empleo de medios visuales como fotografías, videos o imágenes de síntesis.
Ambiente acústico	Utilización de un sonómetro para medir el nivel de ruido con diferentes caudales. Encuesta de usuarios (utilización de un video con un nivel de ruido equivalente, calibrado con un sonómetro, para distancias comparables desde el origen del ruido. Utilización de imágenes tomadas con distintos caudales.

#### **8.1.4 Propuesta de caudales de reserva, recomendación de caudales necesarios para asegurar una calidad recreativa elevada**

Considerando que cada uso turístico tiene requerimientos diferentes de agua, la determinación del caudal de reserva debe considerar el conjunto de demandas, asegurando la conservación de las características que definen la vocación e identidad del lugar. Dicho análisis requiere una integración de los resultados obtenidos por el empleo de los distintos métodos.

Dado que los ríos tienen comportamientos dinámicos, el establecimiento de caudales de reserva debe incluirlo de tal forma que a lo menos debe quedar reflejado en caudales de reserva con variaciones mensuales. En este mismo sentido, Whittaker indica que los caudales de reserva para cada uno de los usos deben ser asociados a sus variaciones estacionales cuando corresponda.

Se considera de interés evaluar los efectos de los caudales de reserva en el tiempo, para evaluar tanto los usos antrópicos como la dinámica de las poblaciones de peces y su hábitat.

Es importante destacar que los resultados obtenidos de la aplicación de los modelos deben ser validados por los actores claves de los ríos en estudio, a través de actividades participativas.

A continuación se procede a aplicar la metodología a los siguientes 6 ríos:

- a) Río Cochiguaz (IV Región): en el tramo comprendido entre Sol Naciente (N: 6.653.875; E: 371.512 WGS 84 Huso 19) y Montegrande (N: 6.669.645; E: 356.304 WGS 84 Huso 19).
- b) Río Puelo (X Región): en el tramo comprendido entre 12 km antes de la frontera con Argentina (N: 5.336.065; E: 762.977, WGS 84, Huso 18) y la desembocadura en el lago Tagua Tagua (N: 5.379.463; E: 739.859, WGS 84, Huso 18)
- c) Río Futaleufú (X Región): en tramo entre la frontera con Argentina (N: 5.214.490; E: 763.855, WGS 84, Huso 18) y la desembocadura en el Lago Yelcho (N: 5.189.709; E: 726.351, WGS 84, Huso 18)
- d) Río Baker (XI Región): en el tramo entre la desembocadura del Lago Bertrand (N: 4.792.500; E: 664.000, WGS 84, Huso 18) y la confluencia con el río Neef (N: 4.779.003; E: 668.739, WGS 84, Huso 18).

- e) Río Simpson (XI Región): en el tramo entre el sector de Villa Simpson (N: 4.932.480, E: 725.816 WGS 84 Huso 18) y la junta con el río Mañihuales (N: 4.968.944; E: 695.766 WGS 84 Huso 18).
- f) Río Serrano (XII Región): en el tramo comprendido entre su nacimiento en el desembocadura del lago Toro (N: 4.327.243; E: 642.904 WGS 84 Huso 18) hasta el Seno de Última Esperanza (N: 4.302.336; E: 632.981 WGS 84 Huso 18).

## **8.2 Río Cochiguaz (IV Región de Coquimbo)**

### **8.2.1 Introducción**

El río Cochiguaz es un sector rural de mediano nivel de desarrollo agrícola, con presencia de vegetación y fauna nativa y asilvestrada en las riberas del río. Su atractivo lo constituye la buena calidad de sus aguas, la belleza integral que presenta el valle (incluyendo aspectos geológicos, ecológicos e hídricos) y por el atractivo espiritual como sector de sanación y meditación, por el cual es conocido nacional e internacionalmente.

El río Cochiguaz se ubica en la comuna de Paihuano, nace en la cordillera y finaliza en el Puente Montegrando al juntarse con el río Derecho o río Alcohuaz, dando origen al río Claro. El sector central del río se encuentra a 112 km de La Serena, aproximadamente.

Entre el 15 y el 17 de Diciembre de 2008, se desarrolló un trabajo de campo que tuvo por objetivo levantar información primaria, la cual permitió identificar las principales actividades turísticas que se desarrollan en el río y se logró caracterizar el río en estudio. El tramo de río analizado fue de 20 km, aproximadamente, partiendo desde Sol Naciente (N: 6.659.487; E: 369.087, WGS 84 Huso 19) y finalizando en la zona de Montegrando (N: 6.669.121; E: 356.353 WGS 84 Huso 19).

### **8.2.2 Obtención de Información Primaria. Entrevistas a Actores Claves In Situ**

#### **a) Actores Públicos**

- Verónica Salazar, Encargada Turismo Ilustre Municipalidad Paihuano.  
Tel cel. 88434951, (51) 451015-451029 (08)8434951  
[veronicasalazar.r@gmail.com](mailto:veronicasalazar.r@gmail.com)

La entrevista estuvo orientada a conocer desde la perspectiva de la Municipalidad de Paihuano, la situación del turismo en el valle del río Cochiguaz.

Se estima que la cantidad de visitantes al sector del río superan los 15.000 anuales. Se realizaron estadísticas hasta 2004 sobre afluencia turística, determinándose en 6.000 personas los visitantes sólo en Febrero al río Cochiguaz, siendo éste el mes de mayor concurrencia de turistas.

***Los principales usos del turismo en el río son baño, observación del paisaje y actividades de sanación, en sus diferentes expresiones.***

Dado el alto interés turístico de la zona, toda la comuna de Paihuano fue declarada ZOIT, Zona de Interés Turístico, por Sernatur.

Si bien el valle partió como ganadero, ha derivado en un desarrollo agroturismo, orientado a frutales y patronales, los que debieran ser regulados pues ha significado impactos ambientales y turísticos crecientes, asociados a la pérdidas de especies de fauna y flora nativas.

Uno de los atractivos importantes desde la perspectiva turística y de la afluencia de público es la oferta de medicina alternativa, y espacios de introspección, lo que posibilita generar el concepto de "Medicina Alternativa y Territorio".

Desde el punto de vista turístico Cochiguaz se constituye en uno de los valles principales de la comuna de Paihuano, siendo éste el lugar donde se concentra la prestación de servicios ligados al turismo esotérico y por ende el segundo lugar más visitado después de la localidad de Pisco Elqui.

Cochiguaz por sus condiciones naturales físicoespaciales, su estrechez, la altura de sus cerros, la conformación de los mismos, el curso de agua que lo abre y divide para dar cobijo a una nutrida flora y fauna; sumado a que la mayoría de sus habitantes, sean lugareños o "afuerinos" radicados, quienes comparten una visión muy particular de la vida, asignándole una cierta magia que atribuyen como condición propia del valle, es un lugar propicio para el desarrollo del turismo de intereses especiales, fundamentalmente las actividades ligadas a sanación.

El valle de Elqui en general y el sector de Cochiguaz en particular desde hace muchos años han sido calificados como lugares únicos e incomparables, incluso se dice que el cerro Cancana (Altar o Ara), ubicado en Cochiguaz es el lugar de entrada de la Banda Magnética de la Tierra, la Banda de Lhasa, partiendo por la tierra que conforma los cerros, pasando

por el agua, aire, estarían irradiados con la energía magnética que ingresa en el sector. Este argumento da pie para continuar trabajando en el fortalecimiento de las actividades desarrolladas y posteriormente el posicionamiento de Cochiguaz como "lugar de turismo de sanación".

Cochiguaz complementa la prestación de servicios en torno al esoterismo con el desarrollo de algunas alternativas de entretención que van ligadas a la observación de flora y fauna y la práctica de algunas actividades como son las cabalgatas, bicicletas, caminatas, y recientemente otras como canopy, rapell, escalada libre y con cuerdas, hydro-gum (o descensos en cámaras) etc.

El río pasa a ser un valor fundamental para la comunidad, pues es el que aporta el principal recurso para que el valle se mantenga verde, irrigado y otorgue posibilidades de hábitat para todas las especies que aquí coexisten.

Turismo de sanación se refiere a potenciar actividades como terapias de inmersiones, relajación, meditación y o contemplación, "Naturopatía" proporcionada por medio del sonido de las aguas del río y su alrededor.

Los habitantes del valle tienen un estrecho contacto con el agua para distintos fines, quienes beben incluso directamente desde el cauce, con la seguridad de que las aguas no poseen contaminantes, sino muy por el contrario, se trataría de las aguas más limpias y ricas en minerales de los cursos de agua interiores.

El Decreto Presidencial N° 335 del año 1993 señala que el hábitat natural del sector de Cochiguaz debe ser protegido de cualquier acción o alteración, que eventualmente pudiere provocar un grave peligro que lleve a la extinción de uno de los valles de mayor interés por sus factores ambientales y su agricultura.

- Reunión ampliada en el Municipio de Paihuano con la presencia de:
  - Álvaro Méndez Saluzzi, SECPLAN
  - Jorge Torres R. Director Obras Municipales
  - Verónica Salazar Rivera, Encargada Departamento Turismo
  - Verónica Silva R. Arquitecta- Proyectos [asilva@userena.cl](mailto:asilva@userena.cl), cel 092829079
  - Rodrigo Esquivel A. Salud del Ambiente
  - Raúl Esquivel R. Encargado oficina Emergencia
  - Judith Pagani D.G.A.

- Galit Navarro, Aquaterra Ing.
- Juan Carlos Cuchacovch, Aquaterra Ing.

Verónica Salazar propuso organizar una reunión ampliada en la Municipalidad dada la relevancia del tema y la importancia del turismo y del río para la comuna.

En la reunión se presentó el objetivo del Estudio de Caudales de Reserva turísticos y las demandas de información para la reunión, las que básicamente fueron usos actuales, futuros y potenciales del río asociado a turismo.

Sobre aspectos generales de la economía comunal, se señala que la comuna se reconoce en primer lugar como Agrícola y en segundo como turismo.

### **Sobre Actividades Actuales y/o atractivos**

Desde la perspectiva del turismo, el río Cochiguaz tiene ya un sello creado asociado a un "turismo de misticismo", donde el río convoca a las personas por los atributos que posee de belleza, sonidos, relación con el entorno, Cerro del Cancana.

Hay acuerdo en que Cochiguaz es un lugar en la comuna que se diferencia a nivel regional y del país, y es conocido internacionalmente.

La zona mantiene aún encanto de antaño con cultivos familiares y el valle posibilita la utilización de energías alternativas como la solar y eólica.

La llegada de personas al valle en los últimos 30 años ha generado una interesante convivencia multicultural, tanto por la llegada de nuevos residentes desde diferentes partes del país como de varios países.

El uso actual del río tiene que ver con recreación, baño, observación y escuchar río y paisaje, fauna, flora, sanación, cabalgatas, treking, pesca parcial.

Sobre actividades Potenciales:

Descenso en tramos del río, mediante hydro-gum, balsas, kayak, caminatas en el río.

**b) Actores privados y organizaciones ciudadanas**

- Mario Carmona, Sol Naciente. Antiguo vecino del valle, es uno de los primeros en asentarse dado las propiedades espirituales del río y de la zona, conforman una pequeña comunidad de vida, donde recurrentemente llegan diferentes personas en busca de desarrollo personal. Desarrollan actividades de agricultura doméstica y tiene una estrecha relación con el río donde realizan inmersiones curativas.
- Hernán Ahumada Varela. Gerente de Empresa de Turismo Río Mágico. Disponen de Camping con 100 sitios, restaurante y club; ofrecen variadas actividades de turismo.

Reciben alto número de visitantes, del orden de 5.000 anuales, y si bien concentran la mayoría en verano, también acceden turistas durante todo el año, que incluyen cuatro grandes eventos turísticos-culturales.

El camping está ubicado en una zona con amplia y variada vegetación asilvestrada, y acoge a fauna nativa amenazada, como por ejemplo el pato cortacorrientes.

En la reunión se abordó no sólo los usos actuales sino aquellos potenciales que podrían ser desarrollados en el río, los cuales a juicio del entrevistado, son aquellas actividades de descenso en varios tramos del río en balsas infladas y en kayaks individuales cortos. Estas actividades se han realizado ocasionalmente, dependiendo de las condiciones del río, donde se estima que es favorable entre Diciembre y Enero, que son los meses con mejores caudales para la actividad (deshielo).

- Administradores de Tambo Huara. Administran un camping desde hace varios años, donde el río es el principal atractivo para baño, caminatas y contemplación del paisaje.
- Isabel Rostello, Miembro de Comité Elqui Sustentable, [isabellarastello@hotmail.com](mailto:isabellarastello@hotmail.com), 51-451397.

Existe preocupación por la actividad minera en la parte alta del río Cochiguaz, las que se encuentran en etapas de prospecciones. Actividades que pueden contaminar el agua del río, alterar el hábitat de especies de flora y fauna, quebrar el sello y la marca de turismo que se ha creado en torno a un valle de actividades agrícolas tradicionales.

Destaca el Decreto presidencial N° 335 de 1993 que protege el medio ambiente del río, y que además asignó con ese fin derechos no consuntivos a la Junta de Vecinos del río Cochiguaz.

Uno de los objetivos de la organización Elqui Sustentable es fomentar la producción alimentaria limpia en la comuna de Paihuano, con una visión orientada a valles productores de Agricultura Orgánica, tanto en Estero Derecho como en el río Cochiguaz. Concordante con esto, es que se requiere la existencia de ecosistemas sanos que puedan basarse en un uso equilibrado de los recursos, para el desarrollo de la vida silvestre como elemento necesario para el control de plagas.

Según el entrevistado, "ha faltado una buena política y un plan de desarrollo de turismo para la comuna, que por un lado potencie los atributos existentes y que por otro lado regule la carga de turistas para no afectar los ecosistemas existentes. El río Cochiguaz es el único valle que tiene posibilidades de ser preservado dado que su explotación aún no es intensa".

### 8.2.3 Reconocimiento y Caracterización del Terreno

#### a) Descripción General del Área

De acuerdo con los recorridos efectuados en terreno, en el Cuadro 8.2-1 se incluye una descripción de los principales puntos y sectores que fueron observados y analizados; dicha descripción se presenta desde aguas abajo (a partir del puente Montegrande) hacia aguas arriba (hasta el sector de Sol Naciente); en el Plano 8.2-1 se muestra la ubicación de los puntos.

**CUADRO 8.2-1  
PUNTOS DE OBSERVACIÓN**

N°	DISTANCIA DESDE PUENTE MONTEGRANDE	LUGAR	COORDENADAS UTM	
			N	E
	KM			
1	0,0	PUENTE MONTEGRANDE	356.353	6.669.121
2	0,9	PRIMEROS PARRONALES	357.081	6.668.808
3	1,3	PACKING LUKSIC	357.366	6.668.690
4	2,0	ULTIMA VEGETACION ASILVESTRADA RIO	357.951	6.668.353
5	2,5	CAIDAS AGUA POR REBALSE CANALES	358.404	6.668.086
6	3,4	VEGETACION ASILVESTRADA	359.183	6.667.946

N°	DISTANCIA DESDE PUENTE MONTEGRANDE	LUGAR	COORDENADAS UTM	
			N	E
	KM			
7	4,8	EL ALBARICOQUE, QUEBRADA Y CABAÑAS	360.145	6.667.193
8	6,2	ESTACION FLUVIOMETRICA EL PEÑON	361.296	6.666.688
9	6,5	FUNDO EL PEÑON,	361.506	6.666.486
10	6,7	CAMPING EL RETIRO	361.654	6.666.390
11	8,0	FUNDO LA ALFALFA	362.556	6.665.605
12	8,4	PARRONALES ORGANICOS	362.964	6.665.501
13	10,0	CABAÑAS EL CARRIZAL	364.065	6.664.637
14	10,4	EXPEDICIONES MUNDO ELQUI	364.415	6.664.586
15	10,4	CAMPING EL ALMAZEN	364.415	6.664.586
16	10,5	SPA COCHIGUAZ	364.415	6.664.586
17	10,6	ESCUELA FRENTE DE BAJADA A CLUB RIO MAGICO	364.552	6.664.563
18	10,9	HACIENDA COCHIGUAZ	364.835	6.664.557
19	11,5	LA MANCHA	365.301	6.664.410
20	11,6	RESTAURANT BORDE RIO	365.301	6.664.410
21	11,9	EL PARADOR DE COCHIGUAZ	365.697	6.664.408
22	12,1	CAMPING TAMBO HUARA	365.848	6.664.324
23	13,0	CABAÑAS CASA DEL AGUA	366.581	6.663.963
24	14,2	EL ZANJADO	367.002	6.663.258
25	15,2	CAMPING COCHIHUAZ	366.939	6.662.540
26	19,0	SOL NACIENTE	369.087	6.659.487

#### Coordenadas WGS 84, Huso 19

A continuación se presenta una descripción resumida de cada uno de los puntos analizados:

**Pto. N° 1:** Puente Monte Grande; vegetación silvestre, álamos, colas de zorro y sauces abundante en el plano del cauce.

**Pto. N° 2:** Primeros parronales.

**Pto. N° 3:** Packing Luksic. Aguas blancas.

**Pto. N° 4:** Vegetación asilvestrada, posibles usos trekking, área de gran valor escénico.

**Pto. N° 5:** Caídas de agua por rebalse. Vegetación asilvestrada en menor grado y cultivos de parronales que llegan hasta el río. Presencia de tranque menor.

**Pto. N° 6:** Vegetación asilvestrada en fuerte contraste con cultivos de parronales. Aguas blancas y río más turbulento. Posible uso turístico rafting.

**Pto. N° 7:** El Albaricoque, quebrada y cabañas. Fin de los cultivos en cauce de río, inicio de plantaciones de frutales. Presencia de vegetación asilvestrada. Posible uso turístico, observación de flora y fauna.

**Pto. N° 8:** Estación fluviométrica El Peñón. Fin de zona de alto valor escénico por presencia de vegetación asilvestrada. Fuerte presencia de cultivos de parronales. Cuenca muy abierta, visión en tres planos, tercer plano lejano.

**Pto. N° 9:** Fundo el Peñón. Plantación de parronales.

**Pto. N° 10:** Camping El Retiro. Vegetación asilvestrada, presencia de cactáceas "El Vergel" Km 7,9

Las actividades que se realizan en este sector son:

Pozones naturales y artificiales en el río Cochiguaz, zonas para meditar, cabalgatas, trekking, rappel (descenso en cuerda), top-rope (escalada), canopy, hydro speed (hidro trineo) y canoning. Además de las actividades mencionadas, se realiza hydro gum (descenso en cámaras de camión, ver fotografías siguientes) en el tramo de río que colinda con el camping el retiro, y es posible continuar hacia aguas abajo en algunos momentos del año, dependiendo de los caudales existentes, y despejando obstáculos, como árboles caídos.



**Pto. N° 11:** Fundo La Alfalfa. Camping El Carrizal. Venta de parcelas, vegetación asilvestrada. La cuenca se cierra visualmente, vistas a primer plano.

**Pto. N° 12:** Río encajonado más abajo del camping Alma Zen, camino a media ladera. Parronales orgánicos.

**Pto. N° 13:** Cabañas El Carrizal. Desde el camino se logra percibir el fuerte y permanente sonido del río.

**Pto. N° 14:** Expediciones Mundo Elqui. Se junta con otro valle, eucaliptus, washingtonia (parecida a palmera), herbáceas gramíneas, camino a media ladera, sin contacto directo con el río. Fuerte y permanente sonido del agua.

**Pto. N° 15:** Cabañas y Camping El Alma Zen. Río Mágico. Refugio Cochiguaz. Usos del río: Camping, balsas, balneario, posibilidad de kajak, pesca de truchas. 5.000 visitas al año. 3.500 campistas al año. Presencia de flora nativa: molle, maitenes, colas de zorro. Presencia de avifauna importante. Patos de río, pato corta corrientes, tencas, tordos, loicas.

**Pto. N° 16:** Spa Cochiguaz. Cabañas Casa Verde. La actividad se sitúa en la ladera exposición Sur, hacia arriba del camino, lejos del río.

**Pto. N° 17:** Escuela básica. Bajada a Club Río Mágico. Plaza de Cochiguaz. Cultivos de parronales y frutales en ladera de exposición Norte. Vegetación asilvestrada en ladera exposición Sur, entre el camino y el río.

**Pto. N° 18:** Hacienda Cochiguaz. Torres del Pangué. Construcciones de Club Río Mágico.

**Pto. N° 19:** La Mancha. Cuenca cerrada, valle cultivado, presencia de parrones.

**Pto. N° 20:** Restaurant Borde Río. Portón de madera.

**Pto. N° 21:** El Parador de Cochiguaz; Cascadas, camping, camino en el fondo de quebrada. Vegetación asilvestrada.

**Pto. N° 22:** Camping Tambo Huara; Aguas blancas. Uso turístico de contemplación y baño.

**Pto. N° 23:** Cabañas Casa del Agua; Valle abierto, vegetación espinal renoval, área muy intervenida. Cultivos de lavandas, presencia de flora nativa como "pata de guanaco". Río encajonado.

**Pto. N° 24:** El Zanjeado; Abertura del valle, el río se aleja del camino, no hay lugares públicos. Vegetación de eucaliptus.

**Pto. N° 25:** Camping Cochiguaz. Camping de larga tradición en el sector, perteneciente a la familia Canihuante, que por generaciones ha habitado el valle. El camping cuenta con amplios sectores para acampar con sombra y variados espacios habilitados con playas para baño en el río, generándose un atractivo lugar entre dos brazos del río. El sonido del río inunda el espacio, siendo un elemento relevante para definir el sector. El río presenta rápidos, con formas sinuosas y amplios sectores de aguas blancas. La vegetación de los sectores ribereños está compuesta por variadas especies nativas, predominando los Maitenes y colas de zorro, y en los sectores interiores por especies introducidas, básicamente eucaliptus. Los usos del río en este sector son: baño, caminatas, cabalgatas, pesca, contemplación, observación de fauna y flora, escuchar río. Presencia de playas menores de arena en la ribera del río, vegetación densa que no depende totalmente de la cercanía al agua. La presencia de Maitenes está claramente asociada al curso de agua. Bosque de eucaliptus, vistas en primer plano a los cerros; vistas encajonadas, río angosto, torrentoso. La vegetación alcanza media ladera.

**Pto. N° 26:** Sector de Sol Naciente. Es el punto final del tramo considerado para el estudio, se escogió este punto por ser el último lugar con acceso desde camino; luego hay un portón cerrado que comunica con los otros sitios particulares presentes en el valle sector alto. Este sector alberga a familias vecindadas en el sector desde hace más de 30 años, donde junto con actividades relacionadas con agricultura de abastecimiento doméstico, mantienen una estrecha relación con el río para fines espirituales, con inmersiones diarias y se encuentran en un proyecto de construir un Centro de Sanación, ubicado próximo al río. Cuenca más abierta, laderas en segundo plano; pozones de baño, baños místicos, presencia del agua asociada a sanación/meditación. Usos del río: Inmersiones espirituales.

## **b) Actividades Sin y Con Contacto Directo**

A partir de la información obtenida por entrevistas con actores seleccionados como de entrevistas en terreno y de observaciones directas, se pudo generar un cuadro con las principales actividades turísticas que se

desarrollan en el río y ubicarlas en los puntos de estudio seleccionados; en el Cuadro 8.2-2 se presenta dicha información.

**CUADRO 8.2-2  
ACTIVIDADES SIN Y CON CONTACTO DIRECTO (SCD y CCD)**

Nº	DISTANCIA DESDE PUENTE MONTEGRANDE	LUGAR	PRINCIPALES USOS ACTUALES TURISTICOS	
			SCD	CCD
	KM			
1	0,0	PUENTE MONTEGRANDE	paisajismo	---
2	0,9	PRIMEROS PARRONALES	paisajismo	baño
3	1,3	PACKING LUKSIC	paisajismo	
4	2,0	ULTIMA VEGETACION ASILVESTRA RÍO	Observación de flora y fauna	baño
5	2,5	CAIDAS AGUA POR REBALSE CANALES	paisajismo	baño
6	3,4	VEGETACION ASILVESTRA	paisajismo	baño
7	4,8	EL ALBARICOQUE, QUEBRADA Y CABAÑAS	paisajismo	baño
8	6,2	ESTACION FLUVIOMETRICA EL PEÑON		baño
9	6,5	FUNDO EL PEÑON,		baño
10	6,7	CAMPING EL RETIRO	Cabalgatas Treking ribereños paisajismo	Hydro-gum canoing
11	8,0	FUNDO LA ALFALFA	paisajismo	Baño
12	8,4	PARRONALES ORGANICOS	Paisajismo Agroturismo	Baño
13	10,0	CABAÑAS EL CARRIZAL	Paisajismo Trekking	Baño
14	10,4	EXPEDICIONES MUNDO ELQUI	Paisaje, Contemplación	Baño,
15	10,4	CAMPING RÍO MAGICO, EL ALMAZEN	Avistamiento de Fauna nativa y Flora Paisajismo	Balsas, balneario, kajak, pesca Baño
16	10,5	SPA COCHIGUAZ		Baño. pesca
17	10,6	ESCUELA FRENTE DE BAJADA A CLUB RÍO MAGICO	Paisajismo	Baño, pesca
18	10,9	HACIENDA COCHIGUAZ	Agricultura	
19	11,5	LA MANCHA		
20	11,6	RESTAURANT BORDE RÍO	Paisajismo	
21	11,9	EL PARADOR DE COCHIGUAZ	Paisajismo	Baño
22	12,1	CAMPING TAMBO HUARA	Contemplación Paisajismo	Baño
23	13,0	CABAÑAS CASA DEL AGUA	Contemplación	Baño

N°	DISTANCIA DESDE PUENTE MONTEGRANDE	LUGAR	PRINCIPALES USOS ACTUALES TURISTICOS	
			SCD	CCD
	KM		Paisajismo	
24	14,2	EL ZANJADO	Paisajismo	Baño, pesca,
25	15,2	CAMPING COCHIHUAZ	Paisajismo cabalgatas	Baño
26	19,0	SOL NACIENTE	paisajismo	inmersiones

### c) Elementos Hídricos Estructurantes del Paisaje

En el Anexo 8.2-1 se incluyen Fichas de Evaluación de Puntos Críticos Paisajísticos – Hídricos.

Las actividades de observación de fauna se asocian a una franja más acotada de vegetación, la que presenta valores medios menores de 100 m.

Las actividades de baño en todas sus modalidades; el camping y la observación “panorámica de la escena paisaje río” se asocia con anchos de vegetación medios superiores a 100 m, que oscilan entre 120 y 300 m; los que están directamente relacionados con lo que se han denominado Punto Crítico (PC); los que hacen referencia a la presencia de brazos de río, suerte de meandros menores, naturales o artificiales, que riegan una mayor superficie de territorio, permitiendo una más amplia cobertura vegetal.

Por lo tanto para el río Cochiguaz **se determina como factor estructurante del paisaje la presencia de brazos de río, siendo más relevante la lámina de agua y la superficie cubierta por ésta, que la profundidad del cauce. La idea es lograr determinar en el modelo predictivo el caudal mínimo que asegure la permanencia de dichos brazos de río, y por tanto el ancho de la franja vegetacional irrigada por ellos.**

En segundo orden de magnitud aparece la condición de paisaje “río observable” en varios de los tramos, lo que es avalado con la alta calidad escénica, al permitir vistas panorámicas en la que destaca el contraste de color (agua/montañas) y el sonido del agua al fluir con fuerte pendiente sobre el lecho rocoso.

En el Cuadro 8.2-3 siguiente se incluyen los “Puntos Críticos” desde el punto de vista del paisaje; estos puntos críticos se han agregado al Cuadro 8.2-2 anterior.

**CUADRO 8.2-3**  
**ACTIVIDADES SIN Y CON CONTACTO DIRECTO (SCD y CCD);**  
**PUNTOS CRÍTICOS DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL PAISAJE**

N°	Distancia desde	LUGAR	SCD	PRINCIPALES USOS ACTUALES TURÍSTICOS	
	Pte. Montegrando			SCD	CCD
	KM		Puntos Críticos		
1	0,0	PUENTE MONTEGRANDE		paisajismo	---
2	0,9	PRIMEROS PARRONALES	PC1	paisajismo	baño
3	1,3	PACKING LUKSIC		paisajismo	
4	2,0	ULTIMA VEGETACION ASILVESTRADA RIO	PC2	Observación de flora y fauna	baño
5	2,5	CAIDAS AGUA POR REBASE CANALES		paisajismo	baño
6	3,4	VEGETACION ASILVESTRADA		paisajismo	baño
7	4,8	EL ALBARICOQUE, QUEBRADA Y CABAÑAS	PC3	paisajismo	baño
8	6,2	ESTACION FLUVIOMETRICA EL PEÑON	PC4		baño
9	6,5	FUNDO EL PEÑON,	PC5		baño
10	6,7	CAMPING EL RETIRO		Cabalgatas Trekking ribereños paisajismo	Hydro-gum canoing
11	8,0	FUNDO LA ALFALFA		paisajismo	Baño
12	8,4	PARRONALES ORGANICOS	PC6	Paisajismo Agroturismo	Baño
13	10,0	CABAÑAS EL CARRIZAL		Paisajismo Trekking	Baño
14	10,4	EXPEDICIONES MUNDO ELQUI	PC7	Paisaje, Contemplación	Baño,
15	10,4	CAMPING RIO MAGICO, EL ALMAZEN		Avistamiento de Fauna nativa y Flora Paisajismo	Balsas, balneario, kajak, pesca Baño
16	10,5	SPA COCHIGUAZ			Baño. pesca
17	10,6	ESCUELA FRENTE DE BAJADA A CLUB RIO MAGICO	PC8	Paisajismo	Baño, pesca
18	10,9	HACIENDA COCHIGUAZ		Agricultura	
19	11,5	LA MANCHA			
20	11,6	RESTAURANT BORDE RIO		Paisajismo	
21	11,9	EL PARADOR DE COCHIGUAZ		Paisajismo	Baño
22	12,1	CAMPING TAMBO HUARA		Contemplación Paisajismo	Baño
23	13,0	CABAÑAS CASA DEL AGUA	PC9	Contemplación Paisajismo	Baño
24	14,2	EL ZANJADO		Paisajismo	Baño, pesca,
25	15,2	CAMPING COCHIHUAZ		Paisajismo cabalgatas	Baño
26	19,0	SOL NACIENTE	PC10	paisajismo	inmersiones

**d) Principales Conclusiones**

- Si bien no hay estadísticas actualizadas de cantidad de turistas en la zona de estudio, en base a datos del año 2004 de la Municipalidad de Paihuano, el número de turistas supera los 15.000 visitantes anuales.
- Los períodos de mayor afluencia de turismo son los meses de Diciembre, Enero y Febrero, y existe afluencia importante en los períodos de Semana Santa (Mediados de Abril) y Fiestas Patrias (Mediados de Septiembre).
- Dado el alto interés turístico de la zona, toda la comuna de Paihuano (que incluye la cuenca del río Cochiguaz) fue declarada, Zona de Interés Turístico (ZOIT), por Sernatur, (Res N° 1317, de 21.11.2007). Desde el punto de vista turístico, el río Cochiguaz es uno de los atractivos principales de la comuna de Paihuano, siendo éste el lugar donde se concentra la mayor cantidad de servicios turísticos.
- La economía del valle de Cochiguaz está basada en la Agricultura y Turismo, orientado a frutales y patronales en la parte agrícola y a una variada oferta de instalaciones turísticas en los primeros 20 km del río.

Las principales actividades turísticas son:

- Turismo de Sanación: el valle del río Cochiguaz, desde hace muchos años ha sido calificado como lugar de alto atractivo por el misticismo del entorno, en parte por la creencia de entrada de la Banda Magnética de la Tierra en el cerro Cancana, ubicado en Cochiguaz que irradia con energía todos los elementos del área, tierra de los cerros, agua del río y aire. Esto ha contribuido al posicionamiento de río Cochiguaz como lugar de turismo de sanación. Así, desde la perspectiva del turismo, el río Cochiguaz tiene un sello asociado a un "turismo de misticismo", donde el río convoca a las personas por los atributos que posee de calidad de sus aguas (en actividades de inmersión y baño), belleza, sonidos y relación con el entorno. Este aspecto es de conocimiento nacional e internacional.

- Turismo de Observación: estas actividades están relacionadas con caminatas, trekking, cabalgatas, ciclismo, observación de Fauna y Flora, Paisaje y escuchar el río.

- Turismo con contacto: baño de aventura, caminata en el río, hydro gum, balsas

#### **8.2.4 Eje Hidráulico en el Río Cochiguaz**

##### **a) Generalidades**

A continuación se presentan los antecedentes y consideraciones efectuadas para la caracterización hidráulica del Río Cochiguaz en el sector en estudio.

Para llevar acabo lo anteriormente señalado, se ha realizado una serie de actividades, las cuales se detallan brevemente a continuación.

- Información Topográfica
- Confección del modelo hidráulico.
- Calibración del modelo hidráulico.
- Caudales modelados y resultados.

##### **b) Información Topográfica**

Tal cual fuera explicado en el punto 7 del estudio, se desarrollaron modelos digitales de elevación (Digital Elevation Model) utilizando en forma combinada datos satelitales ópticos ASTER y de radar SRTM.

Utilizando la extensión HEC GeoRas para ArcGIS 9.2, se genera un archivo que contiene la geometría del terreno que se utiliza como input para la modelación con HecRAS. En términos simples, a partir de las curvas de nivel y el modelo digital de elevaciones (DEM), utilizando la extensión Hec GeoRAS, se digitaliza en ArcGIS 9.2 el cauce principal de cada uno de los ríos, los "banks" (delimitación del cauce principal), el "flowpath" (zonas donde se supone que circulará preferentemente el agua, incluyendo llanuras de inundación) y las secciones transversales.

Una vez que se han digitalizadas estas capas, se atributa cada una de ellas con su respectivo valor de altura, extraído del DEM, para finalmente generar un único archivo que contiene toda la geometría georreferenciada (perfiles transversales) del río en estudio, la cual se exporta a HecRAS para la modelación hidráulica.

##### **c) Confección del Modelo Hidráulico**

El cálculo del eje hidráulico en el río Cochiguaz en el tramo de interés se determinó mediante la utilización del software HEC-RAS 4.0 del U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center.

#### d) Metodología de Cálculo del Software Hec Ras

Los fundamentos teóricos aplicados en este programa son los convencionales, y corresponden al método de etapas fijas.

Conocida la geometría del cauce en términos de perfiles transversales y de planta del sector, su caracterización rugosa (coeficiente de rugosidad), el caudal y la altura de escurrimiento en una sección inicial 1, se determina por iteraciones la altura en una sección 2, ubicada a una distancia fija conocida, mediante el balance de Bernoulli o energía específica.

$$h_2 + \alpha_2 * \frac{v_2^2}{2g} = h_1 + \alpha_1 * \frac{v_1^2}{2g} + H_e$$

En que:

$$H_e = L * \bar{S}_f + C * \left| \alpha_2 * \frac{v_2^2}{2g} - \alpha_1 * \frac{v_1^2}{2g} \right|$$

$h_1, h_2$  : Cota superficial en secciones transversales 1 y 2.

$V_1, V_2$  : Velocidades media en secciones 1 y 2.

$\alpha_1, \alpha_2$  : Coeficientes que afectan las alturas de velocidad, para compensar la incerteza de suponer una distribución uniforme de la velocidad media a su correspondiente sección.

$H_e$  : Pérdida total de energía entre secciones.

$L$  : Distancia entre las secciones; HEC-RAS calcula una longitud equivalente, diferenciando las distancias entre perfiles transversales según se mida por la planicie de inundación ubicada a la izquierda del cauce preferencial, por la planicie ubicada a la derecha y la medida por el cauce propiamente tal, ponderando la gravitación que cada una de estas distancias tenga en el valor de  $L$ , de acuerdo a cómo se reparte el caudal entre estas áreas por separado.

$S_f$  : Pendiente de la línea de energía entre secciones; HEC-RAS presenta diversas ecuaciones para estimar este valor. En este caso, lo recomendable para un régimen fluvial es la ecuación que promedia la pendiente evaluada en cada sección por separado, suponiendo flujo normal

en cada una de ellas. (Otras alternativas son la media geométrica, la media armónica y la de conductancia promedio).

C : Coeficiente de expansión o contracción del flujo. Se considera valores de 0,3 y 0,1 respectivamente, para cambios de sección natural, que son detectados por el programa según la variación de la velocidad media de una sección a otra, y valores de 0,5 y 0,3 para expansión y contracción asociados a la presencia de la Obra de Arte.

HEC-RAS permite la separación de los cauces activos de las planicies adyacentes de inundación, lo que permite además adjudicar los coeficientes de rugosidad que correspondan a cada subsección. Con lo anterior, obtiene un valor ponderado de coeficiente de rugosidad para el lecho, mediante la expresión:

$$n_c = \frac{1}{P} \left( \sum_{i=1}^3 P_i * n_i^{1.5} \right)^{2/3}$$

En esta expresión  $n_i$  es el coeficiente de la subsección  $i$ ,  $P$  es el perímetro mojado de la sección completa y  $P_i$  es el perímetro mojado de la subsección  $i$ , que varía según la altura del eje hidráulico.

### e) Coeficientes de Rugosidad

No existe un método único para estimar el coeficiente de rugosidad  $n$ ; en general se requiere un poco de experiencia para elegir el valor adecuado. El valor adecuado es aquel que incluye los factores propios del cauce como son vegetación, meandros, obstrucciones, entre otros, razón por lo cual son importante las observaciones realizadas en terreno, tendientes a cualificar y cuantificar esos factores.

En este caso se usa el método de Cowan, la cual considera los factores más relevantes para la determinación de  $n$ :

$$n = m \cdot (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

Donde:

$m$  : Factor de meandros del canal.

$n_0$  : Es el valor del coeficiente de Manning base, para un canal recto, uniforme, prismático con perímetro de rugosidad homogénea.

n1 : Corrección por irregularidades superficiales del perímetro mojado lo largo el tramo en estudio (superficie mojada).

n2 : Corrección por variación de forma y dimensiones de las secciones.

n3 : Corrección por obstrucciones: troncos, rocas, etc.

n4 : Corrección por presencias de vegetación.

Los valores para estos coeficientes se han extraído de la Tabla 3.707.104.B del Manual de Carreteras 2002, Dirección de Vialidad y se presentan en el Cuadro 8.2-4.

**CUADRO 8.2-4  
COEFICIENTES DE RUGOSIDAD TÍPICOS**

CONDICIONES DEL CANAL		VALOR	
Material del Lecho	Tierra	n0	0,020
	Roca Cortada		0,025
	Grava Fina		0,024
	Grava Gruesa		0,028
Grado de Irregularidad del Perímetro Mojado	Perímetro Despreciable	n1	0,000
	Leve		0,005
	Moderado		0,010
	Alto		0,020
Variaciones de las Secciones	Graduales	n2	0,000
	Alternándose		0,005
	Ocasionalmente Alternándose Frecuentemente		0,010 – 0,015
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Despreciable	n3	0,000
	Leve		0,010 – 0,015
	Apreciable		0,020 – 0,030
	Alto		0,040 – 0,060
Densidad de Vegetación	Baja	n4	0,005 – 0,010
	Media		0,010 – 0,025
	Alta		0,025 – 0,050
	Muy Alta		0,050 – 0,100
Sinuosidad y Frecuencia de Meandros	Leve	m	1,000
	Apreciable		1,150
	Alto		1,300

A continuación se presentan algunas fotografías, con las que junto con el trabajo efectuado en terreno, se justifica el coeficiente de rugosidad adoptado para el Río Cochiguaz que se presenta luego.

### FOTOGRAFÍAS CAUCE RÍO COCHIGUAZ





En los siguientes cuadros se incluyen los valores de “ $n_i$ ” escogidos para determinar el coeficiente  $n$  total:

**CUADRO 8.2-5**  
**DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD**  
**DEL RÍO COCHIGUAZ**

Tramo	$n_0$	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$	$m$	$n_{total}$
Ribera Izquierda	0,023	0,005	0,003	0,010	0,015	1,080	0,060
Cauce Central	0,023	0,005	0,003	0,010	0,005	1,080	0,050
Ribera Derecha	0,023	0,005	0,003	0,010	0,015	1,080	0,060

Los coeficientes "ni" fueron calibrados con la curva de descarga de la estación fluviométrica Río Cochiguaz en El Peñón, tal cual se explica más adelante.

#### **f) Coeficientes de Expansión y Contracción**

En el tramo de estudio del Río Cochiguaz, se han determinado los valores más apropiados para la contracción y expansión necesarios para modelar las pérdidas de energía del flujo. Para la expansión se considera un coeficiente de 0,3, por su parte el coeficiente de contracción se ha considerado 0,1, debido a que mayoritariamente en el cauce, sólo se producen cambios de sección natural.

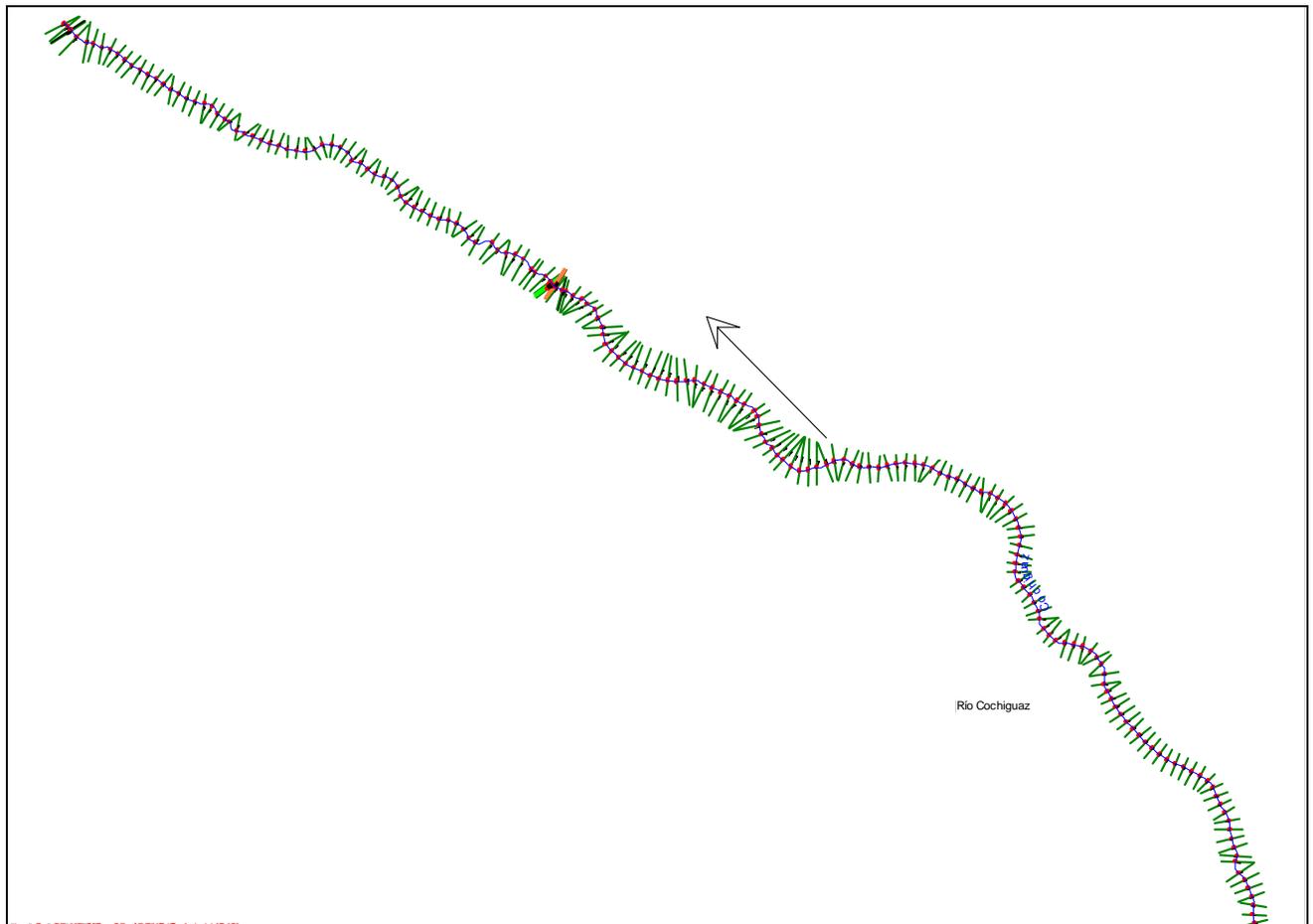
#### **g) Perfiles Transversales**

Tal cual fuera antes señalado, los perfiles transversales se han obtenido del modelo digital, mecánicamente empleando el software computacional HEC-GEORAS; con esto se han obtenido perfiles transversales, en promedio, cada 100 m.

Esto permitió tener una cantidad 192 perfiles en una longitud de 18,3 km; también se han agregado los puentes existentes a lo largo del curso del río.

En la figura a continuación se presenta un esquema en planta de la ubicación y distancia de cada perfil transversal, según el modelo HEC-RAS.

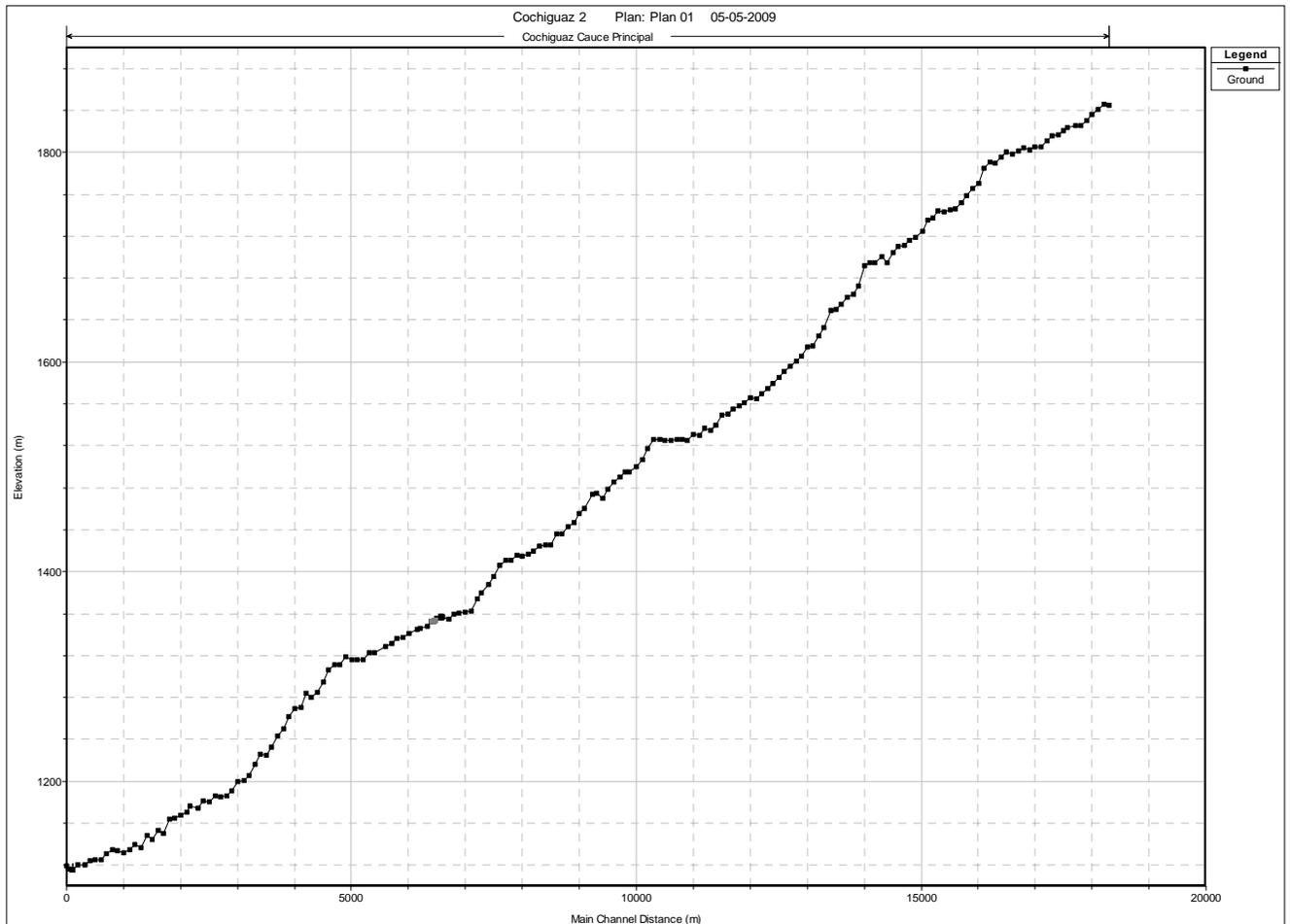
**FIGURA 8.2-1**  
**ESQUEMA EN PLANTA DEL MODELO HEC RAS**



#### **h) Condiciones de Borde**

Con el fin de establecer las condiciones de borde del eje hidráulico, se ha considerado un régimen mixto, el cual es capaz de alternar tanto el régimen de río o subcrítico y el régimen de torrente o supercrítico. La condición inicial de cálculo corresponde a la altura normal tanto al principio como el fin del tramo. Como se aprecia en la figura a continuación, la pendiente es relativamente uniforme y se ha estimado en un valor de  $i=0,03978$  m/m.

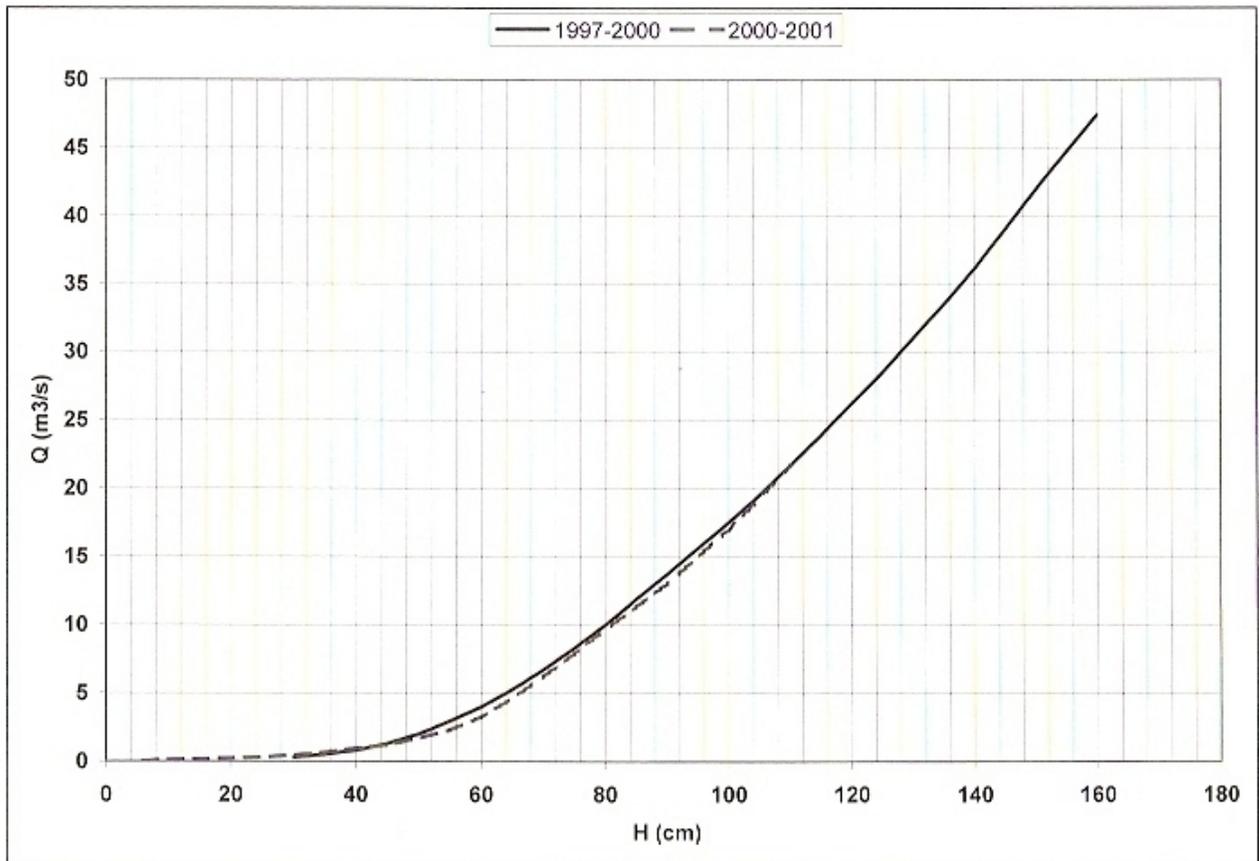
**FIGURA 8.2-2**  
**PERFIL LONGITUDINAL MODELO HEC-RAS**



### **i) Calibración del Modelo Hidráulico**

El modelo se ha calibrado considerando la información obtenida de la curva de descarga de la Estación Fluviométrica Río Cochiguaz en el Peñón; esta información se presenta en la Figura 8.2-3 siguiente:

**FIGURA 8.2-3**  
**CURVA DE DESCARGA ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**  
**RÍO COCHIGUAZ EN EL PEÑÓN**

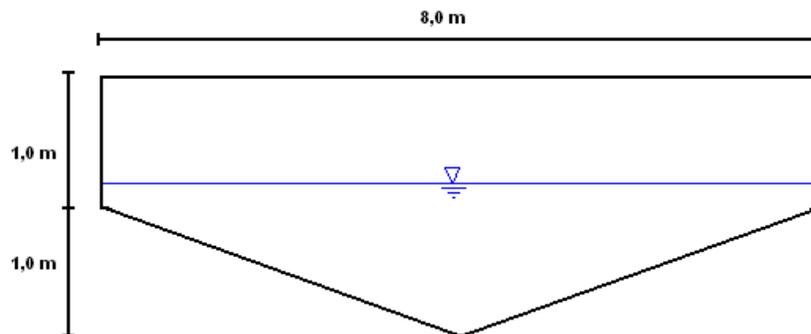


**FIGURA 8.2-4**  
**ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO COCHIGUAZ EN EL PEÑÓN**



No se cuenta con la geometría exacta de la sección de la estación de aforo. Ésta se ha simulado como un canal de 30 m de longitud, con fondo en base triangular de 1,0 m de altura, con una sección superficial rectangular de 8 m de base. El material corresponde a mampostería con una rugosidad de  $n=0,020$ . Con esto se verifica si los coeficientes y regímenes supuestos en el punto anterior se ajustan adecuadamente.

**FIGURA 8.2-5**  
**ESQUEMA PERFIL TRANSVERSAL ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**

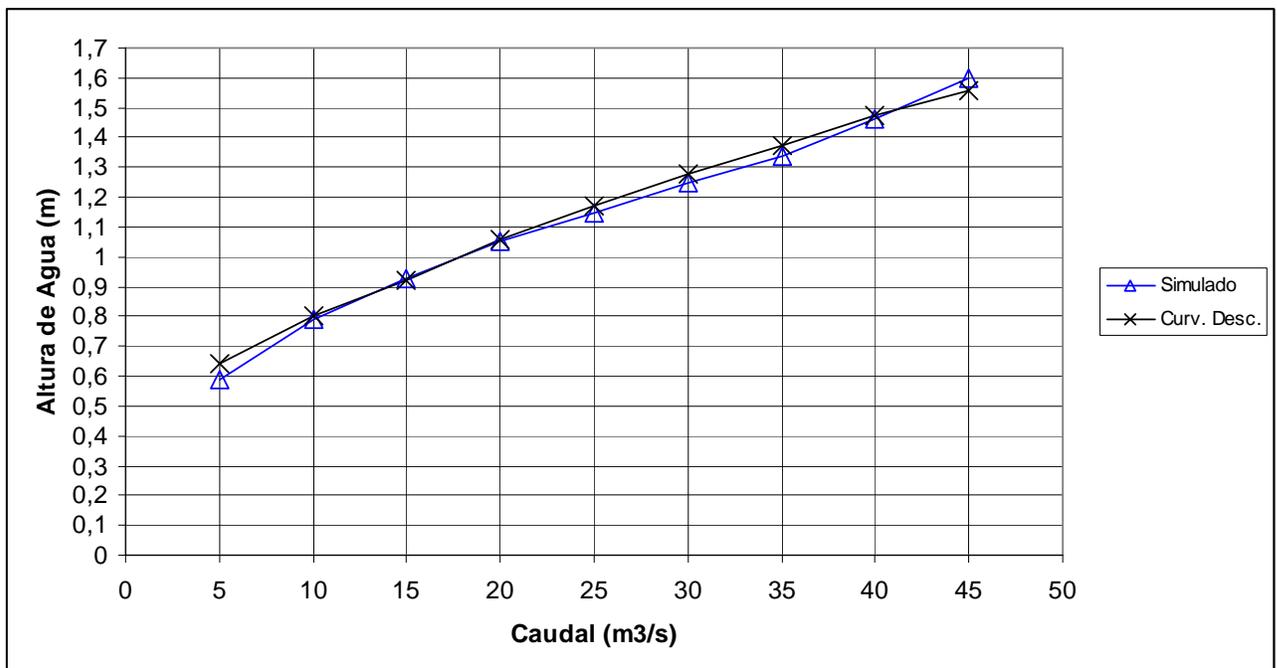


Los resultados obtenidos, a una distancia de 15 m desde el inicio del canal, son los siguientes:

**CUADRO 8.2-6**  
**CALIBRACIÓN EJE HIDRÁULICO EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**  
**RÍO COCHIGUAZ EN EL PEÑÓN**

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Altura Agua Simulada (m)	Altura Agua Curva de Descarga (m)	Diferencia (cm)
5	0,59	0,640	5,0
10	0,79	0,800	1,0
15	0,93	0,920	1,0
20	1,05	1,060	1,0
25	1,15	1,170	2,0
30	1,25	1,280	3,0
35	1,34	1,375	3,5
40	1,46	1,475	1,5
45	1,6	1,555	4,5

**FIGURA 8.2-6**  
**RESULTADOS CALIBRACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**



Como se aprecia en el cuadro y gráfico anterior, se observa un buen ajuste entre los resultados obtenidos por el modelo y los obtenidos directamente de la curva de descarga.

## j) Caudales Modelados y Resultados Obtenidos

De acuerdo con los resultados del estudio hidrológico efectuado, se operó el modelo del eje hidráulico en el río Cochiguaz para caudales de 0,5; 1; 2; 5; 10 y 20 m<sup>3</sup>/s. Los resultados se incluyen en el Anexo 8.2-2; un resumen con los valores alturas y velocidades de agua máximas y mínimas se incluyen en el Cuadro 8.2-7.

**CUADRO 8.2-7  
ALTURAS DE AGUAS Y VELOCIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS**

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Altura de Agua (m)		Velocidad (m/s)	
	Mín	Máx	Mín	Máx
0,5	0,03	5,20	0,00	3,33
1	0,04	5,27	0,00	6,60
2	0,06	5,35	0,01	6,58
5	0,09	5,51	0,01	8,76
10	0,13	5,67	0,02	9,93
20	0,19	5,88	0,04	10,81

### 8.2.5 Análisis del Eje Hidráulico en Función de Actividades Sin Contacto Directo (SCD) y Con Contacto Directo (CCD)

En el Cuadro 8.2-8 se incluye la ubicación espacial de las diferentes y principales actividades turísticas (SCD y CCD) con sus respectivos requerimientos mínimos para el desarrollo de éstas; estos requerimientos mínimos se han obtenido de la bibliografía internacional que fue recopilada.

### CUADRO 8.2-8 ACTIVIDADES TURÍSTICAS EN EL RÍO COCHIGUAZ Y LOS REQUERIMIENTOS HÍDRICOS ASOCIADOS

N°	Distancia desde	LUGAR	PRINCIPALES USOS ACTUALES TURÍSTICOS		CONDICIONES PREFERENTES DE USO CCD		
	Pte. Montegrande		SCD	CCD	Ancho Superficial (W)	Profundidad (H)m	velocidad (V) m/s
	KM						
1	0	PUNTE MONTEGRANDE	paisajismo	---			
2	0.9	PRIMEROS PARRONALES	Paisajismo PC 1	baño	W> 5,0	0,8-1,5	V < 0,5
3	1.3	PACKING LUKSIC	paisajismo				
4	2	ULTIMA VEGETACION ASILVESTRADA RIO	Observación de flora y fauna PC 2	baño	W> 5,0	0,8-1,5	V < 0,5
5	2.5	CAIDAS AGUA POR REBALSE CANALES	paisajismo	baño	W> 5,0	0,8-1,5	V < 0,5
6	3.4	VEGETACION ASILVESTRADA	paisajismo	baño	W> 5,0	0,8-1,5	V < 0,5
7	4.8	EL ALBARICOQUE, QUEBRADA Y CABAÑAS	Paisajismo PC 3	baño	W> 5,0	0,8 - 1,5	V < 0,5
8	6.2	ESTACION FLUVIOMETRICA EL PENON	PC 4	baño	W> 5,0	0,8 - 1,5	V < 0,5
9	6.5	FUNDO EL PENON,	PC 5	baño	W> 5,0	0,8-1,5	V < 0,5
10	6.7	CAMPING EL RETIRO	Cabalgatas	Hydro-gum	W > 20	0,6 a 1,5	V = 1-2
Treking ribereños			canoing				
paisajismo							
11	8	FUNDO LA ALFALFA	Paisajismo PC 6	Baño	W> 5,0	0,8-1,5	V < 0,5
12	8.4	PARRONALES ORGANICOS	Paisajismo Agroturismo	Baño	W> 5,0	0,8-1,5	V < 0,5
13	10	CABAÑAS EL CARRIZAL	Paisajismo Trekking	Baño	W> 5,0	0,8-1,5	V < 0,5
14	10.4	EXPEDICIONES MUNDO ELQUI	Paisaje, Contemplación PC 7	Baño,	W> 5,0	0,8-1,5	V < 0,5
15	10.4	CAMPING RIO MAGICO, EL ALMAZEN	Avistamiento de paisas, Fauna nativa y balneario, Flora kajak, pesca		W 7-20	0,8-1,5	V = 1-3
16	10.5	SPA COCHIGUAZ		Baño, pesca	W> 5,0	0,8 -1,5	V < 0,5
17	10.6	ESCUELA FRENTE DE BAJADA A CLUB RIO MAGICO	Paisajismo PC 8	Baño, pesca	W> 5,0	0,8-1,5	V < 0,5
18	10.9	HACIENDA COCHIGUAZ	Agricultura	baño	W> 5,0	0,8 1,5	V < 0,5
19	11.5	LA MANCHA					
20	11.6	RESTAURANT BORDE RIO	Paisajismo		W> 5,0	0,8-1,5	V < 0,5
21	11.9	EL PARADOR DE COCHIGUAZ	Paisajismo	Baño	W> 5,0	0,8-1,5	V < 0,5
22	12.1	CAMPING TAMBO HUARA	Contemplación Paisajismo	Baño	W> 5,0	0,8-1,5	V < 0,5
23	13	CABAÑAS CASA DEL AGUA	Contemplación Paisajismo PC 9	Baño	W> 5,0	0,8-1,5	V < 0,5
24	14.2	EL ZANJADO	Paisajismo	Baño, pesca,	W> 5,0	0,8-1,5	V < 0,5
25	15.2	CAMPING COCHIHUAZ	Paisajismo cabalgatas	Baño	W> 5,0	0,8-1,5	V < 0,5
26	19	SOL NACIENTE	Paisajismo PC 10	inmersiones	W> 5,0	0,8-1,5	V < 0,5

Fuente: elaboración propia

Por otra parte, otros autores proponen que para el nado en ríos o para caminatas de vadeo, el producto de la profundidad del agua por la velocidad (en MKS) sea menor a 1 ("Flow Requirements for Recreation and Wildlife in New Zealand Rivers, A Review" M.P; Mosley Centro de Hidrología Revista: Journal of Hydrology N.Z. Vol 22 N 2, 1983).

## **a) Requerimientos Hídricos de Actividades SCD**

### **- Relación Río Vegetación**

La observación de fauna y flora y la observación "panorámica de la escena paisaje río" se asocia con anchos de vegetación medios superiores a 100 m, oscilando entre 120 y 300 m.

Estas franjas de de vegetación se forman a partir de la relación de caudal del río y topografía, que junto con condiciones de suelo y exposición solar, permiten el desarrollo de meandros y zonas inundables.

Por lo tanto para el río Cochiguaz se determina como factor estructurante la presencia de brazos de río, siendo relevante que el caudal asegure la irrigación de la superficie cubierta por la franja vegetacional. La existencia de la vegetación ripariana es una condición necesaria para el desarrollo del turismo en río Cochiguaz que le confiere el atractivo paisajístico al "paisaje río".

Así, esta vegetación se evalúa condicionada a la presencia de agua en lugares del río, los que se han denominado Puntos Críticos (PC). En el Cuadro 6.5.2-3 anterior se indican los 10 puntos críticos determinados para el río.

Desde el punto de vista hidráulico, los puntos críticos equivalen a vertederos laterales, donde la información topográfica no permite realizar un cálculo de los caudales necesarios para el caudal aportante en cada caso. No obstante, en términos generales y de acuerdo con la superficie de vegetación existente de interés a ser conservada, del orden de 300 há, se estima que el requerimiento hídrico para conservar esa superficie debiera ser del orden de 600 l/s, es decir, 2 l/s/ha.

### **- Relación Río Entorno Global**

La condición de "paisaje río" observable en varios de los tramos estudiados, es avaluado de alta calidad escénica, al permitir vistas

panorámicas en la que destaca el contraste de color (agua/montañas) y el sonido del agua al correr con fuertes pendientes sobre el lecho rocoso.

De acuerdo con lo anterior, lo que se propone es encontrar valores de caudal, que existiendo en el río (en un intervalo de tiempo, a determinar por la factibilidad de contar con datos históricos, o el rango que parezca como posible de estudiar) sean los de mayor ocurrencia (valores que mas se repiten, o un valor similar). Lo anterior para cada mes del año, debido a que esos datos servirán para poder replicar, en un modelo teórico, el ciclo anual natural del río, que es lo que le otorga su valor turístico, es decir, preservar no un caudal fijo, sino un caudal que replique el ciclo anual del río, para evitar el riesgo de artificializarlo en tal magnitud, que este pierda los valores turísticos previamente detectados como relevantes de ser conservados. En otras palabras, la idea es cuantificar el caudal del río que logre mantener el atributo del valor turístico, es decir, su presencia histórica.

Por lo anterior se propone que para determinar cuál es el requerimiento hídrico efectivo del río Cochiguaz en lo concerniente a las actividades sin contacto directo, es necesario realizar un análisis de los caudales medios diarios para cada mes, durante un período determinado, permitiendo elegir un valor representativo "de real ocurrencia", para cada mes, y con esos valores construir una tabla de caudales representativos y de mayor frecuencia de ocurrencia, para que ellos sean los determinados como requerimiento mínimo para las actividades sin contacto directo.

En el Cuadro 8.2-9 se incluyen los resultados obtenidos, con información de número de veces que se repiten determinados rangos de caudales medios diarios, indicando el valor del caudal (el mayor) que cumple con esa premisa (estación Cochiguaz en El Peñón período (1983 – 2008)).

**CUADRO 8.2-9**  
**REPETICIÓN DE CAUDALES EN RANGOS MEDIOS DIARIOS**  
**ESTACIÓN RÍO COCHIGUAZ EN EL PEÑÓN**

Rango (m <sup>3</sup> /s)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0 a 1	157	119	82	101	62	38	39	24	29	60	85	125
1 a 2	263	277	362	339	414	416	421	390	315	259	241	241
2 a 3	164	118	140	183	175	159	200	295	287	226	146	146
3 a 4	26	79	80	48	68	129	112	71	76	90	120	54
4 a 5	53	42	27	33	45	8	3	12	45	47	22	31
5 a 6	44	14	20	37	11	0	0	1	13	62	26	29
6 a 7	19	18	19	7	0	0	0	2	10	26	34	57
7 a 8	23	14	22	2	0	0	0	1	5	18	31	24
8 a 9	14	17	14	0	0	0	0	0	0	8	34	46
9 a 10	12	9	9	0	0	0	0	0	0	10	11	22
Total Repeticiones	775	707	775	750	775	750	775	796	780	806	750	775
Nº Repeticiones	610	593	584	623	651	613	660	709	631	635	614	626
% Representatividad	79	84	75	83	84	82	85	89	81	79	82	81
	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>						

### b) Requerimientos Hídricos de las Actividades CCD

Durante la campaña de terreno efectuada, los caudales en la estación fluviométrica río Cochiguaz en El Peñón eran de aproximadamente 7 m<sup>3</sup>/s (h= 0,75 m en dicha estación).

Revisando los resultados entregados por Hec Ras para un caudal de 7 m<sup>3</sup>/s, y comparando esos resultados con lo observado en terreno en cada uno de los 26 puntos (perfiles) analizados, en lo que dice relación con las alturas de agua, las velocidades medias y principalmente con los anchos superficiales de la superficie mojada, se pudo constatar que **existe poca concordancia** entre los valores simulados y los valores observados. Ello se debe principalmente a que la base topográfica digital generada es sólo una aproximación a la topografía real del cauce del río Cochiguaz.

No obstante, existe alguna concordancia con al menos 7 perfiles; en el Cuadro 8.2-9 se incluyen esos perfiles, con la información generada a través de Hec Ras. (perfiles marcados).

**CUADRO 8.2-9  
PERFILES CONCORDANTES**

Caudal = 7 m <sup>3</sup> /s				
N°	Km	Altura Agua	Velocidad	Ancho Sup
	(*)	(m)	(m/s)	(m)
1	118	s/d	s/d	s/d
2	917	1,10	0,27	51,55
3	1316	4,16	0,03	91,68
4	1912	0,48	0,85	36,40
5	2518	0,84	0,30	35,40
<b>6</b>	<b>3418</b>	<b>0,57</b>	<b>1,69</b>	<b>15,57</b>
<b>7</b>	<b>4715</b>	<b>0,44</b>	<b>1,59</b>	<b>15,78</b>
8	6415	0,17	4,09	25,00
9	6415	0,17	4,09	25,00
10	6514	0,50	0,64	46,78
<b>11</b>	<b>7921</b>	<b>0,54</b>	<b>1,64</b>	<b>17,04</b>
12	8418	0,62	0,64	37,90
13	9820	0,44	1,47	23,30
14	10314	0,39	1,21	44,00
15	10314	0,39	1,21	44,02
16	10424	0,71	0,85	24,90
17	10513	0,99	0,38	39,00
<b>18</b>	<b>10731</b>	<b>0,48</b>	<b>1,55</b>	<b>19,76</b>
19	11217	0,32	1,46	23,60
20	11317	2,11	0,23	27,94
21	11617	0,71	0,53	37,50
22	11817	0,46	0,89	29,90
<b>23</b>	<b>12616</b>	<b>0,33</b>	<b>1,66</b>	<b>16,32</b>
<b>24</b>	<b>13306</b>	<b>0,30</b>	<b>6,82</b>	<b>7,39</b>
25	14117	0,28	0,93	57,10
<b>26</b>	<b>18216</b>	<b>0,50</b>	<b>1,58</b>	<b>19,20</b>

(\*) Kilometraje desde aguas abajo hacia aguas arriba, medido desde Puente Montegrande

En ese sentido, para los análisis de cumplimiento de requisitos hídricos recomendados por los expertos internacionales, se tomarán como válidos los resultados que entrega el eje hidráulico para esos 7 perfiles antes señalados.

### ➤ Baño

Tomando en cuenta los resultados del eje hidráulico asociado a los 7 perfiles escogidos, para las actividades de baño se tiene lo siguiente:

- Respecto a las alturas de agua, para caudales menores a  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , se presentan alturas menores al rango recomendado (entre 0,8 m y 1,5 m).
- Respecto a las velocidades del agua, para caudales entre  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , los valores son en general mayores al valor recomendado de 0,5 m/s.
- Como gran parte del río presenta vocación de uso para baño y/o inmersiones, las recomendaciones indican que el producto de la altura por la velocidad sea cercano a 1. Los caudales entre  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  reflejan aproximadamente esa condición. En efecto, para caudales de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ , ese producto es cercano a 0,4, mientras que para caudales superiores a  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , ese producto es superior a 1 y cercano a 1,5.

**De acuerdo con lo señalado, caudales entorno a los  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  reflejan una condición del río aceptable para las actividades de baño.**

### ➤ Canotaje

Stewart Rood et al, estudió 27 ríos en Alberta Canadá (1983 – 1997) buscando relaciones para determinar valores de caudales recreacionales que permitan el canotaje de embarcaciones livianas, condicionando el estudio a profundidades entre 0,6 m y 0,75 m. Determinó que el caudal recreacional guarda una relación con el caudal medio, según la siguiente relación:

$$Q_r = 3 \times Q_m^{0,59}$$

Donde:

$Q_r$  = caudal recreacional en  $\text{m}^3/\text{s}$

$Q_m$  = caudal medio en  $\text{m}^3/\text{s}$

En otro estudio similar, Stewart Rood (2001) concluye que existe una relación bastante lineal entre el caudal medio y el caudal de recreación para práctica de canoa y kayak, para ríos de la cuenca de Oldman (Canadá). La relación que obtuvo fue:

$$Q_r = 0,77 \times Q_m + 3,97; \quad Q_r \text{ y } Q_m \text{ en m}^3/\text{s}$$

Aplicando esas relaciones para el caudal medio mensual en el río Cochiguaz en El Peñón, para los meses de mayor uso turístico en el río, se tiene lo siguiente:

**CUADRO 8.2-10  
CAUDALES RECREACIONALES (canotaje) SEGÚN STEWART ROOD**

Mes	Q medio mensual (m <sup>3</sup> /s)	Q Rood 1 (m <sup>3</sup> /s)	Q Rood 2 (m <sup>3</sup> /s)
Marzo	2,50	5,15	5,90
Septiembre	2,34	4,95	5,77
Diciembre	6,34	8,92	8,85
Enero	4,69	7,47	7,58
Febrero	3,20	5,96	6,43

De acuerdo con los valores antes presentados, en todos los meses analizados, el caudal de recreación supera al medio mensual. Para caudales sobre los 15 m<sup>3</sup>/s, el caudal recreacional pasa a ser menor que el caudal medio mensual.

A su vez, Tennant fija una propuesta para definir caudal recreacional a través de porcentajes fijos, a saber:

- 200 % del caudal medio anual para flujos altos
- 100 % del caudal medio anual para el resto de los tipos de flujo

El caudal medio anual en Cochiguaz en El Peñón es de 3,1 m<sup>3</sup>/s, de modo que sería ese el caudal recreacional para el río Cochiguaz según Tennant.

### **c) Caudales a Reservar para el río Cochiguaz**

De acuerdo con lo señalado en los párrafos precedentes, las demandas hídricas para las actividades SCD y CCD serían las siguientes:

- En términos generales, y en función de todos los análisis hechos, y en función también de lo que recomiendan los expertos extranjeros, cobra mucha relevancia el concepto de “caudales medios mensuales”. En el Cuadro 8.2-1 se incluyen los caudales medios mensuales en la estación Río Cochiguaz en El Peñón, estación que se localiza aproximadamente al comienzo del último tercio del tramo del río que ha sido estudiado.

**CUADRO 8.2-11  
CAUDALES MEDIOS MENSUALES COCHIGUAZ EN EL PEÑÓN**

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
4,69	3,20	2,50	2,17	2,08	2,03	2,05	2,06	2,34	3,02	4,63	6,34	3,09

Por otro lado, el análisis de repeticiones de caudales medios diarios condujo al siguiente resultado (se han incluido los caudales con probabilidades de excedencia de 10%, 20% y 50%):

**CUADRO 8.2-11  
CAUDALES MEDIOS DIARIOS QUE MÁS SE REPITEN  
PARA CADA MES (m3/s)**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>CAUDAL (m3/s)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>						
Q 10% Pexc.	10,00	6,30	4,77	3,80	3,78	3,38	3,23	3,29	4,15	5,71	9,94	13,46
Q 20% Pexc	5,72	4,39	3,40	2,91	3,04	2,80	2,71	2,75	3,37	4,32	6,63	8,19
Q 50% Pexc	2,30	2,20	1,88	1,81	1,92	1,91	1,93	1,95	2,19	2,54	3,05	3,16

En definitiva, el criterio de repetición de caudales medios diarios corresponde al criterio de que con esos caudales las condiciones de agua en el río permiten llevar a cabo las actividades con y sin contacto directo.

#### **d) Situación de los Derechos de Aguas Superficiales**

La situación de los derechos de agua en la zona de interés da cuenta con lo siguiente:

- Junta de Vecinos del Río Cochiguaz: ND-0401-167, 430 l/s no consuntivos, resolución 335 del 18/10/93. Captación aproximadamente 3 km aguas arriba de Sol Naciente y restitución 2,5 km aguas arriba de Montegrande.

- Héctor Arce Cerda: ND 0401-32, 600 l/s no consuntivos, resolución 330 del 29/08/98. No se dispone de las coordenadas de ubicación de la captación ni del punto de la restitución.
- Junta de Vigilancia del Río Elqui y sus Afluentes: En Río Cochiguaz, NJ-0401-3 consuntivos, 1.037,50 acciones (1.037,5 l/s, según equivalencia entregada por la DGA Región de Coquimbo). Resolución 173 del 11/06/93. El desglose de las acciones por canal es:

Nombre canal	Acciones en el Cauce
AJIAL BAJO, MOLINO	87,42
ALFALFA BAJO-CHURCAL	43,72
ALFALFA, ALTO, CORTADERA	43,72
CORDILLERITA, ZANJEADO	64,69
CORTADERA BAJA, VEGA DE HUERTA	48,51
EMPEDRADO, CUESTA CORTADERA ALTA, CORTADERAL	116,69
FRAILE-CHANAR-TEMBLADOR-PLAYAS, RODRIGONESA	150,75
HIGUERAS	27,10
HUECUDO, AJIAL ALTO	87,42
JUNTA MAL PASO	65,57
NIPAS TRANCAS	87,42
PANGUE	140,15
PENON ALGARROBAL	52,48
TRAPICHE	21,86
<b>Total</b>	<b>1037,50</b>

En definitiva, los derechos de aguas superficiales que afectan al tramo del río en estudio es:

Caudales Constituidos: 430 l/s no consuntivos y 1.037,50 l/s de uso consuntivo. A los caudales propuestos reservar, se les debieran sumar los 1.467,5 l/s  $\approx$  1.500 l/s, ya que son derechos de agua constituidos de uso consuntivo y no consuntivo, permanentes, y factibles que sean utilizados. Respecto al derecho de agua no consuntivo de don Héctor Arce Cerda, no se conoce la ubicación de éste.

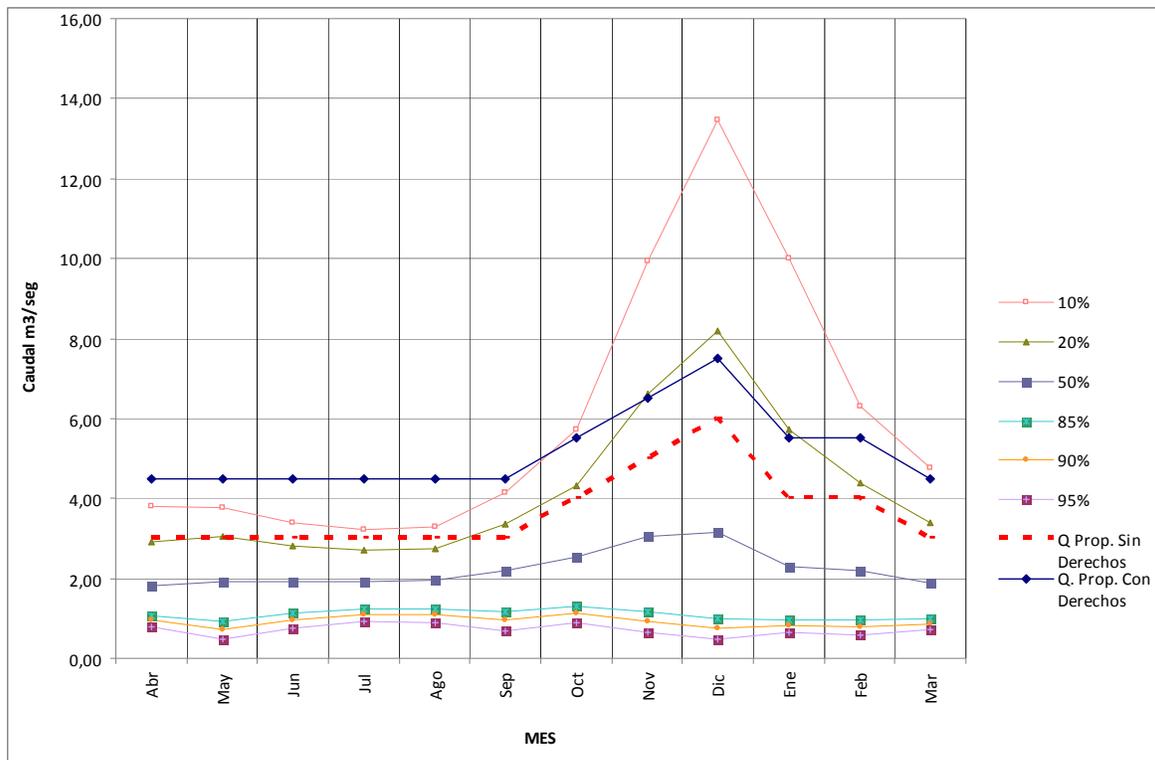
En el Plano 8.2-1 se muestra la ubicación de los derechos de aguas superficiales, mientras que en el Cuadro 8.2-12 se incluyen los caudales propuestos reservar, tomando en cuenta la situación de los derechos de agua en el tramo de río analizado.

**CUADRO 8.2-12**  
**CAUDALES PROPUESTOS RESERVAR TOMANDO EN CUENTA SITUACIÓN DE DERECHOS DE AGUA (m<sup>3</sup>/s)**

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5,5	5,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5,5	6,5	7,5

En la Figura 8.2-7 se incluyen los caudales medios mensuales para diferentes probabilidades de excedencia, incluyendo los caudales que se propone reservar, para las condiciones de con y sin derechos.

**FIGURA 8.2-7**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES PARA DIFERENTES**  
**PROBABILIDADES DE EXCEDENCIA Y CAUDALES PROPUESTOS**  
**RESERVAR**



### 8.3 Río Puelo (X Región de Los Lagos)

#### 8.3.1 Introducción

La cuenca hidrográfica del río Puelo se extiende entre los paralelos  $41^{\circ}25'$  y  $42^{\circ}24'$  de latitud sur, y los meridianos  $71^{\circ}13'$  y  $72^{\circ}12'$  de longitud oeste, cuya superficie es de  $8.800 \text{ km}^2$ ,  $5.800 \text{ km}^2$  en territorio argentino y  $3.000 \text{ km}^2$  en territorio chileno. El río Puelo presenta una longitud de 188 km, nace en el lago Puelo (Argentina) y, a medida que se acerca al mar a desembocar en el Estuario del Reloncaví, su caudal aumenta con las aguas

de sus principales afluentes: ríos Ventisquero, Traidor, Manso y Puelo Chico.

En la vertiente trasandina el río Puelo es parte del Parque Nacional Lago Puelo, que a su vez es Reserva Mundial de la Biosfera.

Entre el 5 y 8 de Octubre de 2009, se desarrolló el trabajo de campo que tuvo por objetivo levantar información primaria y secundaria, la cual permitió identificar las principales actividades turísticas que se desarrollan en el río y caracterizar el río en estudio.

El tramo de río analizado fue de 44 km, iniciándose aproximadamente, 1 km aguas arriba de la pasarela en Primer Corral en el punto Puelo 1 (E:259.912; N: 5.345.675 WGS 84, Huso 19, y finalizando en el punto Puelo 33 (E: 742.986; N: 5.375.554 WGS 84, Huso 18) 7,7 km aguas arriba del desagüe del río Puelo en el Lago Tagua-Tagua.

En territorio chileno la cuenca del río Puelo se inserta en la Comuna de Cochamó y ha sido zonificado como Zona de Interés Turístico (ZOIT), por sus importantes atractivos turísticos y paisajísticos.

### **8.3.2 Obtención de Información Primaria. Entrevistas a Actores Claves In Situ**

#### **a) Actores Públicos**

##### **- I. Municipalidad de Cochamó**

Se sostuvo una reunión el 5 de octubre de 2009, con autoridades de la I. Municipalidad de Cochamó, cuyos participantes fueron:

Sr. Carlos Soto Sotomayor, Alcalde de I.M. de Cochamó  
Sr. Omar Perez Ruiz, Secretario Municipal I.M. de Cochamó  
Sra. Marta Lorenzini Encargada de Turismo I. M. Cochamó  
Sra. Marcela Gallardo, Encargada de Pesca Turística I. M. Cochamó  
Sr. Luis Alberto Moreno Director Regional de Aguas, X Región  
Sr. Juan Carlos Cuchacovich Consultora Aquaterra Ing. Ltda.

En la reunión se presentó el objetivo y los alcances del Estudio de Caudales de Reserva Turísticos, indicándose que el río Puelo había sido propuesto para ser evaluado por diversos organismos públicos y privados a nivel

regional, tanto por su importancia turística actual como por su alto potencial futuro. Se explicó la actividad de terreno a desarrollar y se solicitó acceso a información municipal relativa a estadísticas y planes de desarrollo turísticos.

Se consulta a la DGA, acerca de la relación del estudio con los derechos de agua ya otorgados por ENDESA. Ante lo cual se indica, que la empresa está solicitando cambios en los puntos de captación de los derechos ya existentes y el estudio generará herramientas que permitan evaluarlos desde un contexto más amplio.

Por parte de la Encargada de Turismo se proporciona información sobre la iniciativa [www.patagoniaverde.com](http://www.patagoniaverde.com), que promueve el desarrollo turístico de las comunas de Alto Palena, Chaitén, Futaleufú, Hualaihué y donde se incluyó a la comuna de Cochamó, por considerarse parte del territorio que conforma la parte norte de la Patagonia y por sus altos atributos turísticos.

El Director Regional de Aguas, indica que se encuentran en avanzadas gestiones para declarar reservas en algunos ríos de la región, con el fin de protegerlos y potenciar su desarrollo turístico. (Nota: Posterior a la reunión la DGA promulgó los decretos que declaran Caudales de Reserva en los ríos Cochamó y Petrohué).

La encargada de pesca de la I.M. de Cochamó indica que considerando los conceptos de la nueva Ley de Pesca Recreativa se contemplan declarar 14 km (desde el Salto hasta la desembocadura) del río Puelo como área preferencial de pesca.

Estas áreas, una vez declaradas por el Intendente y publicada en el Diario Oficial, quedarán bajo la tuición de la municipalidad o municipalidades en que se encuentre y existirá un plan de manejo. Existirá un permiso especial de pesca en áreas preferenciales, además de la licencia de pesca recreativa.

La Municipalidad tiene como propósito normalizar y mejorar la organización de la pesca deportiva, teniendo como principio el cuidado del río Puelo, evitando por ejemplo el turismo masivo, propiciando el turismo de naturaleza. Muchos de los visitantes a la zona del río Puelo lo hacen en busca de tranquilidad. La visión de la Municipalidad es el desarrollo de turismo sostenible.

Las autoridades de la I.M. de Cochamó indican que el río tiene un gran potencial de desarrollo turístico, especialmente orientado a la pesca deportiva, la que puede ser desarrollado en todo el río y particularmente en la parte alta del río Puelo.

Es así como crecientemente aumenta la inversión pública y privada en la zona. Inversión pública se ha focalizado en habilitar caminos, antes inexistentes, así como los servicios básicos. La inversión privada ha consistido en la construcción de Lodges de pesca, centros de turismo, implementación deportiva, kayak, lanchas y botes a motor, etc.

El turismo es uno de los ejes económicos importantes de la comuna, que involucra trabajo a un conjunto de la población, existiendo un número importante de empresas de turismo que generan y articulan la prestación de servicios.

#### **b) Actores privados y organizaciones ciudadanas**

- Reunión con Operadores Turísticos de la Cuenca del Río Puelo.

Con ayuda de la Municipalidad se organizó una reunión con diversos actores del sector turismo, la que se realizó el 5.10.09, en la sala de reuniones de la Biblioteca Municipal.

Participantes a la reunión:

- Sr. Eric Campos, de Lodge Llanada Grande, cel. 91618176, [campos.eric@gmail.com](mailto:campos.eric@gmail.com)
- Sr. Roberto Morales, de Victoria Lodge, 93579596
- Sr. Pablo Villanelo, Turismo La Comarca, Cel. 77489005, [pvillane@yahoo.es](mailto:pwillane@yahoo.es)
- Sr. Rodrigo Condezza, Turismo Miralejos, Cel. 83611003, [rodrigo@miralejos.cl](mailto:rodrigo@miralejos.cl)
- Sr. Fernando Ortuzar F. 85015478, [info@andeslodge.com](mailto:info@andeslodge.com)
- Sra. Purisima Luzmira Gonzalez Almonacid,
- Sr. Jose Marcho R. Guía turístico Cel.93576078
- Sra. Anamaría Seidlihz Secret Patagonia, Cel.92236164 [anamaria@secretpatagonia.com](mailto:anamaria@secretpatagonia.com)
- Sra. Margarita Gross C. Turismo Miralejos. [margarita@miralejos.cl](mailto:margarita@miralejos.cl)
- Sra. Cecilia Marticorena. Cabalgatas Río Puelo Cel.84792700 [cabalgatasriopuelo@gmail.com](mailto:cabalgatasriopuelo@gmail.com)
- Sr. Miguel Calistro Cabalgatas Cel. 98120109

- Sr. Rodrigo Nuñez Cabalgatas Río Puelo
- Sr. Fernando Hernández, Territorio Patagonia Verde Cel. 68484761
- Srta. Marcela Gallardo O. I. M. Cochamó Cel. 77577649
- Sra. Marta Lorenzini, I.M. Cochamó Cel. 78780426, [mlorenzini@gmail.com](mailto:mlorenzini@gmail.com)
- Sr. Luis Alberto Moreno Director Regional de Aguas, X Región
- Sr. Juan Carlos Cuchacovich, Consultora Aquaterra Ing. Ltda.

La reunión tuvo una amplia acogida entre los principales operadores turísticos que operan en el área, y convocó a guías locales.

En primer lugar se presentó el proyecto en desarrollo, explicando su relación con la última modificación del Código de Aguas y el significado del Caudal de Reserva. Se señaló en mapa el área de estudio de la presente fase.

El Gerente del Territorio Patagonia Verde indicó que debido al alto potencial turístico y las características biogeográficas se incluyó a la comuna de Cochamó en el Programa, pues presenta una muy buena oferta de actividades en la naturaleza situado en un entorno de alta calidad escénica.

Se generaron por parte de los asistentes muchas interrogantes en relación al proyecto hidroeléctrico de Endesa en el río Puelo y los efectos de éste sobre el desarrollo turístico y local.

Se indicó que ha existido una inversión creciente en infraestructura turística en todo el río, y en particular alta en el tramo de medio y alto del río, en torno a Llanada Grande. Además existe una imagen creciente a nivel mundial respecto a los atributos que ofrece el área del río Puelo.

La DGA explicó que tienen la intención de aplicar el concepto de caudales de reserva en ríos de la región y en el caso del Puelo será un tema a analizar en el momento que se soliciten traslados de derechos de agua.

Los operadores turísticos indicaron en el mapa las distintas actividades que se realizan en el río, generándose una primera sectorización de él, tanto para las actividades con y sin contacto directo.

Se destacó que el río ofrece múltiples actividades en el río, incluido el baño pues en la época de verano se alcanzan altas temperaturas por tener el valle un micro clima templado.

Tres operadores presentes fueron entrevistados y dos enviaron por correo electrónico respuestas al cuestionario.

Los entrevistados fueron:

Rodrigo Condeza V.  
Miralejos y Secret Patagonia  
Tel. 65-234892  
[rodrigo@miralejos.cl](mailto:rodrigo@miralejos.cl)

Nivel de habilidad en descenso en ríos: Avanzado  
Utiliza: Raft pequeños y medianos, canoas, kayaks y botes a motor

Fernando Ortúzar  
Secret Patagonia  
Tel 65-234454  
85015478  
[fortuzar@andeslodge.com](mailto:fortuzar@andeslodge.com)

Nivel de habilidad en descenso en ríos: Intermedio  
Utiliza: Raft Grandes, pequeños y medianos, canoas, kayaks y botes a motor

Pablo Villanelo  
La Comarca Puelo Adventure  
Tel Cel. 77489005  
[lacomarca@pueloadventure.cl](mailto:lacomarca@pueloadventure.cl)

Nivel de habilidad en descenso en ríos: Avanzado  
Utiliza: Raft Grandes, pequeños y medianos, canoas, kayaks y botes a motor

Respuestas recibidas por correo, correspondieron a:

Ernesto Palm Del Curto  
La Comarca Puelo Adventure  
Tel.65-232921  
[lacomarca@pueloadventure.cl](mailto:lacomarca@pueloadventure.cl)

Nivel de habilidad en descenso en ríos: Intermedio  
Utiliza: Raft Grandes y medianos, kayaks y botes a motor

Dolores Zegers  
Puelo Expediciones  
Tel 65-5331794  
[loli.zegers@gmail.com](mailto:loli.zegers@gmail.com)

Nivel de habilidad en descenso en ríos: Experto  
Utiliza: Raft Grandes y medianos, canoas y kayaks

Se presenta a continuación las preguntas formuladas y una síntesis de las respuestas recibidas:

Preguntas:

1. ¿Cuáles son las características relevantes del río Puelo que lo hacen atractivo hacia el turismo?

Los entrevistados dan cuenta de gran coincidencia en su apreciación de los valores de la cuenca del río Puelo; mencionando entre los aspectos más relevantes, los siguientes:

- Su cuenca binacional, gran cantidad de lagos y ríos tributarios, escenario natural de gran belleza.
  - El entorno natural poco intervenido, una excelente red de senderos que proporciona una muy buena accesibilidad e interconexión con las diferentes localidades y atractivos de la zona.
  - Las características de excelencia del río para la práctica de distintos deportes (pesca, rafting, kayak, trekking, cabalgatas, observaciones de aves, floating).
  - La diversidad de caudales y conformación física del cauce, lo que permite variabilidad en los tipos de rápidos, posibilitando el desarrollo de los deportes asociados según diferentes grados de dificultad, y por tanto aumentando el rango de potenciales turistas.
2. ¿Cuáles son las principales actividades turísticas en el río Puelo, que se realizan actualmente?
    - Pesca deportiva, floating, rafting, kayak de río, kayak de mar, navegación a vela en el lago Tagua-Tagua, cabalgatas en sus riveras, observación de aves, trekking.
  3. ¿Cuáles actividades que no se realizan actualmente, tienen buen potencial de ser desarrolladas?

- Kayak de travesía en los lagos, montañismo, escalada, observación de flora y fauna guiada, Canopy.

Las preguntas 4 y 5 se emplean para caracterizar al entrevistado:

4. ¿Qué tipo de embarcaciones pueden ser usadas? ¿Cuál de ellas es empleado por Ud. o su empresa?
  - i. Raft Grande, más de 14 pies (4,6 m)
  - ii. Raft Pequeño o mediano, menor a 14 pies.
  - iii. Canoa
  - iv. Kayak
  - v. Bote a motor, especificar (menor o mayor de 40 HP)
  - vi. Otros, Especificar
5. ¿Cómo califica su nivel de habilidad?
  - Novicio(sin experiencia previa)
  - Principiante
  - Intermedio
  - Avanzado
  - Experto
6. ¿En qué épocas del año se pueden realizar adecuadamente las actividades turísticas indicadas?
  - En el caso del rafting y kayak, estas actividades se pueden realizar durante todo el año, encontrando distintos niveles de agua dependiendo de la época y el clima en general.
  - La época de mayor concurrencia es principalmente entre septiembre y mayo.
7. ¿Qué limitaciones en el río existen para el uso del kayak u otras embarcaciones?

Los entrevistados dan cuenta de dos factores principales como limitantes a la actividad deportiva en el río:

- La falta de infraestructura idónea: accesos a las orillas, la falta de embarcaderos apropiados para la práctica de deportes náuticos. Y que dificultad las acciones de emergencia.
- Las condiciones físicas propias del río: presencia de troncos en el cauce producto de crecidas, la existencia de rápidos de peligrosidad alta, destacando, para los usuarios no expertos, las secciones de

rápidos entre El Portón y Sto. Domingo, entre Primer y Segundo Corral

8. ¿Puede indicar fechas cuando no se pudo realizar las actividades náuticas por falta de agua en el río?

Se destaca la posibilidad de realizar actividades durante todo el año, haciendo solo la salvedad que para las actividades de pesca; ya que entre febrero y abril hay un descenso en los niveles de agua, lo que dificulta el acceso a algunos pozones, pero no impide totalmente la realización del deporte.

9. ¿Cuáles son los tramos del río usados con kayaks, rafting y otras embarcaciones?

En una primera aproximación todo el río es navegable, existiendo rápidos en ciertos sectores, los que de acuerdo al nivel de experiencia pueden ser descendidos, y/o los operadores turísticos ofrecen la alternativa de portear los kayaks.

Las secciones para descensos sin rápidos son:

- Desde La Pasarela (Primer Corral) hasta Lago Tagua Tagua. Utilizando principalmente la sección que va desde El Balseo hasta Puerto Santo Domingo
- Laguna Victoria y Puelo Bajo

10. ¿Existen rápidos en el río? ¿Qué clase de rápidos son (de I a VI)?

De todos los niveles, destacando el cañón cercano a la pasarela de Primer Corral, que es imposible de navegar.

- Desde los inicios del río hasta Primer Corral existe una sección clase IV-V.
- Desde El Portón hasta Santo Domingo es clase III, III +, IV.

11. ¿En relación al baño, podría indicar los lugares más apropiados para realizarlo?

Con respecto a la actividad de baño, no hay acuerdo entre los entrevistados, algunos destacan que el río no es apto para la actividad y otros enumeran una serie de lugares ya utilizados para dicha actividad:

- La Pasarela (Primer Corral), Santo Domingo.
- Sector de Sto. Domingo, Playa en Pasarela.
- Puerto Urrutia, Santo Domingo

12. En relación a la pesca, podría indicar las fechas más apropiadas para realizarlas, ¿en qué lugares?, ¿Qué tipo de pesca puede ser desarrollada, con mosca, desde bote, etc.?

La temporada oficial de pesca es desde Septiembre a Mayo

Se destaca en las entrevistas que el río Puelo es apto para todos los tipos de pesca deportiva, se realiza captura y devolución en todos los sectores, a excepción de aquellos sectores con rápidos de categoría III+ o superior.

### **8.3.3 Reconocimiento y Caracterización del Terreno**

#### **a) Descripción General del Área**

La cuenca hidrográfica del río Puelo se extiende entre los paralelos 41°25' y 42°24' de latitud sur, y los meridianos 71°13' y 72°12' de longitud oeste, cuya superficie es de 8817 km<sup>2</sup>. Nace en el lago Puelo (Argentina) y desagua en el mar en el Estuario del Reloncaví.

La cuenca del río Puelo presenta en la vertiente chilena, tres subcuencas nivo-pluviales, siendo ellas:

- i) Subcuenca Río Manso. Esta subcuenca incluye una pequeña superficie del Parque Nacional Vicente Pérez Rosales y se desarrolla el del río Leones
- ii) Subcuenca Río Puelo Alto. Esta subcuenca incluye áreas del Parque Nacional Hornopirén, desagua en la laguna Tagua-Tagua, e incluye a los ríos Manso, Traidor y Ventisquero, y los lagos de las Rocas, Verde e Inferior, entre otros.
- iii) Subcuenca Río Puelo Bajo. Esta Subcuenca incluye al Parque Nacional Hornopirén

La zona de estudio en términos generales se caracteriza por un clima templado frío con influencia marítima. Existe un predominio de precipitaciones en gran parte del año con un promedio anual de 2.345 mm y un promedio de temperatura que no supera los 11°C.

La cuenca del Río Puelo, presenta una cubierta vegetal que ha sido intervenida y modificada por diversos factores, el principal de ellos corresponde a los grandes incendios que datan desde finales de la década del 1940 y principios del 1950. Los grandes incendios consumieron 379.650 hectáreas aproximadamente de un bosque compuesto por Coihue, Lenga, Ñirre y otras especies codominantes. Estando compuesta en la actualidad mayoritariamente por renovales o bosques en segundo crecimiento, encontrándose en estado original en ciertos lugares.

La zona presenta una marcada vocación turística de creciente conocimiento internacional, siendo el río Puelo uno de los mejores lugares de la región para la pesca con mosca. La hidrografía fluvial es rica en especies exóticas introducidas, entre ellos se encuentran la trucha arco iris (*Salmo gairdneri*), trucha de río (*Salmo trutta fario*), coho (*Oncorhynchus keta*), especies de gran valor para el desarrollo de la pesca recreativa.

Junto con pesca deportiva, en la subcuenca de Río Puelo Ato, las actividades turísticas son cabalgatas, trekking, baño, observación de flora y rafting, entre los principales. Existiendo un gran potencial de actividades a desarrollar como la fotografía, circuitos ecoturísticos, observación de flora y fauna, buceo, mountain bike, cicloturismo, rafting, kayak y actividades náuticas (Araya, U.de Ch, 2004)

El turismo representa una de las actividades económicas más importantes de la comuna. La actividad turística tiene una tendencia estacional, concentrada entre los meses de noviembre a abril, existiendo en la zona, sitios de camping, cabañas, hospedajes y Lodges de pesca, que prestan servicios de alojamiento y comida.

El mejoramiento de la accesibilidad terrestre en los últimos años, ha acercado y facilitado el acceso el mercado turístico a la zona, y con ello ha influenciando la aparición de una oferta turística formal e informal. La proyección del camino internacional desde Llanada Grande hasta Segundo Corral y el proyecto Senderos de Chile, mejorará sustantivamente la accesibilidad a futuro y por ende potenciará turísticamente nuevos

sectores de la zona de estudio al facilitar la llegada de turistas por vía terrestre en menor tiempo. (Araya, 2004)<sup>3</sup>

Existe en el área de estudio una buena oferta de alojamiento con más de 13 sectores de cabañas, 240 sitios de campings, 97 casas de familia que dan hospedaje y 14 Lodges de pesca.

El trabajo de terreno y los análisis de la información se centraron en el tramo que comprende el río Puelo 11,5 km aguas debajo del lago Inferior hasta 7,7 km antes de la desembocadura del río Puelo en el lago Tagua-Tagua, lo que corresponde a las Subcuenca Río Puelo Alto.

En el trabajo de terreno se obtuvo información que permitió reconocer las componentes de paisaje, las actividades de uso turístico y obtener información batimétrica del río.

Durante la campaña de terreno se localizaron mediante GPS todos los puntos de terreno, a los puntos del tramo inicial del río se accedió por tierra y al resto se accedió por el río, navegando para ello en botes metálicos de base plana y motores Jet, dado la existencia de troncos y de partes bajas en ciertos sectores del río. Las expediciones en el río se realizaron los días 6 y 7 de octubre. Se ubicaron puntos georreferenciados transversales al río en las estaciones de observación, los que se midieron en gabinete para determinar anchos del cauce y poder relacionarlos con los datos simulados con el modelo HEC RAS. Además en estas estaciones se midieron profundidades, usando para ello un Geosonda Fishfinder Garmin. De esta forma se pudieron representar 29 perfiles en el río con sus respectivas profundidades.

La caracterización de los sectores permitió generar 33 estaciones en el río, cuya identificación se incluye en el Cuadro 8.3-1 siguiente (en el Plano 8.3-1 se muestran los puntos de observación):

---

<sup>3</sup> Ordenamiento territorial con fines turísticos, en las cuencas de los ríos Puelo y Cochamo (tesis geografía) Carolina Araya Muñoz, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile Santiago – Chile, 2004

**CUADRO 8.3-1  
PUNTOS DE OBSERVACIÓN**

N°	Distancia (km)	LUGAR	COORDENADAS UTM E N	
PUELO 1	0,0	Final Rápidos del Cañón	259912	5345675
PUELO 2	0,14	Fuera de los Rápidos del Cañón	259762	5345692
PUELO 3	0,72	Fin del Cañón	259378	5346037
PUELO 4	1,01	Pasarela	259100	5346222
PUELO 5	1,28	Aguas abajo de la pasarela	258942	5346406
PUELO 6	2,32	Sector 1° Corral	258563	5347374
PUELO 7	3,27	Confluencia con río ventisquero	257811	5347649
PUELO 8	4,30	Sector Rosas	257781	5348487
PUELO 9	5,98	Sector de Lago verde	258874	5349508
PUELO 10	8,19	Antes de Puerto Urrutia	258165	5351598
PUELO 11	10,37	Puerto Urrutia	257332	5353287
PUELO 12	13,62	Aguas abajo de Puerto Urrutia	256526	5355610
PUELO 13	15,87	Antes de El Portón	256078	5357463
PUELO 14	16,91	El Portón	255349	5358218
PUELO 15	21,76	Frente sitio Sr. Maldonado	252566	5361870
PUELO 16	22,65	Sector Llanada Grande 1	252722	5362751
PUELO 17	23,04	Sector Llanada Grande 2	252788	5363078
PUELO 18	23,22	Aguas arriba Río Alerce	252756	5363300
PUELO 19	23,65	Confluencia Río Alerce	252653	5363712
PUELO 20	23,93	Confluencia Río Negro	252646	5363968
PUELO 21	24,30	Cuesta de Lechal	252687	5364359
PUELO 22	25,18	Puerto Santo Domingo	252703	5365160
PUELO 23	25,91	Aguas debajo de P. santo Domingo	252426	5365810
PUELO 24	27,28	Acantilado Los Guindos	251668	5366910
PUELO 25	28,08		251077	5367652
PUELO 26	28,51	Cascada Cinta Blanca	250975	5367861
PUELO 27	30,47	Arroyo de los Chanchos	748335	5369308
PUELO 28	32,19	Aguas abajo arroyo Los Chanchos	746600	5369467
PUELO 29	32,95	Confluencia del río Traidor	746821	5370180
PUELO 30	36,48	Estación Fluviométrica Puelo antes Junta Manso	744814	5372552
PUELO 31	39,37	Playa Las Quilas Estación Fluviométrica Puelo antes Junta Manso	744170	5374126
PUELO 32	42,94	Confluencia con el río Manso	744290	5375427
PUELO 33	44,20	Aguas abajo de río Manso	742986	5375554

**Coordenadas WGS 84, Puntos 1 al 26 Huso 19 y Puntos del 27 al 33 Huso 18**

A continuación se presenta una descripción resumida de cada uno de los puntos analizados:

- **Punto PUELO 1.** Final Rápidos del Cañón

Color del agua turquesa claro, río encajonado, con mucha agua blanca superficial, 35m de ancho de caja, poco transparente, ausencia de playa, vegetación con baja cobertura, acantilados y afloramientos rocosos, potencial de miradores en la parte alta, existe un sendero ribereño en la parte alta. Presencia de viento. Paisaje vivo, sensación de estar dentro del cañón.

- **Punto PUELO 2.** Fuera de los Rápidos del Cañón

Similar al punto Puelo 1. Con mucha profundidad lo que hace que las aguas sean más quietas, por lo tanto ya no hay rápidos. Ancho de cajón 35m. Agua turquesa oscura.

- **Punto PUELO 3.** Fin del Cañón

Aguas calmas, color turquesa oscura, profunda, ancho de caja de 42m, los acantilados empiezan a distanciarse, hay más cobertura vegetal en las laderas, ausencia de playas, posibilidad de miradores por la altura de las riberas. Existe sendero. Mucha belleza escénica, contraste cromático. Lugar de tránsito de aves.

- **Punto PUELO 4.** Pasarela

Aguas calmas , color turquesa, vegetación nativa, bosque cercano a las orillas, muy profundo, poca transparencia, es una mirador natural, (la pasarela), dos grandes acantilados rocosos, con muy buena visión del entorno, la pasarela es parte del sendero ribereño, es un lugar de punto de encuentro, parten y llegan cabalgatas, hito, lugar de referencia, interés cultural alto. poca vegetación introducida, ancho de caja aprox. 23 m, sonido leva, aguas quietas. Existe una playa, de alto uso en verano. Con potencialidad turística alta.

- **Punto PUELO 5.** Aguas abajo de la pasarela

Aguas debajo de la pasarela, con aguas poco profundas, la vegetación es similar al punto anterior, gran extensión de sedimentos en orilla oriente, ancho de río aproximado 80m.

- **Punto PUELO 6.** Sector 1° Corral

Ancho de caja 356m, vistas a cordones montañosos nevados (vista al cerro Serrucho) mirador natural, ubicado en el sector de 1° Corral, vegetación nativa alta, color de agua turquesa brillante, buen nivel de transparencia, a 500m del sendero rivereño que conduce a 1° Corral. Se vio presencia de avutardas.

- **Punto PUELO 7.** Confluencia con río ventisquero

Hito por confluencia con el río Ventisquero, el ancho de caja es de unos 500m, el río tiene un ancho aproximado de 70, abundancia de sedimentos, en épocas del año se transforma en una gran laguna, color del agua turquesa brillante, mezcla con el caudal del río Ventisquero, que es muy transparente. Mirador natural con vista a ambos ríos y a los cordones montañosos, vista panorámica, gran presencia de visones. Cercano al camping de Don Segundo.

- **Punto PUELO 8.** Sector Rosas

El curso del río se traslada hacia la ladera poniente, por lo que esta se encuentra muy erosionada, se han perdido 7 a 8 m de terreno, hay una vivienda amenazada, sonido del agua medio, color del agua turquesa, vegetación nativa poco densa, aguas calmas y bajas, posibilidad de vadeo, no hay playa, presencia de sedimentos pétreos, el ancho de río 100m, el ancho de caja alrededor de 200m.

- **Punto PUELO 9.** Sector de Lago verde

Punto mirador natural, agua color turquesa, con mucho depósito de material pétreo, el al río cambia de curso, se genera en ciertos periodos del año una gran área de inundación, formando un lago de grandes proporciones, con afloramientos rocosos, suelo delgado, presencia de gravas, vegetación herbácea (orquídeas), árboles caídos, obstáculos de navegación, vegetación nativa en ambas laderas bosque de Coigües,

marcas visuales por los acantilados, lugar de interés cultural. De gran belleza escénica.

- **Punto PUELO 10.** Antes de Puerto Urrutia

Sector de río encajonado, ancho de caja aproximado es de 125-130m, característica de caudal lento, sin sonido del agua, mucha transparencia, vegetación nativa densa en ambas orillas, afloramientos rocosos en orilla poniente, no hay playas, hay una vivienda que se percibe desde el río.

- **Punto PUELO 11.** Puerto Urrutia

Aguas tranquilas, gran transparencia, es ocupado como playa, vegetación nativa alta, presencia de vegetación introducida (álamos), aumenta la presión antrópica, menos pristinidad, es una de los puertos de acceso al territorio, se usa como lugar de vadeo para las cabalgatas, uso intensivo turístico en verano, y también un importante punto de comunicación en la economía local.

- **Punto PUELO 12.** Aguas abajo de Puerto Urrutia

Sonido del agua tenue, ancho de caja de 80m, transparencia alta, río encajonado, vegetación nativa alta, es un mirador en sí mismo, cercano a sendero ribereño que conduce a Llanada Grande, hay rastros de bosques antiguos, presencia de tala, restos de troncos cortados (alteración negativa). No hay afloramientos rocosos.

- **Punto PUELO 13.** Antes de El Portón

Similar al punto Puelo 12.

- **Punto PUELO 14.** El Portón

Comienza una zona de rápidos de niveles III, IV y hasta V, el río se encajona en un valle de grandes acantilados rocosos, se genera una caída de agua, llamado salto El portón, de gran calidad escénica. Con poca presencia antrópica, en alto estado de pristinidad, debido a su difícil acceso, contraste cromático importante, color de agua, rocas, cielo, color de agua de diversas tonalidades de turquesa, aguas blancas, las rocas tienen tonalidades rojizas.

- **Punto PUELO 15.** Frente sitio Sr. Maldonado

Final del tramo Portón - Santo Domingo, de difícil acceso tanto en embarcaciones por presencia de rápidos, similar al punto Puelo 16, aguas turquesas, aguas blancas, rápidos grado V, sonido muy fuerte, se pueden hacer caminatas, gran potencialidad turística, gran abundancia de vegetación de sotobosque en la ladera poniente, un alto grado de pristinidad, por las marcas en las rocas se aprecia que el agua podría llegar unos 6 m de altura. Cercano a Playa Los Maquis, lugar de pesca en Semana Santa.

- **Punto PUELO 16.** Sector Llanada Grande 1

Punto más aguas arriba hasta el que se puede llegar en embarcaciones, se encuentra ubicado en el área de Llanada Grande; agua color turquesa lechoso, transparencia media, por las precipitaciones de los días previos, calma, con suaves ondulaciones. Vegetación con alta cobertura en ambas orillas, predomina la presencia de Coigües que llegan hasta la orilla de la misma. Presencia de troncos de grandes dimensiones, que han sido depositados por el río durante crecidas anteriores. Presencia de playa de aprox. 30 m de extensión. Presencia de acantilados, contraste cromático entre vegetación, agua y superficie del suelo, este tiene presencia de rojo. El sonido es suave. Paisaje calmo, transmite tranquilidad. Aguas arriba se inicia un área de rápidos.

- **Punto PUELO 17.** Sector Llanada Grande 2

El paisaje es similar al Punto Puelo 16, con afloramientos rocosos y menor presencia de acantilados.

- **Punto PUELO 18.** Aguas arriba Río Alerce

Inicio de rápidos suaves. Presencia de remolinos. Macas positivas de especímenes de Coigües añosos, de gran tamaño, presencia asociación vegetal con arrayan, maitenes. La cobertura vegetal es abundante, llega hasta el río, presencia de sendero en la orilla poniente. Se avistan cordones montañosos nevados.

- **Punto PUELO 19.** Confluencia Río Alerce

Presencia de playa en la confluencia con el Río. Sonido medio de las turbulencias, se siente el agua correr sobre las rocas del fondo. El color del agua es de un turquesa brillante, más presencia de vegetación introducida, sauce, mimbre, álamos. Presencia de acantilados en orilla poniente, desde el río se tiene una visión panorámica de las montañas nevadas en el tercer plano visual, el río Alerce es de agua cristalina, punto de una gran belleza escénica.

- **Punto PUELO 20.** Confluencia Río Negro

Confluencia con el río Negro, presencia de ripio en la orilla oriente, alta cobertura vegetal en la orilla poniente, lo que conforma un fuerte contraste entre ambos bordes, el río tiene un caudal lento, de mayor profundidad que el tramo anterior, agua es de color turquesa oscura, poca transparencia, la ladera poniente es de fuerte pendiente cubierta vegetal, no hay vistas panorámicas, la vegetación colgando de la ladera es de un gran impacto visual, la acumulación de material pétreo acarreado por el río produce una marca visual importante. En invierno o en momentos de lluvias intensas se produce un "choque" entre ambos ríos, el río Negro aumenta grandemente su caudal.

- **Punto PUELO 21.** Cuesta de Lechal

Inicio de rápidos suaves a medianos. Presencia de remolinos. Color del agua turquesa con aguas blancas, transparencia, sonido fuerte del viento y del agua, vegetación con alta cobertura, presencia de isla en el medio del río con vegetación, presencia de fauna, lugar de nidificación. Un paisaje de meandros, en movimiento, la corriente tiene alta velocidad, hay sendero ribereño, presencia de playas de grava de 3 a 4 pulgadas, en algunos tramos la caja se amplía a 300 o 400 m. su nombre se debe a que da la impresión de que el lecho del río surge en variados puntos. Poca vegetación introducida. Presencia de Jabalíes.

- **Punto PUELO 22.** Puerto Santo Domingo

Lugar de vadeo a caballo y ganado. Se constituye en un hito en el río, tiene mucho uso para los habitantes locales como para los turistas deportivos (cabalgatas), lugar de salida hacia Puerto Montt. En verano se

constituye como playa balneario. Color del agua turquesa, muy transparente, un río muy poco profundo, el punto más bajo de agua, un ancho de caja de unos 300-400 m. presencia de vegetación nativa, Coigüe, arrayanes, algo de vegetación introducida como mimbre. La playa se constituye como punto mirador. De interés cultural, dado que se utiliza desde la antigüedad, presente en la memoria histórica de los habitantes.

- **Punto PUELO 23.** Aguas debajo de P. santo Domingo

Paisaje con un río que empieza a encajonarse, la caja se angosta 80m y 60 m de ancho de río, agua con mucha transparencia. Las playas se observan gravas entre 4 a 10 pulgadas vegetación nativa, arbórea de ulmos, también hay quilas, cañas, copihues, vegetación introducida, mimbre, no hay acantilados, vegetación de Coigües añosa.

- **Punto PUELO 24.** Acantilado Los Guindos

Río muy encajonado, con laderas abruptas, verticales, de una altura de 100m o más; color del agua turquesa oscuro, aguas calmas, sonido bajo, vegetación menos tupida por los acantilados, pero llega hasta el borde del río, por las marcas en las paredes de roca, se estima que la altura de las aguas del río podría ser de hasta 4 metros más. Las marcas de las crecidas son también el límite de crecimiento de la vegetación. Fauna, Martínez pescadores, avutardas. Estamos en un cañón. En los altos podría existir un mirador natural.

- **Punto PUELO 25.**

Presencia de la gran roca. Río calmo, con rápidos aislados, color turquesa profundo, paisaje acotado, de gran contraste cromático. Paredes de acantilados de gran belleza escénica.

- **Punto PUELO 26.** Cascada Cinta Blanca

Río suave, el sonido proviene de la cascada punto focal, de gran interés, en verano se seca, poca transparencia del agua, sigue siendo un cañón cerrado, cercano a área de camping en verano, no hay playa, vegetación similar al punto anterior. Presencia de helechos y mayor vegetación herbáceas, orquídeas, etc.

- **Punto PUELO 27.** Arroyo de los Chanchos

Río con una corriente muy suave, casi un lago, encuentro con arroyo de los Chanchos. Color turquesa oscuro, poco transparente, gran cobertura vegetal, sigue encajonado, con paredes verticales y vegetación a ambas orillas. Después de este punto se inician los rápidos.

- **Punto PUELO 28.** Aguas abajo arroyo Los Chanchos

La cuenca se abre ampliamente, presencia de un río con una orilla de grava de 10 pulgadas, presencia de rápidos, agua color turquesa lechoso, poco transparente, sonido de rápidos suave, velocidad media, playa de grava, de unos 200m de amplitud de depósitos fluviales, orilla oriente. Vegetación variada y alta cobertura vegetal, con una bifurcación que crea una isla con vegetación y fauna. Sitio nidificación. Vista panorámica a los cordones montañosos nevados.

- **Punto PUELO 29.** Confluencia del río Traidor

Similar a punto Puelo 28. Vistas panorámicas. Vista al cerro Traidor, Vista de 360°. Senderos que salen a la carretera. Playas de piedras. Caja muy amplia, tres planos visuales.

- **Punto PUELO 30.** Estación Fluviométrica Puelo antes Junta Manso

Paisaje con mayor intervención antrópica, caja uniforme, agua color turquesa oscuro, con velocidad baja, poca transparencia, sonido leve, no hay acantilados, áreas de mirador, presencia de construcciones, existen senderos, no hay playa, vegetación introducida, presencia de mora, vistas panorámicas, variados puntos focales, tercer plano visual muy presente.

- **Punto PUELO 31.** Playa Las Quilas

Similar al punto Puelo 30. Sin marcas antrópica, no hay construcciones. Presencia de Coigües centenarios. Sendero de cabalgatas cercano al río. Vistas panorámicas. Gran belleza escénica.

- **Punto PUELO 32.** Confluencia con el río Manso

Cuenca muy amplia, poca transparencia, poca velocidad, playas de grava, 300 m de ancho que se inundan en invierno, no hay vegetación cercana al río, vista al tercer plano lejano, sendero de cabalgatas y bicicletas que comunica hacia el río ventisquero.

- **Punto PUELO 33.** Aguas abajo de río Manso

A un km del río Manso, es muy similar al punto 32, alta presencia antrópica, ganado, vegetación ramoneada, río calmo, presencia de troncos caídos, erosión en sus orillas, vista panorámica a los cordones montañosos nevados, caja de más de 300m de ancho, presencia de patos, Caiquenes, Martín pescador, jabalíes, presencia de islas ribereñas.

#### **b) Actividades Sin y Con Contacto Directo**

A partir de la información obtenida de entrevistas con actores seleccionados como de observaciones directas, se pudieron identificar las principales actividades turísticas que se desarrollan en el río y en el entorno a él, y ubicarlas geográficamente en los puntos de estudio seleccionados. En el Cuadro 8.3-2 se incluyen los puntos señalados (ver Plano 8.3-1).

**CUADRO 8.3-2**  
**ACTIVIDADES SIN Y CON CONTACTO DIRECTO (ASCD y ACCD)**

N°	Distancia	LUGAR	ASCD	ACCD
<b>TRAMO 1</b>				
PUELO 1	0,0	Final Rápidos del Cañón	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak botes con motor Pesca
PUELO 2	0,14	Fuera de los Rápidos del Cañón	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak botes con motor Pesca
PUELO 3	0,72	Fin del Cañón	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak botes con motor Pesca
PUELO 4	1,01	Pasarela	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak botes con motor Pesca Baño
<b>TRAMO 2</b>				
PUELO 5	1,28	Aguas abajo de la pasarela	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak, Rafting botes con motor Pesca
PUELO 6	2,32	Sector 1° Corral	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak rafting botes con motor Pesca
PUELO 7	3,27	Confluencia con río ventisquero	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak, Rafting botes con motor Pesca
PUELO 8	4,30	Sector Rosas	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak, Rafting botes con motor Pesca
PUELO 9	5,98	Sector de Lago verde	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak, botes con motor Pesca
PUELO 10	8,19	Antes de Puerto Urrutia	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak, botes con motor Pesca

N°	Distancia	LUGAR	ASCD	ACCD
PUELO 11	10,37	Puerto Urrutia	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak, Rafting Baño Pesca
PUELO 12	13,62	Aguas abajo de Puerto Urrutia	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak, Rafting Pesca
PUELO 13	15,87	Antes de El Portón	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak, Rafting Pesca
<b>TRAMO 3</b>				
PUELO 14	16,91	El Portón	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak, CI III Rafting Pesca
PUELO 15	21,76	Frente sitio Sr. Maldonado	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak, CI III Rafting
PUELO 16	22,65	Sector Llanada Grande 1	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak, CI III Rafting Pesca
PUELO 17	23,04	Sector Llanada Grande 2	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak, CI III Rafting Pesca
PUELO 18	23,22	Aguas arriba Río Alerce	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak, CI III Rafting Pesca
PUELO 19	23,65	Confluencia Río Alerce	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak, CI III Rafting Pesca
PUELO 20	23,93	Confluencia Río Negro	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak, CI III Rafting Pesca
PUELO 21	24,30	Cuesta de Lechal	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak, CI III Rafting Pesca
PUELO 22	25,18	Puerto Santo Domingo	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak, CI III Rafting Pesca Baño
<b>TRAMO 4</b>				
PUELO 23	25,91	Aguas debajo de P. santo Domingo	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak de mar Pesca
PUELO 24	27,28	Acantilado Los Guindos	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak de mar Floating Botes c/motor Pesca
PUELO 25	28,08		observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak de mar Floating Botes c/motor Pesca
PUELO 26	28,51	Cascada Cinta Blanca	observación del paisaje;	Kayak de mar

N°	Distancia	LUGAR	ASCD	ACCD
			cabalgatas; trekking	Floating Botes c/motor Pesca
PUELO 27	30,47	Arroyo de los Chanchos	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak de mar Floating Botes c/motor Pesca
PUELO 28	32,19	Aguas abajo arroyo Los Chanchos	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak de mar Floating Botes c/motor Pesca
PUELO 29	32,95	Confluencia del río Traidor	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak de mar Floating Botes c/motor Pesca
PUELO 30	36,48	Estación Fluviométrica Puelo antes Junta Manso	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak de mar Floating Botes c/motor Pesca
PUELO 31	39,37	Playa Las Quilas Estación Fluviométrica Puelo antes Junta Manso	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak de mar Floating Botes c/motor Pesca
PUELO 32	42,94	Confluencia con el río Manso	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak de mar floating Botes c/motor Pesca
PUELO 33	44,20	Aguas abajo de río Manso	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak de mar Botes c/motor Pesca

### c) Elementos Estructurantes del Paisaje Río

En el Anexo 8.3-1 se incluye un cuadro de valoración de elementos estructurantes del paisaje asociados a la presencia del río. A su vez, se entrega como documento interno de trabajo un set de fotografías de diferentes puntos del río Puelo que fueron visitados y analizados desde el punto de vista del paisaje río.

Los siguientes puntos fueron evaluados como características estructurantes del río Puelo:

- Color
- Sonido del agua
- Velocidad del Caudal
- Transparencia del agua
- Existencia de playa de río

- % vegetación nativa
- % vegetación introducida
- Presencia de Acantilados
- Existencia de Miradores
- Presencia de Senderos rivereño o la factibilidad de existencia
- Puntos con vista panorámica
- Avistamiento de Fauna
- Marcas positivas en el paisaje
- Marcas negativas en el paisaje
- Interés cultural general del área o punto de observación

A través de la valoración del itemizado anterior, más la caracterización general de cada punto de observación, se determinan para el río Puelo, cuatro tramos o unidades de paisaje; en el Plano 8.3-1 se muestra la zonificación).

- **Tramo SCD 1.**

Se inicia en el punto Puelo 1. "Final Rápidos del cañón", y finaliza en el punto Puelo 4. "Pasarela". Se caracteriza por la presencia de un Cañón, se presenta un río tranquilo, con farellones y acantilados; las aguas son muy profundas. Un ancho de caja promedio entre 30-45 m. Poca transparencia de las aguas, afloramientos rocosos.

- **Tramo SCD 2.**

Se inicia el punto Puelo 4 "Pasarela" y finaliza en el punto Puelo 14 "El Portón". Este tramo se caracteriza por sus aguas calmas, un aumento en el ancho de caja del río, un porcentaje de vegetación nativa muy alto, cercanía a un área de camping y la confluencia con el río ventisquero. Es destacable el alto grado de transparencia de sus aguas.

- **Tramo SCD 3.**

Se inicia en el punto Puelo 14 "El Portón" y finaliza en el punto Puelo 22 "Puerto de Santo Domingo". Este tramo contiene una importante área singular conformada por el cañón que se inicia en el punto Puelo 14 "El portón", con el salto de agua y llega hasta el punto Puelo 15. La sección siguiente de río está caracterizada por un ancho creciente de la caja, la que puede llegar hasta los 400m. Este tramo contiene algunos rápidos, la confluencia con el río Negro y presencia de playas.

- **Tramo SCD 4.**

Se inicia en el punto Puelo 22 "Puerto de Santo Domingo", y finaliza en el punto Puelo 33 "Aguas abajo del río Manso". Tramo que contiene entre otros elementos la estación Fluviométrica, caracterizada por un río calmo, con una abertura total de la caja, visiones panorámicas, presencia de playas y un aumento de la intervención antrópica.

Por otro lado, el uso del río en actividades con contacto directo, permite establecer en el tramo de estudio dos grandes zonas (ver Plano 8.3-1).

- **Tramo ACD1**

Comprende desde el punto Puelo 4 pasarela hasta el punto Puelo 22 Puerto de Santo Domingo, este tramo caracteriza por ser de mediana dificultad y propicio para el desarrollo de Rafting. En la actualidad las operaciones de Rafting se inician en Puerto Urrutia (punto Puelo 11) debido al acceso existente, sin embargo desde el punto de vista de las condiciones del río éstas pueden comenzar desde la Pasarela. En promedio este tramo presenta dificultad Clase III. En este tramo se realiza también pesca preferentemente desde bote, salvo en el corto sector del Portón, donde el salto lo impide.

- **Tramo ACD2**

Comprende desde el punto Puelo 22 hasta la desembocadura el lago Tagua-Tagua, se trata de un tramo de aguas tranquilas, propicio para remar ya sea en kayak de mar o en balsas (floating), actividades de pesca y uso de botes a motor.

En el Plano 8.3-1 se muestra la zonificación del río efectuada.

**d) Conclusiones relativas a la Caracterización del área de estudio**

- Desde el análisis del uso turístico sin contacto directo, el río Puelo, en el tramo estudiado, presenta un grado de "Belleza escénica" o atractivo paisajístico muy alto: los elementos constituyentes del "paisaje río", para este río en específico están dados por:
  - el color del agua (turquesa profundo);
  - la alta concentración de vegetación nativa arbórea de altura imponente, que llega hasta sus bordes;
  - el contraste cromático que se produce en el encuentro del triunvirato siempre presente: agua-vegetación-cielo.

- La lectura de pristinidad.
- Este río en particular permite realizar en todo el tramo estudiado, las actividades sin contacto directo de observación de fauna, flora, paisaje, cabalgatas, trekking, etc. Por lo tanto no es el uso un elemento diferenciador de sus tramos, sino más bien un elemento unificador de la totalidad del río.
- De acuerdo la información recogida de actores públicos y privados, como de la revisión de documentos municipales relativos a su desarrollo sustentable (PLADETUR Comuna de Cochamó), el turismo es considerado la principal fuente no tradicional de crecimiento de la comuna, dada las óptimas características que para esta actividad ofrece la comuna. El eje central del turismo lo conforman los ríos existentes, en particular el Río Puelo que es el cauce principal de la cuenca del mismo nombre, y cuya cuenca representa el 77% de la superficie total de la comuna (3.911 km<sup>2</sup>).
- Existe la visión por parte de los distintos actores, de preservar los atributos que el territorio ofrece, en particular, pristinidad, bajo nivel de intervención antrópica, tranquilidad, diversidad biológica, desafíos de la naturaleza, cultura local y ríos con amplia diversidad de caudales.
- Los atributos expuestos permiten el desarrollo creciente de una oferta turística amplia en actividades, tanto dentro del río como fuera de el, así la pesca con mosca en el río tiene calificación internacional, así como los otros deportes de aventura como descensos y excursiones aguas arriba del río.

### **8.3.4 Eje Hidráulico en el Río Puelo**

#### **a) Generalidades**

La metodología utilizada en la generación del eje hidráulico en el río Puelo ha sido similar a la seguida para el caso del río Cochiguaz, de modo que se ha creído conveniente no reiterar dichos conceptos. Lo anterior es válido para los siguientes puntos:

- Información Topográfica; en el caso del río Puelo se usó además información levantada en terreno, correspondiente a mediciones de profundidad del río hechas in situ con una ecosonda
- Confección del Modelo Hidráulico

- Metodología de Cálculo del Software Hec Ras

## b) Coeficientes de Rugosidad

No existe un método único para estimar el coeficiente de rugosidad  $n$ ; en general se requiere un poco de experiencia para elegir el valor adecuado. El valor adecuado es aquel que incluye los factores propios del cauce como son vegetación, meandros, obstrucciones, entre otros, razón por lo cual son importante las observaciones realizadas en terreno, tendientes a cualificar y cuantificar esos factores.

En este caso se usa el método de Cowan, la cual considera los factores más relevantes para la determinación de  $n$ :

$$n = m \cdot (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

Donde:

- $m$  : Factor de meandros del canal.  
 $n_0$  : Es el valor del coeficiente de Manning base, para un canal recto, uniforme, prismático con perímetro de rugosidad homogénea.  
 $n_1$  : Corrección por irregularidades superficiales del perímetro mojado lo largo el tramo en estudio (superficie mojada).  
 $n_2$  : Corrección por variación de forma y dimensiones de las secciones.  
 $n_3$  : Corrección por obstrucciones: troncos, rocas, etc.  
 $n_4$  : Corrección por presencias de vegetación.

Los valores para estos coeficientes se han extraído de la Tabla 3.707.104.B del Manual de Carreteras 2002, Dirección de Vialidad y se presentan en el Cuadro 8.3-3.

**CUADRO 8.3-3  
COEFICIENTES DE RUGOSIDAD TÍPICOS**

CONDICIONES DEL CANAL		VALOR	
Material del Lecho	Tierra	n0	0,020
	Roca Cortada		0,025
	Grava Fina		0,024
	Grava Gruesa		0,028
Grado de Irregularidad del Perímetro Mojado	Perímetro Despreciable	n1	0,000
	Leve		0,005
	Moderado		0,010
	Alto		0,020
Variaciones de las Secciones	Graduales	n2	0,000
	Alternándose		
	Ocasionalmente	0,005	
	Frecuentemente		
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Despreciable	n3	0,000
	Leve		0,010 – 0,015
	Apreciable		0,020 – 0,030
	Alto		0,040 – 0,060
Densidad de Vegetación	Baja	n4	0,005 – 0,010
	Media		0,010 – 0,025
	Alta		0,025 – 0,050
	Muy Alta		0,050 – 0,100
Sinuosidad y Frecuencia de Meandros	Leve	m	1,000
	Apreciable		1,150
	Alto		1,300

De acuerdo con lo observado en terreno, y utilizando la bibliografía existente, en el Cuadro 8.3-4 se incluyen los valores de “n<sub>i</sub>” escogidos para determinar el coeficiente n total.

**CUADRO 8.3-4  
DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD  
DEL RÍO PUELO**

Tramo	n0	n1	n2	n3	n4	m	n total
Ribera Izquierda	0,020	0,005	0,005	0,005	0,015	1,000	0,050
Cauce Central	0,020	0,005	0,005	0,005	0,005	1,000	0,040
Ribera Derecha	0,020	0,005	0,005	0,005	0,015	1,000	0,050

Los coeficientes “n<sub>i</sub>” fueron calibrados con la curva de descarga de la estación Fluviométrica Río Puelo antes Junta con Manso, tal cual se explica más adelante.

**c) Coeficientes de Expansión y Contracción**

En el tramo de estudio del Río Puelo, se han determinado los valores más apropiados para la contracción y expansión necesarios para modelar las pérdidas de energía del flujo. Para la expansión se considera un coeficiente de 0,3, por su parte el coeficiente de contracción se ha considerado 0,1, debido a que mayoritariamente en el cauce, sólo se producen cambios de sección natural.

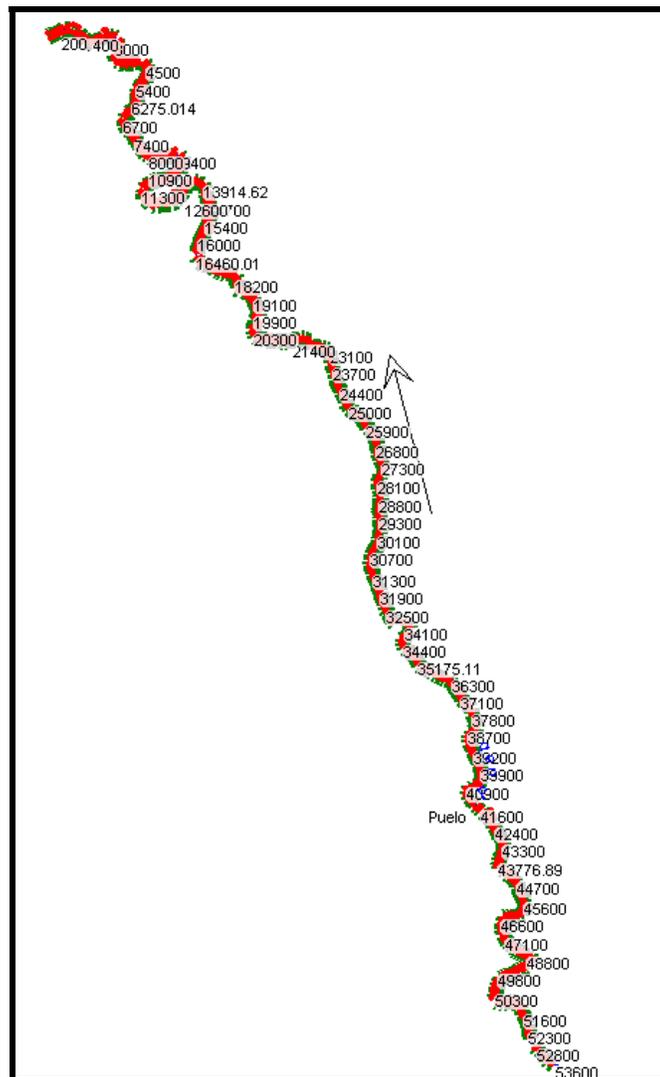
**d) Perfiles Transversales**

Los perfiles transversales se han obtenido del modelo digital, mecánicamente empleando el software computacional HEC-GEORAS; con esto se han obtenido perfiles transversales, en promedio, cada 100 m.

Esto permitió tener una cantidad 506 perfiles en una longitud de 53,6 km.

En la figura a continuación se presenta un esquema en planta de la ubicación y distancia de cada perfil transversal, según el modelo HEC-RAS.

**FIGURA 8.3-1  
ESQUEMA EN PLANTA DEL MODELO HEC RAS**



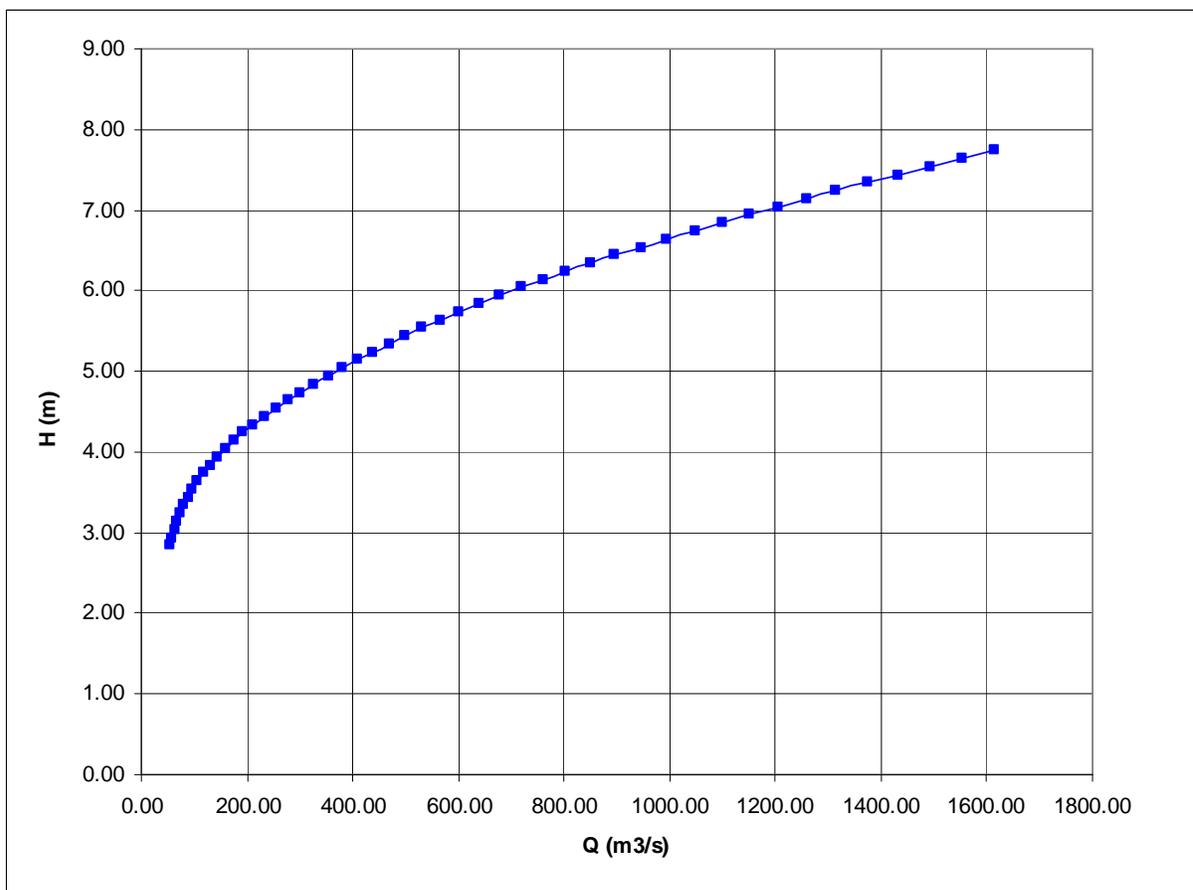
### e) Condiciones de Borde

Con el fin de establecer las condiciones de borde del eje hidráulico, se ha considerado un régimen mixto, el cual es capaz de alternar tanto el régimen de río o subcrítico y el régimen de torrente o supercrítico. La condición inicial de cálculo corresponde a la altura normal tanto al principio como el fin del tramo. La pendiente se ha estimado en 0,0070 m/m y 0,0013 m/m, para la condición aguas arriba y aguas abajo, respectivamente. En base a esta información se obtienen las alturas normales para cada caudal analizado.

**f) Calibración del Modelo Hidráulico**

El modelo se ha calibrado considerando la información obtenida de la curva de descarga de la Estación Fluviométrica Río Puelo Antes Junta Manso; esta información se presenta en la Figura 8.3-2 siguiente:

**FIGURA 8.3-2  
CURVA DE DESCARGA ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA  
RÍO PUELO ANTES JUNTA MANSO**



**FIGURA 8.3-3**  
**ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO PUELO ANTES JUNTA MANSO**



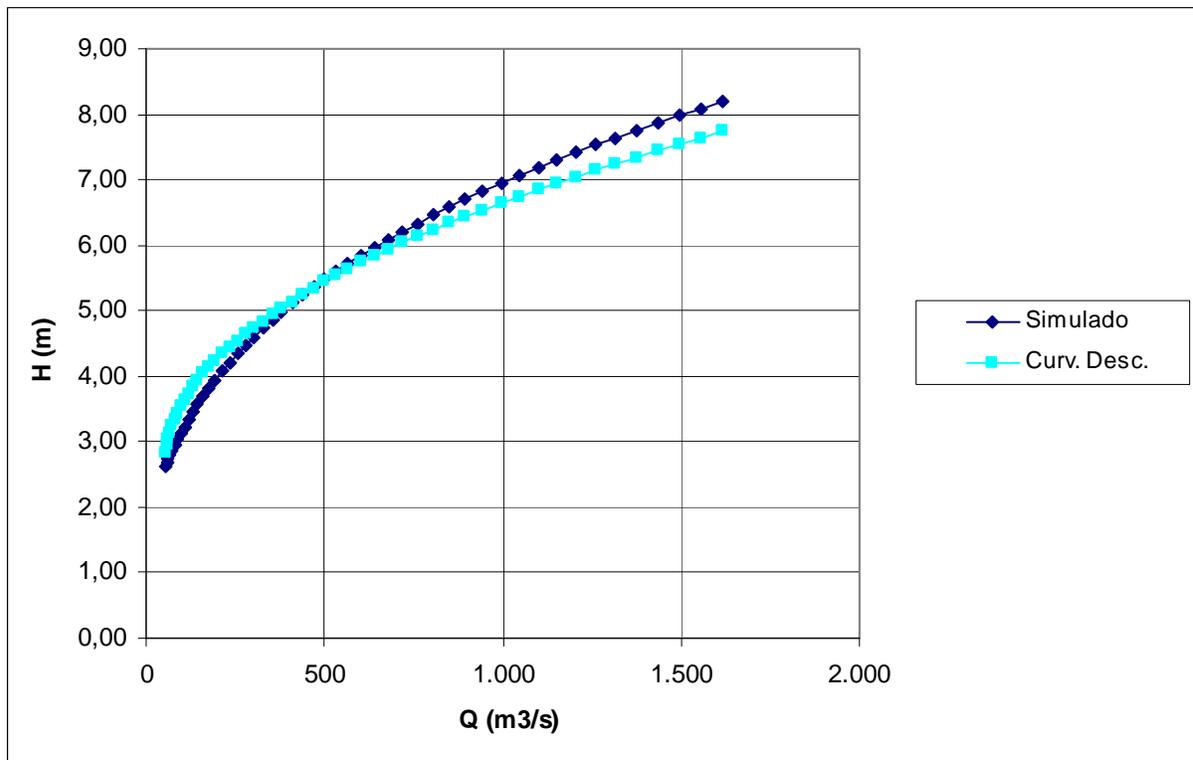
Los resultados finales obtenidos en la calibración se incluyen en el Cuadro 8.3-5 y Figura 8.3-4 siguiente.

**CUADRO 8.3-5**  
**CALIBRACIÓN EJE HIDRÁULICO EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**  
**RÍO PUELO ANTES JUNTA MANSO**

Q	Altura de Agua	Altura de Agua Curva	Diferencia
m <sup>3</sup> /s	Simulada (m)	de Descarga (m)	(m)
55	2,63	2,84	0,21
59	2,68	2,94	0,26
63	2,73	3,04	0,31
68	2,80	3,14	0,34
73	2,86	3,24	0,38
81	2,95	3,34	0,39
88	3,03	3,44	0,41
98	3,14	3,54	0,40
107	3,23	3,64	0,41

<b>Q</b>	<b>Altura de Agua</b>	<b>Altura de Agua Curva</b>	<b>Diferencia</b>
<b>m3/s</b>	<b>Simulada (m)</b>	<b>de Descarga (m)</b>	<b>(m)</b>
118	3,34	3,74	0,40
130	3,45	3,84	0,39
145	3,58	3,94	0,36
160	3,70	4,04	0,34
176	3,82	4,14	0,32
192	3,93	4,24	0,31
212	4,07	4,34	0,27
233	4,20	4,44	0,24
256	4,34	4,54	0,20
278	4,47	4,64	0,17
302	4,60	4,74	0,14
327	4,74	4,84	0,10
354	4,87	4,94	0,07
380	4,99	5,04	0,05
409	5,12	5,14	0,02
438	5,25	5,24	0,01
469	5,37	5,34	0,03
500	5,49	5,44	0,05
532	5,61	5,54	0,07
565	5,72	5,64	0,08
602	5,85	5,74	0,11
640	5,97	5,84	0,13
679	6,09	5,94	0,15
718	6,21	6,04	0,17
761	6,33	6,14	0,19
804	6,46	6,24	0,22
850	6,58	6,34	0,24
895	6,70	6,44	0,26
945	6,82	6,54	0,28
995	6,95	6,64	0,31
1.048	7,07	6,74	0,33
1.100	7,19	6,84	0,35
1.152	7,30	6,94	0,36
1.205	7,42	7,04	0,38
1.260	7,53	7,14	0,39
1.315	7,64	7,24	0,40
1.374	7,76	7,34	0,42
1.433	7,87	7,44	0,43
1.494	7,98	7,54	0,44
1.555	8,09	7,64	0,45
1.615	8,19	7,74	0,45

**FIGURA 8.3-4**  
**RESULTADOS CALIBRACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**



Como se aprecia en el cuadro y gráfico anterior, se observa un buen ajuste entre los resultados obtenidos por el modelo y los obtenidos directamente de la curva de descarga.

#### **g) Caudales Modelados y Resultados Obtenidos**

De acuerdo con los resultados del estudio hidrológico efectuado, se operó el modelo del eje hidráulico en el río Puelo para caudales de 100, 180, 200, 400, 600 y 800 m<sup>3</sup>/s. Los resultados se incluyen en el Anexo 8.3-2; un resumen con los valores alturas y velocidades de agua máximas y mínimas se incluyen en el Cuadro 8.3-6.

**CUADRO 8.3-6  
ALTURAS DE AGUAS Y VELOCIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS**

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Altura de Agua (m)		Velocidad (m/s)	
	Mín	Máx	Mín	Máx
100	0	8,16	0,08	10,11
180	0	10,14	0,10	10,69
200	0	10,50	0,11	10,82
400	0	13,49	0,15	11,42
600	0,23	15,78	0,17	11,29
800	0,60	17,62	0,19	11,30

### 8.3.5 Análisis del Eje Hidráulico en Función de Actividades Sin Contacto Directo (SCD) y Con Contacto Directo (CCD)

En el Cuadro 8.3-7 se incluye la ubicación espacial de las diferentes y principales actividades turísticas (SCD y CCD) con los respectivos requerimientos mínimos para el desarrollo de éstas; estos requerimientos mínimos se han obtenido de la bibliografía internacional que fue recopilada

Dado que en el río se pueden realizar múltiples actividades, donde los requerimientos hídricos son diferentes, se optó por analizar los requerimientos más demandantes, en este caso ellos corresponde las actividades con empleo de embarcaciones de descenso en los río, como kayak y rafting.

Según la información revisada en bibliografía internacional, para la actividad de pesca deportiva, las condiciones de pesca son buenas cuando el nivel del río es estable, adecuadas cuando el nivel está bajo y débil cuando está en ascenso o alto. Al revisar evaluaciones para ríos con actividades múltiples, la pesca presenta menores demandas hídricas que por ejemplo uso de rafting o kayak.

**CUADRO 8.3-7**  
**ACTIVIDADES TURÍSTICAS EN EL RÍO PUELO Y LOS**  
**REQUERIMIENTOS HÍDRICOS ASOCIADOS**

Nº	DISTANCIA DESDE INICIO RIO PUELO	PRINCIPALES USOS ACTUALES TURISTICOS		CONDICIONES PREFERENTES DE USO PARA DEMANDA MÁXIMA SEGÚN USO		
		SCD	CCD	Ancho Sup. (W)	Profundidad (H)m	Velocidad (V) m/s
<b>TRAMO 1 Sector Pasarela</b>						
P1-P4	0-1,25	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak Botes c/motor Pesca	> 20	0.8-1,5	1-3
<b>TRAMO 2 Sector Pto Urrutia/ El Porton</b>						
P4-P14	1,35-4,0	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak Rafting botes /motor ,Pesca	> 20	0.8-1,5	1-3
<b>TRAMO 3 Sector Llanada Grande</b>						
P14-P22	16,91-25,18	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak Rafting botes y Pesca	> 20	0.8-1,5	1-3
<b>Tramo 4 Sector Manso</b>						
P22-P33	25,18-44,20	observación del paisaje; cabalgatas; trekking	Kayak de mar, c/s Bote motor pesca	> 20	0.8-1,5	1-3

Las condiciones preferentes para el uso de las actividades con contacto directo se han obtenido de las recomendaciones de ("Flow Requirements for Recreation and Wildlife in New Zealand Rivers, A Review" M.P; Mosley Centro de Hidrología Revista: Journal of Hydrology N.Z. Vol 22 N 2, 1983). Las que son similares a las propuestas realizadas por Hyra (1978). Un extracto de ellas para las actividades que se desarrollan en el río Puelo se presenta en la tabla siguiente:

**CUADRO 8.3-8**  
**REQUERIMIENTOS HÍDRICOS PARA**  
**ACTIVIDADES CON CONTACTO DIRECTO**

Actividad	Requerimientos Hídricos Recomendados		
	Ancho Superficial (W) m	Profundidad (H)m	velocidad (V) m/s
Vadeo	H x V < 1,0		
	H 0,4 - 0,6		
Y Pesca de Orilla	V < 0,5		
Aguas Blancas rafting/canoa	W > 20; espacio entre rocas > 2,0		
	H 0,8- 1,5		
	V 1,0-3,0		
Pesca con caña de orilla	W – Tal que permita el hábitat de peces		
	H - Tal que permita el hábitat de peces		
	V - Tal que permita el hábitat de peces		
Pesca con caña desde bote	W > 7,5		
	H 0,6-1,5		
	V < 1,5; máxima 3		
Bote plano con motor baja potencia	W 7,5->30		
	H 0,6-> 1,5		
	V 0 - 3,0		
Bote plano con motor alta potencia	W 30->90		
	H 1,5-3,0		
	V 0-4,5		

Fuente: Mosley, 1983

**a) Requerimientos Hídricos de Actividades SCD**

Para la determinación los caudales mínimos de reserva turística para actividades sin contacto directo, para este tramo de estudio en el río Puelo, no será de relevancia, qué caudal posibilita o limita la actividad turística determinada, ya que por su caudal esta no es una restricción aparente, si no, la determinación del valor de caudal que represente el constructo cultural, "paisaje río Puelo", es decir la construcción mental (percepción) de los turistas, el recuerdo, la imagen construida y relatada, y la verificación de esa imagen en una futura permanencia en el lugar.

Se propone que para determinar cuál es el requerimiento hídrico efectivo del río Puelo en lo concerniente a las actividades sin contacto directo, es necesario realizar un análisis de los caudales medios diarios para cada mes, durante un período determinado, permitiendo elegir un valor representativo "de real ocurrencia", para cada mes, y con esos valores construir una nueva tabla de caudales representativos y de mayor frecuencia de ocurrencia, para que ellos sirvan para tener valores de

referencia como requerimientos mínimos para las actividades sin contacto directo; es decir para mantener los atributos de paisaje del río Puelo.

Se estima que la reserva de caudales no debe ser un valor constante sino que represente la variabilidad anual del comportamiento hídrico del cauce, lo que representa el ciclo anual del río. Con esto se evita el riesgo de artificializar el río en una forma que disminuya su atractivo turístico.

En otras palabras, la idea es cuantificar el caudal del río que logre mantener el atributo del valor turístico asociado a su presencia histórica.

En el caso del río Puelo, como en muchos otros del Sur de Chile, el uso turístico más relevante está siempre asociado al paisaje existente, y su lectura de pristinidad, asociado por cierto a los valores del turismo de intereses especiales, y al turismo de naturaleza. En ese contexto, se apunta a encontrar valores que permitan la mantención del ciclo natural del río. Estudios hechos recientemente por la DGA en el río Cochamó, situado en el mismo espacio geográfico que el Puelo, determinaron que el valor que permite mantener el caudal natural corresponde al del Período de Excedencia de 20 %.

En el Cuadro 8.3-9 se incluyen los resultados obtenidos, con información de número de veces que se repiten determinados rangos de caudales medios diarios, indicando el valor del caudal (el mayor) que cumple con esa premisa (estación Río Puelo Antes Junta Manso período 2001 - 2009).

**CUADRO 8.3-9**  
**REPETICIÓN DE CAUDALES EN RANGOS MEDIOS DIARIOS**  
**ESTACIÓN RÍO PUELO ANTES JUNTA MANSO**

Rango (m <sup>3</sup> /s)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0-100	0	0	0	19	41	17	0	0	0	0	0	0
100-150	0	10	42	52	49	16	3	26	3	0	0	0
150-200	26	68	68	40	15	15	14	36	23	0	4	0
200-250	16	47	47	38	8	17	32	18	48	31	17	10
250-300	31	39	34	30	7	20	21	24	52	51	36	24
300-350	47	25	12	10	9	9	20	43	42	45	42	49
350-400	31	2	8	8	7	6	12	25	11	25	46	40
400-450	25	1	3	5	5	8	10	15	11	17	33	37
450-500	15	1	2	7	7	7	11	10	10	11	17	21
500-550	9	1	3	6	10	11	9	6	4	8	9	23
550-600	2	1	1	3	4	7	10	4	4	8	4	7
600-650	3	0	1	7	7	11	5	1	0	4	3	7
650-700	1	1	0	3	2	5	9	2	3	2	4	8
700-750	0	0	0	4	1	4	5	0	0	4	1	1
750-800	1	1	1	2	3	4	4	1	0	0	3	2
800-900	4	0	0	1	2	6	9	2	0	2	3	3
900-1000	4	1	0	3	4	4	5	1	0	3	2	1
Mayor a 1000	2	0	0	2	5	13	15	3	0	6	16	1
Total Repeticiones	217	198	222	240	186	180	194	217	211	217	240	234
Nº Repeticiones	176	164	191	189	148	144	156	172	168	169	195	181
% Representatividad	81	83	86	79	80	80	80	79	80	78	81	77
<b>CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>450</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>350</b>	<b>450</b>	<b>600</b>	<b>650</b>	<b>400</b>	<b>350</b>	<b>400</b>	<b>500</b>	<b>500</b>

### b) Requerimientos Hídricos de las Actividades CCD

Durante la campaña de terreno efectuada, el caudal en la estación fluviométrica río Puelo antes junta río Manso era de 182 m<sup>3</sup>/s, aproximadamente.

Revisando los resultados entregados por Hec Ras para un caudal de 180 m<sup>3</sup>/s, y comparando esos resultados con lo observado en terreno, respecto a anchos superficiales en todos los puntos y profundidades en 29 perfiles batimétricos, se concluye que existe buena concordancia tanto de ancho como de profundidad en 14 puntos de terreno y concordancia parcial (ya sea de ancho o de profundidad en 9 puntos). Se debe considerar que el río presenta altas y rápidas variaciones de caudal, que inciden en el ancho del cauce como en la profundidad de él, produciéndose temporalmente en diversos sectores extensas de sedimentaciones gravosas, lo que incide fundamentalmente con el ancho superficial del río y por ende con las variables asociadas a la modelación.

El Cuadro 8.3-10 se incluye la información generada a través de Hec Ras para un caudal de 180 m<sup>3</sup>/s, para los perfiles concordantes en ancho y profundidad.

**CUADRO 8.3-10  
PERFILES CONCORDANTES PARA (Q=180 m<sup>3</sup>/s)**

Punto Terreno	Distancia desde inicio río ( km)	Altura Agua ( m)	Velocidad (m/s)	Ancho Sup. (m)
Puelo 7	3,27	2,01	2,32	66,96
Puelo 11	10,37	2,95	1,27	85,28
Puelo 12	13,62	2,86	1,38	66,95
Puelo 16	22,65	4,67	1,27	43,9
Puelo 17	23,04	3,16	1,5	51,69
Puelo 18	23,22	3,15	1,93	48,17
Puelo 19	23,65	3,04	1,2	77,24
Puelo 20	23,93	3,56	1,05	71,28
Puelo 22	25,18	3,06	1,29	71,78
Puelo 23	22,91	4,46	0,95	67,31
Puelo 30	36,48	2,89	1,23	103,29
Puelo 31	39,37	2,88	1,5	64,83
Puelo 32	42,94	2,81	1,23	113,75
Puelo 33	44,20	2,87	1,19	115,12

Los perfiles seleccionados han permitido estimar requerimientos hídricos para las distintas actividades con contacto directo que se realizan en el río Puelo en el tramo analizado.

#### ➤ **Kayak y Rafting**

Las actividades de kayak requieren profundidades de agua mayores a 0,8 m y velocidades entre 1 y 3 m/s; las profundidades mínimas de 0,8 m tienen relación con poder girar dentro del agua en caso de volcamiento o realizar otras maniobras técnicas. Al analizar los requerimientos con los datos obtenidos para todos los caudales, se desprende que las condiciones de ancho y de profundidad son cumplidas para todos los casos.

#### ➤ **Baño**

Con relación a los caudales para la actividad de baño, en todos los casos se superan las recomendaciones de seguridad de que el cociente de altura

por velocidad sea menor a 1. Los operadores turísticos indican baño en diversos sectores, siendo muy frecuentados en verano el sector Pasarela (P4), Puerto Urrutia (P11) y Sto. Domingo(P22) Lo que indica que el baño no es una actividad recomendada para este río, salvo en remansos y con medidas de precaución adecuadas.

### ➤ Pesca

La pesca desde orilla presenta requerimiento similar a los del baño, situación que indica que los lugares de pesca deben ser indicados por guías expertos, que conocen espacios seguros para desarrollar la actividad.

Para la actividad de pesca deportiva, las condiciones son buenas cuando el río es estable, adecuadas cuando el nivel del río está bajo y débiles cuando está en ascenso o alto. En ese contexto, la actividad de pesca presenta demandas hídricas menores a las otras actividades con contacto directo que se analizan, por lo que no entra en el análisis de las máximas demandas hídricas. Se requiere análisis específicos de hábitat de peces que considere variables físicas con químicas y biológicas.

### ➤ Canotaje y Rafting

Stewart Rood et al, estudió 27 ríos en Alberta Canadá (1983 – 1997) buscando relaciones para determinar valores de caudales recreacionales que permitan el canotaje de embarcaciones livianas, condicionando el estudio a profundidades entre 0,6 m y 0,75 m. Determinó que el caudal recreacional guarda una relación con el caudal medio, según la siguiente relación:

$$Q_r = 3 \times Q_m^{0,59}$$

Donde:

$Q_r$  = caudal recreacional en m<sup>3</sup>/s

$Q_m$  = caudal medio en m<sup>3</sup>/s

En otro estudio similar, Stewart Rood (2001) concluye que existe una relación bastante lineal entre el caudal medio y el caudal de recreación para práctica de canoa y kayak, para ríos de la cuenca de Oldman (Canadá). La relación que obtuvo fue:

$$Q_r = 0,77 \times Q_m + 3,97; \quad Q_r \text{ y } Q_m \text{ en m}^3/\text{s}$$

Aplicando esas relaciones para el caudal medio mensual en el río Puelo para los meses de mayor uso turístico en el río (Octubre a Abril), se tiene lo siguiente:

**CUADRO 8.3-11**  
**CAUDALES RECREACIONALES (canotaje) SEGÚN STEWART ROOD**

	Qm	QR1	QR2
	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)
Octubre	335,7	93	262
Noviembre	399,1	103	311
Diciembre	445,7	110	347
Enero	378,6	100	295
Febrero	242,6	77	191
Marzo	215,3	71	170
Abril	223,1	73	176

De acuerdo con los valores antes presentados, los caudales promedio según las 2 relaciones señaladas presentan un valor entorno a los 250 m<sup>3</sup>/s, para el período de Octubre a Abril.

A su vez, Tennant fija una propuesta para definir caudal recreacional a través de porcentajes fijos, a saber:

- 200 % del caudal medio anual para flujos altos
- 100 % del caudal medio anual para el resto de los tipos de flujo

El caudal medio anual en Puelo antes junta Manso es de 340 m<sup>3</sup>/s, de modo que según Tennant el valor de caudal recreacional para el río Puelo estaría en torno a este valor.

De acuerdo a los análisis efectuados se puede concluir que los requerimientos hídricos para las actividades con contacto directo se obtienen para caudales del rango 250-350 m<sup>3</sup>/s.

**c) Caudales a Reservar para el río Puelo**

De acuerdo con lo señalado en los párrafos precedentes, las demandas hídricas para las actividades CCD serían del orden de entre 250 y 350 m<sup>3</sup>/s, aproximadamente.

Por otro lado, respecto a las actividades SCD, el análisis de repeticiones de caudales medios diarios condujo al siguiente resultado (se han incluido los caudales con probabilidades de excedencia de 10%, 20% y 50%):

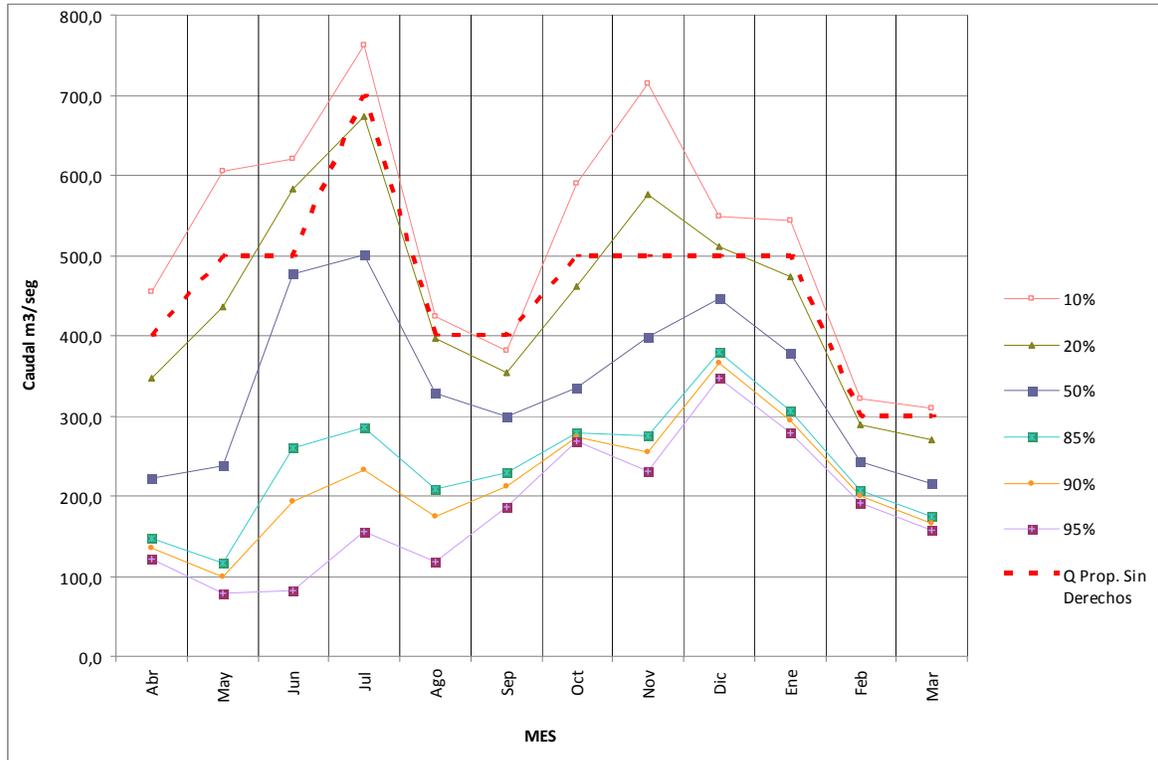
**CUADRO 8.3-12  
CAUDALES MEDIOS DIARIOS QUE MÁS SE REPITEN  
PARA CADA MES (m3/s)**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>CAUDAL (m3/s)</b>	<b>450</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>350</b>	<b>450</b>	<b>600</b>	<b>650</b>	<b>400</b>	<b>350</b>	<b>400</b>	<b>500</b>	<b>500</b>
Q 10% Pexc	544,4	320,8	310,2	454,6	605,8	620,3	761,7	424,1	380,9	589,0	714,6	549,5
Q 20% Pexc	474,0	288,3	270,1	346,7	435,8	583,7	673,1	396,4	353,7	461,5	575,5	510,6
Q 50% Pexc	378,6	242,6	215,3	223,1	237,3	476,4	501,1	327,4	299,8	335,7	399,1	445,7

En definitiva, el criterio de repetición de caudales medios diarios corresponde al criterio de que con esos caudales las condiciones de agua en el río permiten llevar a cabo las actividades con y sin contacto directo.

En la Figura 8.3-5 se incluyen los caudales medios mensuales para diferentes probabilidades de excedencia, incluyendo los caudales que se propone reservar.

**FIGURA 8.3-5**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES PARA DIFERENTES**  
**PROBABILIDADES DE EXCEDENCIA Y CAUDALES PROPUESTOS**  
**RESERVAR**



#### d) Situación de los Derechos de Aguas Superficiales

La situación de los derechos de agua en la zona de interés da cuenta con lo siguiente:

- En el Cauce del Río Puelo, hacia aguas arriba de la laguna Tagua Tagua: derecho de agua superficial no consuntivo en trámite por 700.000 l/s de Asesorías e Inversiones JTM S.A. Capta en el río Puelo entre Laguna de Las Rocas y Laguna Azul, y restituye aproximadamente 3 km aguas arriba de la junta del Puelo con Traidor (Sta. Inés). Derecho de agua superficial de uso consuntivo constituido por 10 l/s de Kent Schoenauer, ubicado a la salida de la Laguna Interior. Derecho de agua superficial no consuntivo en trámite por 650.00 l/s de Asesorías e Inversiones JTM S.A. Capta en el río Puelo a la salida de la Laguna Interior, y restituye donde capta el derecho de 700.000 l/s anterior.

Todo el resto de los derechos de aguas superficiales de uso consuntivo y no consuntivo, constituidos y en trámite se ubican fuera del cauce, de modo que la reserva de agua no afectaría esos derechos; en el Plano 8.3-1 se muestra la ubicación de los derechos de aguas superficiales.

De acuerdo con los derechos de aguas superficiales de uso no consuntivo que están en trámite, el río en el tramo de análisis estaría agotado, sin posibilidad de reservar agua.

Si los 2 derechos de agua señalados (650.000 l/s y 700.000 l/s) no prosperan en la constitución de los mismos, la propuesta de agua a reservar es:

**CUADRO 8.3-13**  
**CAUDALES PROPUESTOS RESERVAR SIN TOMAR EN CUENTA SITUACIÓN**  
**DE DERECHOS DE AGUA (m3/s)**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CAUDAL (m3/s)	450	250	250	350	450	600	650	400	350	400	500	500

## 8.4 Río Futaleufú (X Región de Los Lagos)

### 8.4.1 Introducción

La cuenca hidrográfica del río Futaleufú se extiende entre los paralelos 42°17' y 43°25' de latitud sur, y los meridianos 70°58' y 72°11' de longitud oeste, cuya superficie es de 7.630 km<sup>2</sup>. La cuenca binacional del río Futaleufú, nace en Argentina, siendo parte en Chile de la cuenca del río Yelcho, La superficie total de la cuenca es de km<sup>2</sup>, y la superficie correspondiente a territorio chileno es de 1.922 km<sup>2</sup>.

En Argentina el río es represado para generación hidroeléctrica en la represa Futaleufú, y su cuenca incluye al Parque Nacional Los Alerces, con milenarias especies del árbol.

Los actividades económicas tradicionales del valle, marcadas principalmente por la ganadería y agricultura han sido fuertemente complementadas por el desarrollo turístico en los últimos 10 años, dado los atributos del río para el desarrollo de deportes en el y por su alto valor escénico. Todo el entorno del río Futaleufú junto con sus principales ríos y esteros afluentes se ha designado por Sernatur, como Zona

de Interés Turístico, además de haber sido ya asignada toda la comuna de Palena (donde se inserta el río Futaleufú) como Área de Interés Turístico.

Debido a esto miles de turistas anualmente visitan este espectacular río, reconocido internacionalmente entre los diez mejores del mundo para el turismo de aventura, que atrae especialmente a turistas experimentados, de alto nivel económico, aficionados a la pesca con mosca, kayakismo, rafting, montañismo, cabalgatas y caminatas. El año 2000 Futaleufú fue seleccionado como sede del campeonato mundial de rafting, lo que lo consolidó como destino internacional.

El tramo de río estudiado fue de 64,6 km, iniciándose en la frontera con Argentina (E: 76.218; N: 5.215.891 WGS 84, Huso 19) hasta su desagüe en el Lago Yelcho (E: 728.143; N: 5.188.559 WGS 84, Huso 18).

## **8.4.2 Reconocimiento y Caracterización del Terreno**

### **a) Descripción General del Área**

El macro del paisaje de la comuna de Futaleufú se caracteriza por la existencia del río Futaleufú que significa en lengua mapuche "Río grande", con sus encajonado valles y impresionantes rápidos que presentan un gran atractivo turístico reconocido internacionalmente para el desarrollo de actividades como Kayak y rafting. La presencia de sus agua azules contrasta con el blanco de los rápidos, entregando al observador un espectáculo único y sobrecogedor. Estas características tan extremas otorgan al paisaje una condición estética y ecológica única, "Río grande".

La topografía permite la observación de vistas panorámicas que otorgan al observador una dominancia visual del paisaje, donde predominan en primer y segundo plano la topografía como fondo escénico, compuesto por las altas cumbres cubiertas con nieve y las laderas con intensa vegetación.

La abundancia de cubierta vegetal hace que en este tipo de paisaje predominen las características del denso bosque nativo prevaleciendo las tonalidades de verdes oscuros y ocres generando un paisaje homogéneo.

Es importante destacar el papel fundamental que presenta el factor temporal en la dinámica del paisaje y del río, ya que la diversidad de color y textura se expresa de manera distinta en las diferentes épocas del año, haciendo variar constantemente el cuadro escénico.

El sector presenta un bajo grado de intervención marcado principalmente por algunos asentamientos humanos y las pocas redes de interconexión local y regional, que se

sustentan en el uso turístico del área. Actividades que se identifican con el uso directo e indirecto del Río Futaleufú, principalmente responden a la belleza escénica del lugar y otras características intrínsecas del río y que lo hacen conocido internacionalmente, como son sus continuos rápidos y limpieza de las aguas.

El uso característico son las variadas actividades recreativas al aire libre, como cabalgatas y caminatas por distintos senderos, bicicleta de montaña, floating y canotaje en el río Espolón, El Azul y Futaleufú, canyoning en quebradas y cañones (un deporte relativamente nuevo de origen francés), sea Kayak en los diversos lagos, pesca con mosca, montañismo y observación de flora y fauna. Se realizan recorridos por lugares casi inexplorados, o visitas la Reserva Nacional Futaleufú, creada para la protección del Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*) y del Huemul.

La caracterización de los sectores se realizó a través de 13 puntos en el río, cuya identificación se incluye en el Cuadro 8.4-1 siguiente; su ubicación se muestra en el Plano 8.4-1.

**CUADRO 8.4-1  
PUNTOS DE OBSERVACIÓN**

Nº	Distancia	LUGAR	COORDENADAS UTM	
FU 1	0	Estación Fluviométrica Futaleufú en la Frontera	276086	5215936
FU 2	9,72	Puente Gálvez	269291	5213914
FU 3	13,08	La Confluencia Espolón-Futaleufú	268270	5212003
FU 4	15,29	Reserva Nacional Futaleufú	267336	5210531
FU 5	19,29	Las Estacas	266321	5208405
FU 6	19,59	Pasarela Las Escalas	266220	5208281
FU 7	31,39	Pasarela Toro	259284	5200411
FU 8	En río Azul	Río Azul	257568	5200334
FU 9	40,81	Mirador Chucao	739492	5196402
FU 10	41,71	Puente Zapata	738656	5196166
FU 11	47,91	Puente Futaleufú	735603	5190997
FU 12	60,31	Puerto Ramirez	731178	5185830
FU 13	64,61	Desembocadura	725756	5187938

**Coordenadas WGS 84, Huso 19**

El macro del paisaje de la comuna de Futaleufú se caracteriza por la existencia del río Futaleufú que significa en lengua mapuche "Río grande", con sus encajonado valles y impresionantes rápidos que presentan un gran atractivo turístico reconocido

internacionalmente para el desarrollo de actividades como Kayak y rafting. La presencia de sus agua azules contrasta con el blanco de los rápidos, entregando al observador un espectáculo único y sobrecogedor. Estas características tan extremas otorgan al paisaje una condición estética y ecológica única, "Río grande".

La topografía permite la observación de vistas panorámicas que otorgan al observador una dominancia visual del paisaje, donde predominan en primer y segundo plano la topografía como fondo escénico, compuesto por las altas cumbres cubiertas con nieve y las laderas con intensa vegetación.

La abundancia de cubierta vegetal hace que en este tipo de paisaje predominen las características del denso bosque nativo prevaleciendo las tonalidades de verdes oscuros y ocres generando un paisaje homogéneo.

Es importante destacar el papel fundamental que presenta el factor temporal en la dinámica del paisaje, ya que la diversidad de color y textura se expresa de manera distinta en las diferentes épocas del año, haciendo variar constantemente el cuadro escénico.

El sector presenta un bajo grado de intervención marcado principalmente por algunos asentamientos humanos y las pocas redes de interconexión local y regional, que se sustentan en el uso turístico del área. Actividades que se identifican con el uso directo e indirecto del Río Futaleufú, principalmente responden a la belleza escénica del lugar y otras características intrínsecas del río y que lo hacen conocido internacionalmente, como son sus continuos rápidos y limpieza de las aguas.

El uso característico son las variadas actividades recreativas al aire libre, como cabalgatas y caminatas por distintos senderos, bicicleta de montaña, floating y canotaje en el río Espolón, El Azul y Futaleufú, canyoning en quebradas y cañones (un deporte relativamente nuevo de origen francés), seaKayak en los diversos lagos, pesca con mosca, montañismo y observación de flora y fauna. Se realizan recorridos por lugares casi inexplorados, o visitas la Reserva Nacional Futaleufú, creada para la protección del Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*) y del Huemul.

A continuación se presenta una descripción resumida de cada uno de los puntos analizados en terreno:

- **Punto FU1. Estación Fluviométrica Futaleufú en la Frontera**

Se encuentra en el curso alto del río Futaleufú en la localidad del Límite, alrededor de los 325 m.s.n.m.

El área de influencia presenta una cuenca de forma irregular, enmarcada por las cumbres en primer plano de visión restringido. Los puntos de observación se encuentran situados en la ladera norte, a media ladera y fondo de valle, esto permite vistas focalizadas, una dominancia visual media o parcial del paisaje. La cuenca tiene un tamaño y un grado de compacidad media a alto del área.

Las formas del terreno se presentan abruptas, con laderas de fuertes pendientes y un fondo de quebrada básicamente estrecho pero que se expande en la zona rural. La presencia del importante curso de agua se expresa en una línea ancha y continúa que reubica en el fondo de la quebrada, la cual se percibe a través de la vegetación asociada al recurso.

La cobertura vegetal natural se muestra en las laderas de los cerros con una marca o cicatriz producto de vestigios de un antiguo gran incendio forestal que sufrió el sector pre-cordillerano, dentro de la comuna de Futaleufú. Predominando una masa arbustiva y herbácea, de especies introducidas que se organiza armónicamente siguiendo las formas del fondo del valle. Su presencia contrasta fuertemente con el verde intenso y denso de las laderas del valle.

La acción antrópica se presenta básicamente en la zona del asentamiento rural del complejo fronterizo. En cuanto a su intervención el paisaje, destaca que siguen las formas naturales del fondo del valle, incorporándose armoniosamente al paisaje respetando las líneas principales produciéndose una amalgama entre naturaleza y lo construido. El camino produce un impacto negativo.

- **Punto FU 2. Puente Gálvez**

Se ubica a 2 Km del pueblo Futaleufú hacia la frontera con Argentina, donde se inician los rápidos del río Futaleufú.

El área de influencia presenta una cuenca de forma alargada e irregular de tamaño restringido. Los puntos de observación se ubican a media ladera y fondo de valle, permitiendo vistas focalizadas y una dominancia parcial del paisaje. La cuenca presenta una alta compacidad.

Las formas del terreno corresponden a un valle rodeado de altas cumbres, donde la verticalidad de sus laderas predomina como línea vertical en el paisaje.

La presencia de grandes rocas en el primer plano, permite visualizar una textura de grano grueso, destacándose como marcas visuales del territorio.

Aparece con fuerza el azul del río y el verdor de la vegetación, ocupando todo el fondo del valle, formando dos situaciones espaciales diferentes: por un lado el blanco

de los rápidos del río enmarcado por las composiciones rocosas y una masa vegetal densa y compacta dispuesta aleatoriamente en los bordes.

Predomina el estrato alto arbóreo y arbustivo encontrando especies nativas básicamente Bosque Siempre verde (Coigüe, Arrayanes, Canelos) y el Espino (*Ulex spp.*) como especie asilvestrada (muy invasora), organizadas espacialmente en manchas de color amarillas, a diferencia de las plantaciones de Pinos que responden a una trama geométrica. Se destaca la presencia de individuos aislados de Nalcas en sectores de ladera, estos se ven retratados contra el agua. Predomina la presencia del agua, se percibe directamente en los primeros planos de visión.

El componente antrópico se muestra básicamente en el sector habitado de la localidad rural de Las Estacas Altas. Esta se encuentra subordinada armónicamente a la masa vegetal conformando una sola unidad. Notable es la ubicación de la pasarela vehicular como punto estratégico para mirador sobre el río Futaleufú

- **Punto FU 3. La Confluencia Espolón-Futaleufú**

Se ubica en el curso medio del Río Futaleufú, donde el río Espolón entrega sus aguas como afluente principal del sistema hídrico, a 49 m.s.n.m.

El área de influencia presenta una cuenca visual de forma irregular y tamaño medio. Los puntos de observación se ubican principalmente en el fondo del valle por lo que las vistas focalizadas presentan una dominancia visual media y la compacidad es alta.

Las formas del terreno corresponden a un valle cerrado de laderas abruptas, y altas cumbres en el segundo plano de visión. Las montañas presentan formaciones rocosas y farellones que se destacan como marcas visuales. La vegetación se destaca por plantaciones agrícolas de cultivos de maíz, alfalfa y berries, hay laderas con árboles y arbustos nativos y elementos aislados de vegetación introducida, como frutales y algunas herbáceas asilvestradas.

El componente antrópico se expresa básicamente en los poblados del sector, donde no hay un orden o trama organizada en el cual se emplacen las viviendas. Quedan pocas edificaciones originarias, la mayor parte de las construcciones para el desarrollo de turismo son nuevas y no responden a la arquitectura tradicional, pero tanto los diseños y materialidad se insertan armónicamente en el entorno. Se destaca el fundo principal del sector con pequeños cultivos orgánico y Zona de Pesca.

- **Punto FU 4. Reserva Nacional Futaleufú**

Se ubica en el curso superior de la quebrada alrededor de los 304 m.s.n.m., en el camino que une la localidad de Las Estacas y la Reserva Nacional Futaleufú.

El área de influencia visual presenta una cuenca de forma variable alargada e irregular de tamaño medio, esto se debe a la diversidad de los puntos de observación que se ubican en las zonas medias y altas de las quebradas.

El límite visual de la cuenca se cierra en el segundo y primer plano dado por cumbres altas y abruptas. En las formas del terreno predominan las líneas verticales, el contraste del color de la superficie del suelo (rojizo – café) se contrapone con el verdor de la vegetación, y el cielo recortado por las cumbres.

La vegetación no solo se encuentra en fondo de quebrada, sino que también en laderas a través de extensas superficies de cultivos en terrazas y canales de agua. El recurso agua sigue presente a través del Río Futaleufú que fluye en el fondo de quebrada. Se percibe visual y auditivamente.

- **Punto FU 5. Las Estacas**

Se ubica en la localidad de Las Estacas en el curso medio del Río Futaleufú a 265 m.s.n.m. El área de influencia visual presenta una forma circular de extenso tamaño. Los puntos de observación se encuentran sobre el territorio permitiendo vistas panorámicas que generan una alta dominancia visual del paisaje. No existen primeros planos importantes, destacándose el tercer plano de fondo escénico. La presencia de múltiples quebradas menores permite un alto grado de compacidad de la cuenca.

Se caracteriza por un paisaje altamente diverso en cuanto a las formas lineales onduladas del terreno, con predominio de la horizontalidad. Presenta alta dominancia de contraste de color, y textura de grano fino de la superficie del suelo con una dominancia baja de vegetación, la cual solo está presente en puntos aislados.

Los componentes antrópicos se vinculan directamente a la presencia del camino sobre las laderas.

En las formas del terreno predomina la línea continua, suave y ondulada, fundamentalmente horizontal. Con presencia de agua caracterizada por un río mucho más ancho y bordes con vegetación ribereña. Hacia la pampa, se destaca la diversidad del colorido de la superficie del suelo, encontrando variedades de tonalidades rojizas, cafés y blanquecinas, donde predomina una textura de grano fino. Hacia el fondo de valle empieza a aparecer el verde de pastizales y matorrales bajos aislados, con poca presencia de vegetación arbórea. Se destacan un grupo de Álamos (*Populus alba*). En el componente antrópico se destacan viviendas de madera, aisladas en el fondo del valle, incorporadas al paisaje, existe presencia de antiguas terrazas de cultivo en la parte baja.

- **Punto FU 6. Pasarela Las Escalas**

Se ubica en el curso medio de la quebrada del río Futaleufú, a la altura del paso Ramo donde el camino principal bordea el estero Lonconao, el río se encuentra a 5 Km. hacia el este del camino vehicular a 239 m.s.n.m.

El área de influencia visual presenta una cuenca de forma regular de extenso tamaño. Los puntos de observación permiten vistas panorámicas y una dominancia visual amplia con fuga hacia el tercer plano lejano. Las formas del terreno corresponden a un plano inclinado de suaves lomajes donde predominan las líneas horizontales. Estas son interrumpidas por quebradas menores. En la superficie homogénea del suelo domina el color verde y textura de grano medio. El agua está presente representada principalmente por el río Futaleufú que en este sector se muestra amplio con aguas tranquilas y con pequeñas playas ribereñas que acompañan a la vegetación nativa. La vegetación se restringe al fondo de quebrada en matorrales bajos y formaciones de pampas introducidas.

Importante existencia de un bosque puro de Lengua ubicado en la ladera de los cerros al oeste del cauce. Hacia la quebrada del río aparecen Nalcas y Helechos en forma aislada. Existe presencia de ganado vacuno, caballos y oveja.

El componente antrópico esta solo presente en el poblado de Las Escalas. El poblado es muy menor, se destaca la escuela como marca en el paisaje, un pequeño molino de agua, y los cultivos para el pastoreo.

- **Punto FU 7. Pasarela Toro**

Se ubica en el curso medio de la quebrada del Río Futaleufú, en el sector el faldeo donde se juntan los ríos Azul y Futaleufú a 223 m.s.n.m.

Las formas del terreno se presentan en un primer plano inmediato, con imponentes afloraciones rocosas, en las que se presenta una textura de grano grueso y formas dominantes. La presencia de agua en una línea continua pero con bifurcaciones, sigue caracterizándose por su dominancia de color y permanente sonido. La cubierta vegetal mantiene la presencia de bosque siempre verde, densamente poblado con una abundancia media a alta. La presencia antrópica es menor, presentándose poca densidad de viviendas en buen estado. Las construcciones de madera se encuentran distribuidas a media ladera, no en el fondo del valle.

- **Punto FU 8. Río Azul**

Se ubica en la confluencia del Río Futaleufú con el río Azul, que se presenta como otro afluente principal en el curso medio de la quebrada. El área de influencia presenta características similares a las anteriores cuencas visuales (Forma irregular,

dominancia visual media, compacidad media), pero se diferencia en lo estrecho de su tamaño, es una quebrada muy angosta de límites visuales cercanos (segundo y primer plano) y cumbres de altura considerables.

Las formas del terreno son de una quebrada media y fondo de valle estrecho. Sus laderas de fuerte pendiente presentan material rocoso y vegetación. La presencia de agua como hilo continuo de línea y color, que sumado al sonido continua siendo una marca predominante en el paisaje.

Sigue habiendo vegetación arbórea de grandes dimensiones, dominado por los Coigües con su característica textura y denso color. Aparecen en los segundos planos alturas considerables con cumbre nevadas.

El componente antrópico es poco visible, solo construcciones antiguas aisladas, de madera ubicadas en el fondo de los valles e introducidas en las planicies.

- **Punto FU 9. Mirador Chucao**

Se ubica sobre el camino vehicular entre los sectores el raizal y las vertientes a 174 m.s.n.m. Presenta una cuenca visual amplia, abierta, de forma circular, con múltiples puntos de observación, lo que permite una alta dominancia visual del paisaje con límites en los planos lejanos y altas cumbres. La compacidad es media debido a la morfología del terreno, hay puntos ocultos dentro de la gran panorámica.

Las formas onduladas del terreno se presentan con alturas considerables. La cuenca visual es abierta, destacándose afloramientos rocosos y altas cumbres en el tercer y segundo plano de visión. La presencia del cielo ocupa gran parte de la escena, predominando el contraste del color azul con el verde de la vegetación.

La cubierta vegetal se caracteriza por un predominio del estrato alto que va aumentando en densidad a medida que se asciende en altura. Encontrando gramíneas y herbáceas en el borde del camino, variedades de Helechos en zonas bajas y una presencia continua de matorral compacto, especies de Nothofagus, en los sectores más altos. El componente antrópico solo se hace presente en la infraestructura turística como señalética, paraderos y camino vehicular.

- **Punto FU 10. Pasarela Zapata**

Se ubica entre los sectores El Raizal - Las Vertientes, hacia el oriente del camino vehicular. El área de influencia presenta una cuenta de forma alargada de tamaño medio a extenso. Los puntos de observación se ubican a media ladera, por lo que se producen vistas focalizadas a panorámica con predominio visual medio.

El terreno corresponde a extensas quebradas de forma ondulada y sinuosa, de laderas rocosas que forman cerros de cumbres altas. Predomina fuertemente la homogeneidad de la textura de grano grueso, tanto en las laderas como en el fondo de quebrada, las que se diferencian básicamente por el contraste del color. Cualquier situación distinta de color, forma o textura genera una marca visual en el paisaje.

La alta presencia del agua se percibe a través del río Futaleufú. La cubierta vegetal se caracteriza por el dominio total de arbóreas y arbustivas con una cobertura máxima en media ladera, a pesar de que se presenta como una marca verde continua en torno al curso del río. La quebrada tiene una situación ribereña bastante amplia, con ejemplares aislados de árboles introducidos y plantación de maíz o trigo. El componente antrópico solo se presenta en la zona de cultivos

- **Punto FU 11. Puente Futaleufú**

Se ubica en la intersección del camino Vehicular con el Río Futaleufú a 106 m.s.n.m. Presenta una cuenca visual focalizada, abierta, de forma circular, con variados puntos de observación, lo que permite una dominancia visual media del paisaje con límites en los planos lejanos. Las formas del terreno se visualizan en un primer plano con el predominio de la línea y los colores del agua, que en contraste con su entorno entregan una altísima diversidad visual.

La cubierta vegetal es abundante, se caracteriza por vegetación nativa (Bosque siempre verde), hay muy pocos ejemplares introducidos. El componente antrópico se muestra en la intrusión visual del camino y el puente. Con una espacialidad que se cierra en los cerros presentes, la vista solo se fuga hacia la quebrada en dirección poniente, existe una vista abierta a segundos planos

- **Punto FU 12. Puerto Ramírez**

Se localiza en la unión del estero sin nombre y el Río Futaleufú, en las cercanías de Puerto Ramírez a 46 m.s.n.m. El área de influencia visual tiene una forma circular con un amplio ángulo de visión, de un amplio tamaño, lo que permite algunos puntos de ocultamiento visual otorgando una compacidad media. Las formas del terreno son onduladas con predominio de la línea en un plano inclinado, la cuenca se cierra en un tercer plano, la textura predominante es de grano medio a fino, con fuerte contraste de color.

Existe presencia de vegas y humedales, y una playa natural en la ribera. La cubierta vegetal tiene una textura de grano medio con una cobertura casi total del suelo, se encuentran los primeros humedales. Se visualizan especies peces y aves, mucha presencia de ganado: vacas, ovejas y chivos.

El componente antrópico es importante ya que el poblado constituye un área singular de bifurcación del camino hacia las localidades de Futaleufú y Palena, que diferencia de todos los demás poblados de la comuna.

Es un espacio de alta fragilidad, cualquier intervención extraña a la belleza escénica típica se nota profundamente, por otra parte tiene una intervención antrópica importante, debido a la construcción de un puente y mejoras en el camino vehicular.

- **Punto FU 13. Desembocadura**

Se ubica en la rívera sur-este del Lago del mismo nombre, en el sector puerto piedra (desembocadura) a 43 m.s.n.m.

El área de influencia presenta una cuenca de forma circular y tamaño amplio, que abarca la totalidad del plano inclinado que se desarrolla entre los suaves lomajes de un incipiente valle fluvial. Los puntos de observación se ubican en el plano visual, permitiendo una dominancia visual media, donde predominan las vistas panorámicas, y se percibe la totalidad del paisaje. La cuenca presenta zonas ocultas, por lo que su compacidad es alta.

Las formas del terreno son onduladas, con los tres planos de visión presentes, se presenta como un gran plano inclinado ascendente. Son dominantes las líneas horizontales y la textura de grano medio, es importante el contraste de colorido de las diferentes ramificaciones del río.

La presencia de agua está dada por el río Futaleufú, y la presencia intermitente de rápidos menores. La cubierta vegetal comienza a desarrollarse con un menor cubrimiento de la superficie del suelo, aparecen las formaciones de vegas, con un fuerte predominio de la línea horizontal y el color verde. La fauna toma importancia dentro de la totalidad del paisaje, se pueden avistar aves típicas de humedales como el Martín Pescador. El componente antrópico se percibe solo en los rastros del arreo de ganado y por la presencia de caminos secundarios. Además, existe la presencia de zonas de acampe y pic-nic municipales y privados en los sectores ribereños.

## **b) Actividades Sin y Con Contacto Directo**

A partir de la información obtenida de entrevistas con actores seleccionados como de entrevistas en terreno y de observaciones directas, se pudieron identificar las principales actividades turísticas que se desarrollan en el río y en el entorno a él, y además ubicarlas geográficamente en los puntos de estudio seleccionados; en el Cuadro 8.4-2 se incluye dicha información.

**CUADRO 8.4-2**  
**ACTIVIDADES SIN Y CON CONTACTO DIRECTO (ASCD y ACCD)**

N°	Distancia	LUGAR	ASCD	ACCD
<b>TRAMO 1 SCD</b>				
FU1	0	Estación Fluviométrica Futaleufú en la Frontera	Trekking. Observación de flora, fauna y paisaje.	rafting y Kayak Clase I + Pesca Deportiva
FU2	9,72	Puente Gálvez	Trekking. Observación de flora, fauna y paisaje.	rafting y Kayak Clase III Pesca Deportiva
FU3	13,08	Reserva Nacional Futaleufú	Trekking. Observación de flora, fauna y paisaje.	rafting y Kayak Clase III Pesca Deportiva
<b>TRAMO 2 SCD</b>				
FU4	15,29	La Confluencia Espolón-Futaleufú		rafting y Kayak Clase V y V+ Pesca Deportiva
FU5	19,29	Las Estacas		rafting y Kayak Clase V y V+ Pesca Deportiva
FU6	19,59	Pasarela Las Escalas		rafting y Kayak Clase V y V+ Pesca Deportiva
<b>TRAMO 3 SCD</b>				
FU8	No en el río	Río Azul	Agro turismo	rafting y Kayak Clase V Pesca Deportiva
FU7	31,39	Pasarela Toro	Agro turismo	rafting y Kayak Clase V Pesca Deportiva
FU9	40,81	Mirador Chucao	Agro turismo	rafting y Kayak Clase V Pesca Deportiva
FU10	41,71	Puente Zapata	Agro turismo	rafting y Kayak Clase V Pesca Deportiva
<b>TRAMO 4 SCD</b>				
FU11	47,91	Puente Futaleufú	Trekking. Observación de flora, fauna y paisaje.	kayak Clase III a IV Pesca
FU12	60,31	Puerto Ramírez	Trekking. Observación de flora, fauna y paisaje.	kayak Clase III a IV Pesca
FU13	64,61	Desembocadura	Trekking. Observación de flora, fauna y paisaje.	kayak de mar Clase I a II Pesca

### c) Elementos Estructurantes del Paisaje Río

En el Anexo 8.4-1 se incluye un cuadro de valoración de elementos estructurantes del paisaje asociados a la presencia del río. A su vez, se entrega como documento interno de trabajo un set de fotografías de diferentes puntos del río Futaleufú que fueron visitados y analizados desde el punto de vista del paisaje río.

Los siguientes puntos fueron evaluados como características estructurantes del río Futaleufú:

- Color
- Sonido del agua
- Velocidad del Caudal
- Transparencia del agua
- Existencia de playa de río
- % vegetación nativa
- % vegetación introducida
- Presencia de Acantilados
- Existencia de Miradores
- Presencia de Senderos ribereño o la factibilidad de existencia
- Puntos con vista panorámica
- Avistamiento de Fauna
- Marcas positivas en el paisaje
- Marcas negativas en el paisaje
- Interés cultural general del área o punto de observación

A través de la valoración del itemizado anterior, más la caracterización general de cada punto de observación, se determinan para el río Futaleufú cuatro tramos o unidades de paisaje; en el Plano 8.4-1 se muestra la zonificación.

- **Tramo SCD 1. Sector El Límite y Reserva Nacional Futaleufú**

Se caracteriza por la presencia de un valle principal con una abrupta topografía dominante sobre la cota 1.000 msnm, paisaje de una gran amplitud y escala, inserto en la Cordillera de los Andes del interior de la provincia de Palena. Quebradas con presencia de cursos de agua que permitieron desde antaño el asentamiento humano, transformándose en corredores conectores entre la costa del Pacífico y Los Andes patagónicos. Resaltando por ello el valor patrimonial natural y cultural.

La diversidad del punto de observación, tanto a media ladera, como en fondo de quebrada, genera vistas focalizadas, direccionadas y/o cerradas, en los primeros y

segundos planos de visión, y ausencia total de plano de fondo escénico. Esto permite una dominancia visual parcial del área, y una mayor dinámica del paisaje.

En cuanto al uso turístico, desde El Límite hasta Reserva Futaleufú se desarrollan actividades de Trekking en senderos interpretativos de dicha Reserva.

Alta dominancia de color, textura y forma, poca intervención antrópica en el Paisaje.

- **TRAMO SCD 2 Sector La Confluencia (unión del Río Espolón con el Futaleufú) hasta Pasarela Las Escalas**

Se caracteriza por una geomorfología diversa, expresada tanto en pequeños valles que aparecen hacia el oriente entre lomajes suaves ondulados producto de cursos de agua y quebradas menores. Esto ha permitido el desarrollo histórico de actividades agrícolas de pastoreo no intensivo, de pequeñas comunidades campesinas que se han asentado aisladamente en el territorio, manteniendo sus recursos culturales.

Prevalece una cubierta vegetal densa y homogénea en las laderas de los cerros, dominada por el follaje estratificado de los Nothofagus. En el paisaje dominan las vistas panorámicas con puntos de interés escénico hacia el tercer plano de visión. Se destaca el contraste visual de las altas cumbres nevadas y la silueta continúa de la cordillera de Los Andes.

- **TRAMO SCD 3: Entre Río Azul y Puente Zapata**

Se caracteriza por una geomorfología abrupta donde la Cordillera de las Andes se presenta con paredes de roca de mediana altura, que caen directo al río Futaleufú, formando un borde ribereño abrupto sin acceso visual intermedio, donde predominan las líneas horizontales del cuerpo de agua azul visible desde el oriente y poniente del valle. Domina la textura y colorido de la superficie de agua y sus riberas provistas de vegetación, excepto por el borde inmediato con formaciones rocosas cubiertas de algas que dejan entre ver el nivel medio del agua, presencia de vegetación arbustiva desarrollada en la desembocadura del río Futaleufú.

La intervención humana se expresa solo en la localidad de Las Estacas y en ambos caminos de acceso a ella (ribera norte y sur), donde se encuentran importantes representaciones de asentamientos campesinos y agros turísticos de baja escala.

- **TRAMO SCD 4: Desde Puente Futaleufú hasta Desembocadura en Lago Yelcho**

Se destaca la trilogía del contraste visual entre las laderas abruptas con texturas homogéneas, cubiertas de vegetación nativa típica del Bosque Valdiviano; la intensa

franja continua de río Futaleufú en el fondo de la quebrada, densamente coloreado de un intenso azul que caracteriza este sinuoso cuerpo de agua, que se va encajonando hacia el este por la predominancia de cordones montañosos; y hacia el oeste, desemboca en el imponente Lago Yelcho que se presenta entregando una implicación de vistas panorámicas.

#### d) Tramos Según Actividades con Contacto Directo

Desde el punto de vista de las actividades con contacto directo, el río en el tramo de estudio presenta intenso uso en descenso de kayak y rafting, y es su principal característica por la que es conocido.

De acuerdo con los usos del río para este tipo de actividades, puede dividirse en 8 subtramos y agruparse en definitiva en 3 grandes tramos, los cuales se describen a continuación.

- **Tramo CCD 1. Sector El Límite hasta antes Confluencia río Espolón**

El primer tramo comprende desde la frontera hasta la confluencia con el río Espolón, con niveles de riesgo menores, usos de entrenamiento o aprendizaje de descenso en Kayak, rafting y pesca desde orilla o en bote.

Este primer tramo comprende lo siguiente:

#### TRAMO 1 ACCD

ZONIFICACION RIO FUTALEUFU PARA ACCD	LIMITES	ACTIVIDADES	GRADO DE DIFICULTAD
Subtramo 1 ACCD	Desde Frontera (El límite) hasta Puente Gálvez	Pesca Deportiva desde orilla con mosca y desde bote Balsa (Floating) Rafting	CLASE I+
Subtramo 2 ACCD	Puente Gálvez hasta confluencia con río Espolón	Pesca Deportiva Pozón de los reyes (lugar natural de reproducción de peces) Rafting Balseo	CLASE III

- **TRAMO CCD 2 Sector La Confluencia río Espolón hasta Estero el Sapo.**

Este tramo presenta las mejores condiciones para las actividades de descenso en el río por kayak y rafting, y corresponde al destino principal del río principalmente para turistas y deportistas extranjeros. El tramo incluye un cañón muy atractivo que requiere alto nivel técnico para navegarlo. La dificultad de descenso se presenta en torno a Clase V.

Este tramo comprende lo siguiente:

#### **TRAMO 2 ACCD**

<b>ZONIFICACION RIO FUTAUEFU PARA ACCD</b>	<b>LIMITES</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>GRADO DE DIFICULTAD</b>
Subtramo 3 ACCD	Confluencia Espolón hasta Las Escalas (Pasarela Toro)	Descenso en Kayak (Se encuentra en este tramo el "cañón del infierno") Rafting	CLASE V Y CLASE V+
Subtramo 4 ACCD	Desde Pasarela Toro hasta Pasarela Zapata	Kayak (Llamado Sector "Terminador" Rápido más largo y de gran calidad) Rafting	CLASE V
Subtramo 5 ACCD	De pasarela Zapata Hasta Puente Futaleufú	Rafting	CLASE III Y IV
Subtramo 6 ACCD	Desde Puente Futaleufú hasta estero Sapo	Kayak Rafting	CLASE V

- **TRAMO CCD 3: Desde Estero El Sapo hasta la desembocadura del río en lago Yelcho**

Este último tramo presenta condiciones más benignas para el descenso, desde donde se inician actividades de kayak de mar que atraviesan el lago Yelcho y se proyectan hasta el Océano. Además se pueden realizar actividades de rafting y pesca.

Los subtramos que lo componen son:

**TRAMO 3 ACCD**

ZONIFICACION RIO FUTALEUFU PARA ACCD	LIMITES	ACTIVIDADES	GRADO DE DIFICULTAD
Subtramo 7 ACCD	Desde estero El sapo Hasta Puerto Ramírez Tramo Macal	Rafting pesca	CLASE III
Subtramo 8 ACCD	Desde Puerto Ramírez hasta lago Yelcho y el mar	Pesca; inicio de travesías en Kayak de mar, de 3 a 4 días de navegación)	CLASE I y II

**d) Conclusiones relativas a la Caracterización del área de estudio**

Desde el análisis del uso turístico sin contacto directo, el río Futaleufú, en el tramo estudiado, presenta un grado de "Belleza escénica" o atractivo paisajístico muy alto: los elementos constituyentes del "paisaje río", para este río en específico están dados por:

- el color del agua (turquesa profundo);
- la alta concentración de vegetación nativa arbórea de altura imponente, que llega hasta sus bordes;
- el contraste cromático que se produce en el encuentro del triunvirato siempre presente: agua-vegetación-cielo.
- La lectura de pristinidad.

El río Futaleufú presenta características que lo han convertido en un lugar atractivo internacionalmente y por lo tanto objetivo de turismo de intereses especiales, especialmente kayak, donde existen rápidos en algunos sectores clase VI. Una de ellas es la diversidad de su morfología fluvial, presenta una única combinación de lechos rocosos con lechos aluviales y la conformación variada de riberas, con una amplia gama de pendientes dando origen a la existencia de cascadas, lechos planos, saltos, pozas y rápidos.

Este diverso río está emplazado en una cuenca de alta pristinidad, lo que se aprecia en la baja dominancia de los elementos del paisaje que presenta el factor antrópico, en comparación a lo relevante de los elementos naturales, donde la cobertura del agua tiene un peso muy relevante. Es decir, el río en relación al entorno global es un elemento estructurante del Paisaje.

### 8.4.3 Eje Hidráulico en el Río Futaleufú

#### a) Generalidades

La metodología utilizada en la generación del eje hidráulico en el río Futaleufú sido similar a la seguida para el caso del río Cochiguaz, de modo que se ha creído conveniente no reiterar dichos conceptos. Lo anterior es válido para los siguientes puntos:

- Información Topográfica; se utilizó el modelo digital de elevación (Digital Elevation Model) utilizando en forma combinada datos satelitales ópticos ASTER y de radar SRTM
- Confección del Modelo Hidráulico
- Metodología de Cálculo del Software Hec Ras

#### b) Coeficientes de Rugosidad

No existe un método único para estimar el coeficiente de rugosidad  $n$ ; en general se requiere un poco de experiencia para elegir el valor adecuado. El valor adecuado es aquel que incluye los factores propios del cauce como son vegetación, meandros, obstrucciones, entre otros, razón por lo cual son importante las observaciones realizadas en terreno, tendientes a cualificar y cuantificar esos factores.

En este caso se usa el método de Cowan, la cual considera los factores más relevantes para la determinación de  $n$ :

$$n = m \cdot (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

Donde:

- $m$  : Factor de meandros del canal.
- $n_0$  : Es el valor del coeficiente de Manning base, para un canal recto, uniforme, prismático con perímetro de rugosidad homogénea.
- $n_1$  : Corrección por irregularidades superficiales del perímetro mojado lo largo el tramo en estudio (superficie mojada).
- $n_2$  : Corrección por variación de forma y dimensiones de las secciones.
- $n_3$  : Corrección por obstrucciones: troncos, rocas, etc.
- $n_4$  : Corrección por presencias de vegetación.

Los valores para estos coeficientes se han extraído de la Tabla 3.707.104.B del Manual de Carreteras 2002, Dirección de Vialidad y se presentan en el Cuadro 8.4-3.

**CUADRO 8.4-3  
COEFICIENTES DE RUGOSIDAD TÍPICOS**

CONDICIONES DEL CANAL		VALOR	
Material del Lecho	Tierra	n0	0,020
	Roca Cortada		0,025
	Grava Fina		0,024
	Grava Gruesa		0,028
Grado de Irregularidad del Perímetro Mojado	Perímetro Despreciable	n1	0,000
	Leve		0,005
	Moderado		0,010
	Alto		0,020
Variaciones de las Secciones	Graduales	n2	0,000
	Alternándose		0,005
	Ocasionalmente		0,010 – 0,015
	Frecuentemente		0,010 – 0,015
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Despreciable	n3	0,000
	Leve		0,010 – 0,015
	Apreciable		0,020 – 0,030
	Alto		0,040 – 0,060
Densidad de Vegetación	Baja	n4	0,005 – 0,010
	Media		0,010 – 0,025
	Alta		0,025 – 0,050
	Muy Alta		0,050 – 0,100
Sinuosidad y Frecuencia de Meandros	Leve	m	1,000
	Apreciable		1,150
	Alto		1,300

De acuerdo con lo observado en terreno, y utilizando la bibliografía existente, en el Cuadro 8.4-4 se incluyen los valores de “n<sub>i</sub>” escogidos para determinar el coeficiente n total.

**CUADRO 8.4-4  
DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD  
DEL RÍO FUTALEUFÚ**

Tramo	n0	n1	n2	n3	n4	m	ntotal
Ribera Izquierda	0,020	0,005	0,005	0,005	0,011	1,000	0,046
Cauce Central	0,015	0,005	0,005	0,005	0,005	1,000	0,035
Ribera Derecha	0,020	0,005	0,005	0,005	0,011	1,000	0,046

Los coeficientes "ni" fueron calibrados con la curva de descarga de la estación fluviométrica Río Futaleufú en La Frontera y Río Futaleufú Antes Junta Malito, tal cual se explica más adelante.

### **c) Coeficientes de Expansión y Contracción**

En el tramo de estudio del Río Futaleufú, se han determinado los valores más apropiados para la contracción y expansión necesarios para modelar las pérdidas de energía del flujo. Para la expansión se considera un coeficiente de 0,3, por su parte el coeficiente de contracción se ha considerado 0,1, debido a que mayoritariamente en el cauce, sólo se producen cambios de sección natural.

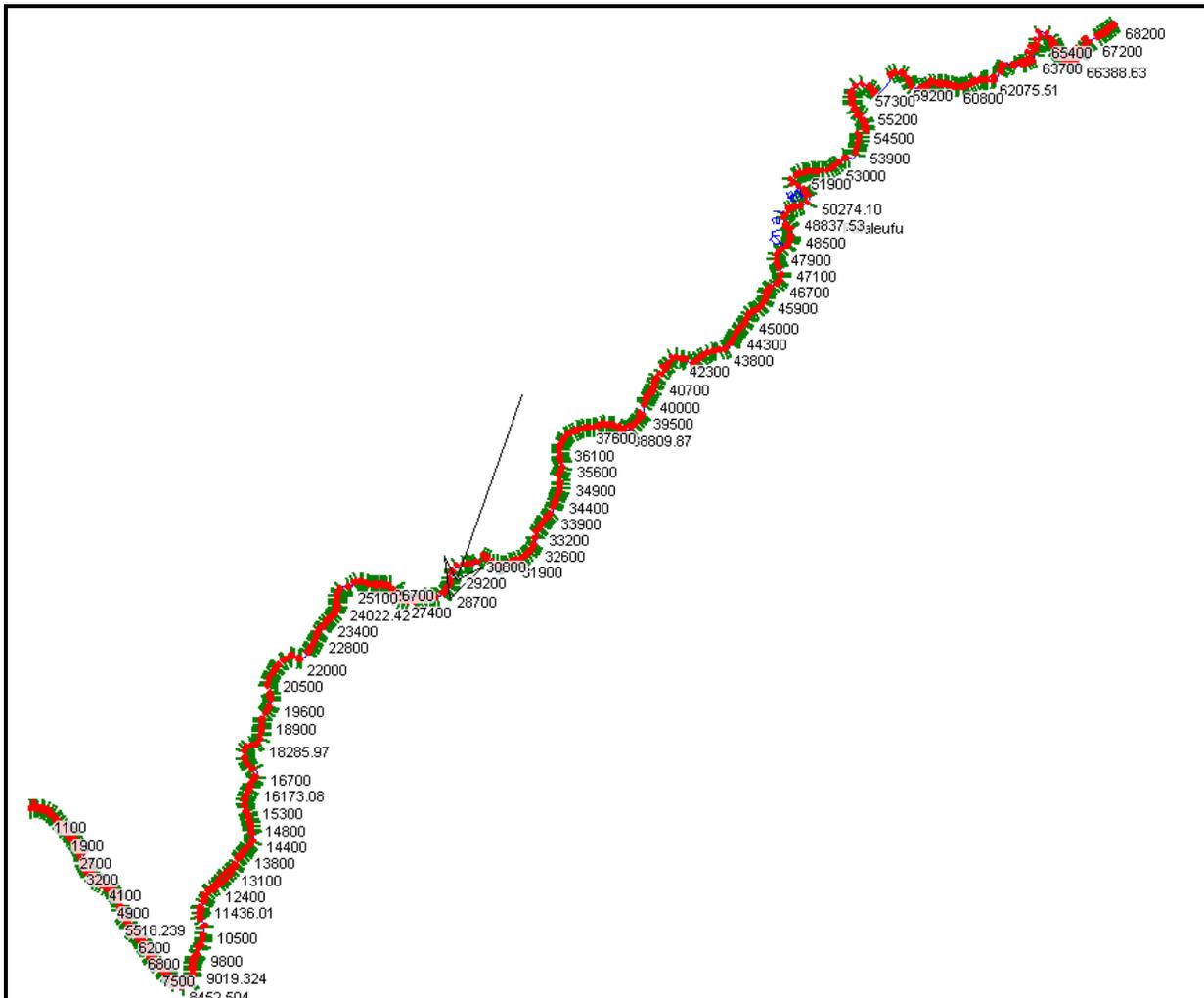
### **d) Perfiles Transversales**

Los perfiles transversales se han obtenido del modelo digital, mecánicamente empleando el software computacional HEC-GEORAS; con esto se han obtenido perfiles transversales, en promedio, cada 100 m.

Esto permitió tener una cantidad 566 perfiles en una longitud de 68,2 km.

En la figura a continuación se presenta un esquema en planta de la ubicación y distancia de cada perfil transversal, según el modelo HEC-RAS.

**FIGURA 8.4-1**  
**ESQUEMA EN PLANTA DEL MODELO HEC RAS**



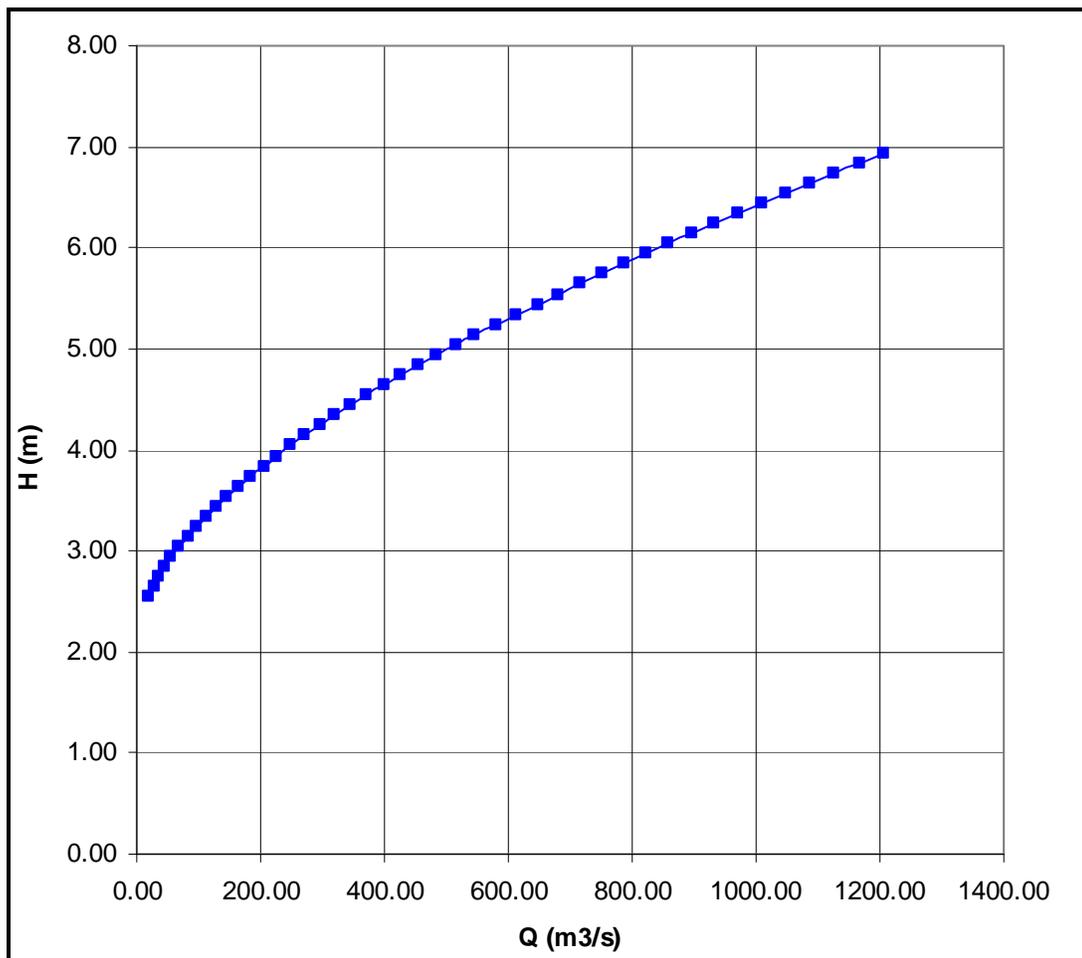
**e) Condiciones de Borde**

Con el fin de establecer las condiciones de borde del eje hidráulico, se ha considerado un régimen mixto, el cual es capaz de alternar tanto el régimen de río o subcrítico y el régimen de torrente o supercrítico. La condición inicial de cálculo corresponde a la altura normal tanto al principio como el fin del tramo. La pendiente se ha estimado en 0,0029 m/m y 0,0008 m/m, para la condición aguas arriba y aguas abajo, respectivamente. En base a esta información se obtienen las alturas normales para cada caudal analizado.

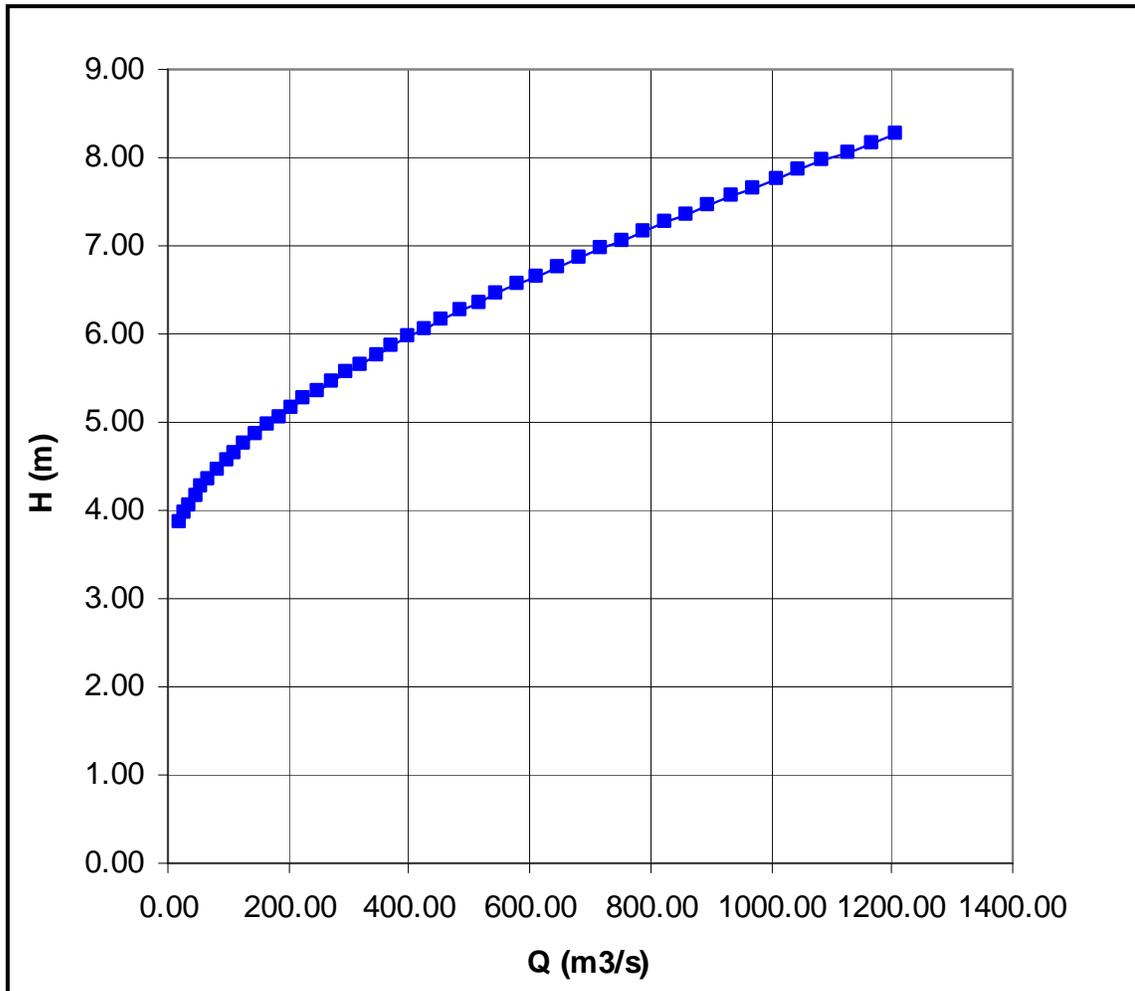
**f) Calibración del Modelo Hidráulico**

El modelo se ha calibrado considerando la información obtenida de la curva de descarga de la Estación Fluviométrica Río Futaelufú en La Frontera y Río Futaleufú Antes Junta Malito; esta información se presenta en las Figuras 8.4-2 y 8.4-3 siguientes:

**FIGURA 8.4-2  
CURVA DE DESCARGA ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA  
RÍO FUTALEUFÚ EN LA FRONTERA**



**FIGURA 8.4-3**  
**ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO FUTALEUFÚ ANTES JUNTA MALITO**



## RÍO FUTAEUFÚ EN LA FRONTERA



Los resultados finales obtenidos en la calibración se incluyen en el Cuadro 8.4-5, 8.4-6, y Figuras 8.4-4 y 8.4-5 siguientes.

**CUADRO 8.4-5**  
**CALIBRACIÓN EJE HIDRÁULICO EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**  
**RÍO FUTAEUFÚ EN LA FRONTERA**

Q m <sup>3</sup> /s	Altura de Agua Simulada (m)	Altura de Agua Curva de Descarga (m)	Diferencia (m)
137,0	2,81	2,54	0,27
151,0	2,88	2,64	0,24
167,0	2,96	2,74	0,22
184,0	3,03	2,84	0,19
204,0	3,11	2,94	0,17
224,0	3,19	3,04	0,15
246,0	3,27	3,14	0,13
269,9	3,36	3,24	0,12
297,9	3,45	3,34	0,11
327,2	3,54	3,44	0,10
357,7	3,63	3,54	0,09

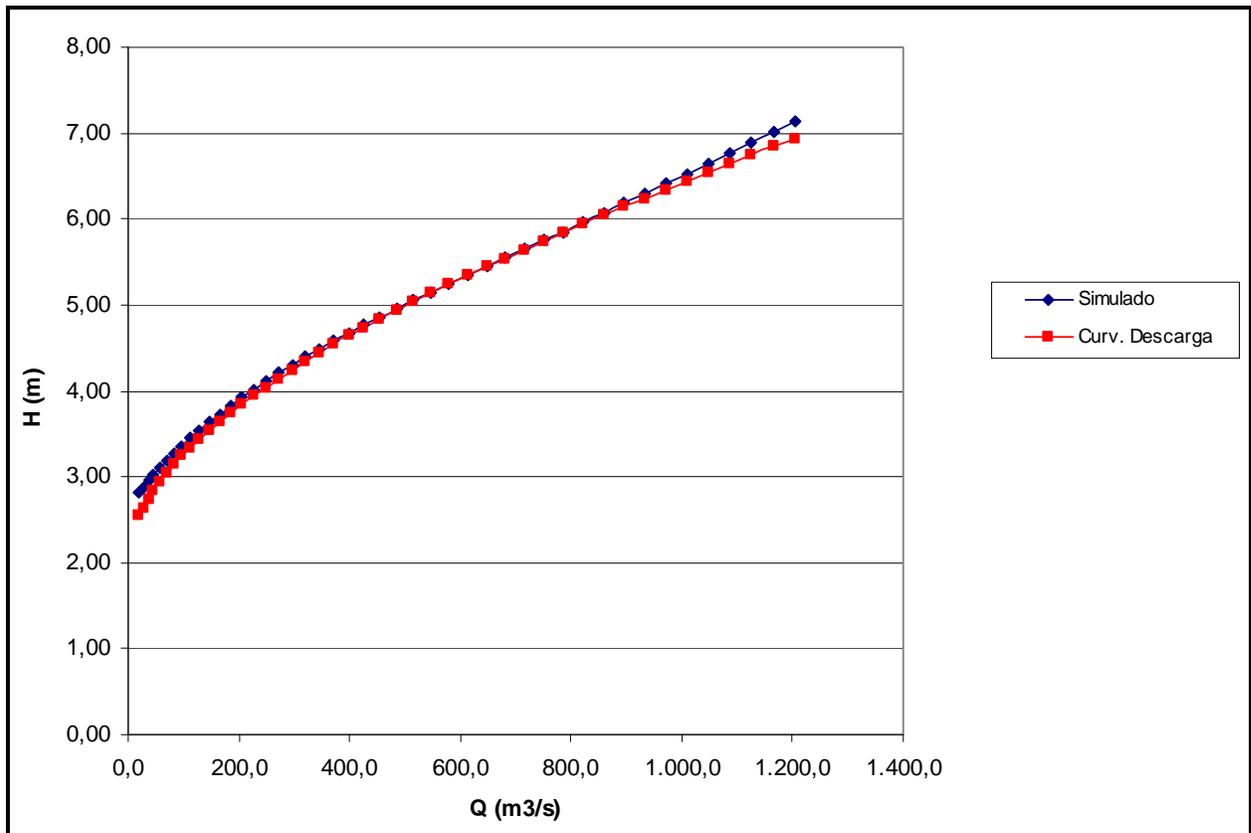
<b>Q</b> <b>m3/s</b>	<b>Altura de Agua</b> <b>Simulada (m)</b>	<b>Altura de Agua Curva</b> <b>de Descarga (m)</b>	<b>Diferencia</b> <b>(m)</b>
389,6	3,73	3,64	0,09
422,7	3,83	3,74	0,09
457,0	3,93	3,84	0,09
492,6	4,02	3,94	0,08
528,5	4,12	4,04	0,08
564,8	4,21	4,14	0,07
601,5	4,30	4,24	0,06
638,6	4,40	4,34	0,06
676,2	4,49	4,44	0,05
714,2	4,58	4,54	0,04
752,6	4,67	4,64	0,03
791,5	4,77	4,74	0,03
830,8	4,86	4,84	0,02
870,5	4,95	4,94	0,01
910,7	5,05	5,04	0,01
951,2	5,15	5,14	0,01
992,3	5,25	5,24	0,01
1.033,7	5,35	5,34	0,01
1.074,6	5,45	5,44	0,01
1.115,6	5,55	5,54	0,01
1.158,0	5,65	5,64	0,01
1.201,7	5,75	5,74	0,01
1.246,8	5,85	5,84	0,01
1.293,2	5,96	5,94	0,02
1.341,0	6,07	6,04	0,03
1.390,1	6,18	6,14	0,04
1.440,5	6,29	6,24	0,05
1.492,3	6,41	6,34	0,07
1.545,4	6,52	6,44	0,08
1.599,9	6,64	6,54	0,10
1.655,7	6,77	6,64	0,13
1.712,8	6,89	6,74	0,15
1.771,3	7,01	6,84	0,17
1.831,2	7,14	6,94	0,20

**CUADRO 8.4-6**  
**CALIBRACIÓN EJE HIDRÁULICO EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**  
**RÍO FUTALEUFÚ ANTES JUNTA MALITO**

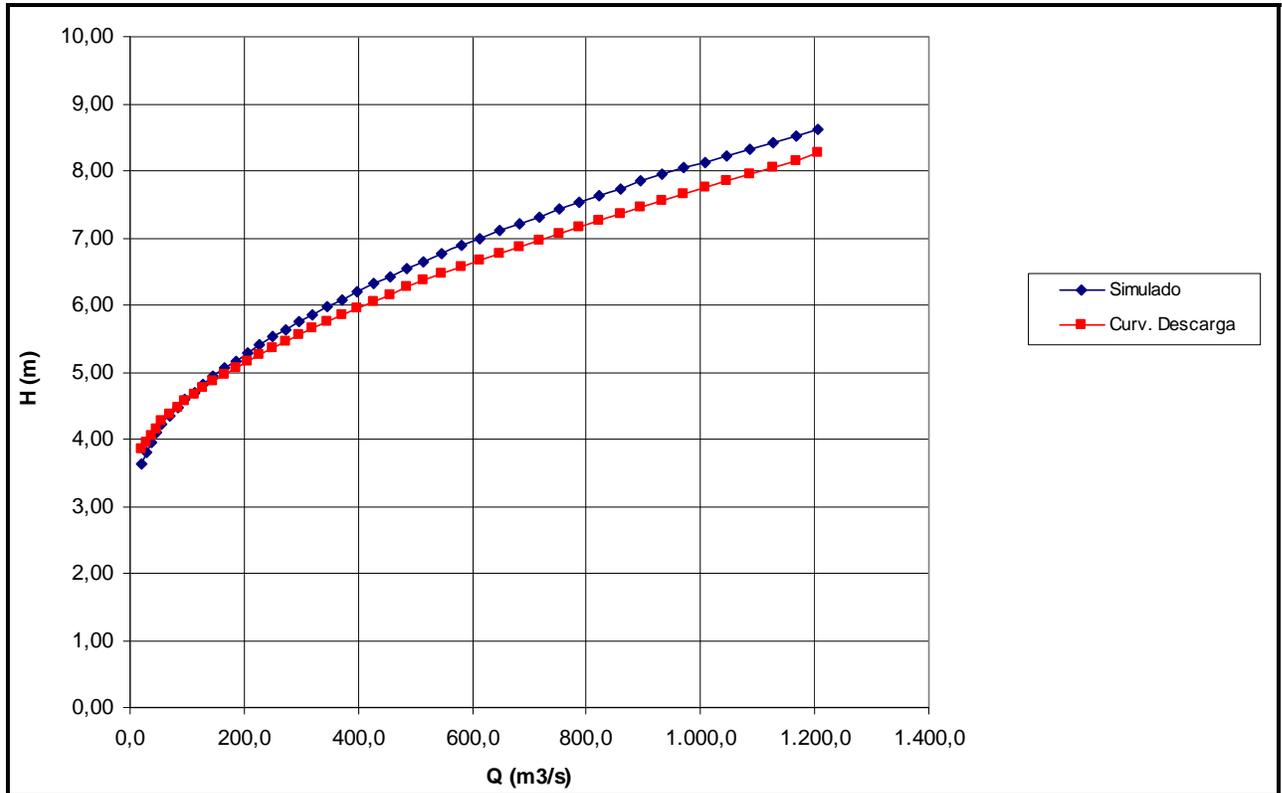
<b>Q</b> <b>m3/s</b>	<b>Altura de Agua</b> <b>Simulada (m)</b>	<b>Altura de Agua Curva</b> <b>de Descarga (m)</b>	<b>Diferencia</b> <b>(m)</b>
20,0	3,64	3,86	0,22
28,0	3,81	3,96	0,15
37,0	3,96	4,06	0,10
46,0	4,09	4,16	0,07
56,0	4,21	4,26	0,05
69,0	4,34	4,36	0,02
83,0	4,47	4,46	0,01
97,0	4,59	4,56	0,03
112,0	4,70	4,66	0,04
128,0	4,81	4,76	0,05
146,0	4,93	4,86	0,07
165,5	5,05	4,96	0,09
185,0	5,17	5,06	0,11
205,5	5,29	5,16	0,13
226,0	5,40	5,26	0,14
249,0	5,52	5,36	0,16
272,0	5,63	5,46	0,17
296,0	5,75	5,56	0,19
320,0	5,86	5,66	0,20
346,0	5,97	5,76	0,21
372,0	6,08	5,86	0,22
399,0	6,20	5,96	0,24
426,0	6,31	6,06	0,25
455,0	6,42	6,16	0,26
485,0	6,54	6,26	0,28
515,5	6,65	6,36	0,29
546,0	6,76	6,46	0,30
579,5	6,88	6,56	0,32
613,0	6,99	6,66	0,33
647,5	7,10	6,76	0,34
682,0	7,21	6,86	0,35
717,0	7,32	6,96	0,36
752,0	7,43	7,06	0,37
787,5	7,53	7,16	0,37
823,0	7,64	7,26	0,38
859,5	7,74	7,36	0,38
896,0	7,84	7,46	0,38
933,5	7,94	7,56	0,38
971,0	8,04	7,66	0,38
1.009,0	8,13	7,76	0,37
1.047,0	8,23	7,86	0,37

Q m3/s	Altura de Agua Simulada (m)	Altura de Agua Curva de Descarga (m)	Diferencia (m)
1.086,0	8,32	7,96	0,36
1.126,6	8,42	8,06	0,36
1.166,4	8,52	8,16	0,36
1.206,2	8,61	8,26	0,35

**FIGURA 8.4-4**  
**RESULTADOS CALIBRACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**  
**FUTALEUFÚ EN LA FRONTERA**



**FIGURA 8.4-5**  
**RESULTADOS CALIBRACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**  
**FUTALEUFÚ ANTES JUNTA MALITO**



Como se aprecia en los cuadros y figuras anteriores, se observa un buen ajuste entre los resultados obtenidos por el modelo y los obtenidos directamente de la curva de descarga.

#### **g) Caudales Modelados y Resultados Obtenidos**

De acuerdo con los resultados del estudio hidrológico efectuado, se operó el modelo del eje hidráulico en el río Futaleufú para caudales de 100, 200, 400, 600, 800 y 1.000  $m^3/s$ . Los resultados se incluyen en el Anexo 8.4-2; un resumen con los valores alturas y velocidades de agua máximas y mínimas se incluyen en el Cuadro 8.4-7.

**CUADRO 8.4-7  
ALTURAS DE AGUAS Y VELOCIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS**

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Altura de Agua (m)		Velocidad (m/s)	
	Mín	Máx	Mín	Máx
100	0,70	26,25	0,01	10,24
200	0,94	27,32	0,02	10,93
400	1,30	28,91	0,03	11,72
600	1,58	30,13	0,05	12,30
800	2,03	31,15	0,06	12,74
1.000	2,25	32,05	0,07	13,09

#### 8.4.4 Análisis del Eje Hidráulico en Función de Actividades Sin Contacto Directo (SCD) y Con Contacto Directo (CCD)

En el Cuadro 8.4-8 se incluye la ubicación espacial de las diferentes y principales actividades turísticas (SCD y CCD) con sus respectivos requerimientos mínimos para el desarrollo de éstas; estos requerimientos mínimos se han obtenido de la bibliografía internacional que fue recopilada.

**CUADRO 8.4-8  
ACTIVIDADES TURÍSTICAS EN EL RÍO FUTALEUFÚ Y LOS  
REQUERIMIENTOS HÍDRICOS ASOCIADOS**

N°	DISTANCIA	PRINCIPALES USOS ACTUALES TURÍSTICOS		CONDICIONES PREFERENTES DE USO		
		SCD	CCD	Ancho Sup. (W)	Profundidad (H)m	Velocidad (V) m/s
<b>TRAMO 1</b>						
FU1		Trekking. Observación de flora, fauna y paisaje.	Kayak Rafting Pesca			
FU2		Trekking. Observación de flora, fauna y paisaje.	Kayak Rafting Pesca			
FU4		Trekking. Observación de flora, fauna y paisaje.	Kayak Rafting Pesca			

N°	DISTANCIA	PRINCIPALES USOS ACTUALES TURISTICOS		CONDICIONES PREFERENTES DE USO		
		SCD	CCD	Ancho Sup. (W)	Profundidad (H)m	Velocidad (V) m/s
FU5	KM	Observación de flora, fauna y paisaje.	Kayak Rafting Pesca	> 20	0.8-1,5	1-3
FU3		Trekking.	Kayak Rafting Pesca	> 20	0.8-1,5	1-3
FU6		Observación de flora, fauna y paisaje.	Kayak Rafting Pesca	> 20	0.8-1,5	1-3
<b>TRAMO 4</b>						
FU8		Agro turismo	Kayak Rafting Pesca	> 20	0.8-1,5	1-3
FU7		Agro turismo	Kayak Rafting Pesca	> 20	0.8-1,5	1-3
FU9		Agro turismo	Kayak Rafting Pesca	> 20	0.8-1,5	1-3
FU10		Agro turismo	Kayak Rafting Pesca	> 20	0.8-1,5	1-3
FU11		Trekking. Observación de flora, fauna y paisaje.	kayak de mar Pesca	> 20	0.8-1,5	1-3
FU12		Trekking. Observación de flora, fauna y paisaje.	kayak de mar. Pesca	> 20	0.8-1,5	1-3
FU13		Trekking. Observación de flora, fauna y paisaje.	kayak de mar Pesca	> 20	0.8-1,5	1-3

Las condiciones preferentes para el uso de las actividades con contacto directo se han obtenido de las recomendaciones de ("Flow Requirements for Recreation and Wildlife in New Zealand Rivers, A Review" M.P; Mosley Centro de Hidrología Revista: Journal of Hydrology N.Z. Vol 22 N 2,

1983). Las que son similares a las propuestas realizadas por Hyra (1978). Un extracto de ellas para las actividades que se desarrollan en el río Futaleufú se presenta en la tabla siguiente:

**CUADRO 8.4-9**  
**REQUERIMIENTOS HÍDRICOS PARA ACTIVIDADES**  
**CON CONTACTO DIRECTO**

Actividad	Requerimientos Hídricos Recomendados Ancho Superficial (W) m Profundidad (H) m velocidad (V) m/s
Vadeo y Pesca de Orilla	$H \times V < 1,0$
	H 0,4 - 0,6
	$V < 0,5$
Nado	$W > 10$
	H 1,5; para Buceo $H > 2,0$
	$V < 0,3$
Aguas Blancas rafting/canoa	$W > 20$ ; espacio entre rocas $> 2,0$
	H 0,8- 1,5
	$V 1,0-3,0$
Caminata en cauce	$H \times V < 1,0$
Pesca con caña de orilla	W – Tal que permita el hábitat de peces
	H - Tal que permita el hábitat de peces
	V - Tal que permita el hábitat de peces
Pesca con caña desde bote	$W > 7,5$
	H 0,6-1,5
	$V < 1,5$

Fuente: Mosley, 1983

#### a) **Requerimientos Hídricos de Actividades SCD**

El río Futaleufú presenta características que lo han convertido en un lugar atractivo internacionalmente y por lo tanto objetivo de turismo de intereses especiales. Una de ellas es la diversidad de su morfología fluvial, presenta una única combinación de lechos rocosos con lechos aluviales y la conformación variada de riberas, con una amplia gama de pendientes dando origen a la existencia de cascadas, lechos planos, saltos, pozas y rápidos.

Esta diversidad morfológica tiene directa relación con el desarrollo hidrobiológico del río, siendo un hábitat de alta calidad para distintas especies de salmonídeos (truchas y salmones) que prefieren aguas frías y ricas en oxígeno disuelto.

Este diverso río está emplazado en una cuenca de alta pristinidad, lo que se aprecia en la baja dominancia de los elementos del paisaje que presenta el factor antrópico, en comparación a lo relevante de los elementos naturales, donde la cobertura del agua tiene un peso muy relevante.

**Es decir, el río en relación al entorno global es un elemento estructurante del Paisaje.**

La designación del entorno del cauce como Zona de Interés Turístico, es coincidente con el resultado obtenido, en el sentido de la valorización y la importancia turística del área.

La zona central del río Futaleufú, de alta calidad de paisaje, constituye el sector de preferente uso turístico en el río y es coincidente con los Tramos 3 al 6 de las actividades con contacto directo.

Para la determinación del o los caudales mínimos de reserva turística para actividades sin contacto directo, para este tramo de estudio en el río Futaleufú, no será de relevancia, qué caudal posibilita o limita la actividad turística determinada, ya que por su caudal esta no es una restricción aparente, si no, la determinación del valor de caudal que represente el constructo cultural, "paisaje río Futaleufú", es decir la construcción mental (percepción) de los turistas, el recuerdo, la imagen construida y relatada, y la verificación de esa imagen en una futura permanencia en el lugar.

Tal cual fuera señalado en este mismo punto para el caso del río Baker, se propone que para determinar cuál es el requerimiento hídrico efectivo del río Futaleufú en lo concerniente a las actividades sin contacto directo, es necesario realizar un análisis de los caudales medios diarios y medios mensuales para cada mes, durante un período determinado, permitiendo elegir un valor representativo "de real ocurrencia", para cada mes, y con esos valores construir una nueva tabla de caudales representativos y de mayor frecuencia de ocurrencia, para que ellos sirvan para tener valores de referencia como requerimientos mínimos para las actividades sin contacto directo; es decir para mantener los atributos de paisaje del río Futaleufú.

En el Cuadro 8.4-10 se incluyen los resultados obtenidos, con información de número de veces que se repiten determinados rangos de caudales medios diarios, indicando el valor del caudal (el mayor) que cumple con esa premisa (estación Río Futaleufú antes Junta Río Malito, período 2002 - 2009).

**CUADRO 8.4-10**  
**REPETICIÓN DE CAUDALES EN RANGOS MEDIOS DIARIOS**  
**ESTACIÓN RÍO FUTALEUFÚ ANTES JUNTA MALITO**

Rango (m <sup>3</sup> /s)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0-200	3	26	67	23	0	0	0	5	0	0	0	0
200-250	26	11	16	18	0	1	4	18	4	0	3	0
250-300	25	28	34	41	30	1	7	1	15	9	7	22
300-350	29	49	53	30	33	10	5	3	3	7	11	23
350-400	31	30	25	39	38	22	38	34	32	31	11	17
400-450	17	17	13	31	31	41	34	44	70	53	28	28
450-500	33	2	5	17	20	46	31	32	60	38	27	20
500-550	23	1	1	13	15	31	17	33	15	33	41	40
550-600	8	0	3	7	20	19	6	27	7	13	31	27
600-650	3	1	0	5	1	8	10	5	2	5	16	18
650-700	3	1	0	3	9	7	12	7	2	9	5	9
700-750	1	0	0	3	7	5	4	1	-1	0	1	4
750-1000	9	4	0	1	11	13	22	4	1	9	12	9
1000-1400	6	0	0	0	2	3	24	1	0	8	13	0
1400-1600	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	4	0
1600-1800	0	0	0	0	0	1	2	1	0	1	0	0
1800-2000	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Total Repeticiones	217	170	217	231	217	210	217	217	210	217	210	217
Nº Repeticiones	164	144	170	182	167	171	168	170	184	171	175	177
% Representatividad	76	85	78	79	77	81	77	78	88	79	83	82
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	500	400	400	450	550	550	700	550	450	550	600	550

#### b) Requerimientos Hídricos de las Actividades CCD

Analizando los valores obtenidos por HEC RAS, para las principales características del río, altura y ancho superficial, se concluye que para los puntos estudiados existe mucha dispersión en los valores modelados, probablemente por las características topográficas de la caja del río, donde en muchos tramos presenta paredes verticales.

##### ➤ Kayak y Rafting

Dadas las características uniforme del río, en muchos tramos el ancho superficial varía entre 40 y 80 m aproximadamente, se verificó que para los perfiles que presentan esta condición (correspondiente al 25%), las velocidades y la profundidad permitirían realizar las actividades de descenso en kayak y rafting para caudales sobre los 100 m<sup>3</sup>/s

Sin embargo, de a entrevistas y antecedentes proporcionados por los operadores turísticos del área, períodos críticos para las actividades con contacto directo se han presentado con caudales del orden de 200 m<sup>3</sup>/s; bajo esas condiciones de caudal, se establecen restricciones a actividades por el aumento de los niveles de riesgo en el río.

### ➤ Pesca

La pesca desde orilla presenta requerimientos similares a los del baño, situación que indica que los lugares de pesca deben ser indicados por guías expertos, que conocen espacios seguros para desarrollar la actividad.

Para la actividad de pesca deportiva, las condiciones son buenas cuando el río es estable, adecuadas cuando el nivel del río está bajo y débiles cuando está en ascenso o alto. En ese contexto, la actividad de pesca presenta demandas hídricas menores a las otras actividades con contacto directo que se analizan, por lo que no entra en el análisis de las máximas demandas hídricas. Se requiere análisis específicos de hábitat de peces que considere variables físicas con químicas y biológicas.

### ➤ Canotaje y Rafting

Stewart Rood et al, estudió 27 ríos en Alberta Canadá (1983 – 1997) buscando relaciones para determinar valores de caudales recreacionales que permitan el canotaje de embarcaciones livianas, condicionando el estudio a profundidades entre 0,6 m y 0,75 m. Determinó que el caudal recreacional guarda una relación con el caudal medio, según la siguiente relación:

$$Q_r = 3 \times Q_m^{0,59}$$

Donde:

$Q_r$  = caudal recreacional en m<sup>3</sup>/s

$Q_m$  = caudal medio en m<sup>3</sup>/s

En otro estudio similar, Stewart Rood (2001) concluye que existe una relación bastante lineal entre el caudal medio y el caudal de recreación para práctica de canoa y kayak, para ríos de la cuenca de Oldman (Canadá). La relación que obtuvo fue:

$$Q_r = 0,77 \times Q_m + 3,97; \quad Q_r \text{ y } Q_m \text{ en m}^3/\text{s}$$

Aplicando esas relaciones para el caudal medio mensual en el río Futaleufu para los meses de mayor uso turístico en el río (Octubre a Abril), se tiene lo siguiente:

**CUADRO 8.4-11**  
**CAUDALES RECREACIONALES (canotaje) SEGÚN STEWART ROOD**

	Qm	QR1	QR2
	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)
Octubre	500	117	389
Noviembre	564	126	438
Diciembre	481	115	374
Enero	404	103	315
Febrero	364	97	284
Marzo	322	91	252
Abril	369	98	288

De acuerdo con los valores antes presentados, los caudales promedio según las 2 relaciones señaladas presentan un valor entorno a los 250 a 300 m<sup>3</sup>/s, para el período de Octubre a Abril.

A su vez, Tennant fija una propuesta para definir caudal recreacional a través de porcentajes fijos, a saber:

- 200 % del caudal medio anual para flujos altos
- 100 % del caudal medio anual para el resto de los tipos de flujo

El caudal medio anual en de Futaleufú antes junta Malito es de 457 m<sup>3</sup>/s, de modo que según Tennant el valor de caudal recreacional para el río Futaleufú estaría en torno a este valor.

De acuerdo a los análisis efectuados se puede concluir que los requerimientos hídricos par las actividades con contacto directo se obtienen para caudales del rango 250-400 m<sup>3</sup>/s.

**c) Caudales a Reservar para el Río Futaleufú**

De acuerdo con lo señalado en los párrafos precedentes, las demandas hídricas para las actividades CCD serían del orden de entre 250 y 400 m<sup>3</sup>/s, aproximadamente.

Por otro lado, respecto a las actividades SCD, el análisis de repeticiones de caudales medios diarios condujo al siguiente resultado (se han incluido los caudales con probabilidades de excedencia de 10%, 20% y 50%):

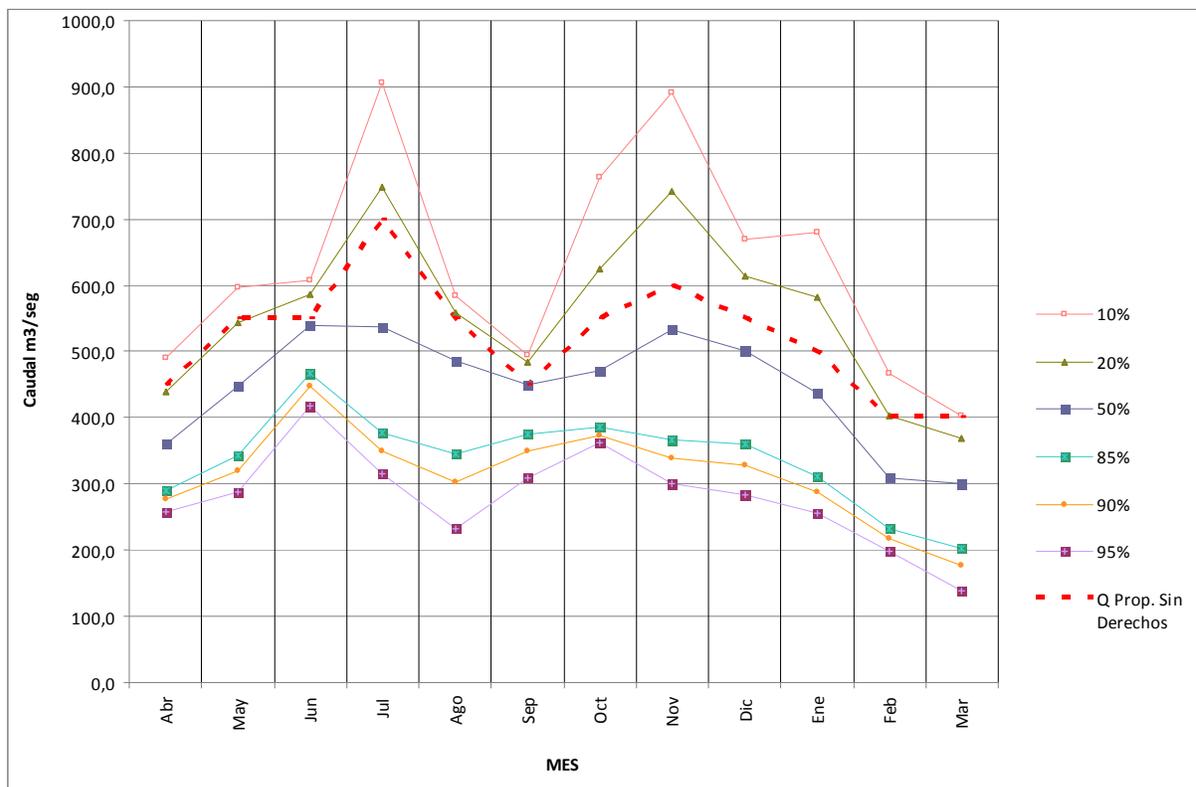
**CUADRO 8.4-12  
CAUDALES MEDIOS DIARIOS QUE MÁS SE REPITEN  
PARA CADA MES (m3/s)**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>Caudal (m3/s)</b>	<b>500</b>	<b>400</b>	<b>400</b>	<b>450</b>	<b>550</b>	<b>550</b>	<b>700</b>	<b>550</b>	<b>450</b>	<b>550</b>	<b>600</b>	<b>550</b>
Q 10% Pexc.	681,0	466,6	402,8	490,1	596,9	607,2	905,4	583,2	494,2	763,1	890,8	670,0
Q 20% Pexc.	582,7	403,0	369,5	438,9	544,0	586,3	749,1	557,7	483,6	625,5	741,3	614,4
Q 50% Pexc	436,3	310,0	299,9	360,5	448,4	539,3	538,0	485,9	449,4	471,8	532,4	501,1

En definitiva, el criterio de repetición de caudales medios diarios corresponde al criterio de que con esos caudales las condiciones de agua en el río permiten llevar a cabo las actividades con y sin contacto directo.

En la Figura 8.4-6 se incluyen los caudales medios mensuales para diferentes probabilidades de excedencia, incluyendo los caudales que se propone reservar.

**FIGURA 8.4-6  
CAUDALES MEDIOS MENSUALES PARA DIFERENTES  
PROBABILIDADES DE EXCEDENCIA Y CAUDALES PROPUESTOS  
RESERVAR**



### d) Situación de los Derechos de Aguas Superficiales

La situación de los derechos de agua en la zona de interés da cuenta con lo siguiente:

**CUADRO 8.4-13  
DERECHOS DE AGUA EN FUTALEUFÚ**

PETICIONARIO	CAUCE	COMUNA	INGRESO G P	SITUACION	Q SOL (l/s)	CAPTACION		RESTITUCION	
						NORTE	ESTE	NORTE	ESTE
ESSAL S.A.	sin nombre (Gelves)	Futaleufu	09-05-80	Constituido	26,0	5.215.100	755.750		
Endesa	Azul	Palena	19-06-87	Constituido	2.600,0	5.181.120	731.875	5.180.250	732.800
Endesa	Azul	Palena	07-12-88	Aprobado		5.199.996	744.050		
Endesa	Futaleufu	Futaleufu	27-12-88	Constituido	622.000,0	5.192.829	736.233	5.193.062	729.483
Endesa	Futaleufu	Futaleufu	27-12-88	Constituido	560.000,0	5.205.257	752.185	5.202.301	748.577
Endesa	Lago Espolon	Futaleufu	15-05-89	Constituido	87.000,0	5.211.796	748.500	5.211.745	749.854
Empresa Electrica de Aysen	sin nombre (Azul)	Palena	04-11-91	Constituido	1,2	5.180.456	732.740		
Olave Gallardo, Rosa	Las Cruces (Futaleufu)	Futaleufu	15-06-98	Tramite	200,0	5.199.877	746.401		
Olave Gallardo, Rosa	Sin nombre (Azul)	Futaleufu	15-06-98	Tramite	20,0	5.199.996	744.050		
Renzo Alberto Olcese Cordano	Estero sin nombre (espolon)	Futaleufu	14-06-00	Constituido-Dig	5,0	5.211.840	753.811		
Renzo Alberto Olcese Cordano	Estero sin nombre (espolon)	Futaleufu	14-06-00	Constituido-Dig	10,0	5.212.377	754.344		
Bernabe del Carmen Lillo Garcia	Estero sin nombre	Futaleufu	05-06-01	Tramite	25,0	5.203.583	743.948		
Sociedad Max y Dolores Ltda	Estero sin nombre	Futaleufu	14-10-04	Constituido	0,5	5.207.880	750.543		
Sociedad Max y Dolores Ltda	Estero de Vega	Futaleufu	14-10-04	Tramite	1,0	5.213.605	760.096		
Exploraciones Inversiones y Asesorias Huturi S.A.	Arroyo Enredadera	Palena	01-02-06	Tramite	28.000,0	5.181.475	739.100	5.180.125	733.925
Segundo Gilberto Rosas Saez	Estero sin nombre	Palena	07-02-06	Tramite	1,0	5.168.758	738.926		
Silvio G. Rozzi Marin	Futaleufu	Futaleufu	17-11-06	Tramite	25,0	5.213.740	757.325		
Inmobiliaria e Inversiones Cuatro Reinas S.A.	Estero sin nombre	Futaleufu	05-12-06	Tramite	0,3	5.213.392	759.607		
Sur Electricidad y Energia S.A.	Futaleufu		25-06-07	Tramite	867.000,0	5.187.500	735.250	5.183.550	733.000
Antonio Carlos Carracedo Rosende	Estero sin Nombre	Futaleufu	26-08-08	Tramite	500,0	5.208.420	746.646	5.208.340	747.221

En el Plano 8.4-1 se muestra la ubicación de los derechos de aguas superficiales. De acuerdo con la información del cuadro anterior, el río en el tramo de análisis estaría agotado, sin posibilidad de reservar agua.

Los caudales necesarios reservar, sin tomar en cuenta los derechos de agua, se incluyen en el Cuadro 8.4-14 siguiente.

**CUADRO 8.4-14  
CAUDALES PROPUESTOS RESERVAR SIN TOMAR EN CUENTA SITUACIÓN  
DE DERECHOS DE AGUA (m3/s)**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Caudal (m3/s)	500	400	400	450	550	550	700	550	450	550	600	550

## **8.5 Río Baker (XI Región de Aysén)**

### **8.5.1 Introducción**

El río Baker es el desagüe de los lagos General Carrera, Bertrand y Plomo, conectados entre ellos, y se desarrolla por 170 km hasta llegar al mar en Caleta Tortel. La cuenca del río Baker constituye una de las más grandes reservas de agua dulce del país.

El río desde su inicio hasta la desembocadura al mar, puede dividirse en tres grandes tramos:

- Desde el nacimiento hasta la junta con el río Nef, con cauce definido, velocidad media a alta, rápidos clase III y aguas transparentes.
- Desde el fin del tramo anterior hasta el entorno de Cochrane, sinuoso y con rápidos hasta clase V.
- Tramo final hasta su desembocadura de pendiente suave.

El área adyacente al Lago General Carrera, lago Bertrand y río Baker han sido zonificados como Zona de Interés Turístico Nacional (ZOIT), por sus importantes atractivos turísticos y paisajísticos. La cuenca del río Baker es una de las zonas de la Región de Aysén con mayor inversión turística. La zona es visitada desde Septiembre a Mayo por ser un destino turístico Nacional e Internacional, dado que se pueden realizar múltiples actividades, en un paisaje de alta calidad.

Entre el 20 y el 23 de Marzo de 2009, se desarrolló un trabajo de campo que tuvo por objetivo levantar información primaria, la cual permitió identificar las principales actividades turísticas que se desarrollan en el río y se logró caracterizar el río en estudio.

El tramo de río analizado fue de 13,5 km, aproximadamente, partiendo desde la desembocadura del Lago Bertrand (N: 4.792.500; E: 664.000, WGS 84, Huso 18) y llegando a la confluencia con el río Neef (N: 4.779.003; E: 668.739, WGS 84, Huso 18).

## **8.5.2 Obtención de Información Primaria. Entrevistas a Actores Claves In Situ**

### **a) Actores Públicos**

- Dirección General de Aguas.

Se sostuvieron reuniones con la contraparte del proyecto en la Región, tanto con el Director Regional, Sr. Fabián Espinoza Castillo, con quien se revisó el programa de terreno, las necesidades de información, los alcances del estudio y se coordinaron los trabajos con profesionales de las distintas unidades.

Además de reuniones de trabajo directas con las Unidades del DGA, se realizó una reunión conjunta de las unidades del equipo de proyecto. En esa reunión participó:

Sr. Fabián Espinoza C. Director Regional

Sr. Jorge O'Ukinghttons U. Encargado Unidad de Medio Ambiente y Fiscalización.

Sr. Joaquín Aguirre del DARH

Srta. Camila Teutsch, Proyecto Implementación Cuenca Baker

Sr. Pablo Quintanilla, Geógrafo DARH

Sr. Fernando Guzmán, Hidrología

Sr. Jaime Vargas, Consultora Aquaterra

Sra. Galit Navarro, Consultora Aquaterra

Sr. Juan Carlos Cuchacovich, Consultora Aquaterra

En dicha reunión se explicó en qué consiste el proyecto y cómo iba a ser su aplicación al río Baker. Este río había sido priorizado en una evaluación previa tanto con la DGA, como con otros organismos regionales, por ser un río de alta importancia turística y de carácter estratégico para el desarrollo económico de la región.

Profesionales de la DGA explicaron los principales usos que se realizan en el río, según las condiciones hídricas y ambientales del cauce.

La DGA está activamente participando en la denominada "Estrategia Nacional de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas", coordinada por la CONAMA. Para el desarrollo de dicho trabajo han sido escogidas tres cuencas piloto en el país, entre ellas el río Baker. Las primeras actividades consisten en acordar un diagnóstico, para luego avanzar hacia la construcción de una visión de "cuenca" del río Baker.

- Dirección de Obras Hidráulicas

Se sostuvieron reuniones con:

Sr. Felipe Vega Otárola Director Regional DOH, y Sr. Ricardo Ibarra, encargado de Defensas Fluviales en la XI Región.

Estas reuniones permitieron conocer que no existían proyectos de defensas fluviales ni otros trabajos relacionados con la DOH, que proporcionaran antecedentes topográficos en el tramo del río Baker estudiado, esto es, desde su nacimiento hasta la confluencia con el río Nef. En el tramo de estudio tampoco hay puentes o pasarelas que pudiesen entregar antecedentes topográficos del cauce del río.

- CONAMA

Se sostuvieron conversaciones con el Sr. Sergio Fuentealba, encargado del Sendero de Chile para la XI Región, concluyéndose que el programa del Sendero de Chile no incluye tramos en el sector de estudio del río Baker.

- CONAF

En reuniones previas con CONAF, sostenidas con su Director Regional y con Jefe del Departamento de Áreas Silvestres de la región, se destacó la importancia ambiental y turística del río Baker. El tramo de estudio no incluye zonas en la categoría del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE).

## **b) Actores privados y organizaciones ciudadanas**

- **Sr. Ian Farmer.** Operador Turístico de Actividades de Deporte Aventura, Consultor de Turismo Sustentable y kayakista.

Ian Farmer

[ian@consultpatagonia.com](mailto:ian@consultpatagonia.com)

Tel: (56) 09 82594017 - Coyhaique - CHILE

Camino a Panguilemu

Coyhaique

<http://www.adventurepatagonia.com/>

[contact@adventurepatagonia.com](mailto:contact@adventurepatagonia.com)

El Sr. Farmer indicó que el río Baker permite desarrollar múltiples actividades, y, en particular en el primer tramo hasta el Saltón (salto de

agua, confluencia con el río Nef). Destaca la belleza escénica del paisaje, por el color y transparencia del agua del río y su relación con el entorno.

Existen diversas zonas de rápidos en el río, tanto por las turbulencias que se producen, como por la alta velocidad que tiene el agua en gran parte del tramo, lo que proporciona un buen espacio para el desarrollo de actividades como kayak y rafting.

Además de estas actividades, se realiza mucha pesca, existiendo variada infraestructura de nivel internacional para acoger la creciente demanda de turistas extranjeros y nacionales, interesados en pesca con mosca y pesca desde bote. La pesca con mosca puede ser realizada bastante pues el río presenta varios remansos y playas.

Se ofrecen viajes de medio día, en zodiac y botes a motor, desde Puerto Bertrand o desde lodges existentes hasta el Salto de Agua y regreso al punto de origen.

Según el Sr. Farmer el tramo del río Baker, desde Puerto Bertrand hasta la confluencia con el río Nef, es de uso preferentemente turístico.

- **Sr. Francisco Vio Giacaman.** Director Escuela de Guías de la Patagonia

En la reunión indicó los usos turísticos preferentes, que son coincidentes con lo indicado por el Sr. Farmer. Indicó que para el descenso en kayak del tramo el nivel de riesgo es entorno a III+.

- **Sra. Marcela Ríos.** Operadora Turística, Agencia Turismo Andes Patagónico.

Marcela Ríos,  
[agencia@andespatagonico.cl](mailto:agencia@andespatagonico.cl), 67- 216711

Por su conocimiento de las actividades turísticas de la zona y como operadora de turismo, acompañó en calidad de guía el trabajo de terreno efectuado, cooperando en la zonificación de los usos turísticos del río, identificando los diferentes atractivos del río, y posibilitando la generación de contactos con operadores locales.

### 8.5.3 Reconocimiento y Caracterización del Terreno

#### a) Descripción General del Área

El río Baker es el desagüe de los lagos General Carrera, Bertrand y Plomo, conectados entre ellos, y se desarrolla por 170 km hasta llegar al mar en Caleta Tortel. La cuenca del río Baker constituye una de las más grandes reservas de agua dulce del país.

El río desde su inicio hasta la desembocadura al mar, puede dividirse en tres grandes tramos:

- Desde el nacimiento hasta la junta con el río Nef, con cauce definido, velocidad media a alta, rápidos clase III y aguas transparentes.
- Desde el fin del tramo anterior hasta el entorno de Cochrane, sinuoso y con rápidos hasta clase V.
- Tramo final hasta su desembocadura de pendiente suave.

El área adyacente al Lago General Carrera, lago Bertrand y río Baker han sido zonificados como Zona de Interés Turístico Nacional (ZOIT), por sus importantes atractivos turísticos y paisajísticos. La cuenca del río Baker es una de las zonas de la Región de Aysén con mayor inversión turística. La zona es visitada desde Septiembre a Mayo por ser un destino turístico Nacional e Internacional, dado que se pueden realizar múltiples actividades, en un paisaje de alta calidad.

En el Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU) del año 2003, se incluyó el río Baker como parte de los **Ríos De Prioridad Turística**, que han sido señalados como objetivos ambientales en la evaluación ambiental estratégica del plan. Corresponde a aquellos cursos de agua superficial priorizados para el desarrollo de actividades asimilables a turismo ecológico (bajo protección) y deportivo, donde el objetivo de prioridad se orienta a posibilitar las condiciones de usos bajo criterios de conservación paisajística. Es así que se establecen franjas en torno a los ríos para conservación de bosques y de la vegetación, y para respaldar la calidad paisajística de parques que puedan localizarse aledaños a ellos.

Se establecen normas específicas para las franjas en torno a los ríos prioritarios.

A su vez el PRDU define proyectos acordes con las líneas de acción planteadas, donde algunos de los relacionados con el río Baker son los siguientes:

- Bonificar estrategias de conservación de recursos del paisaje.
- Habilitación marina y costanera en Pto. Río Tranquilo, Pto Guadal, Pto Bertrand y Bahía Murta
- Desarrollo de Seccionales que definan tipologías arquitectónicas a ser aplicadas en la ZOIT.

El área de trabajo comprendió el primer tramo del Río Baker, desde su nacimiento hasta la junta con el río Nef. La Campaña de terreno se desarrolló en los días 21 y 22 de Marzo de 2009, y el objetivo fundamental fue reconocer las componentes de paisaje y las actividades de uso turístico. Para ello se levantaron 32 puntos característicos del río, cuya identificación se incluye en el Cuadro 8.5-1 siguiente.

**CUADRO 8.5-1  
PUNTOS DE OBSERVACIÓN**

Nº	Dist. desde Nacimiento Río Baker (km)	Lugar	Coordenadas UTM	
			N	E
BA 1	0,00	Naciente del Río	664.935	4.790.074
BA 2	0,15	Inicio rápidos	664.930	4.789.924
BA 3	0,09	Mirador 1	664.946	4.789.986
BA 4	0,25	Rápidos	664.930	4.789.862
BA 5	0,39	Playa 1	664.942	4.789.695
BA 6	0,45	Bosque	664.986	4.789.656
BA 7	0,55	Bosque con helechos	665.013	4.789.522
BA 8	0,85	Rápidos	665.051	4.789.263
BA 9	1,25	Mirador 2	665.297	4.788.983
BA 10	1,35	Bajada Balsas	665.345	4.788.845
BA 11	1,60	Mirador 3	665.392	4.788.634
BA 12	1,70	Tala de bosque	665.441	4.788.535
BA 13	1,85	Patagonia Baker Lodge	665.561	4.788.138
BA 14	2,10	Green Baker Lodge	665.464	4.788.396
BA 15	2,75	Últimos Rápidos	665.778	4.787.579
<b>Tramo sin acceso desde ribera, recorrido en Zodiac</b>				
BA 16	3,48	Green Baker Lodge	665.947	4.787.004
BA 17	3,49	Remanso en el río	665.943	4.787.020
BA 18	3,73	Estación Pluviométrica	666.115	4.786.761
BA 19	4,00	Estación Pluviométrica	666.304	4.786.636
BA 20	4,30	Descenso en Zodiac	666.448	4.786.397

Nº	Dist. desde Nacimiento Río Baker (km)	Lugar	Coordenadas UTM	
			N	E
BA 21	5,25	Descenso en Zodiac	666.951	4.785.572
BA 22	5,25	Descenso en Zodiac	666.906	4.785.570
BA 23	5,25	Descenso en Zodiac	666.876	4.785.543
BA 24	6,65	Arenales	667.731	4.784.575
BA 25	7,95	Afloramiento rocoso	668.524	4.783.556
BA 26	8,55	Descenso en Zodiac	668.689	4.783.010
BA 27	9,85	Bosque Nativo	668.666	4.781.770
BA 28	10,85	Afloramiento arenas	668.423	4.780.779
BA 29	11,45	Descenso en Zodiac	668.207	4.780.280
BA 30	11,70	Descenso en Zodiac	668.014	4.780.104
BA 31	12,45	Descenso en Zodiac	667.948	4.779.414
BA 32	13,52	Confluencia, El Saltón	668.739	4.779.003

Coordenadas WGS 84, Huso 19

A continuación se presenta una descripción resumida de cada uno de los puntos analizados:

- **Punto BA 1.** Naciente del Río.

Culturalmente denominado como la naciente del río, con la existencia de una piedra blanca que es señalada por todos los habitantes como el inicio del Río Baker y fin del lago Bertrand, presencia de un río de aguas turquesa claro. Se escucha el sonido de los rápidos a media distancia, el agua en superficie es calma, vistas panorámicas al ventisquero del cordón de Contreras, importante cordón montañoso que da inicio a los Campos de Hielo Norte. Presencia de avifauna, no hay playa, la vegetación llega hasta el borde del río. No hay posibilidad de ubicar miradores de altura.

Próximo a Puerto Bertrand centro de abastecimiento de comida y necesidades básicas, desde este lugar se inician actividades como rafting, kayak y botes para pesca.

- **Punto BA 2.** Inicio Rápidos.

Sonidos cercanos de los rápidos, el agua en fuerte movimiento con crestas blancas, presencia de vegetación que llega hasta el borde del río, vista cerrada en primer plano por la ladera abrupta, abundancia de vegetación nativa de estrata arbórea, se ven desprendimientos rocosos, no hay posibilidad de miradores en altura, no hay avistamiento de fauna; en el borde hay presencia de helechos y briofitas, no se tiene percepción del lago sino de un río con gran velocidad de las aguas, se nota la fuerza del

caudal, hay una vegetación asociada a los bordes del río pero básicamente helechos de humedad, no se ven musgos ni hepáticas.

- **Punto BA 3.** Mirador 1

En este punto de observación ocurre la primera posibilidad efectiva de un mirador con una vista más panorámica. La vegetación son coigües, musgos, líquenes, se escucha el sonido del río fuertemente, hay afloramientos rocosos de gran interés y la cobertura de vegetación va en aumento, a partir del Punto BA 2 existe un sendero de borde, con vista panorámica a los rápidos, vegetación de gran altura, presencia de una explanada de alrededor de 70 m, la que podría albergar usos recreativos (mirador, picnic) y una abrupta caída hacia el río, no hay playa, podrían habilitarse bajadas, pero no es posible llegar a la orilla del río.

- **Punto BA 4.** Rápidos

Punto con presencia de mirador natural y sendero que baja la ladera y se aproxima al río, presencia de rápidos, aguas blancas, olas encontradas, la vegetación en la ladera poniente, que está en un primer plano imponente, llega hasta el borde del agua, se encuentran Coigües de alrededor de 25 m de altura, la visual es bastante más abierta, el cielo como elemento importante en la conformación del paisaje, comienza a aparecer vegetación nativa de sotobosque: canelos, líquenes, musgos.

- **Punto BA 5.** Playa 1

En este punto de observación existe una vista panorámica, no hay marcas de interés cultural relevantes, se tiene una visual de alrededor de 500 m de río, las aguas blancas empiezan a calmarse, hay oleaje hacia la playa natural, posible lugar de baño, la vegetación sigue siendo similar al punto anterior, el sonido también, no hay avistamiento de avifauna.

- **Punto BA 6.** Bosque

Punto de observación en el cual se produce un remanso en los rápidos, en la orilla se observa una contra corriente, es un punto de detención de las balsas turísticas, visual de aproximadamente 7m sobre el río, existe una vista encajonada, vegetación llega hasta el borde del agua, no hay como acceder al borde. El sonido del río sigue siendo importante, ya no con la fuerza de los rápidos, no hay presencia de fauna, no hay playa, la vegetación se mantiene constante.

- **Punto BA 7.** Bosque con helechos

Nuevamente hay algo de movimiento en el río, algunas aguas blancas, una hermosa vista panorámica, en el tercer plano lejano se observan los

ventisqueros, la montaña, el color turquesa del Baker, el cielo, y un bosque de coigües.

- **Punto BA 8. Rápidos**

Este sector es denominado por los habitantes como el nacimiento de los rápidos más interesantes. En este tramo de río se siente la fuerza de éste; tiene un ancho promedio de 100 m, presencia de coigües, gran fuerza en el sonido del río, no se observa fauna, flora con alguna presencia de líquenes, un color turquesa intenso que caracteriza a todo el tramo de río estudiado, agua absolutamente cristalina oxigenada, se siente la intensidad de la potencia del río más caudaloso de Chile.

- **Punto BA 9. Mirador 2**

Punto en que se acaban los rápidos, presencia de playa en ribera opuesta, área de pesca, el sonido es más suave, color turquesa, aguas blancas, vegetación nativa arbustiva como retamilla efedra, canelillos, canelo, calafate.

- **Punto BA 10. Bajada Balsas**

Desde el camino punto de mirador. Punto de interés cultural, lugar de pesca, balsas, en este sector se realizan clases de pesca, balneario, mirador natural, lugar desde la carretera intervenido con gaviones de piedra en la parte baja. Existencia de playa, área con más intervención antrópica, casona de madera. En este sector se encuentra una bajada a la playa para embarcaciones menores. Marca de interés cultural.

- **Punto BA 11. Mirador 3**

En este punto de observación, se encuentra un frente de farellones rocosos, 200 m de cauce aproximadamente, un color turquesa profundo, importante vegetación nativa, los grandes árboles ocultan la visión, sólo dejan ver el río en ventanas visuales, la presencia de cableado eléctrico aéreo ensucia la percepción un paisaje más prístino y la intervención antrópica se registra como un impacto negativo. El río se escucha como un murmullo suave pero siempre presente.

- **Punto BA 12. Tala de bosque**

Este sector está aún más intervenido e impactado que el anterior. En el cauce se forman islotes, los planchones de tierra que quedan a la vista en algunas épocas de año ahora están cubiertos, pues es un momento de gran caudal; en épocas de menor caudal existe la posibilidad de que una balsa pueda detenerse, o que se generen canales que son atractivos para el descenso. Se produce un importante contraste entre los colores turquesa y café del agua.

- **Punto BA 13 -14 – 15 – 16 – 17 -18 - 19.** Patagonia Baker Lodge. Green Baker Lodge

Este sector está constituido por la presencia de equipamiento turístico, que permite el alojamiento de turistas, el paisaje se lee intervenido. Presencia de playas, muelles de pequeña escala. Un uso más intenso de las riberas, pesca, balsas, caminata y por cierto la siempre presencia del río turquesa.

#### Últimos Rápidos

Inicio de última zona de rápidos. Último punto en que se puede acceder al río desde la carretera o caminar por sus bordes, desde aquí solo se recorre en embarcación ligera.

Estación Fluviométrica Río Baker en Desagüe Lago Bertrand. Bosque de coigüe.

- **Punto BA 20 – 21- 22 - 23- 24 – 25 – 26 – 27 - 28.**

Presencia de escombreras, arenas, playa de baño, población de alrededor de 30 bandurrias (caiquenes), presencia de casa en construcción.

Afloramiento rocoso, piedras blancas en contraste con el turquesa del agua, grupo de aves, afloramiento de arenas que se constituyen como marca visual.

Bosque Nativo.

- **Punto BA 29 – 30 – 31**

Río calmo acercándose a la confluencia con el río Nef. Río más encajonado, densidad alta de vegetación nativa, agua turquesa profundo. Presencia de avifauna.

- **Punto BA 32.** Confluencia, El Saltón

Área de excepcional atractivo turístico, salto del río Baker y Confluencia con el río Nef. Este es el área final del tramo de río en estudio y concentra todos los atractivos turístico del río Baker: observación de paisaje, observación de Flora y fauna, caminata, posibilidad de permanencia (actividades de picnic).

#### b) **Actividades Sin y Con Contacto Directo**

A partir de la información obtenida de entrevistas con actores seleccionados como de entrevistas en terreno y de observaciones directas, se pudo identificar las principales actividades turísticas que se desarrollan

en el río y en el entorno a él, y además ubicarlas geográficamente en los puntos de estudio seleccionados.

El tramo de estudio del río Baker es propicio par la pesca deportiva, ofreciendo buenas condiciones para la pesca con mosca desde orillas y desde botes. Además, el paisaje existente permite que se realicen las diversas actividades asociadas a la observación.

En el Cuadro 8.5-2 se presenta la información de actividades sin y con contacto directo, mientras que en el Plano 8.5-1 se muestra la ubicación de los puntos de observación.

**CUADRO 8.5-2  
ACTIVIDADES SIN Y CON CONTACTO DIRECTO (ASCD y ACCD)**

<b>Nº</b>	<b>Distancia desde Nacimiento Río Baker (km)</b>	<b>LUGAR</b>	<b>ASCD</b>	<b>ACCD</b>
BA 1	0,00	Naciente del Río	Mirador Ventisquero	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 2	0,15	Inicio rápidos	Caminatas, observación del paisaje	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 3	0,09	Mirador 1	Posibilidad de observación de flora, turismo de circuito fotográfico. Flora de interés turístico.	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 4	0,25	Rápidos	Caminatas, observación del paisaje	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 5	0,39	Playa 1	Observación del paisaje	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 6	0,45	Bosque	Observación del paisaje	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 7	0,55	Bosque con helechos	Mirador Ventisquero	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 8	0,85	Rápidos	Observación de rápidos	Kayak Rafting Uso de botes y

Nº	Distancia desde Nacimiento Río Baker (km)	LUGAR	ASCD	ACCD
				zodiac, Pesca
BA 9	1,25	Mirador 2	Observación del paisaje	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 10	1,35	Bajada Balsas	Caminatas, observación del paisaje	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 11	1,60	Mirador 3	Caminatas, observación del paisaje	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 12	1,70	Tala de bosque	Caminatas, observación del paisaje	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 13	1,85	Patagonia Baker Lodge	Caminatas, observación del paisaje	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 14	2,10	Green Baker Lodge	Caminatas, observación del paisaje	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 15	2,75	Últimos Rápidos	Caminatas, observación del paisaje	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 16	3,48	Green Baker Lodge	Caminatas, observación del paisaje	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 17	3,49	Remanso en el río	Caminatas, observación del paisaje	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 18	3,73	Estación Fluviométrica	Caminatas, observación del paisaje	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 19	4,00	Estación Fluviométrica	Caminatas, observación del paisaje. Observación de avifauna.	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 20	4,30	Descenso en Zodiac	Caminatas, observación del paisaje. Observación de avifauna.	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca

<b>N°</b>	<b>Distancia desde Nacimiento Río Baker (km)</b>	<b>LUGAR</b>	<b>ASCD</b>	<b>ACCD</b>
BA 21	5,25	Descenso en Zodiac	Caminatas, observación del paisaje. Observación de avifauna.	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 22	5,25	Descenso en Zodiac	Caminatas, observación del paisaje. Observación de avifauna.	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 23	5,25	Descenso en Zodiac	Caminatas, observación del paisaje. Observación de avifauna.	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 24	6,65	Arenales	Caminatas, observación del paisaje. Observación de avifauna.	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 25	7,95	Afloramiento de arenas	Caminatas, observación del paisaje.	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 26	8,55	Descenso en Zodiac		Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 27	9,85	Descenso en Zodiac	Caminatas, observación del paisaje.	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 28	10,85	Descenso en Zodiac	Caminatas, observación del paisaje.	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 29	11,45	Descenso en Zodiac	Caminatas, observación del paisaje.	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 30	11,70	Descenso en Zodiac	Caminatas, observación del paisaje.	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 31	12,45	Descenso en Zodiac	Caminatas, observación del paisaje.	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca
BA 32	13,52	Confluencia, El Saltón	Caminatas, observación del paisaje. Observación de avifauna. Observación del Saltón	Kajak Expertos

### c) Elementos Estructurantes del Paisaje Río

En el Anexo 8.5-1 se incluye un cuadro de valoración de elementos estructurantes del paisaje asociados a la presencia del río Baker. A su vez, se entrega como documento interno de trabajo un set de fotografías de diferentes puntos del río Baker que fueron visitados y analizados desde el punto de vista del paisaje río.

Los siguientes puntos fueron evaluados como características estructurantes del río Baker:

- Color
- Sonido del agua
- Velocidad del Caudal
- Transparencia del agua
- Existencia de playa de río
- % vegetación nativa
- % vegetación introducida
- Presencia de Acantilados
- Existencia de Miradores
- Presencia de Senderos riverero o la factibilidad de existencia
- Puntos con vista panorámica
- Avistamiento de Fauna
- Marcas positivas en el paisaje
- Marcas negativas en el paisaje
- Interés cultural general del área o punto de observación

A través de la valoración del itemizado anterior, más la caracterización general de cada punto de observación, se determinan para el río Baker, cuatro tramos o unidades de paisaje; en el Plano 8.5-1 se muestra la zonificación.

- **Tramo SCD 1**

Que comprende los Puntos de Observación BA 1 al BA 9. Se caracteriza por marcas positivas en el paisaje.

Su inicio se localiza en la marca visual de la "piedra blanca", elemento considerado culturalmente como el inicio del Río Baker; este tramo se caracteriza por concentrar la presencia de miradores en altura y vistas panorámicas, el tramo se puede recorrer por senderos de trekking, ausencia de fauna, probablemente por ser el tramo más cercano a la localidad de Puerto Bertrand.

- **Tramo SCD 2**

Comprende los puntos de observación del BA 10 al BA 19. Se caracteriza por la presencia de playas en la ribera del río, concentrar las actividades turísticas, la localización de infraestructura, y presentar la mayor cantidad de alteraciones visuales negativas que se leen como fuertes intrusiones visuales en la configuración del "paisaje río".

En un tramo importante del río no hay posibilidad de acceder a la ribera y por tanto su recorrido sólo es posible por su cauce.

Este tramo finaliza en la Estación fluviométrica, es el tramo más intervenido del área de estudio, y en el que se concentran las actividades turísticas.

- **Tramo SCD 3**

Comprende los puntos de observación del BA 20 al BA 31.

Siendo el sector más alejado de la localidad de Puerto Bertrand, es el de mayor atractivo turístico, pero el de más difícil acceso, concentra alta densidad de vegetación nativa, alta presencia de avifauna, y variadas marcas positivas en el paisaje, como afloramientos rocosos, lectura de los estratos geológicos. Es aquí donde se tiene una lectura de paisaje de alta pristinidad y muy baja intervención antrópica.

- **Tramo SCD 4**

Comprende el punto de observación BA 32, caracterizado por "El Saltón" del río Baker, y la Confluencia con el río Nef. El valor escénico del sector es de un grado muy alto, luego de este punto el río Baker pierde su color turquesa característico, no así la potencia de sus aguas.

Por otro lado, el uso del río en actividades con contacto directo, permite establecer dos grandes zonas (en el Plano 8.5-1 se muestra la zonificación).

- **Tramo ACD1**

Comprende desde el punto BA1 hasta BA 15 y está caracterizada por la presencia de rápidos, con nivel de dificultad para kayak de Clase III+.

- **Tramo ACD2**

Comprende desde el punto BA 15 hasta del Salto, que presenta aguas uniformes, rápidas y con presencia de olas en determinados puntos, su nivel de dificultad es de Clase II a III, según la velocidad de agua del lugar. La mayoría de los usuarios de kayak no están capacitados para pasar por el salto, sólo deportistas con mucha experiencia.

En el plano 8.5-1 se muestra la zonificación del río efectuada.

**d) Conclusiones relativas a la Caracterización del área de estudio**

- El tramo estudiado del río Baker es un área de gran atractivo y ha sido motivo de variadas inversiones en Lodges de pesca de categoría mundial.
- El río Baker está considerado como río prioritario turístico dentro del desarrollo regional, como lo indica el PRDU.
- Por la envergadura del río, ofrece múltiples actividades turísticas que pueden ser realizadas en forma simultánea.
- La estación preferente de turismo en el río es desde Octubre a Mayo, siendo los meses de Noviembre a Marzo que concentran la mayor actividad.
- No existe información topográfica levantada in situ que permita estudiar hidráulicamente el comportamiento del río.
- De acuerdo con las categorías de paisaje (actividades sin contacto directo), el río se puede zonificar en 4 grandes tramos, mientras que según sus actividades con contacto directo se puede clasificar en dos grandes tramos.
- Los usos preferentes del río en actividades con contacto directo son rafting, kayak y pesca, y en menor medida baño en algunas playas que se forman. Respecto a las actividades sin contacto directo, se tienen observación del paisaje, observación de la flora y fauna, fotografía, trekking, caminatas y cabalgatas.
- Desde el análisis del uso turístico sin contacto directo, el río Baker, en el tramo estudiado presenta un grado de "Belleza escénica" o atractivo paisajístico muy alto: los elementos constituyentes del "paisaje río", para este río en específico están dados por:
  - o el color del agua (turquesa profundo);
  - o la fuerza del agua (río más caudaloso de Chile);
  - o la alta concentración de vegetación nativa arbórea de altura imponente, que llega hasta sus bordes;

- el contraste cromático que se produce en el encuentro del triunvirato siempre presente: agua-vegetación-cielo.
- La lectura de pristinidad.

#### 8.5.4 Eje Hidráulico en el Río Baker

##### a) Generalidades

La metodología de cálculo del eje hidráulico en el río Simpson es similar a la señalado para el caso del río Cochiguaz, de modo que se ha creído conveniente no reiterar dichos conceptos. Lo anterior es válido para los siguientes puntos:

- Información Topográfica; en el caso del río Baker se usó además información levantada en terreno, correspondiente a mediciones de profundidad del río hechas in situ con una ecosonda
- Confección del Modelo Hidráulico
- Metodología de Cálculo del Software Hec Ras

##### b) Coeficientes de Rugosidad

No existe un método único para estimar el coeficiente de rugosidad  $n$ ; en general se requiere un poco de experiencia para elegir el valor adecuado. El valor adecuado es aquel que incluye los factores propios del cauce como son vegetación, meandros, obstrucciones, entre otros, razón por lo cual son importante las observaciones realizadas en terreno, tendientes a cualificar y cuantificar esos factores.

En este caso se usa el método de Cowan, la cual considera los factores más relevantes para la determinación de  $n$ :

$$n = m \cdot (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

Donde:

- $m$  : Factor de meandros del canal.
- $n_0$  : Es el valor del coeficiente de Manning base, para un canal recto, uniforme, prismático con perímetro de rugosidad homogénea.
- $n_1$  : Corrección por irregularidades superficiales del perímetro mojado lo largo el tramo en estudio (superficie mojada).
- $n_2$  : Corrección por variación de forma y dimensiones de las secciones.

- n3 : Corrección por obstrucciones: troncos, rocas, etc.  
 n4 : Corrección por presencias de vegetación.

Los valores para estos coeficientes se han extraído de la Tabla 3.707.104.B del Manual de Carreteras 2002, Dirección de Vialidad y se presentan en el Cuadro 8.5-3.

**CUADRO 8.5-3  
COEFICIENTES DE RUGOSIDAD TÍPICOS**

CONDICIONES DEL CANAL		VALOR	
Material del Lecho	Tierra	n0	0,020
	Roca Cortada		0,025
	Grava Fina		0,024
	Grava Gruesa		0,028
Grado de Irregularidad del Perímetro Mojado	Perímetro Despreciable	n1	0,000
	Leve		0,005
	Moderado		0,010
	Alto		0,020
Variaciones de las Secciones	Graduales	n2	0,000
	Alternándose		0,005
	Ocasionalmente		0,010
	Frecuentemente		0,015
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Despreciable	n3	0,000
	Leve		0,010 – 0,015
	Apreciable		0,020 – 0,030
	Alto		0,040 – 0,060
Densidad de Vegetación	Baja	n4	0,005 – 0,010
	Media		0,010 – 0,025
	Alta		0,025 – 0,050
	Muy Alta		0,050 – 0,100
Sinuosidad y Frecuencia de Meandros	Leve	m	1,000
	Apreciable		1,150
	Alto		1,300

De acuerdo con lo observado en terreno, y utilizando la bibliografía existente, en el Cuadro 8.5-4 se incluyen los valores de "n<sub>i</sub>" escogidos para determinar el coeficiente n total.

**CUADRO 8.5-4  
DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD  
DEL RÍO BAKER**

Tramo	n0	n1	n2	n3	n4	m	ntotal
Ribera Izquierda	0,026	0,006	0,005	0,005	0,015	1,000	0,057
Cauce Central	0,026	0,006	0,005	0,005	0,005	1,000	0,047
Ribera Derecha	0,026	0,006	0,005	0,005	0,015	1,000	0,057

Los coeficientes “ni” fueron calibrados con la curva de descarga de la estación fluviométrica Río Baker en Desagüe Lago Bertrand, tal cual se explica más adelante.

**c) Coeficientes de Expansión y Contracción**

En el tramo de estudio del Río Baker, se han determinado los valores más apropiados para la contracción y expansión necesarios para modelar las pérdidas de energía del flujo. Para la expansión se considera un coeficiente de 0,3, por su parte el coeficiente de contracción se ha considerado 0,1, debido a que mayoritariamente en el cauce, sólo se producen cambios de sección natural.

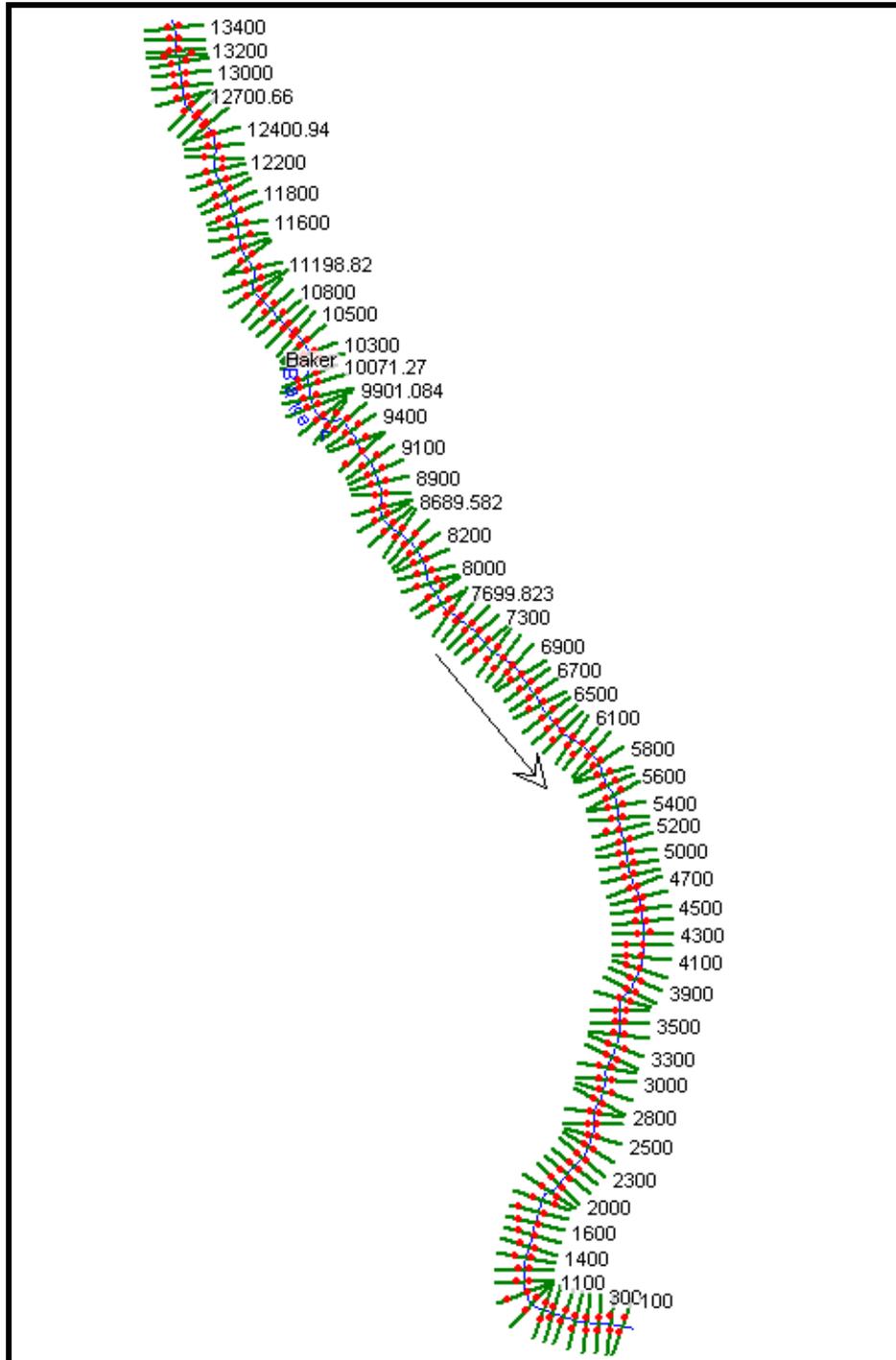
**d) Perfiles Transversales**

Los perfiles transversales se han obtenido del modelo digital, mecánicamente empleando el software computacional HEC-GEORAS; con esto se han obtenido perfiles transversales, en promedio, cada 100 m.

Esto permitió tener una cantidad 135 perfiles en una longitud de 13,4 km.

En la figura a continuación se presenta un esquema en planta de la ubicación y distancia de cada perfil transversal, según el modelo HEC-RAS.

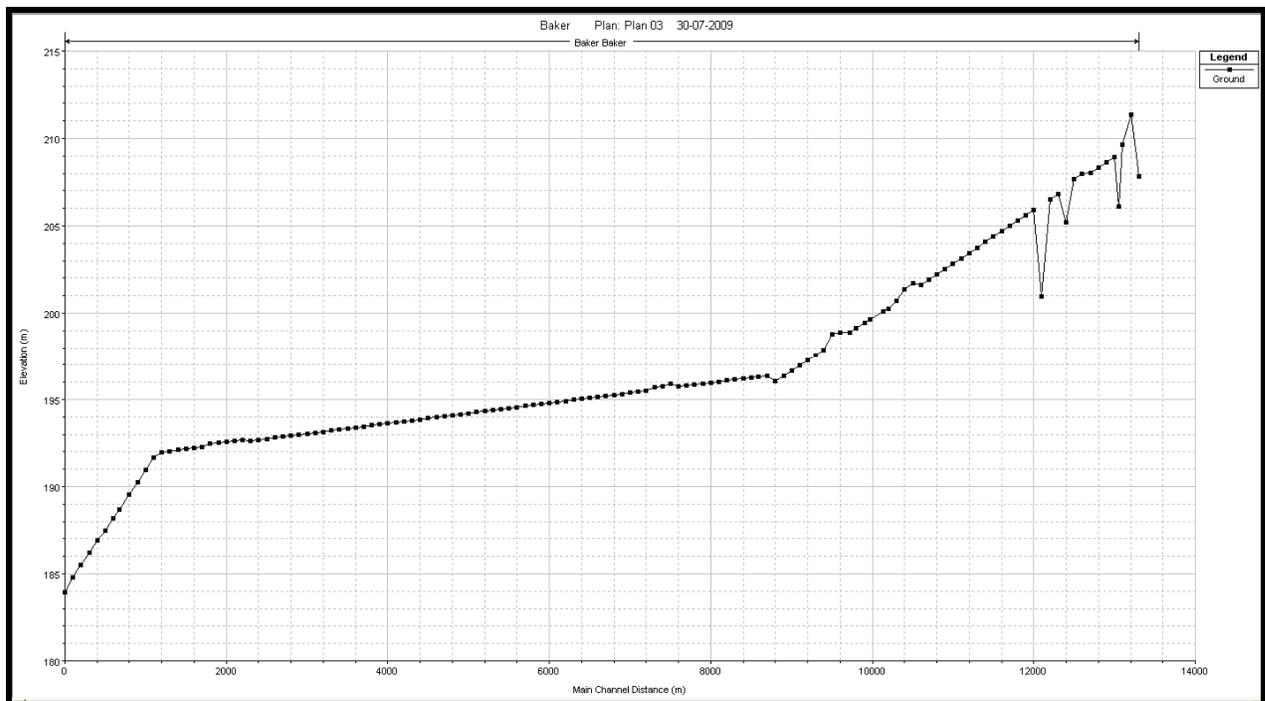
**FIGURA 8.5-1**  
**ESQUEMA EN PLANTA DEL MODELO HEC RAS**



### e) Condiciones de Borde

Con el fin de establecer las condiciones de borde del eje hidráulico, se ha considerado un régimen mixto, el cual es capaz de alternar tanto el régimen de río o subcrítico y el régimen de torrente o supercrítico. La condición inicial de cálculo corresponde a la altura normal tanto al principio como el fin del tramo. La pendiente se ha estimado en 0,002872 m/m y 0,006915 m/m, para la condición aguas arriba y aguas abajo, respectivamente. En base a esta información se obtienen las alturas normales para cada caudal analizado.

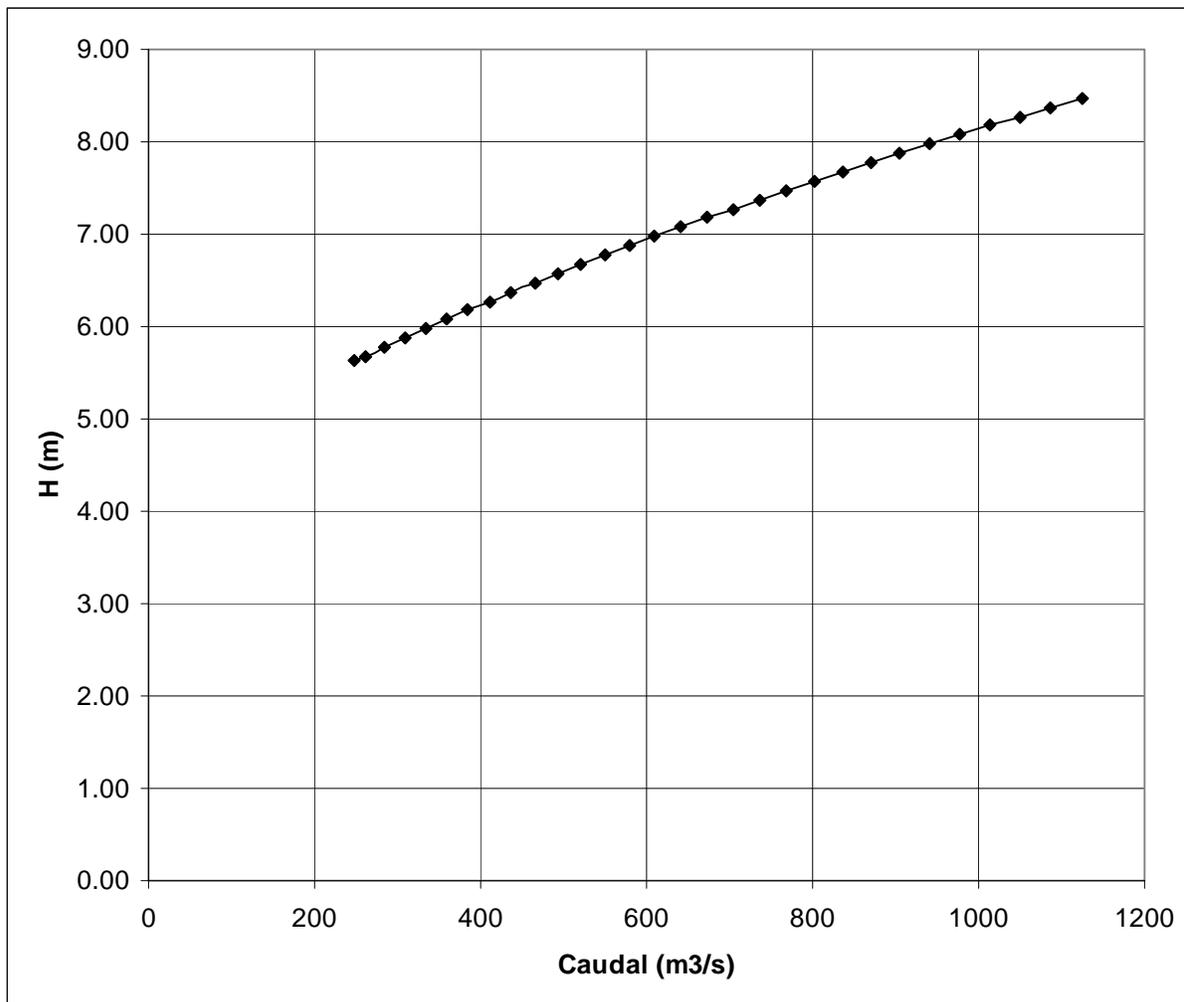
**FIGURA 8.5-2**  
**PERFIL LONGITUDINAL MODELO HEC-RAS**



### f) Calibración del Modelo Hidráulico

El modelo se ha calibrado considerando la información obtenida de la curva de descarga de la Estación Fluviométrica Río Baker en Desagüe Lago Bertrand; esta información se presenta en la Figura 8.5-3 siguiente:

**FIGURA 8.5-3**  
**CURVA DE DESCARGA ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**  
**RÍO BAKER EN DESAGÜE LAGO BERTRAND**



**FIGURA 8.5-4  
ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO BAKER  
EN DESAGÜE LAGO BERTRAND**



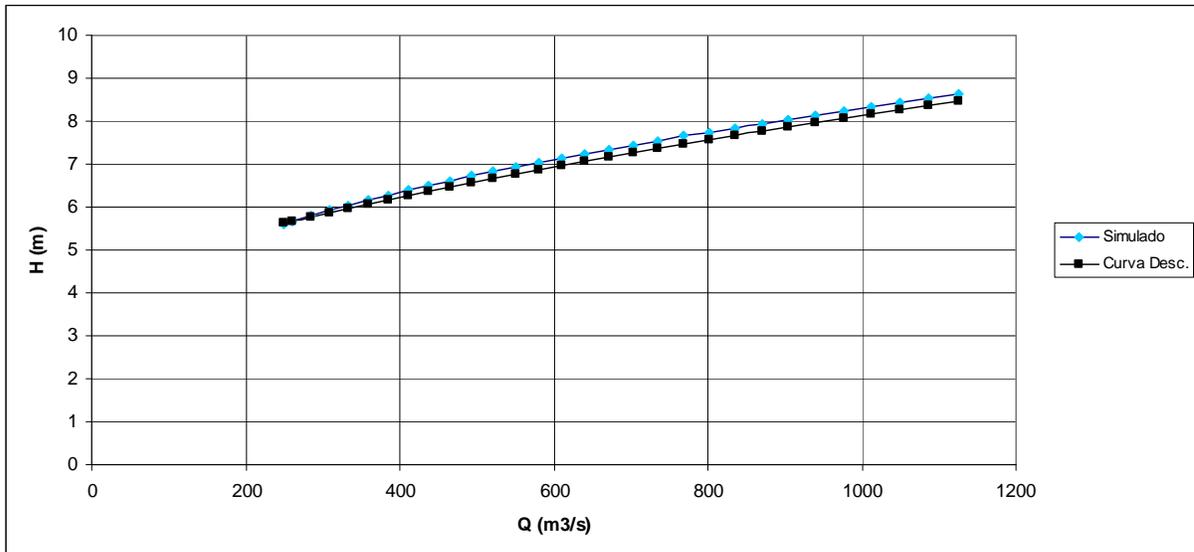
Los resultados finales obtenidos en la calibración se incluyen en el Cuadro 8.5-5 y Figura 8.5-5 siguiente.

**CUADRO 8.5-5  
CALIBRACIÓN EJE HIDRÁULICO EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA  
RÍO BAKER EN DESAGÜE LAGO BERTRAND**

<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Altura Agua Simulada (m)</b>	<b>Altura Agua Curva de Descarga (m)</b>	<b>Diferencia (m)</b>
248,68	5,59	5,62	0,0348
260,33	5,66	5,67	0,0148
284,05	5,79	5,77	0,0152
308,29	5,92	5,87	0,0452
333,07	6,04	5,97	0,0652
358,38	6,16	6,07	0,0852
384,22	6,28	6,17	0,1052
410,59	6,39	6,27	0,1152

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Altura Agua Simulada (m)	Altura Agua Curva de Descarga (m)	Diferencia (m)
437,49	6,5	6,37	0,1252
464,92	6,61	6,47	0,1352
492,89	6,72	6,57	0,1452
521,39	6,83	6,67	0,1552
550,41	6,94	6,77	0,1652
579,97	7,04	6,87	0,1652
610,07	7,14	6,97	0,1652
640,69	7,25	7,07	0,1752
671,85	7,35	7,17	0,1752
703,53	7,45	7,27	0,1752
735,75	7,55	7,37	0,1752
768,5	7,65	7,47	0,1752
801,78	7,75	7,57	0,1752
835,59	7,85	7,67	0,1752
869,94	7,95	7,77	0,1752
904,81	8,05	7,87	0,1752
940,22	8,14	7,97	0,1652
976,16	8,24	8,07	0,1652
1012,63	8,34	8,17	0,1652
1049,63	8,43	8,27	0,1552
1087,17	8,52	8,37	0,1452
1125,23	8,62	8,47	0,1452

**FIGURA 8.5-5  
RESULTADOS CALIBRACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**



Como se aprecia en el cuadro y gráfico anterior, se observa un buen ajuste entre los resultados obtenidos por el modelo y los obtenidos directamente de la curva de descarga.

### g) Caudales Modelados y Resultados Obtenidos

De acuerdo con los resultados del estudio hidrológico efectuado, se operó el modelo del eje hidráulico en el río Baker para caudales de 300, 400, 400, 600, 700, 800 m<sup>3</sup>/s. Los resultados se incluyen en el Anexo 8.5-2; un resumen con los valores alturas y velocidades de agua máximas y mínimas se incluyen en el Cuadro 8.5-6.

**CUADRO 8.5-6  
ALTURAS DE AGUAS Y VELOCIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS**

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Altura de Agua (m)		Velocidad (m/s)	
	Mín	Máx	Mín	Máx
300	1,80	7,68	0,53	3,72
400	2,02	8,06	0,57	3,94
500	2,21	8,40	0,60	4,17
600	2,39	8,71	0,62	4,37
700	2,50	8,90	0,65	4,69
800	2,71	9,25	0,67	5,02

### 8.5.5 Análisis del Eje Hidráulico en Función de Actividades Sin Contacto Directo (SCD) y Con Contacto Directo (CCD)

En el Cuadro 8.5-7 se incluye la ubicación espacial de las diferentes y principales actividades turísticas (SCD y CCD) con sus respectivos requerimientos mínimos para el desarrollo de éstas; estos requerimientos mínimos se han obtenido de la bibliografía internacional que fue recopilada. Dado que en el río se pueden realizar múltiples actividades, donde los requerimientos hídricos son diferentes, se optó por analizar los requerimientos más demandantes, que en este caso corresponde a las actividades con empleo de actividades náuticas de descenso en el río, como kayak y rafting.

Según la información revisada en bibliografía internacional, para la actividad de pesca deportiva, las condiciones de pesca son buenas cuando el nivel del río es estable, adecuadas cuando el nivel está bajo y débil cuando está en ascenso o alto. Al revisar evaluaciones para ríos con

actividades múltiples, la pesca presenta menores demandas hídricas que por ejemplo uso de rafting o kayak.

**CUADRO 8.5-7  
ACTIVIDADES TURÍSTICAS EN EL RÍO BAKER Y LOS  
REQUERIMIENTOS HÍDRICOS ASOCIADOS**

Nº	DISTANCIA DESDE INICIO RIO BAKER	PRINCIPALES USOS ACTUALES TURISTICOS		CONDICIONES PREFERENTES DE USO PARA DEMANDA MÁXIMA SEGÚN USO		
		KM	SCD	CCD	Ancho Sup. (W)	Profundidad (H)m
<b>TRAMO 1 Rápidos 1</b>						
BA 1- BA 9	0-1,25	Observación paisaje. Observación de Flora Caminatas	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca	> 20	0.8-1,5	1-3
<b>TRAMO 2 Rápidos 2 /Vegetación Abundante</b>						
BA 10-BA 19	1,35-4,0	Observación paisaje. Observación de Flora y avifauna Caminatas	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca	> 20	0.8-1,5	1-3
<b>TRAMO 3 Baja Intervención, Alta pristinidad</b>						
BA 20-BA 31	4,30-12,45	Observación paisaje. Observación de Flora y avifauna Caminatas	Kayak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca	> 20	0.8-1,5	1-3
<b>Tramo 4 El Saltón</b>						
BA 32	13,52	Caminatas, observación del paisaje. Observación de avifauna. Observación del Saltón	Kayak para expertos			

Las condiciones preferentes para el uso de las actividades con contacto directo se han obtenido de las recomendaciones de ("Flow Requirements for Recreation and Wildlife in New Zealand Rivers, A Review" M.P; Mosley Centro de Hidrología Revista: Journal of Hydrology N.Z. Vol 22 N 2, 1983), las que son similares a las propuestas realizadas por Hyra (1978). Un extracto de ellas para las actividades que se desarrollan en el río Baker se presenta en el Cuadro 8.5-8.

**CUADRO 8.5-8**  
**REQUERIMIENTOS HÍDRICOS PARA ACTIVIDADES**  
**CON CONTACTO DIRECTO**

Actividad	Requerimientos Hídricos Recomendados Ancho Superficial (W) m Profundidad (H) m velocidad (V) m/s
Vadeo y Pesca de Orilla	$H \times V < 1,0$
	H 0,4 - 0,6
	$V < 0,5$
Nado	$W > 10$
	H 1,5; para Buceo $H > 2,0$
	$V < 0,3$
Aguas Blancas rafting/canoa	$W > 20$ ; espacio entre rocas $> 2,0$
	H 0,8- 1,5
	V 1,0-3,0
Caminata en cauce	$H \times V < 1,0$
Pesca con caña de orilla	W – Tal que permita el hábitat de peces
	H - Tal que permita el hábitat de peces
	V - Tal que permita el hábitat de peces
Pesca con caña desde bote	$W > 7,5$
	H 0,6-1,5
	$V < 1,5$

Fuente: Mosley, 1983

**a) Requerimientos Hídricos de Actividades SCD**

Para la determinación del o los caudales mínimos de reserva turística para actividades sin contacto directo para el tramo de estudio en el río Baker, es de relevancia, no qué caudal posibilita o limita la actividad turística sin contacto directo determinada, ya que por su caudal ésta no es una restricción aparente, si no la determinación del valor de caudal que represente el constructo cultural, "paisaje río Baker", es decir la construcción mental (percepción) de los turistas, el recuerdo, la imagen construida y relatada, y la verificación de esa imagen en una futura permanencia en el lugar.

Durante el desarrollo del estudio metodológico para la determinación de caudales de reserva turística, se han producido, hasta ahora, dos situaciones:

La situación presente en el río Cochiguaz, en el cual se concluyó que el caudal requerido para la mantención del valor turístico de las Actividades SCD, es mucho menor al requerido para las actividades CCD. Así, se

estableció que para la determinación de los caudales de reserva se utilizarían los valores mínimos de: altura de agua, ancho de caja y velocidad, es decir, las variables y requerimientos ya establecidos por estudios e investigaciones publicadas y aceptadas internacionalmente, como valores mínimos para la realización de dichas actividades (con contacto directo).

Por otra parte, en el análisis de los ríos Simpson y Baker, se ha constatado que el caudal requerido para la mantención de los atributos turísticos de las Actividades SCD, es bastante mayor que el requerido por las actividades CCD.

De acuerdo con lo anterior, lo que se propone es encontrar valores de caudal, que existiendo en el río (en un intervalo de tiempo, a determinar por la factibilidad de contar con datos históricos, o el rango que parezca como posible de estudiar) sean los de mayor ocurrencia (moda estadística, o un valor similar). Lo anterior para cada mes del año, debido a que esos datos servirán para poder replicar, en un modelo teórico, el ciclo anual natural del río, que es lo que le otorga su valor turístico, es decir, preservar no un caudal fijo, sino un caudal que replique el ciclo anual del río, para evitar el riesgo de artificializar el río en tal magnitud, que este pierda los valores turísticos previamente detectados como relevantes de ser conservados. En otras palabras, la idea es cuantificar el caudal del río que logre mantener el atributo del valor turístico, es decir, su presencia histórica.

Por lo anterior se propone que para determinar cuál es el requerimiento hídrico efectivo del río Baker en lo concerniente a las actividades sin contacto directo, es necesario realizar un análisis de los caudales medios diarios y medios mensuales para cada mes, durante un período determinado, permitiendo elegir un valor representativo "de real ocurrencia", para cada mes, y con esos valores construir una nueva tabla de caudales representativos y de mayor frecuencia de ocurrencia, para que ellos sean los determinados como requerimiento mínimo para las actividades sin contacto directo; es decir para mantener los atributos de paisaje del río Baker.

En ese sentido, se han hecho las siguientes determinaciones de caudales históricos observados (estación Río Baker en Desagüe Lago Bertrand):

- Número de veces que un determinado rango o rangos de caudales medios diarios más se repite, para cada mes.
- Lo mismo pero para el caudal medio mensual, para cada mes

Es importante destacar que en el caso específico del río Baker, la información de caudales medios mensuales abarca el período de Mayo de 1963 a Febrero de 2003 (información Endesa), mientras que los caudales medios diarios abarcan sólo desde 2003 a 2007. Los resultados para los caudales medios diarios y medios mensuales se presentan a continuación.

**CUADRO 8.5-9  
REPETICIONES DE RANGOS DE  
CAUDALES MEDIOS DIARIOS RÍO BAKER  
EN DESAGÜE LAGO BERTRAND**

Rango (m3/s)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Menor a 300	0	0	0	0	0	0	0	14	30	2	0	0
300 A 350	0	0	0	0	0	0	12	17	11	21	0	0
350 A 400	0	0	0	0	0	2	19	14	40	48	34	0
400 A 425	0	0	0	0	0	8	0	14	16	36	14	11
425 A 450	0	0	0	0	0	11	12	34	25	4	16	6
450 A 475	0	0	0	0	1	9	16	23	17	14	15	5
475 A 500	0	0	0	0	9	2	11	36	36	37	40	14
500 A 550	5	0	0	5	30	38	54	26	5	17	23	25
550 A 575	2	0	5	13	11	37	30	6	0	4	6	34
575 A 600	15	0	6	14	28	17	9	2	0	1	4	27
600 A 625	8	0	17	32	19	17	5	0	0	2	4	14
625 A 650	7	2	19	17	14	26	9	0	0	0	15	2
650 A 700	42	66	30	23	43	13	9	0	0	0	9	37
700 A 725	10	22	21	14	10	0	0	0	0	0	0	1
725 A 750	21	20	13	24	8	0	0	0	0	0	0	0
750 A 775	24	3	9	9	4	0	0	0	0	0	0	2
775 A 785	4	0	12	3	4	0	0	0	0	0	0	0
785 A 800	3	0	27	2	3	0	0	0	0	0	0	0
800 A 850	10	29	15	24	2	0	0	0	0	0	0	0
850 A 900	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayor a 900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Repeticiones	154	142	174	180	186	180	186	186	180	186	180	178
Nº de Repeticiones	134	113	132	142	155	141	154	152	139	162	142	138
% Representatividad	87	80	76	79	83	78	83	82	77	87	79	78
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Caudal (m3/s)	775	775	785	750	700	625	575	500	475	500	550	650

**CUADRO 8.5-10  
REPETICIONES DE RANGOS DE  
CAUDALES MEDIOS MENSUALES RÍO BAKER  
EN DESAGÜE LAGO BERTRAND**

Rango (m3/s)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Menor a 300	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0
300 A 350	0	0	0	0	0	0	3	5	4	3	1	0
350 A 400	0	0	0	0	0	3	3	5	9	12	4	0
400 A 425	0	0	0	1	1	2	2	2	6	7	1	0
425 A 450	0	0	0	0	0	0	2	5	8	4	10	1
450 A 475	0	0	1	0	2	2	5	6	1	4	9	4
475 A 500	1	0	0	0	2	3	4	4	2	2	3	3
500 A 550	5	2	1	3	5	10	9	7	4	4	6	14
550 A 575	2	1	0	2	4	3	3	0	2	2	2	3
575 A 600	0	3	3	2	3	1	4	3	2	0	2	4
600 A 625	9	3	5	9	6	3	2	2	0	0	0	1
625 A 650	1	2	3	5	2	3	0	0	0	1	1	2
650 A 700	10	7	9	12	8	7	0	1	0	0	1	3
700 A 725	1	6	6	0	3	0	0	0	0	0	0	4
725 A 750	3	5	2	0	2	1	1	0	0	0	0	0
750 A 775	2	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
775 A 785	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
785 A 800	2	2	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0
800 A 850	3	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1
850 A 900	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Mayor a 900	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Total Repeticiones	40	40	39	39	40	40	40	40	40	40	40	40
Nº de Repeticiones	32	32	32	34	33	30	31	34	32	33	34	32
% Representatividad	80	80	82	87	83	75	78	85	80	83	85	80
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>Caudal (m3/s)</b>	<b>750</b>	<b>775</b>	<b>775</b>	<b>700</b>	<b>700</b>	<b>650</b>	<b>575</b>	<b>550</b>	<b>500</b>	<b>500</b>	<b>550</b>	<b>650</b>

**CUADRO 8.5-10  
COMPARACIÓN RESULTADOS CON CAUDALES MEDIOS DIARIOS Y  
CON CAUDALES MEDIOS MENSUALES**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>Q Medios Diarios (m3/s)</b>	<b>775</b>	<b>775</b>	<b>785</b>	<b>750</b>	<b>700</b>	<b>625</b>	<b>575</b>	<b>500</b>	<b>475</b>	<b>500</b>	<b>550</b>	<b>650</b>
<b>Q Medios Mensuales (m3/s)</b>	<b>750</b>	<b>775</b>	<b>775</b>	<b>700</b>	<b>700</b>	<b>650</b>	<b>575</b>	<b>550</b>	<b>500</b>	<b>500</b>	<b>550</b>	<b>650</b>

**b) Requerimientos Hídricos de las Actividades CCD**

Durante la campaña de terreno efectuada, los caudales en la estación fluviométrica río Baker en Desagüe Lago Bertrand era de 790 m<sup>3</sup>/s, aproximadamente.

Revisando los resultados entregados por Hec Ras para un caudal de 800 m<sup>3</sup>/s, y comparando esos resultados con lo observado en terreno (8 datos de anchos superficiales y 15 datos de profundidades obtenidos por ecosonda) en cada uno de los 32 puntos (perfiles) analizados, en lo que dice relación con las alturas de agua, las velocidades medias y principalmente con los anchos superficiales de la superficie mojada, se pudo constatar que existe buena concordancia entre los valores simulados y los valores observados.

Tomando en cuenta que algunos puntos de terreno eran coincidentes con un mismo perfil, se obtuvieron 12 perfiles correspondientes a los puntos BA2, BA4, BA7, BA8, BA11, BA16, BA 19, BA 20, BA 21 (22 y 23, pues corresponden al mismo perfil), BA 24, BA 26 y BA 29 con una buena relación ya sea en ancho de cauce o profundidad del río con la modelación HEC RAS. Si se toma en cuenta que los puntos obtenidos en terrenos fueron puntuales, y ellos pueden estar afectados por singularidades del fondo, se considera que el resultado es bastante satisfactorio.

El Cuadro 8.5-11 se incluye la información generada a través de Hec Ras para un caudal de 800 m<sup>3</sup>/s, para los perfiles concordantes.

**CUADRO 8.5-11**  
**PERFILES CONCORDANTES PARA (Q=800 m<sup>3</sup>/s)**

Punto Terreno	Distancia desde inicio río	Altura Agua	Velocidad	Ancho Sup.
	( km)	( m)	(m/s)	(m)
BA 2	0,15	6,99	1,4	149,52
BA4	0,25	3,77	3,68	129,26
BA 7	0,55	5,00	1,82	114,24
BA 8	0,85	4,75	3,01	87,88
BA 11	1,60	3,86	2,11	142,88
BA 16	3,48	4,52	2,19	108,63
BA 19	4,0	5,89	1,46	148,19
BA 20	4,3	6,29	1,76	104,66
BA 21, 22, 23	5,25	7,11	0,98	170,37
BA24	6,65	7,33	1,49	105,07
BA 26	8,55	7,51	1,52	86,18
BA 29	11,45	5,69	2,13	101,93

Los perfiles seleccionados han permitido estimar requerimientos hídricos para las distintas actividades con contacto directo que se realizan en el río Baker en el tramo analizado.

### ➤ **Kayak y Rafting**

Las actividades de kayak requieren profundidades de agua mayores a 0,8 m y velocidades entre 1 y 3 m/s; las profundidades mínimas de 0,8 m tienen relación con poder girar dentro del agua en caso de volcamiento o realizar otras maniobras técnicas. Al analizar los requerimientos con los datos obtenidos para todos los caudales, se desprende que las condiciones de ancho y de profundidad son cumplidas para todos los casos, sin embargo la condición de velocidad mayor a 1 m/s, se cumple para todos los perfiles con un caudal de 500 m<sup>3</sup>/s; para 400 m<sup>3</sup>/s el cumplimiento es en 10 de los 12 perfiles, y para 300 m<sup>3</sup>/s en 9 de 12 perfiles la velocidad es mayor a 1 m/s.

### ➤ **Baño**

Con relación a los caudales para la actividad de baño, en todos los casos se superan las recomendaciones de seguridad de que el cociente de altura por velocidad sea menor a 1. Lo que indica que el baño no es una actividad recomendada para este río, salvo en remansos y con medidas de precaución adecuadas.

### ➤ **Pesca**

La pesca desde orilla presenta requerimientos similares a los del baño, situación que indica que los lugares de pesca deben ser indicados por guías expertos, que conocen espacios seguros para desarrollar la actividad.

Tal como fuera señalado, para la actividad de pesca deportiva, las condiciones son buenas cuando el río es estable, adecuadas cuando el nivel del río está bajo y débil cuando está en ascenso o alto. En ese contexto, la actividad de pesca presenta demandas hídricas menores a las otras actividades con contacto directo que se analizan, por lo que no se considera en el análisis de las máximas demandas hídricas.

### ➤ **Canotaje y Rafting**

Stewart Rood et al, estudió 27 ríos en Alberta Canadá (1983 – 1997) buscando relaciones para determinar valores de caudales recreacionales que permitan el canotaje de embarcaciones livianas, condicionando el estudio a profundidades entre 0,6 m y 0,75 m. Determinó que el caudal recreacional guarda una relación con el caudal medio, según la siguiente relación:

$$Q_r = 3 \times Q_m^{0,59}$$

Donde:

$Q_r$  = caudal recreacional en m<sup>3</sup>/s

$Q_m$  = caudal medio en m<sup>3</sup>/s

En otro estudio similar, Stewart Rood (2001) concluye que existe una relación bastante lineal entre el caudal medio y el caudal de recreación para práctica de canoa y kayak, para ríos de la cuenca de Oldman (Canadá). La relación que obtuvo fue:

$$Q_r = 0,77 \times Q_m + 3,97; \quad Q_r \text{ y } Q_m \text{ en m}^3/\text{s}$$

Aplicando esas relaciones para el caudal medio mensual en el río Baker para los meses de mayor uso turístico en el río (Octubre a Marzo), se tiene lo siguiente:

**CUADRO 8.5-12**  
**CAUDALES RECREACIONALES (canotaje) SEGÚN STEWART ROOD**

	$Q_m$	QR1	QR2	Promedio QR1 y QR2
	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
Octubre	425,9	107	332	219
Noviembre	476,9	114	371	243
Diciembre	570,6	127	443	285
Enero	662,2	139	514	326
Febrero	701,8	143	544	344
Marzo	684,8	141	531	336

De acuerdo con los valores antes presentados, los caudales promedio según las 2 relaciones señaladas presentan un valor entorno a los 300 m<sup>3</sup>/s, como promedio para el período de Octubre a Marzo.

A su vez, Tennant fija una propuesta para definir caudal recreacional a través de porcentajes fijos, a saber:

- 200 % del caudal medio anual para flujos altos
- 100 % del caudal medio anual para el resto de los tipos de flujo

El caudal medio anual en Baker en Desagüe Lago Bertrand es de 563 m<sup>3</sup>/s, de modo que sería ese el caudal recreacional para el río Baker según Tennat.

De acuerdo a los análisis efectuados se puede concluir que los requerimientos hídricos par las actividades con contacto directo se

obtienen a partir de los 300 m<sup>3</sup>/s, situación donde las exigencias son satisfechas.

### c) Caudales a Reservar para el río Baker

De acuerdo con lo señalado en los párrafos precedentes, las demandas hídricas para las actividades CCD serían a partir de los 300 m<sup>3</sup>/s, aproximadamente.

Por otro lado, respecto a las actividades SCD, el análisis de repeticiones de caudales medios mensuales y medios diarios condujo al siguiente resultado (se han incluido los caudales con probabilidades de excedencia de 10%, 20% y 50%):

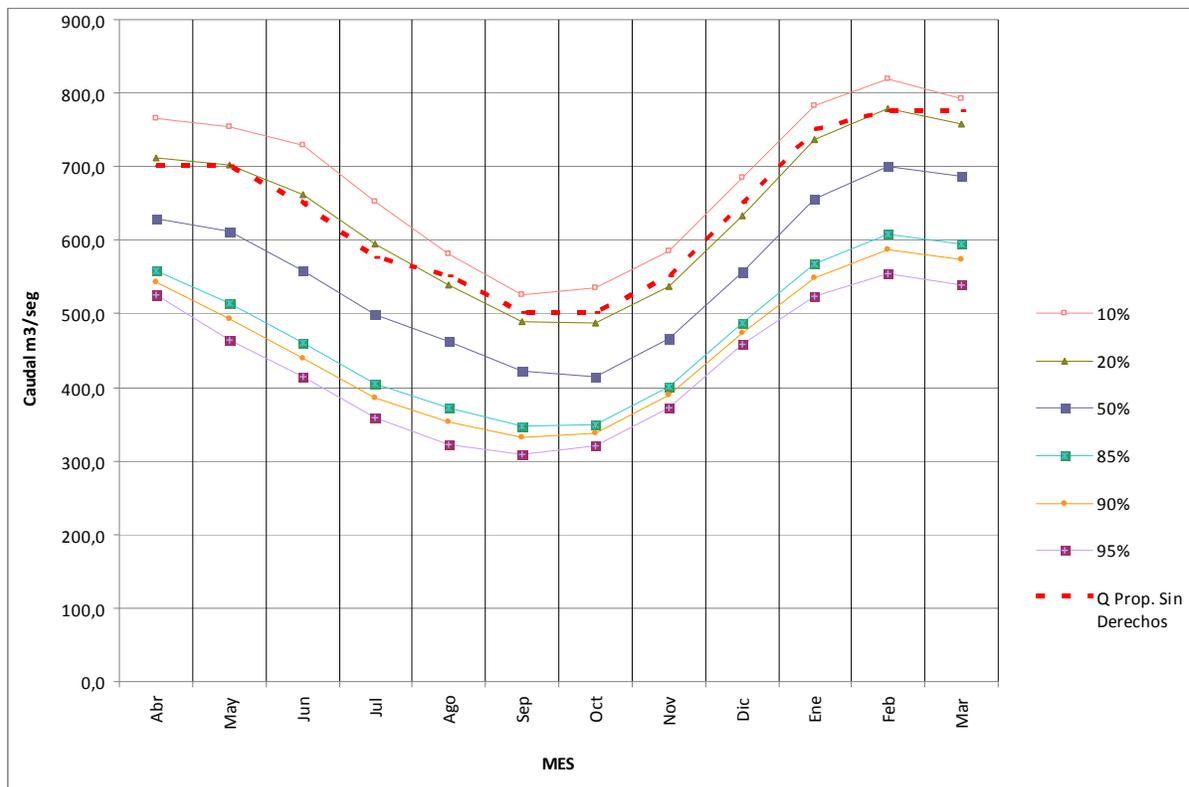
**CUADRO 8.5-13**  
**CAUDALES MEDIOS DIARIOS Y MEDIOS MENSUALES QUE MÁS SE REPITEN PARA CADA MES (m<sup>3</sup>/s)**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>Q Medios Diarios (m<sup>3</sup>/s)</b>	775	775	785	750	700	625	575	500	475	500	550	650
<b>Q Medios Mensuales (m<sup>3</sup>/s)</b>	750	775	775	700	700	650	575	550	500	500	550	650
Q 10% Pexc	783,9	819,5	793,3	765,3	754,6	729,0	652,8	580,9	526,6	535,9	585,0	685,0
Q 20% Pexc	736,9	778,2	757,8	711,4	702,7	662,7	594,6	539,1	489,7	487,5	537,5	633,5
Q 50% Pexc.	655,4	700,3	687,3	630,0	611,9	558,1	499,1	462,2	423,0	414,5	465,6	555,7

En definitiva, el criterio de repetición de caudales medios mensuales corresponde al criterio de que con esos caudales las condiciones de agua en el río permiten llevar a cabo las actividades con y sin contacto directo.

En la Figura 8.5-6 se incluyen los caudales medios mensuales para diferentes probabilidades de excedencia, incluyendo los caudales que se propone reservar.

**FIGURA 8.5-6  
CAUDALES MEDIOS MENSUALES PARA DIFERENTES  
PROBABILIDADES DE EXCEDENCIA Y CAUDALES PROPUESTOS  
RESERVAR**



**d) Situación de los Derechos de Aguas Superficiales**

La situación de los derechos de agua en la zona de interés da cuenta con lo siguiente:

**CUADRO 8.5-14  
DERECHOS DE AGUA EN EL RÍO BAKER (en tramo de estudio)**

ID	Expediente	Propietario	Caudal (l/s)	Tipo	Captación	Coordenadas		Situación	Res.	Fecha	Uso
						Norte	Este				
1	ND-1103-27	Empresa de Servicios Sanitarios de Aysén S.A.	30,0	Consuntivo	MEC	4.790.695	664.980	Aprobada	225	18-02-1998	Sanitaria
2	ND-1103-28	Empresa de Servicios Sanitarios de Aysén S.A.	30,0	Consuntivo	MEC	4.790.935	664.840	Aprobada	226	18-02-1998	Sanitaria
6	ND-1104-110	Ahumada Arias, Adiher Omar	5,0	Consuntivo	MEC	4.780.941	668.570	Proceso	872	30-12-2008	
10	ND-1104-110	Ahumada Arias, Adiher Omar	5,0	Consuntivo	MEC	4.780.801	668.506	Proceso	872	30-12-2008	
12	ND-1103-070	Peppi Porfiri, Luis Modesto	850,0	Consuntivo	GRAV	4.786.491	666.458	Aprobada	9	16-03-2009	

En el Plano 8.5-1 se muestra la ubicación de los derechos de aguas superficiales. De acuerdo con la información del Cuadro 8.5-14, en el tramo de interés, existirían derechos de aguas superficiales de uso

consuntivo, permanente y continuo por 910 l/s. Dicho caudal representa un 0,18 % del caudal mínimo propuesto reservar, de modo que no afectaría la proposición de reserva.

## **8.6 Río Simpson (XI Región de Aysén)**

### **8.6.1 Introducción**

El río Simpson se encuentra próximo a las ciudades de Coyhaique y Aysén, cuya área presenta el mayor y mejor equipamiento turístico, accesos e infraestructura de la Región de Aysén, ya que en ella se localizan la Capital Regional Coyhaique, Puerto Aysén, Puerto Chacabuco y el aeropuerto de Balmaceda.

El río ofrece abundante pesca de orilla, algunas playas sirven de balneario en verano, cuenta con equipamiento para acampar y para realizar picnic. Junto con las actividades de pesca se pueden realizar actividades asociadas al turismo de aventura, ya que se forman continuos rápidos en su recorrido, se practica rafting, kayak, canoas, además su entorno es propicio para hacer trekking, caminatas y cabalgatas.

La ciudad de Coyhaique y el río Simpson están dentro de la ruta de turismo internacional de cruceros.

El área de trabajo limita con la reserva Nacional Coyhaique y forma parte de la Reserva Nacional Río Simpson, ambas pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado.

Esta reserva debe su nombre al río Simpson que la atraviesa en su recorrido hacia el Oeste, y que es uno de los ríos más apetecidos por los pescadores con mosca. La superficie del área protegida es de 40.452 ha, un relieve accidentado y con cumbres superiores a los 1.600 msnm, lo que da origen a valles y angostos cañadones por los que bajan los ríos. También destacan los ríos Correntosos y Cascada de la Virgen, afluentes del Simpson, ambos rodeados de bellos paisajes y exuberante vegetación.

La vegetación está conformada principalmente por bosques compuestos por coigües, tepas, mañío, ciruelillo, canelo y tepú. Además del chilco, que es el arbusto más abundante de la zona.

En cuanto a la fauna, existen presencia de huemules, puma, pudú, zorro, güiña, bandurrias, queltehues y una gran variedad de patos silvestres.

Es un lugar de mucha belleza donde se produce una armoniosa relación entre el río y el entorno biótico y geológico.

Entre el 23 y el 26 de Marzo de 2009, se desarrolló un trabajo de campo que tuvo por objetivo levantar información primaria, la cual permitió identificar las principales actividades turísticas que se desarrollan en el río y se logró caracterizar el río en estudio.

El tramo de río analizado fue de 86 km, aproximadamente, partiendo desde el sector de Villa Simpson (N: 4.932.480, E: 725.816 WGS 84 Huso 18) y llegando hasta la junta con el río Mañihuales (N: 4.968.944; E: 695.766 WGS 84 Huso 18).

### **8.6.2 Obtención de Información Primaria. Entrevistas a Actores Claves In Situ**

#### **a) Actores Públicos**

- Dirección General de Aguas.

Se sostuvieron reuniones con la contraparte del proyecto en la Región, tanto con el Director Regional, Sr. Fabián Espinoza Castillo, con quien se revisó el programa de terreno, las necesidades de información, los alcances del estudio y se coordinaron los trabajos con profesionales de las distintas unidades.

Además de reuniones de trabajo directas con las Unidades del DGA, se realizó una reunión conjunta de las unidades del equipo de proyecto. En esa reunión participó:

Sr. Fabián Espinoza C. Director Regional

Sr. Jorge O'Kuinghttons V. Encargado Unidad de Medio Ambiente y Fiscalización.

Sr. Joaquín Aguirre del DARH

Srta. Camila Teutsch, Proyecto Implementación Cuenca Baker

Sr. Pablo Quintanilla, Geógrafo DARH

Sr. Fernando Guzmán, Hidrología

Sr. Jaime Vargas, Consultora Aquaterra Ingenieros Ltda.

Sra. Galit Navarro, Consultora Aquaterra Ingenieros Ltda.

Sr. Juan Carlos Cuchacovich, Consultora Aquaterra Ingenieros Ltda.

En dicha reunión se explicó en qué consiste el proyecto y cómo iba a ser su aplicación al río Simpson. Este río había sido priorizado en una evaluación previa tanto con la DGA, como con otros organismos regionales, como un río de alta importancia y de carácter estratégico para el desarrollo económico de la región por su importancia turística.

Profesionales de la DGA explicaron los principales usos que se realizan en el río, según las condiciones hídricas y ambientales del cauce existente; se estableció una zonificación del río según usos principales.

De esta forma se estructuró una primera visión del río dividiéndolo en 5 tramos de uso. Se recomendó profundizar el estudio en la zona de mayor presión de usos, que corresponde al tramo previo de llegada a Coyhaique y el que atraviesa la ciudad.

- Dirección de Obras Hidráulicas

Se sostuvieron reuniones con:

Sr. Felipe Vega Otrola Director Regional DOH, y Sr. Ricardo Ibarra, encargado de Defensas Fluviales en la XI Región.

Esta reuniones permitieron conocer usos existentes en el río, especialmente relativos a la extracción de áridos, y además intentar obtener información sobre topografía y estudios hidráulicos que se hayan hechos en el río en el tramo que se analiza.

Toda la información existente y revisada en el MOP (DGA, DOH, Vialidad), no cumplía los requerimientos mínimos de escala, georeferenciación y distribución espacial tal que pudiera haber sido empleada para mejorar la topografía digital que se había generado en el presente trabajo.

- CONAMA

Se sostuvieron conversaciones con el Sr. Sergio Fuentealba, encargado del Sendero de Chile para la XI Región, con el fin de conocer el proyecto de trazado en la región, concluyéndose que no incluye tramos paralelos al río.

- CONAF

Se entrevistó a la Sra. Pamela Cárdenas, quien proporcionó detalles del proyecto Borde Río, en el tramo del río Simpson que atraviesa la zona próxima a la ciudad de Coyhaique, información que se analiza más adelante.

En reuniones previas con CONAF, sostenidas con su Director Regional y con Jefe del Departamento de Áreas Silvestres de la región, se había destacado la importancia ambiental del río Simpson, especialmente en el tramo que atraviesa la Reserva Nacional Río Simpson, indicándose además que es un río con alta intensidad de usos turísticos múltiples. Por otro lado, en las reuniones preliminares sostenidas con Sernatur y con CORFO, se destacó la relevancia regional que presenta el río Simpson, el cual presenta un alto uso por su cercanía a Coyhaique, donde se desarrollan muchos tipos de actividades, pesca, kayak, rafting y trekking. Además, muchos visitantes de los cruceros internacionales llegan a Coyhaique siendo el río Simpson un atractivo de visitas por el día.

## **b) Actores privados y organizaciones ciudadanas**

- **Sr. Alex Prior**, Operador Turístico de Pesca

[alexfishchile@gmail.com](mailto:alexfishchile@gmail.com)

Coyhaique – Chile

Tel. 9-8920 9132

<http://www.flyfishingcoyhaique.com/>

El Sr. Prior es dueño de un lodge de pesca, siendo operador y guía de la Empresa Southern Exposure. Uruguayo de nacimiento, realiza actividades desde 1989, siendo uno de los primeros en desarrollar pesca con mosca en la región. Su público objetivo es principalmente extranjeros interesados en pesca con mosca.

Su lodge de pesca está emplazado en el tramo del río Simpson denominado El Cañón, sector relativamente aislado pues el acceso por tierra es a través de sitios particulares.

El Sr. Prior describe el río como “muchos ríos en uno”, dado la diversidad de posibilidades que tiene, y sus cambiantes condiciones hídricas, donde los caudales en pocos días aumentan significativamente producto de las precipitaciones.

Desde el punto de vista del Sr. Prior, el mejor tramo para la pesca es entre el Cañón y el Túnel, que conserva el hábitat de las truchas. El segundo tramo de interés es entre Los Torreones hasta la desembocadura del río Mañihuales. El tercer tramo de preferencia vendría a ser entre la Cascada de la Virgen hasta los Torreones.

Si bien el tramo inicial del río en el sector Valle Simpson, ofrece buenas condiciones para la pesca, no lleva turistas hacia allá, pues estima que el río está muy intervenido por la extracción de áridos, y por ello es muy poco atractivo para el turista.

- **Sr. Sebastián Galilea**, Operador Turístico pesca con Mosca

CINCO RIOS LODGE

Camino Balmaceda, sector Ruta Soitzich, Coyhaique

Tel. 67-244917

[www.cincorioschile.cl](http://www.cincorioschile.cl)

El Sr. Galilea es abogado de profesión, y es propietario con su familia de un Lodge de pesca ubicado muy próximo a la ciudad de Coyhaique, sobre el río Simpson. La principal actividad se centra en pesca con mosca, donde los usuarios son principalmente extranjeros. Ofrecen actividades de pesca en el río con guías profesionales.

Señala que la actividad turística es el gran potencial de la región, y en particular el río Simpson es reconocido a nivel mundial por las buenas condiciones para la pesca, lo que es un atractivo para el desarrollo económico del turismo y de la región. Sin embargo, existe una grave amenaza que ya está repercutiendo en la actividad turística, que corresponde a la extracción de áridos, que según él no existe ningún tipo de regulación.

Esta situación la han presentado a las autoridades, haciendo ver los riesgos económicos que trae, pero no han encontrado una adecuada respuesta a dicha inquietud. Indica que ya existen publicaciones internacionales que hacen referencia a esta situación, y la consiguiente desventaja para la pesca que ello significa.

La extracción de áridos produce un fuerte impacto visual, y una importante modificación del cauce; también se produce un aumento de turbiedad en el agua que afecta enormemente la actividad turística de la pesca.

Respeto a los tramos de río óptimos para pesca, indica que en general todo el río, desde aguas arriba de Valle Simpson, presenta buenas condiciones, sin embargo el atravesar en balsa o caminando los sectores de extracción de áridos desestimulan a los visitantes; la temporada de pesca comienza en Octubre y finaliza en Marzo – Abril.

- **Sr. Ian Farmer**. Operador Turístico de Actividades de Deporte Aventura y Consultor Turismo.

Ian Farmer

[ian@consultpatagonia.com](mailto:ian@consultpatagonia.com)

Tel: (56) 09 82594017 - Coyhaique - CHILE

Camino a Panguilemu

Coyhaique

<http://www.adventurepatagonia.com/>

[contact@adventurepatagonia.com](mailto:contact@adventurepatagonia.com)

El Sr. Farmer llegó a Chile en 1987, dirigió CEAL (Centro de Educación Al Aire Libre) por varios años y ha vivido en Aysén durante los últimos siete, dirigió la empresa Patagonia Adventure Expeditions hasta el 2007. El Sr. Farmer ha prestado asesoría a proyectos educativos y turísticos en gran parte de Chile. Desarrolla estudios a través de la empresa Consult Patagonia, apoyando el proceso de emprendimiento y puesta en marcha de proyectos relacionados con la actividad turística. Lo anterior dentro de un marco de sustentabilidad considerando que el éxito a largo plazo debe considerar el cuidado del medio ambiente y unas relaciones con la comunidad local mutuamente beneficiosas.

La propuesta de trabajo del Sr. Farmer a través de su empresa está basada en que la región de Aysén cuenta con todos los atributos naturales de un destino mundial de turismo de naturaleza, ofreciendo una amplia oferta de productos de alta calidad que beneficia a todos los operadores y prestadores de servicios, a medida que la región esté mejor posicionada y sea más conocida.

De acuerdo con información proporcionada por el Sr. Farmer, existiría a nivel de proyecto, trasladar el actual museo de la Reserva río Simpson, hacia el sector de San Sebastián, donde probablemente se construirá otra pasarela sobre el río, haciendo con ello accesible al público nuevos tramos del río.

Dadas las buenas condiciones que presenta el río para las actividades de descenso en distintos tipos de embarcaciones, la Agencia Regional de Desarrollo Productivo trabaja en la idea de priorizar Coyhaique como lugar de desarrollo de kayak, contemplando realizar escuelas de guías de kayak. Esta iniciativa está orientada al alto número de turistas que llega a la región atraídos por las condiciones del río. La composición de turistas es 70% de Europa y EEUU y 30% chilenos, aproximadamente.

- **Sr. Francisco Vio.** Director Escuela de Guías de la Patagonia

La escuela de Guías desarrolla instrucción para la formación de guías y operadores turísticos en la región, y proyectos sobre turismo sustentable. Destaca que la región es activa en actividades turísticas, sin embargo el potencial es muy alto por los atractivos que presenta. Las actividades que se realizan en el Río Simpson son diversas, incluyendo kayak, balsa, pesca, trekking, fotografía, etc.

Evidencia que el río Simpson presenta problemas en la actividad turística debido a la extracción de áridos, generando problemas en el escurrimiento del río por las continuas modificaciones al cauce, y a la pesca por la alta turbiedad producto del accionar de máquinas dentro del lecho.

La intervención en el río por la extracción de áridos divide al río, no permitiendo que pueda ser empleado en forma integrada y completa.

Otro de los problemas que enfrenta el uso del río para las actividades turísticas, se refiere a la descarga de aguas de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas, que presenta en repetidas ocasiones mala calidad, afectando el turismo y la salud de los que practican deportes acuáticos.

El río Simpson tiene un alto uso pues está cerca de la ciudad, donde se sitúan la mayoría de los operadores turísticos de la región, tanto para actividades de descenso como de pesca.

Para un mejor desarrollo turístico del río serían necesarios la habilitación de nuevos puentes y rutas, pues existen muchos tramos con dificultad de acceso, y los puentes existentes no presentan la mejor ubicación de acuerdo con los objetivos turísticos.

En la reunión indicó los usos turísticos preferentes, así como las clases de riesgo para el descenso en kayak según la escala internacional de I a VI, información que se incluye en la caracterización de las Actividades.

### **8.6.3 Reconocimiento y Caracterización del Terreno**

#### **a) Descripción General del Área**

El río Simpson se encuentra próximo a las ciudades de Coyhaique y Aysén, cuya área presenta el mayor y mejor equipamiento turístico, accesos e infraestructura de la Región de Aysén, ya que en ella se localizan la Capital

Regional Coyhaique, Puerto Aysén, Puerto Chacabuco y el aeropuerto de Balmaceda.

El río ofrece abundante pesca de orilla, algunas playas sirven de balneario en verano, cuenta con equipamiento para acampar y para realizar picnic. Junto con las actividades de pesca se pueden realizar actividades asociadas al turismo de aventura, ya que se forman continuos rápidos en su recorrido, se practica rafting, kayak, canoas, además su entorno es propicio para hacer trekking, caminatas y cabalgatas.

La ciudad de Coyhaique y el río Simpson están dentro de la ruta de turismo internacional de cruceros.

El área de trabajo limita con la reserva Nacional Coyhaique y forma parte de la Reserva Nacional Río Simpson, ambas pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado.

Esta reserva debe su nombre al río Simpson que la atraviesa en su recorrido hacia el Oeste, y que es uno de los ríos más apetecidos por los pescadores con mosca. La superficie del área protegida es de 40.452 ha, un relieve accidentado y con cumbres superiores a los 1.600 msnm., lo que da origen a valles y angostos cañadones por los que bajan los ríos. También destacan los ríos Correntosos y Cascada de la Virgen, afluentes del Simpson, ambos rodeados de bellos paisajes y exuberante vegetación.

La vegetación está conformada principalmente por bosques compuestos por coigües, tepas, mañío, ciruelillo, canelo y tepú. Además del chilco, que es el arbusto más abundante de la zona.

En cuanto a la fauna, existen presencia de huemules, puma, pudú, zorro, güiña, bandurrias, queltehues y una gran variedad de patos silvestres.

Es un lugar de mucha belleza donde se produce una armoniosa relación entre el río y el entorno biótico y geológico.

E Río Simpson está catalogado como Zona con Valor Turístico y Paisajístico en la Región de Aysén.

En el Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU) del año 2003 (Seremi de Vivienda y Urbanismo) se ha incluido el río Simpson (dentro de otros ríos regionales) como parte de los **Ríos De Prioridad Turística**, que han sido señalados como objetivos ambientales en la evaluación ambiental estratégica del plan.

Corresponde a aquellos cursos de agua superficial priorizados para el desarrollo de actividades asimilables a turismo ecológico (bajo protección) y deportivo, donde el objetivo de prioridad se orienta a posibilitar las condiciones de usos bajo criterios de conservación paisajística. Es así que se establecen franjas en torno a los ríos para conservación de bosques y de la vegetación y para respaldar la calidad paisajista de parques que puedan localizarse aledaños a ellos.

Se establecen normas específicas para las franjas en torno a los ríos prioritarios.

A su vez el PRDU define proyectos acordes con las líneas de acción que se planteó, donde los relacionados con el río Simpson son los siguientes:

- Estudio de cuenca del Río Simpson que defina condición de uso y delimitación predial.
- Reconocimiento de planes de protección del paisaje en los corredores turísticos Priorizados Tramo Ruta CH 240 (Ruta Coyhaique-Pto. Chacabuco).
- Bonificar estrategias de conservación de recursos del paisaje.
- Establecer un sistema de monitoreo ciudadano de control y vigilancia ambiental.
- Detección y plan de gestión de cuencas hidrográficas priorizadas para el desarrollo de la pesca deportiva en Río Simpson.

La Región de Aysén es visitada por una cantidad cercana a los 128 mil turistas, donde la gran mayoría pasa por Coyhaique. Los ingresos por este concepto dejan una cifra cercana a los 60 millones de dólares (Sernatur, 2008), con una tasa de crecimiento anual esperada en torno al 2%, en una perspectiva conservadora.

El área de trabajo comprendió desde el Puente en Valle Simpson hasta la junta con el río Mañihuales, donde ambos conforman a partir de ese punto el río Aysén. La Campaña de terreno se desarrolló durante la semana del 23 de Marzo de 2009, y el objetivo fundamental fue reconocer las componentes de paisaje y las actividades de uso turístico. Para ello se levantaron 32 puntos característicos del río, cuya identificación se incluye en el Cuadro 8.6-1 siguiente; en el Plano 8.6-1 se muestran los puntos de observación.

**CUADRO 8.6-1  
PUNTOS DE OBSERVACIÓN**

N°	Distancia desde Pte Valle Simpson (km)	LUGAR	COORDENADAS UTM	
			N	E
Punto S1	0	Sector Villa Simpson	4932480	725815
Punto S2	1,1	Extracción de áridos	4932742	725149
Punto S3	3,3	Extracción de áridos	4933720	723209
Punto S4	5,4	Extracción de áridos	4932969	721639
Punto S5	7,9	Bosque	4932732	720496
Punto S6	8,0	Predio agrícola con bajada	4932755	720422
Punto S7	11,5	Extracción de áridos	4932755	720422
Punto S8	14,2	Bosque Nativo	4937247	719974
Punto S9	16,2	Mirador natural	4938684	718827
Punto S10	18,3	Desagüe natural	4940062	718365
Punto S11	23,9	Extracción de áridos	4942330	723021
Punto S14	26,8	500 m de la confluencia con el río Pólux	4944019	724802
Punto S13	28,6	Parcelas de agrado	4944019	724802
Punto S19	29,7	Terrenos de Jorge	4946107	726514
Punto S16	32,7	Puente del Indio o puente Simpson	4948721	727806
Punto S12	31,6	Puente Mundaca	4947741	727522
Punto S15	33,4	Mirador frente a la contraloría	4949393	727908
Punto S17	35,8	Pasarela peatonal	4951473	728795
Punto S18	34,9	Presencia aves	4950809	728256
Punto S20	37,3	Generadores eólicos	4952900	728628
Punto S30	40,2	Bajada de río en Cañón	4952920	726240
Punto S21	47,7	Confluencia de Baguales con Simpson	4957747	723131
Punto S22	50,1	Quebrada El Moro	4957650	721070
Punto S23	55,3	Aguas Arriba Junta con Río Correntoso	4958122	716514
Punto S24	60,1	Cerro la Virgen	4960140	712594
Punto S32	60,3	Cascada velo de la novia	4960455	712198
Punto S25	65,5	Obras de protección en piedra	4962662	708123
Punto S31	68,4	Cascada de la virgen	4962807	705417
Punto S26	68,8	Reserva Nacional Río Simpson	4962745	704913
Punto S27	71,9	Puente colgante sobre el río	4964349	703471
Punto S28	76,3	Pasarela Los Torreones	4968944	695766
Punto S29	85,6	Confluencia del río Mañihuales con el río Simpson	4969134	695915

**Coordenadas WGS 84, Huso 18**

A continuación se presenta una descripción resumida de cada uno de los puntos analizados:

**Punto S1**

Espacio totalmente intervenido, un río de aguas turbias, con una profundidad de entre 1 y 2 m, ancho de unos 50 m, grano pedregoso, marcas negativas: pozos de extracción de arena. Sector caracterizado por presencia de campos de praderas de cultivos, sector Villa Simpson.

La vegetación corresponde a matorral nativo bajo y escaso, muchas gramíneas, ejemplares de "Michay", gran abertura visual, arena suelta.

**Punto S2**

Ubicado a 600 m del Punto S1, zona de mayor abertura visual, presencia de extracción de áridos, arena suelta, matorral nativo bajo. Bandadas de bandurrias en abundancia asociadas a las áreas de humedales.

Lecho de río pedregoso, cierre de predios muy cerca de la rivera, pastizales, terrenos de forraje de animales.

**Punto S3**

Vistas panorámicas, con presencia de fondo escénico, área muy intervenida, zona de extracción de áridos; para acceder al río hay que atravesar un recinto privado; mucho movimiento de maquinaria pesada.

**Punto S4**

No se accede al río, el camino va a media ladera, lo que permite una vista focalizada hacia determinados puntos o áreas del cauce, presencia de vegetación arbórea nativa de mayor altura, lo que crea ventanas por donde observar el paisaje. El agua se presenta un poco más transparente y con mayor velocidad, el sonido del agua se percibe desde el camino.

**Punto S5**

Idem S4. Hay un cambio en el color del río, aparecen los tonos de azul.

**Punto S6**

Predio agrícola con bajada al río. Lugar con condiciones favorables para pesca, presencia de extracción de áridos.

**Punto S7**

Río de una caja promedio de 30 m de ancho, zona de extracción de áridos, impacto visual negativo. Vegetación remanente de una antigua inundación,

abundancia de piedras de río de tamaño medio, vista focalizada hacia los cordones montañosos, cuenca más encajonada, presencia marginal de vegetación nativa, algunos coigües. Presencia de herbáceas, suelo pedregoso, se escucha el sonido tenue del río.

**Punto S8**

Presencia de rápidos, no hay acceso al cauce, sólo se puede observar desde media ladera entre la vegetación existente, mucha Quila, cierres de predios impiden el acceso directo al río.

**Punto S9**

Desde el camino se ve el río en altura, hay un mirador natural, aproximadamente a 100 m de altura, presencia de bosques de coigües, mucho coligue, importante presencia de vegetación nativa, río encajonado, por ladera de enfrente la vegetación llega hasta la orilla. Posibilidad de playas, lugares de baño.

**Punto S10**

Cerca de una cascada pequeña, desagüe natural, río de color oscuro con café lechoso, algunos sectores de mayor profundidad, orillas de arena y piedras, extensas playas, posibilidad de balneario, con más caudal y mayor velocidad aparente, es una zona que se ve muy erosionada, con poca vegetación arbustiva, 15 m de la orilla se inicia el bosque de coigüe, presencia de quila. No hay avistamiento de fauna.

**Punto S11**

Extracción de áridos, en la ladera de enfrente se ven coigües, matorrales de herbáceas, muy poca vegetación, mucha erosión, río calmo, color verde oscuro, orilla de playa pedregosa, muy intervenida por la extracción de áridos, sin demasiado valor turístico a menos que se restaure la situación y se elimine la extracción de áridos que se constituyen en marcas negativas en el paisaje. Presencia de caballos. Cortes de rocas, no hay aves.

**Punto S14**

Borde del río a 500 m de la confluencia con el río Pólux aproximadamente, zona de meandros, aguas tranquilas, más claras, vegetación arbustiva, quila, no hay playa, profundidad de agua 3 m; paisaje poco atractivo.

**Punto S13**

Zona de parcelas de viviendas, existe una amplia vista panorámica.

**Punto S19**

Zona mixta residencial, turística, industrial sendero de trekking, pesca, playa balneario, vegetación nativa matorral arbustivo, berberis, alguno que otro coigüe, pastizales, cuenca visual cerrada, ladera del frente a poca distancia, río rocoso, agua cristalina, se observan pozones de agua.

**Punto S16**

Puente del Indio o puente Simpson, agua cristalina, presencia de quila, bosque forestal de álamo y pino, vegetación introducida, poca presencia de especies nativas, vistas focalizadas, se ve un río tranquilo, manso. Mucha vegetación introducida, pinos y álamos, presencia de patos, en el sector hay mucha presencia de cabañas y lodge de turismo, está el sendero de Chile y senderos de caminatas. La piedra del indio se observa desde el puente del Indio o puente Simpson.

**Punto S12**

Mucha riqueza con textura de grano diverso, abundancia de piedras, es un lugar con atractivo paisajístico alto, se constituye como una marca en el paisaje o hito: puente Mundaca sobre el río Simpson que se muestra con gran atractivo.

**Punto S15**

Mirador frente a contraloría, el río tiene dos brazos, frente a la Universidad de Los Lagos, vista al puente colgante, punto de interés cultural, (la universidad, el puente, la piedra del indio), vegetación, Pinos. Vista panorámica al cordón montañoso, río verde oscuro, no hay avistamiento de fauna, predios agrícolas pequeños que llegan hasta la orilla, presencia de rápidos y zonas calmas. Mirador bien mantenido y con equipamiento.

**Punto S17**

Pasarela peatonal; plantaciones de pinos, vista a la carretera, algo de vegetación nativa, manzanos, uno que otro coigüe, álamos, la estación fluviométrica de interés cultural, vista lejana a los últimos cerros de Coyhaique, ancho de caja 25 m.

**Punto S18**

Ancho de caja estimado de 20 a 15 m; es un lugar que se ve menos intervenido, la vegetación está constituida por quila y coigües. Lecho de río pedregoso, tiene un color verde petróleo, agua transparente; presencia de fauna, faisanes, tórtolas.

**Punto S20**

Vista al parque de 3 turbinas eólicas, antes de iniciar el alejamiento del río. Río pedregoso y caudaloso, con rocas a la vista, vegetación de álamos, poca vegetación nativa, mucha vegetación asilvestrada de arbustos y herbáceas, vista panorámica a los cordones montañosos, plantaciones de pinos en la ladera de enfrente, coigües, pino Oregón, presencia de aves (pato negro yeco o cormorán, Run Run), ancho del río de 50 m. Buen lugar para rafting, sendero para trekking.

**Punto S30**

Bajada al río, punto donde se puede empezar a practicar kayak, importante presencia del sonido del río, pedregoso, vegetación asilvestrada y nativa.

**Punto S21**

Confluencia de río Baguales, antes de puente, una caja de río de gran riqueza visual, laderas de coigües, afloraciones rocosas, puntos de interés, vegetación nativa como chilco, quila, coigües, herbáceas varias. Vista panorámica, trekking, caminatas, observación de aves, es un lugar con un remanso y una belleza escénica importante, punto de interés cultural: el túnel, posibilidad de turismo científico (geología, vegetación, aves).

**Punto S22**

Pasado el puente, afloramientos rocosos, belleza escénica, coigües que salen de la roca, vegetación de chilcos, praderas, río tranquilo, túnel, quebrada El Moro, punto de interés cultural y escénico.

**Punto S23**

Ancho de 50 a 60 m, vegetación de coigües, cuenca abierta, quila, mucha presencia de chilco.

**Punto S24**

En este punto existe mucha vegetación nativa, chilcos, vegetación arbustiva, afloramientos rocosos, un río con una caja de un ancho de unos 100 m aproximadamente.

**Punto S32**

Punto de interés por belleza escénica, atractivo turístico. Presencia de arroyo que vierte sus aguas al río Simpson.

**Punto S25**

Ancho de caja 70 m, avistamiento de fauna (pato negro), obras de protección del río hechas en piedra, es un río torrentoso, con un sonido

importante, algunos pequeños rápidos, vegetación, nativa y asilvestrada, muchos chilcos, coigües y matorral arbustivo. Punto mirador de panorámica escénica, también hay una zona de circuito de trekking.

### **Punto S31**

Punto con atractivo turístico por belleza escénica, marca en el paisaje. Afluente río Simpson, mucha vegetación nativa, helechos, coigües, punto de interés cultural por presencia de Santuario con pequeña capilla. Otros elementos presentes en el punto son la señalética caminera sobre ley de pesca, y Lodge Restaurant.

### **Punto S26**

Reserva Nacional Río Simpson. Avistamiento de golondrinas, agua cristalina, muy calma. Marcas de interés en el paisaje son afloramientos rocosos y los coigües creciendo desde la roca. Peñón rocoso, vegetación nativa con fuerte presencia de fuinque, arrayán palo colorado, mañío macho, chilcos, ciprés de las guaitecas, helechos, pequeños canelos, notros, tineo, sauco, luma, maqui. El área silvestre está trabajada (CONAF) con senderos y miradores ya establecidos.

### **Punto S27**

Puente colgante, predio campesino, vista a los peñones, afloramiento rocoso, zona campesina, área de interés cultural, caballos, potrillos, ancho medio río 100 m aproximadamente.

Las principales marcas en el paisaje (positivas) son el color del agua, el sonido y algunos rápidos.

### **Punto S28**

Pasarela Los Torreones. En este punto el río tiene una caja de a lo menos 70 m, color oscuro, profundo, pedregoso, rocas con algas, zona agrícola, amplitud de vista, muchos álamos, presencia de defensas fluviales (gaviones), se escucha el sonido del río, vista a las montañas, aptitud de caminatas, trekking, pesca, camping. Buen lugar para detención en la ruta, picnic.

### **Punto S29**

Confluencia del río Mañihuales con el río Simpson, desde donde nace el río Aysén. Paisaje con gran variedad de texturas, colores, coigües añosos, vegetación nativa, cascadas en el tercer plano visual. Se observa una cascada en el tercer plano lejano. Ríos Simpson y Mañihuales de similares características, aguas calmas, pero con gran caudal ambos.

**b) Actividades Sin y Con Contacto Directo**

A partir de la información obtenida de entrevistas con actores seleccionados como de entrevistas en terreno y de observaciones directas, se pudieron identificar las principales actividades turísticas que se desarrollan en el río y en el entorno a él, y además ubicarlas geográficamente en los puntos de estudio seleccionados.

Las actividades sin contacto directo se desarrollan a todo lo largo del río en el área estudiada, posibilitándose la observación desde la ruta CH 240, que colinda con el río en gran parte de su extensión. Existen huellas para la realización de caminatas, trekking, ciclismo, observación de fauna y flora, paisaje, escuchar el río, cabalgatas y se han habilitado miradores en puntos de buen campo visual; además, existen zonas habilitadas para hacer camping y picnic.

Las actividades con contacto directo, relacionadas con descenso en kayak, rafting en algunos lugares con remo, se estructuran en base a los grados de dificultad que ofrece el río.

Con respecto al uso del río para las actividades de descenso, si bien estas pueden ser realizadas todo el año, las condiciones más favorables para los turistas son entre Noviembre y Marzo, donde las temperaturas del agua no son tan bajas como en los meses previos, y los niveles de turbiedad son menores.

Aún cuando se pueden realizar actividades con turbiedad en el agua, sobre todo los turistas la evitan por el impacto visual que ello produce. Antes de Noviembre el río presenta altos caudales en ciertos momentos y alta turbiedad.

Así de acuerdo a las reuniones sostenidas con expertos y conocedores del río, para el uso de kayak se tienen los siguientes tramos:

- Aguas arriba del desembocadura del río Blanco al río Simpson, en el tramo donde el río Simpson también se le denomina Huemules, el grado de dificultad para kayak es de Clase III+
- Desde puente Mundaca hasta Cabañas río Simpson (S12 a S20), tramo que tiene buenos accesos. Es uno de los tramos más usados en la época de mayor uso, entre Noviembre a Marzo, y presenta Clase II a III, y en primavera, llega a Clase IV.

- Tramo del Cañón, desde las cabañas río Simpson hasta el Túnel (S20 a S21), tramo que tiene varios rápidos, de Clase III
- Tramo Las Pizarras, aguas abajo de la junta de río Correntoso con río Simpson hasta las instalaciones de la Reserva Río Simpson (S21 a S26). Este tramo presenta un nivel de dificultad Clase IV

Respecto al uso de canoa, ésta se emplea en condiciones de aguas más lentas, en los tramos del río de pendientes más suaves, hasta niveles de dificultad equivalentes a Clase II. Los tramos de uso de canoa, son:

- Entre río Blanco hasta antes de la ciudad de Coyhaique (S1 a S19)
- Aguas abajo de las instalaciones de CONAF en la Reserva Río Simpson hasta la junta de río Mañihuales (S26 a S29), pudiéndose continuar hasta Aysén por el río Aysén.

Respecto al uso de Rafting, éste se encuentra entre la zona de la Ciudad de Coyhaique y el Túnel, atravesando el Cañón (S12 a S21).

Relacionado con el uso del río en actividades de baño, se concentra entre Puente Mundaca y la Pasarela, donde hay espacios de acceso y algunas instalaciones habilitadas (S12 a S17).

Con relación a la pesca, los expertos indican que todo el río Simpson presenta condiciones favorables para ello, en sus distintas modalidades contempladas con la devolución de especies, con y sin uso de mosca. El tipo preferente de pesca es "de orilla", y las clases de peces más comunes son Fario y Arcoiris; la época más favorable para la pesca es entre Noviembre a Marzo – Abril.

En el Cuadro 8.6-2 se presenta la información de actividades sin y con contacto directo.

**CUADRO 8.6-2**  
**ACTIVIDADES SIN Y CON CONTACTO DIRECTO (ASCD y ACCD)**

Nº	Distancia desde Pte. Valle Simpson (km)	LUGAR	ASCD	ACCD
Punto S1	0	Sector Villa Simpson	Observación paisaje	Canoa Pesca
Punto S2	1,1	Extracción de áridos	Observación paisaje	Canoa Pesca
Punto S3	3,3	Extracción de áridos	Observación paisaje	Canoa Pesca
Punto S4	5,4	Extracción de áridos	Observación paisaje	canoas Pesca
Punto S5	7,9	Bosque	Observación paisaje	canoas Pesca
Punto S6	8,0	Predio agrícola con bajada	Observación paisaje	canoas Pesca
Punto S7	11,5	Extracción de áridos	Observación paisaje	Canoa Pesca
Punto S8	14,2	Bosque Nativo	Observación paisaje	canoas Pesca
Punto S9	16,2	Mirador natural	Observación paisaje	canoas Pesca
Punto S10	18,3	Desagüe natural	Observación paisaje	Canoa Pesca
Punto S11	23,9	Extracción de áridos	Observación paisaje	canoas Pesca
Punto S14	26,8	A 500 m de la confluencia con el río Pólux	Observación paisaje	Canoa Pesca
Punto S13	28,6	Parcelas de agrado	Observación paisaje	canoas Pesca
Punto S19	29,7	Terrenos de Jorge	Observación paisaje	Canoa Kayak Pesca
Punto S16	32,7	Puente del Indio o puente Simpson	Observación paisaje	Canoa Kayak Pesca
Punto S12	31,6	Puente Mundaca	Observación paisaje	Kayak Rafting Baño Pesca CL II-III
Punto S15	33,4	Mirador frente a la contraloría	Observación paisaje	Kayak Rafting Baño Pesca CL II-III
Punto S17	35,8	Pasarela peatonal	Observación paisaje	Kayak Rafting Baño Pesca CL II-III
Punto S18	34,9	Presencia aves	Observación paisaje	Kayak Rafting Pesca CL II-III
Punto S20	37,3	Generadores eólicos	Observación paisaje	Kayak Rafting Pesca CL II-III
Punto S30	40,2	Bajada de río (terreno de Alex)	Observación paisaje	

N°	Distancia desde Pte. Valle Simpson (km)	LUGAR	ASCD	ACCD
		Prior)		
Punto S21	48,0	Confluencia de Baguales con Simpson	Observación Paisaje. Observación científica.	Kayak Rafting Pesca CL II-III
Punto S22	50,1	Quebrada El Moro	Observación de paisaje	Kayak Pesca CI IV
Punto S23	55,3	Aguas Arriba Junta con Río Correntoso	Observación de paisaje	Kajak Pesca CI IV
Punto S24	60,1	Cerro la Virgen	Observación de paisaje	Kayak Pesca CI IV
Punto S32	60,3	Cascada velo de la novia	Observación de paisaje	Kayak Pesca CI IV
Punto S25	65,5	Obras de protección en piedra	Observación de paisaje - Trekking	Kajak Pesca CI IV
Punto S31	68,4	Cascada de la virgen	Observación de paisaje	
Punto S26	68,8	Reserva Nacional Río Simpson	Observación de paisaje - Trekking	Canoa Pesca
Punto S27	71,9	Puente colgante sobre el río	Observación de paisaje - Trekking	Canoa Pesca
Punto S28	76,3	Pasarela Los Torreones	Observación de paisaje - Trekking	Canoa Pesca
Punto S29	85,6	Confluencia del río Mañihuales con el río Simpson	Observación de paisaje - Trekking	Canoa Pesca

### c) Elementos Estructurantes del Paisaje Río

En el Anexo 8.6-1 se incluye un cuadro de valoración de elementos estructurantes del paisaje asociados a la presencia del río. A su vez, se entrega como documento interno de trabajo un set de fotografías de diferentes puntos del río Simpson que fueron visitados y analizados desde el punto de vista del paisaje río.

Los siguientes puntos fueron evaluados como características estructurantes del río Simpson:

- Color
- Sonido del agua

- Velocidad del Caudal
- Transparencia del agua
- Existencia de playa de río
- % vegetación nativa
- % vegetación introducida
- Presencia de Acantilados
- Existencia de Miradores
- Presencia de Senderos ribereño o la factibilidad de existencia
- Puntos con vista panorámica
- Avistamiento de Fauna
- Marcas positivas en el paisaje
- Marcas negativas en el paisaje
- Interés cultural general del área o punto de observación

A través de la valoración del itemizado anterior, más la caracterización general de cada punto de observación, se determinan para el río Simpson, cuatro tramos o unidades de paisaje; en el Plano 8.6-1 se muestra la zonificación.

**Tramo SCD1:**

Puente Villa Simpson hasta el punto S12; inicio de la zona urbana de la ciudad de Coyhaique. Su principal uso turístico SCD es la observación de avifauna, caminata, observación de paisaje.

**Tramo SCD2:**

A partir del Punto S12 hasta el Punto S20, el que comprende la zona urbana del río Simpson en su paso por la ciudad de Coyhaique. Siendo también el tramo con un uso más intensivo, ya que es aquí donde se concentra la mayor afluencia de turistas durante los meses de clima más favorable. Existe una variada gama de alojamiento turístico en las cercanías del río, como cabañas, Lodge y camping.

**Tramo SCD3:**

Comprende los Puntos S20, S30 y S21, y corresponde al Cañón del río, siendo el tramo con mayor belleza escénica, lo que lo transforma en un fuerte atractor turístico; pero es también un tramo con difícil acceso.

**Tramo SCD4:**

Se inicia en el Punto S30, hasta el Punto S29 en la confluencia con el río Mañihuales, punto donde nace el río Aysén. Este tramo transcurre dentro de la Reserva Nacional Río Simpson, lo que le confiere una especial condición, ya que se constata en parte importante de él una mayor presencia de flora y fauna nativas asociada al área de protección natural.

Respecto a las actividades con contacto directo, el río se ha zonificado en 6 tramos, los que se señalan a continuación (en el Plano 8.6-1 se muestra la zonificación):

**Tramo CCD 0:** Desde Nacimiento río hasta desembocadura del río Blanco en Simpson, usos preferentes Kayak y Pesca.

**Tramo CCD 1:** Entre Puente Valle Simpson y Puente Mundaca, correspondiente a tramo desde S1 hasta S12, usos preferentes canoa y pesca.

**Tramo CCD 2:** Entre Puente Mundaca a Cabañas río Simpson, desde punto S12 a S20, usos preferentes Kayak, Rafting, Baño, Pesca.

**Tramo CCD 3:** Tramo El Cañón, desde S20 hasta S21, usos preferentes Kayak, Rafting, Pesca.

**Tramo CCD 4:** Tramo Las Pizarras, desde S21 a S26, Kayak y Pesca.

**Tramo CCD 5:** Entre la Reserva Río Simpson hasta Mañihuales, desde S26 hasta S29, canoa, pesca

En el plano 8.6-1 se muestra la zonificación del río en actividades sin contacto y con contacto antes señaladas.

#### **d) Conclusiones relativas a la Caracterización del área de estudio**

- El Río Simpson constituye un eje estratégico para el desarrollo del turismo de la Región, por ser punto de destino inicial para los turistas que llegan a la región, y único para los turistas que realizan turismo en cruceros.
- El Río Simpson tiene categoría mundial en actividades de pesca con mosca, y es reconocido por eso.
- El río Simpson está considerado como río prioritario turístico dentro del desarrollo regional, como lo indica el PRDU.
- El río Simpson es atractivo por la amplia diversidad de actividades que ofrece (con y sin contacto directo).
- La estación preferente de actividades en el río es desde Octubre a Marzo, principalmente, por las condiciones climáticas y los caudales que portea.
- Las actividades turísticas se encuentran amenazadas por el uso que se le da a parte del río, antes de llegar a Coyhaique, en actividades de extracción de áridos.

- No existe adecuada información topográfica (datos duros) que permita estudiar hidráulicamente el comportamiento del río.
- Existen varios proyectos en ejecución (Borde Río) y otros en estudio para ampliar el acceso del público al río, de manera de potenciar en mayor medida su uso turístico, como son la escuela de guías de kayak y de otras actividades de turismo aventura.
- La calidad variable del agua del río es una amenaza a la actividad turística y al desempeño ambiental del río. Entre las causas recogidas en las entrevistas a usuarios del río, están las descargas de aguas servidas (tratada pero con calidad variable) y el aumento de turbiedad por causas no naturales, como son la extracción de áridos.
- De acuerdo con las categorías de paisaje, el río se puede zonificar en 4 grandes tramos, y de acuerdo con las actividades con contacto directo se puede zonificar en 5 grandes tramos, donde los 4 primeros son coincidentes y el quinto se superpone con el cuarto de la zonificación de ASCD.
- Los usos preferentes del río en actividades con contacto directo son pesca y kayak, y en menor medida rafting y baño. Respecto a las actividades sin contacto directo, se tienen observación del paisaje, observación de la flora y fauna y trekking.

#### **8.6.4 Eje Hidráulico en el Río Simpson**

##### **a) Generalidades**

La metodología de cálculo del eje hidráulico en el río Simpson es similar a la señalada para el caso del río Cochiguaz, de modo que se ha creído conveniente no reiterar dichos conceptos. Lo anterior es válido para los siguientes puntos:

- Información Topográfica
- Confección del Modelo Hidráulico
- Metodología de Cálculo del Software Hec Ras

##### **b) Coeficientes de Rugosidad**

No existe un método único para estimar el coeficiente de rugosidad  $n$ ; en general se requiere un poco de experiencia para elegir el valor adecuado. El valor adecuado es aquel que incluye los factores propios del cauce como son vegetación, meandros, obstrucciones, entre otros, razón por lo cual son importante las observaciones realizadas en terreno, tendientes a cualificar y cuantificar esos factores.

En este caso se usa el método de Cowan, la cual considera los factores más relevantes para la determinación de  $n$ :

$$n = m \cdot (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

Donde:

- $m$  : Factor de meandros del canal.  
 $n_0$  : Es el valor del coeficiente de Manning base, para un canal recto, uniforme, prismático con perímetro de rugosidad homogénea.  
 $n_1$  : Corrección por irregularidades superficiales del perímetro mojado lo largo el tramo en estudio (superficie mojada).  
 $n_2$  : Corrección por variación de forma y dimensiones de las secciones.  
 $n_3$  : Corrección por obstrucciones: troncos, rocas, etc.  
 $n_4$  : Corrección por presencias de vegetación.

Los valores para estos coeficientes se han extraído de la Tabla 3.707.104.B del Manual de Carreteras 2002, Dirección de Vialidad y se presentan en el Cuadro 8.6-3.

**CUADRO 8.6-3**  
**COEFICIENTES DE RUGOSIDAD TÍPICOS**

CONDICIONES DEL CANAL		VALOR	
Material del Lecho	Tierra	$n_0$	0,020
	Roca Cortada		0,025
	Grava Fina		0,024
	Grava Gruesa		0,028
Grado de Irregularidad del Perímetro Mojado	Perímetro Despreciable	$n_1$	0,000
	Leve		0,005
	Moderado		0,010
	Alto		0,020
Variaciones de las Secciones	Graduales	$n_2$	0,000
	Alternándose Ocasionalmente		0,005
	Alternándose Frecuentemente		0,010 – 0,015
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Despreciable	$n_3$	0,000
	Leve		0,010 – 0,015
	Apreciable		0,020 – 0,030
	Alto		0,040 – 0,060
Densidad de Vegetación	Baja	$n_4$	0,005 – 0,010
	Media		0,010 – 0,025
	Alta		0,025 – 0,050
	Muy Alta		0,050 – 0,100

CONDICIONES DEL CANAL		VALOR	
Sinuosidad y Frecuencia de Meandros	Leve	m	1,000
	Apreciable		1,150
	Alto		1,300

De acuerdo con lo observado en terreno, y utilizando la bibliografía existente, en el Cuadro 8.6-4 se incluyen los valores de “ $n_i$ ” escogidos para determinar el coeficiente  $n$  total.

**CUADRO 8.6-4  
DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD  
DEL RÍO SIMPSON**

Tramo	$n_0$	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$	$m$	$n_{total}$
Ribera Izquierda	0,026	0,005	0,005	0,005	0,015	1,080	0,060
Cauce Central	0,026	0,005	0,005	0,005	0,005	1,080	0,050
Ribera Derecha	0,026	0,005	0,005	0,005	0,015	1,080	0,060

Los coeficientes “ $n_i$ ” fueron calibrados con la curva de descarga de la estación fluviométrica Río Simpson bajo Junta Coyhaique, tal cual se explica más adelante.

### c) Coeficientes de Expansión y Contracción

En el tramo de estudio del Río Simpson, se han determinado los valores más apropiados para la contracción y expansión necesarios para modelar las pérdidas de energía del flujo. Para la expansión se considera un coeficiente de 0,3, por su parte el coeficiente de contracción se ha considerado 0,1, debido a que mayoritariamente en el cauce, sólo se producen cambios de sección natural.

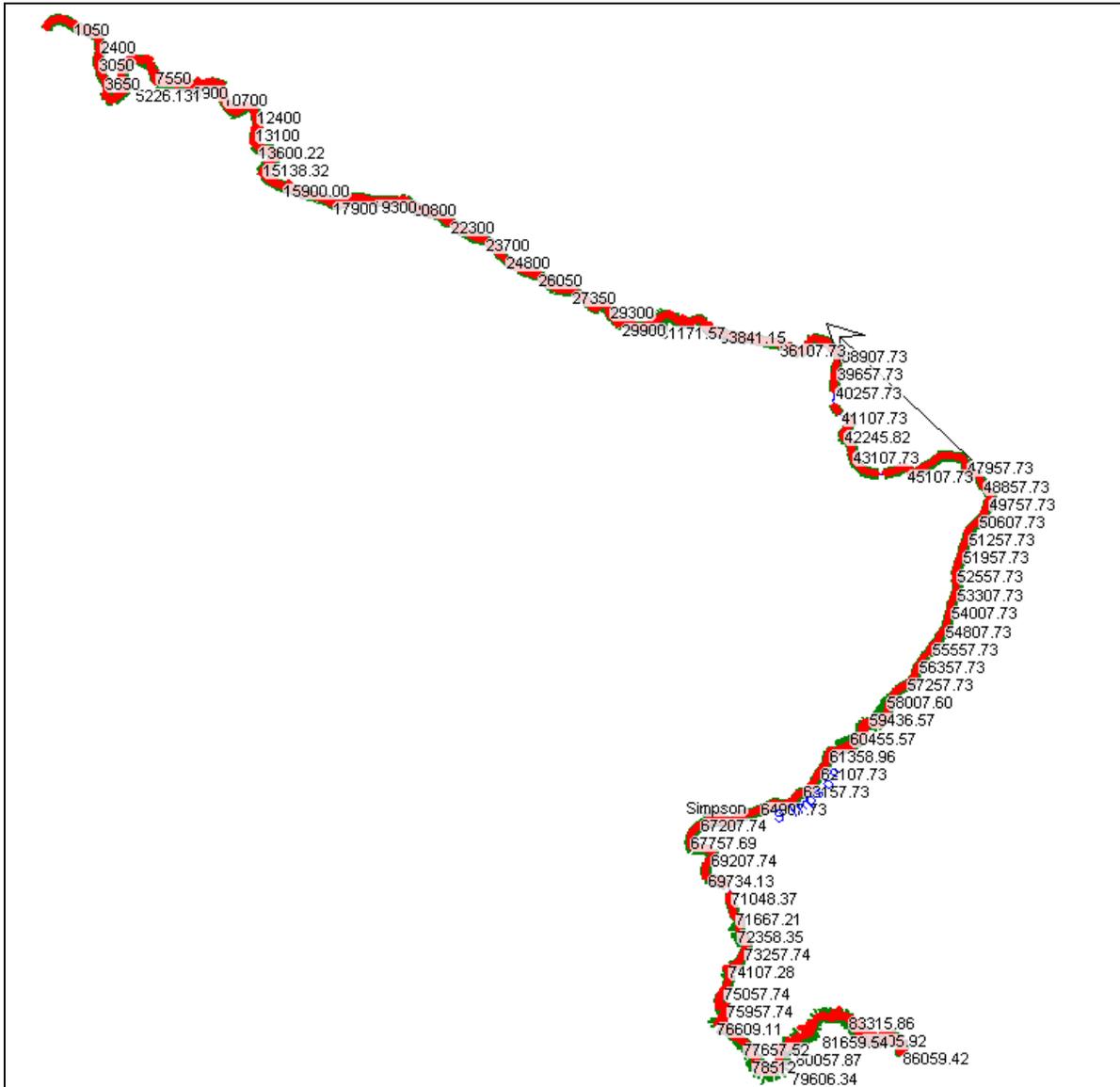
### d) Perfiles Transversales

Los perfiles transversales se han obtenido del modelo digital, mecánicamente empleando el software computacional HEC-GEORAS; con esto se han obtenido perfiles transversales, en promedio, cada 50 m.

Esto permitió tener una cantidad 1.632 perfiles en una longitud de 86,06 km; también se han agregado los puentes existentes a lo largo del curso del río.

En la Figura 8.6-1 se presenta un esquema en planta de la ubicación y distancia de cada perfil transversal, según el modelo HEC-RAS.

**FIGURA 8.6-1**  
**ESQUEMA EN PLANTA DEL MODELO HEC RAS**

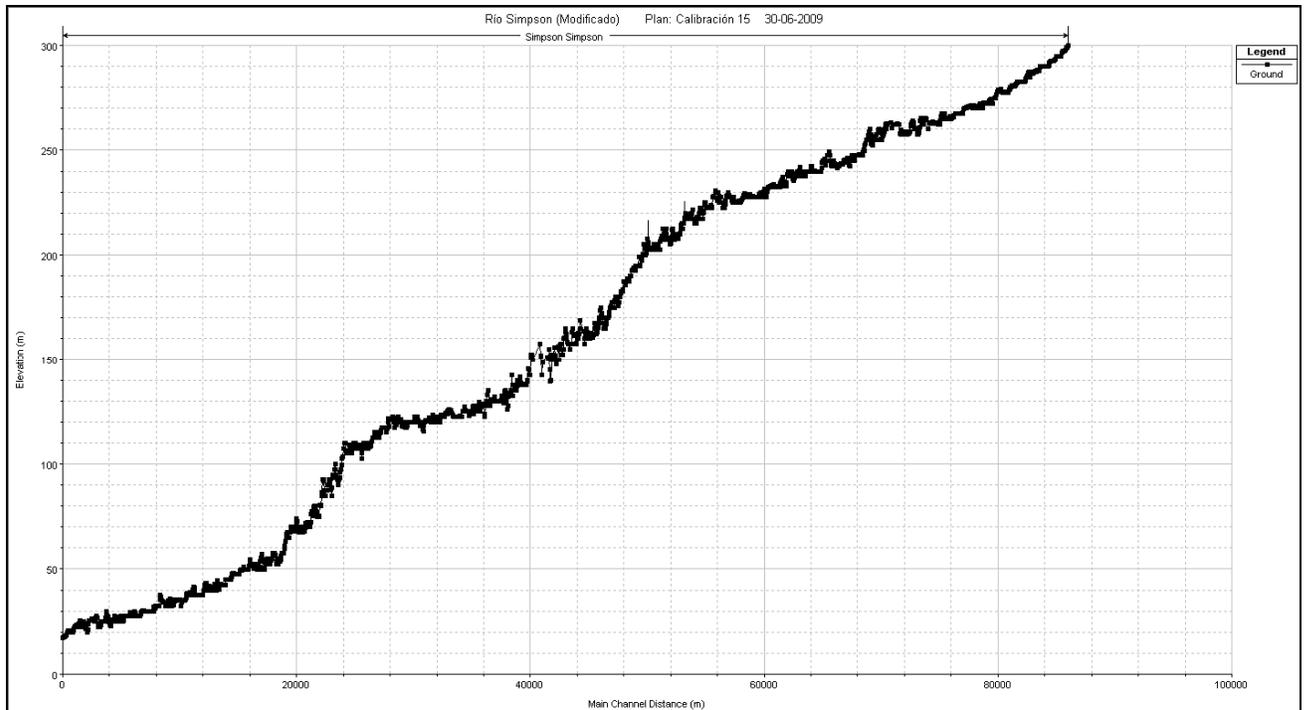


#### e) Condiciones de Borde

Con el fin de establecer las condiciones de borde del eje hidráulico, se ha considerado un régimen mixto, el cual es capaz de alternar tanto el régimen de río o subcrítico y el régimen de torrente o supercrítico. La

condición inicial de cálculo corresponde a la altura normal tanto al principio como el fin del tramo. La pendiente se ha estimado en 0,00284 m/m y 0,00192 m/m, para la condición aguas arriba y aguas abajo, respectivamente. En base a esta información se obtienen las alturas normales para cada caudal analizado.

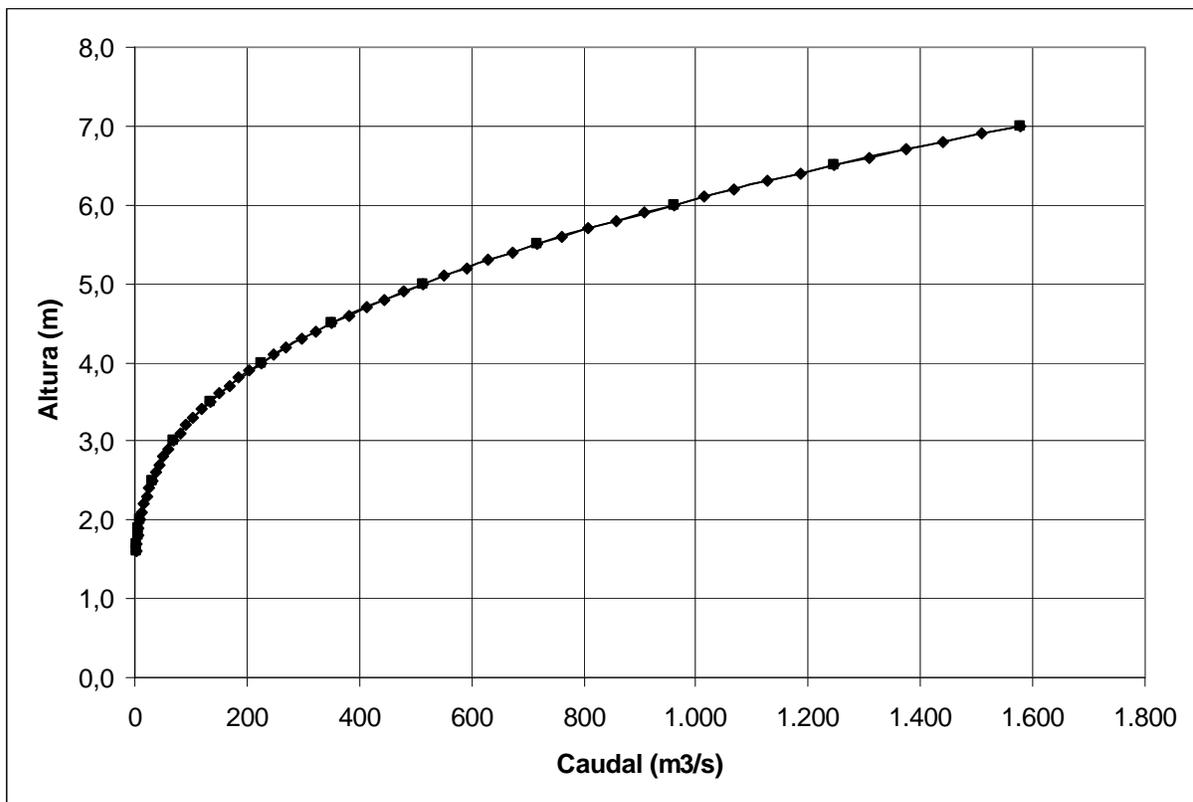
**FIGURA 8.6-2**  
**PERFIL LONGITUDINAL MODELO HEC-RAS**



#### f) Calibración del Modelo Hidráulico

El modelo se ha calibrado considerando la información obtenida de la curva de descarga de la Estación Fluviométrica Río Simpson bajo Junta Coyhaique; esta información se presenta en la Figura 8.6-3 siguiente:

**FIGURA 8.6-3**  
**CURVA DE DESCARGA ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**  
**RÍO SIMPSON BAJO JUNTA COYHAIQUE**



**FIGURA 8.6-4**  
**ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO SIMPSON**  
**BAJO JUNTA COYHAIQUE**

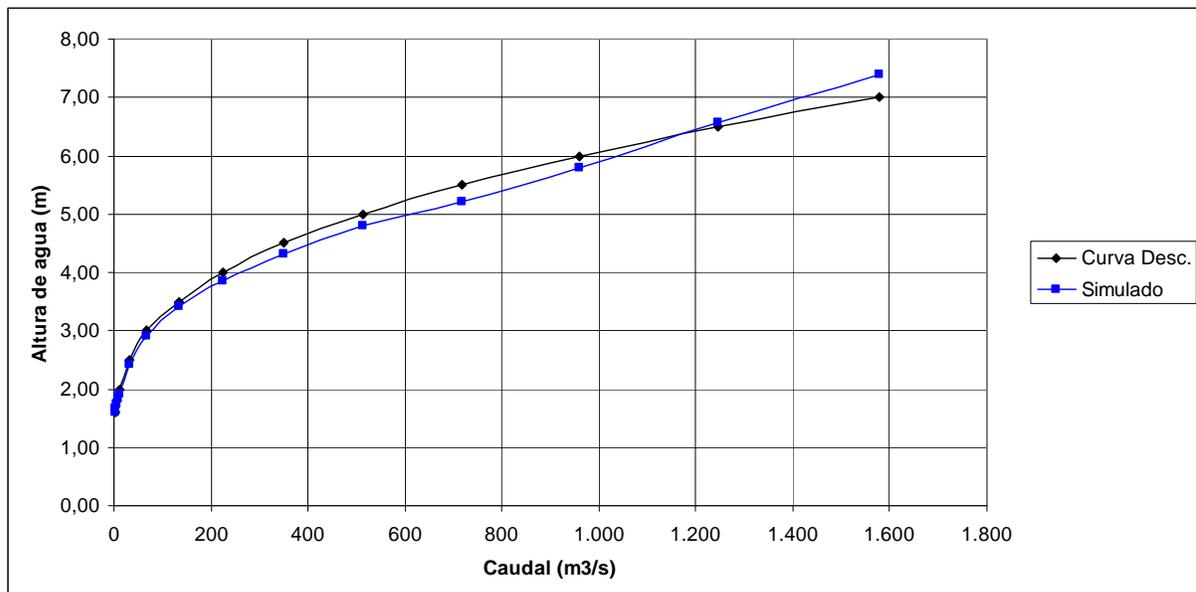


Los resultados finales obtenidos en la calibración se incluyen en el Cuadro 8.6-5 y Figura 8.6-5 siguiente.

**CUADRO 8.6-5  
CALIBRACIÓN EJE HIDRÁULICO EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA  
RÍO SIMPON BAJO JUNTA COYAHIQUE**

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Altura Agua Simulada (m)	Altura Agua Curva de Descarga (m)	Diferencia (m)
2,6	1,61	1,60	0,01
3,9	1,68	1,70	0,02
5,6	1,75	1,80	0,05
7,8	1,84	1,90	0,06
10,5	1,92	2,00	0,08
30,8	2,43	2,50	0,07
68	2,92	3,00	0,08
134	3,41	3,50	0,09
225	3,86	4,00	0,14
350,75	4,32	4,50	0,18
514,33	4,79	5,00	0,21
716,44	5,22	5,50	0,28
959,61	5,79	6,00	0,21
1246,26	6,56	6,50	0,06
1578,64	7,40	7,00	0,40

**FIGURA 8.6-6  
RESULTADOS CALIBRACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**



Como se aprecia en el cuadro y gráfico anterior, se observa un buen ajuste entre los resultados obtenidos por el modelo y los obtenidos directamente de la curva de descarga.

### g) Caudales Modelados y Resultados Obtenidos

De acuerdo con los resultados del estudio hidrológico efectuado, se operó el modelo del eje hidráulico en el río Simpson para caudales de 10, 20, 30, 40, 50, 70 y 100 m<sup>3</sup>/s. Los resultados se incluyen en el Anexo 8.6-2; un resumen con los valores alturas y velocidades de agua máximas y mínimas se incluyen en el Cuadro 8.6-6.

**CUADRO 8.6-6  
ALTURAS DE AGUAS Y VELOCIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS**

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Altura de Agua (m)		Velocidad (m/s)	
	Mín	Máx	Mín	Máx
10	0,12	19,29	0,00	5,48
20	0,18	19,69	0,01	6,57
30	0,22	19,99	0,01	7,13
40	0,24	20,23	0,01	7,40
50	0,26	20,44	0,01	7,85
70	0,29	20,79	0,02	8,31
100	0,34	21,23	0,03	8,94

### 8.6.5 Análisis del Eje Hidráulico en Función de Actividades Sin Contacto Directo (SCD) y Con Contacto Directo (CCD)

En el Cuadro 8.6-7 se incluye la ubicación espacial de las diferentes y principales actividades turísticas (SCD y CCD) con sus respectivos requerimientos mínimos para el desarrollo de éstas; estos requerimientos mínimos se han obtenido de la bibliografía internacional que fue recopilada. Dado que en el río se pueden realizar múltiples actividades, donde los requerimientos hídricos son diferentes, se optó por analizar los requerimientos más demandantes, en este caso ellos corresponde las actividades con empleo de embarcaciones de descenso en los río, como kayak y rafting.

Según la información revisada en bibliografía internacional, para la actividad de pesca deportiva, las condiciones de pesca son buenas cuando el nivel del río es estable, adecuadas cuando el nivel está bajo y débil cuando está en ascenso o alto. Al revisar evaluaciones para ríos con

actividades múltiples, la pesca presenta menores demandas hídricas que por ejemplo uso de rafting o kayak.

**CUADRO 8.6-7  
ACTIVIDADES TURÍSTICAS EN EL RÍO SIMPSON Y LOS  
REQUERIMIENTOS HÍDRICOS ASOCIADOS**

N°	DISTANCIA DESDE PUENTE VILLA SIMPSON	PRINCIPALES USOS ACTUALES TURÍSTICOS		CONDICIONES PREFERENTES DE USO PARA DEMANDA MÁXIMA SEGÚN USO		
		SCD	CCD	Ancho Sup. (W)	Profundidad (H)m	Velocidad (V) m/s
<b>TRAMO 1 Zona Villa Simpson y predios agrícolas</b>						
S1 - S12	0-31,6	Observación paisaje. Observación de Flora y Avifauna.	Canoa, pesca	> 20	0.8-1,5	1-3
<b>TRAMO 2 Zona Urbana</b>						
S12 – S20	31,6- 37,3	Observación paisaje. Cabañas, Lodge y Camping	Kayak, rafting, baño, pesca	> 20	0.8-1,5	1-3
<b>TRAMO 3 Zona Cañón</b>						
S20 – S21	37,3-48,0	Observación paisaje.	Kayak, rafting, pesca	> 20	0.8-1,5	1-3
<b>TRAMO 4 Zona Reserva Nacional</b>						
S21 – S26	48,0 – 68,8	Observación de paisaje Observación de Flora y Fauna. Caminatas. Camping	Kayak, pesca	> 20	0.8-1,5	1-3
<b>Tramo 5 Aguas Abajo Reserva hasta Confluencia Mañihuales</b>						
S26 – S29	68,8- 85,6	Observación de paisaje Observación de Flora y Fauna. Caminatas. Camping	Canoa, pesca	> 20	0.8-1,5	1-3

Las condiciones preferentes para el uso de las actividades con contacto directo se han obtenido de las recomendaciones de ("Flow Requirements for Recreation and Wildlife in New Zealand Rivers, A Review" M.P; Mosley Centro de Hidrología Revista: Journal of Hydrology N.Z. Vol 22 N 2, 1983). Las que son similares a las propuestas realizadas por Hyra (1978). Un extracto de ellas para las actividades que se desarrollan en el río Simpson se presenta en la tabla siguiente:

**CUADRO 8.6-8**  
**REQUERIMIENTOS HÍDRICOS PARA ACTIVIDADES**  
**CON CONTACTO DIRECTO**

Actividad	Requerimientos Hídricos Recomendados Ancho Superficial (W) m Profundidad (H) m velocidad (V) m/s
Vadeo y Pesca de Orilla	$H \times V < 1,0$
	H 0,4 - 0,6
	$V < 0,5$
Nado	$W > 10$
	H 1,5; para Buceo $H > 2,0$
	$V < 0,3$
Aguas Blancas rafting/canoa	$W > 20$ ; espacio entre rocas $> 2,0$
	H 0,8- 1,5
	V 1,0-3,0
Caminata en cauce	$H \times V < 1,0$
Pesca con caña de orilla	W – Tal que permita el hábitat de peces
	H - Tal que permita el hábitat de peces
	V - Tal que permita el hábitat de peces
Pesca con caña desde bote	$W > 7,5$
	H 0,6-1,5
	$V < 1,5$

Fuente: Mosley, 1983

**a) Requerimientos Hídricos de Actividades SCD**

La observación “panorámica de la escena paisaje río” se asocia con la existencia de puntos miradores, los que se concentran en los Tramos 2 y 3; ya sea por la existencia de mayor cantidad de puentes y pasarelas peatonales, como a la existencia en el tramo urbano de miradores constituidos, y en el Tramo 3 a la diferencia de cota que existe entre el camino y el cauce del río, por la presencia del “Cañón”; lo que explica la dificultad de acceso al río en este tramo, pero posibilita vistas panorámicas de gran belleza escénica.

Por lo tanto para el río Simpson se determina como factor estructurante del paisaje la condición de paisaje “río observable”, lo que es avalado con la alta calidad escénica, al permitir vistas panorámicas en la que destaca el contraste de color (agua/montañas/cielo) y el sonido del agua al fluir sobre el lecho pedregoso. La idea es lograr determinar en el modelo predictivo el caudal mínimo que asegure la permanencia de dichas características del cauce, y por tanto el uso de ella y su valor turístico.

Tal cual fuera señalado en este mismo punto para el caso del río Baker, se propone que para determinar cuál es el requerimiento hídrico efectivo del río Simpson en lo concerniente a las actividades sin contacto directo, es necesario realizar un análisis de los caudales medios diarios para cada mes, durante un período determinado, permitiendo elegir un valor representativo "de real ocurrencia", para cada mes, y con esos valores construir una nueva tabla de caudales representativos y de mayor frecuencia de ocurrencia, para que ellos sirvan para tener valores de referencia como requerimientos mínimos para las actividades sin contacto directo; es decir para mantener los atributos de paisaje del río Simpson.

En ese sentido, se han hecho las siguientes determinaciones de caudales históricos observados (estación Río Simpson Bajo Junta Coihaique):

- Número de veces que un determinado rango o rangos de caudal medio diario más se repite, para cada mes.

Para el caso específico del río Simpson, se dispone de la siguiente información:

- Caudales medios diarios período 1967 a 2009

Los resultados se presentan en el Cuadro 8.6-9 siguiente.

**CUADRO 8.6-9**  
**REPETICIONES DE RANGOS DE**  
**CAUDALES MEDIOS DIARIOS RÍO SIMPSON**  
**BAJO JUNTA COIHAIQUE**

Rango (m <sup>3</sup> /s)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0 a 10	57	194	265	69	38	4	0	0	0	0	0	0
10 a 20	267	238	209	212	196	125	62	15	0	0	7	44
20 a 25	90	65	50	82	90	103	61	36	2	0	9	68
25 a 30	78	25	32	77	48	63	54	16	22	5	20	87
30 a 35	79	16	28	41	52	54	49	24	23	20	43	98
35 a 40	48	17	23	34	31	52	47	21	25	22	39	83
40 a 45	31	7	11	18	37	52	64	46	49	10	55	61
45 a 50	22	7	12	23	37	38	36	79	76	15	55	75
50 a 55	11	5	7	19	22	41	42	88	77	30	46	58
55 a 60	14	7	3	9	27	24	33	69	66	58	48	42
60 a 65	10	1	4	7	22	21	36	50	59	60	55	33
65 a 70	4	2	3	5	13	21	20	45	48	67	46	21
70 a 75	4	2	3	3	15	11	26	43	35	71	44	16
75 a 80	4	4	1	3	2	7	22	31	38	59	34	15
80 a 85	1	0	0	2	9	15	20	31	36	53	35	10
85 a 90	1	0	0	1	7	10	21	32	32	41	26	10
90 a 95	0	0	2	1	5	8	21	23	23	39	26	9
95 a 100	1	1	1	0	4	8	14	23	17	31	32	6
100 a 105	1	0	2	0	2	4	18	19	22	30	28	9
105 a 110	1	0	1	2	3	6	15	13	16	20	24	8
110 a 115	0	0	1	1	2	7	7	13	26	24	18	2
115 a 120	3	1	0	0	4	3	7	9	13	17	11	1
Mayor a 120	4	0	7	1	27	42	77	72	64	132	70	7
Total Repeticiones	731	592	665	610	693	719	752	798	769	804	771	763
Nº de Repeticiones	571	497	524	481	551	577	593	626	628	631	620	616
% Representatividad	78	84	79	79	80	80	79	78	82	78	80	81
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	35	25	25	35	55	65	90	90	100	110	100	60

**b) Requerimientos Hídricos de las Actividades CCD**

Durante la campaña de terreno efectuada, los caudales en la estación fluviométrica río Simpson Bajo Junta Coyhaique eran de aproximadamente 10 m<sup>3</sup>/s.

Revisando los resultados entregados por Hec Ras para un caudal de 10 m<sup>3</sup>/s, y comparando esos resultados con lo observado en terreno en cada uno de los 32 puntos (perfiles) analizados, en lo que dice relación con las alturas de agua, las velocidades medias y principalmente con los anchos superficiales de la superficie mojada, se pudo constatar que **existe poca concordancia** entre los valores simulados y los valores observados.

Ello se debe principalmente a que la base topográfica digital generada es sólo una aproximación a la topografía real del cauce del río Simpson.

No obstante, existe alguna concordancia con al menos 6 perfiles, en lo que se refiere a altura de agua y ancho superficial inundado (generado y medido in situ); en el Cuadro 8.6-10 se incluyen esos perfiles, con la información generada a través de Hec Ras para un caudal de 10 m<sup>3</sup>/s.

**CUADRO 8.6-10**  
**PERFILES CONCORDANTES (Q= 10 m<sup>3</sup>/s)**

Punto	Km (*)	Altura de Agua (m)	Velocidad (m/s)	Ancho Sup. (m)
S5	77.963	1,01	0,19	103,53
S11	62.058	0,52	1,1	39,68
S16	53.226	0,27	1,44	32,99
S20	48.606	0,91	0,52	42,69
S24	25.800	3,34	0,06	79,19
S27	14.050	0,37	1,05	53,83

(\*) Km medido desde aguas abajo  
hacia aguas arriba medido desde confluencia con Mañihuales

Los perfiles seleccionados han permitido estimar requerimientos hídricos para las distintas actividades con contacto directo que se realizan en el río Simpson en el tramo analizado.

#### ➤ **Kayak**

Las actividades de kayak requieren profundidades de agua mayores a 0,8 m y velocidades entre 1 y 3 m/s; las profundidades mínimas de 0,8 m tienen relación con poder girar dentro del agua en caso de volcamiento o realizar otras maniobras técnicas. El caudal que proporciona valores cercanos a estos requerimientos para los puntos S16, S20 y S24, donde efectivamente se realiza kayak, estarían en **el rango de 30 a 40 m<sup>3</sup>/s** como condiciones mínimas. Si bien las velocidades en algunos de esos puntos son menores a 1 m/s, igual permiten realizar esa actividad.

#### ➤ **Baño**

Con relación a los caudales para la actividad de baño, que en el análisis es representado por el Punto S16, los valores adecuados se encuentran en el rango de caudales entre 20 y 30 m<sup>3</sup>/s. Tomando en cuenta la

recomendación de mantener cercano a 1 el producto de la altura de agua con la velocidad, para 20 m<sup>3</sup>/s el producto es 0,70 y para 30 m<sup>3</sup>/s es de 1,0. Bajo este criterio, se estima que 30 m<sup>3</sup>/s es el caudal que permite la actividad de baño en el punto analizado.

### ➤ Pesca

Tal como fuera señalado, para la actividad de pesca deportiva, las condiciones son buenas cuando el río es estable, adecuadas cuando el nivel del río está bajo y débiles cuando está en ascenso o alto. En ese contexto, la actividad de pesca presenta demandas hídricas menores a las otras actividades con contacto directo que se analizan, por lo que no entra en el análisis de las máximas demandas hídricas.

### ➤ Canotaje

Stewart Rood et al, estudió 27 ríos en Alberta Canadá (1983 – 1997) buscando relaciones para determinar valores de caudales recreacionales que permitan el canotaje de embarcaciones livianas, condicionando el estudio a profundidades entre 0,6 m y 0,75 m. Determinó que el caudal recreacional guarda una relación con el caudal medio, según la siguiente relación:

$$Q_r = 3 \times Q_m^{0,59}$$

Donde:

$Q_r$  = caudal recreacional en m<sup>3</sup>/s

$Q_m$  = caudal medio en m<sup>3</sup>/s

En otro estudio similar, Stewart Rood (2001) concluye que existe una relación bastante lineal entre el caudal medio y el caudal de recreación para práctica de canoa y kayak, para ríos de la cuenca de Oldman (Canadá). La relación que obtuvo fue:

$$Q_r = 0,77 \times Q_m + 3,97; \quad Q_r \text{ y } Q_m \text{ en m}^3/\text{s}$$

Aplicando esas relaciones para el caudal medio mensual en el río Simpson para los meses de mayor uso turístico en el río (Octubre a Marzo), se tiene lo siguiente:

**CUADRO 8.6-11**  
**CAUDALES RECREACIONALES (canotaje) SEGÚN STEWART ROOD**

	Qm	QR1	QR2	Promedio QR1 y QR2
	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)
Octubre	82,7	40,6	67,6	54,1
Noviembre	69,8	36,7	57,7	47,2
Diciembre	43,2	27,7	37,2	32,5
Enero	25,4	20,2	23,5	21,9
Febrero	15,9	15,3	16,2	15,8
Marzo	15,0	14,8	15,5	15,2

De acuerdo con los valores antes presentados, los caudales promedio según las 2 relaciones señaladas son similares a los caudales medios mensuales para el período de mayor demanda turística. Los caudales promedio recomendados por Stewart varían entre 54 m<sup>3</sup>/s (Octubre) y 15 m<sup>3</sup>/s (Febrero y Marzo).

A su vez, Tennant fija una propuesta para definir caudal recreacional a través de porcentajes fijos, a saber:

- 200 % del caudal medio anual para flujos altos
- 100 % del caudal medio anual para el resto de los tipos de flujo

El caudal medio anual en Simpson bajo Junta con Coyhaique es de 48 m<sup>3</sup>/s, de modo que sería ese el caudal recreacional para el río Simpson según Tennat.

**c) Caudales a Reservar para el río Simpson**

De acuerdo con los análisis efectuados, las demandas para las actividades Con Contacto Directo (CCD) serían las siguientes: para actividades de baño, caudal entorno a los 30 m<sup>3</sup>/s, kayak entre 30 y 40 m<sup>3</sup>/s, canotaje entorno a los 25 m<sup>3</sup>/s. Es importante destacar que las actividades turísticas se realizan entre Noviembre y Marzo.

Por otro lado, respecto a las actividades SCD, el análisis de repeticiones de caudales medios diarios condujo al siguiente resultado (se han incluido los caudales con probabilidades de excedencia de 10%, 20% y 50%):

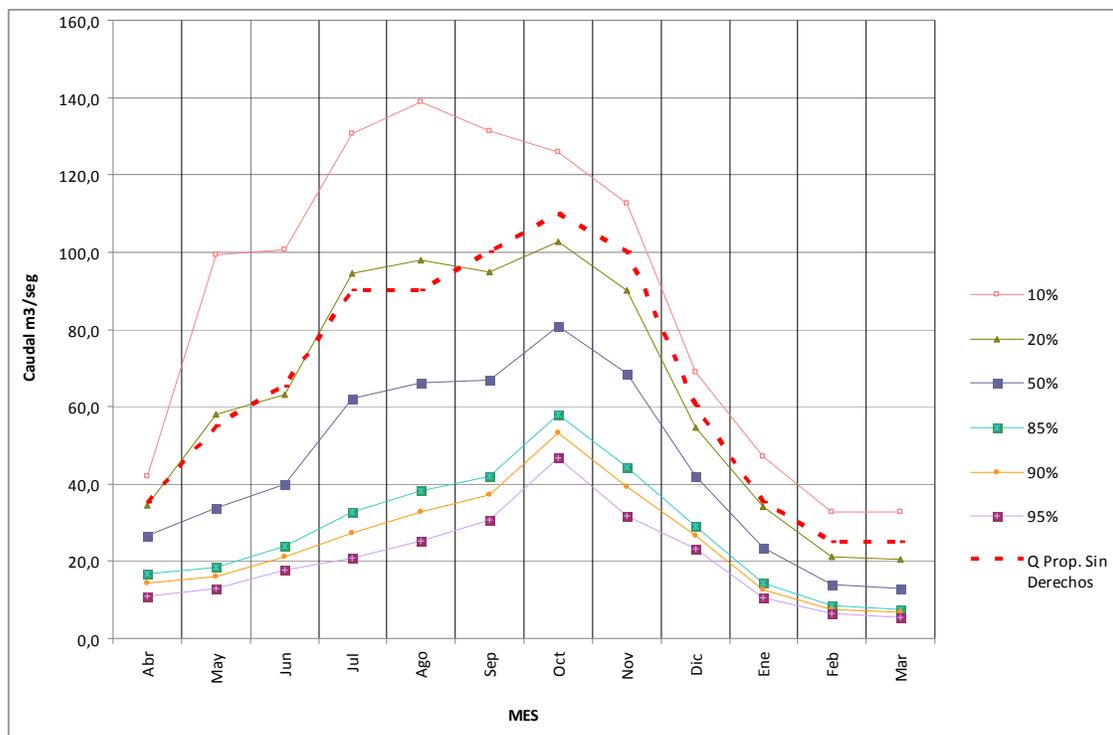
**CUADRO 8.6-12  
CAUDALES MEDIOS DIARIOS  
QUE MÁS SE REPITEN PARA CADA MES (m3/s)**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>Caudal (m3/s)</b>	<b>35</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>35</b>	<b>55</b>	<b>65</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>100</b>	<b>60</b>
Q 10% Pexc	40,7	26,9	26,4	38,7	77,5	81,2	113,8	118,8	113,5	115,2	102,1	62,1
<b>Q 20% Pexc</b>	<b>34,0</b>	<b>21,3</b>	<b>20,5</b>	<b>34,5</b>	<b>57,9</b>	<b>63,1</b>	<b>94,4</b>	<b>97,8</b>	<b>94,9</b>	<b>102,7</b>	<b>90,0</b>	<b>54,5</b>
Q 50% Pexc	23,6	13,8	12,9	26,6	33,9	40,0	62,0	66,2	66,9	80,7	68,4	41,8

En definitiva, el criterio de repetición de caudales medios mensuales corresponde al criterio de que con esos caudales las condiciones de agua en el río permitirían llevar a cabo las actividades con y sin contacto directo.

En la Figura 8.6-7 se incluyen los caudales medios mensuales para diferentes probabilidades de excedencia, incluyendo los caudales que se propone reservar.

**FIGURA 8.6-7  
CAUDALES MEDIOS MENSUALES PARA DIFERENTES  
PROBABILIDADES DE EXCEDENCIA Y CAUDALES PROPUESTOS  
RESERVAR**



### d) Situación de los Derechos de Aguas Superficiales

La situación de los derechos de agua en la zona de interés da cuenta con lo siguiente:

**CUADRO 8.6-13  
DERECHOS DE AGUA EN RÍO SIMPSON (en tramo de estudio)**

Expediente	Propietario	Q (l/s)	Tipo	Captación	Coordenadas		Coordenadas		Situación	Res.	Fecha	Uso
					Norte	Este	Restitución					
ND-1102-1089	VALENZUELA FRIAS, NICOLAS HUMBERTO	1,0	Consuntivo	MEC	4.953.128	726.706			Aprobada	194	24-12-2007	Doméstico/Agrícola
ND-1102-1161	OLIVARES PINTO, LUIS LINDORFO	450,0	No Consuntivo	GRAV	4.933.095	722.309	4.932.741	722.054	Aprobada	44	08-10-2008	Electricidad
ND-1102-1205	COMPANIA DE SERVICIOS E INVERSIONES V&F LTDA.	20,0	Consuntivo	MEC	4.945.681	726.339			Aprobada	11	24-03-2009	Doméstico
ND-1102-1236	RIVERA FOITZICK, AMANDA	5,0	Consuntivo	MEC	4.947.550	727.556			Aprobada	137	15-12-2008	Doméstico/Agrícola
ND-1102-1263	CASTRO POLANCO, DANIELA ALEJANDRA	5,0	Consuntivo	GRAV	4.937.077	720.189			Aprobada	138	15-12-2008	Agrícola
ND-1102-139	EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS DE AYSÉN S.A.	300,0	Consuntivo	GRAV	4.947.500	727.500			Aprobada	442	07-05-2002	Sanitaria
ND-1102-304	REZUC RAMIREZ, NELSON ESPERIDION	10,0	Consuntivo	GRAV	4.935.570	720.210			Aprobada	20	21-10-2002	Agrícola
ND-1102-305	REZUC RAMIREZ, NELSON ESPERIDION	10,0	Consuntivo	GRAV	4.933.800	719.750			Aprobada	21	21-10-2002	Agrícola
ND-1102-308	REZUC RAMIREZ, NELSON ESPERIDION	10,0	Consuntivo	GRAV	4.934.875	719.825			Aprobada	18	21-10-2002	Agrícola
ND-1102-330/1	SOCIEDAD AGRICOLA Y GANADERA AFCA LTDA.	200,0	Consuntivo	GRAV/MEC	4.950.272	728.089			Aprobada	206	19-05-2003	Agrícola
ND-1102-34/1	SOLIS SOLIS, FRANCISCO JAVIER	5,0	Consuntivo	MEC	4.946.800	727.000			Aprobada	427	25-09-1992	Agrícola
ND-1102-610/1	OJEDA MIRANDA, PEDRO JOSE	50,0	Consuntivo	GRAV/MEC	4.932.590	720.530			Aprobada	10	14-05-2007	Agrícola
ND-1102-594	HERNANDO SANCHEZ, BENITO MAURICIO	5,0	Consuntivo	MEC	4.947.133	727.271			Aprobada	59	30-10-2007	
ND-1102-110	SOCIEDAD AGRICOLA Y GANADERA RODRIGUEZ LTDA.	40,0	Consuntivo	S.A./GRAV./MEC.	4.932.750	725.450			Aprobada	145	02-03-2001	Agrícola
ND-1102-648	IBAR HERNANDEZ, PATRICIA DEL CARMEN	2,0	Consuntivo	GRAV/MEC	4.947.280	727.321			Aprobada	206	31-12-2007	
ND-1102-97	CARILEMU LTDA. CASILLA 90 COYH.	12,0	Consuntivo	MEC	4.945.110	725.640			Aprobada	498	27-08-2001	Agrícola
ND-1102-97	CARILEMU LTDA. CASILLA 90 COYH.	5,0	Consuntivo	MEC	4.945.200	725.560			Aprobada	498	27-08-2001	Agrícola
ND-1102-1359	BORQUEZ VERA, JOSE ARCADIO	5,0	Consuntivo	GRAV	4.947.679	727.525			Proceso			Doméstico
ND-1102-1366	BAHAMONDE OSSES, MARIA ISABEL	5,0	Consuntivo	MEC	4.946.298	726.585			Proceso			Doméstico/Agrícola
ND-1102-1453	FERNANDEZ BAHAMONDE, KARINA ALEJANDRA	30,0	Consuntivo	GRAV	4.945.297	725.732			Proceso			Turismo
ND-1102-1470	GALLEGOS RODRIGUEZ, MARCOS ISMAEL	0,5	Consuntivo	GRAV	4.945.536	726.248			Proceso			Doméstico/Agrícola
ND-1102-1489	BAHAMONDE OSSES, ELSA INES	5,0	Consuntivo	MEC	4.946.099	726.477			Proceso			Doméstico/Agrícola

En el Plano 8.6-1 se muestra la ubicación de los derechos de agua superficiales. De acuerdo con los valores presentados en el cuadro anterior, la situación de los derechos de aguas superficiales es la siguiente:

- Derechos Superficiales Consuntivos Constituidos: 680 l/s
- Derechos Superficiales Consuntivos en Trámite: 45,5 l/s
- Derechos Superficiales No Consuntivos Constituidos: 450 l/s

De acuerdo con los derechos de aguas superficiales en el tramo de interés, existirían derechos de aguas superficiales de uso consuntivo, permanente y continuo por 680 l/s. Dicho caudal representa un 2,72 % del caudal mínimo propuesto reservar, de modo que no afectaría la proposición de reserva.

Respecto al caudal de 450 l/s de uso no consuntivo constituido, éste se localiza en la parte alta de la cuenca, tomando y devolviendo las aguas en dicho sector, de modo que no afecta las actividades turísticas que se realizan hacia aguas abajo.

## **8.7 Río Serrano (XII Región de Magallanes)**

### **8.7.1 Introducción**

La cuenca hidrográfica del río Serrano se extiende entre los paralelos 50° 30' y 51° 30' latitud sur y entre los meridianos 72° 15' y 73° 30' longitud oeste. Tiene una extensión de 6.673 km<sup>2</sup>, e incluye una serie de grandes y pequeños lagos concatenados y otros situados en paralelo.

La cuenca abarca casi la totalidad de la superficie del Parque Nacional Torres del Paine, y parte del Parque Nacional Bernardo O´Higgins.

Los recursos hídricos existentes en esta cuenca como lo son glaciares, ríos y lagos, constituyen diversos ambientes únicos y particulares, lo que sumado a las especies de flora y fauna y las formaciones geológicas existentes, entre las que destacan el gran Macizo Paine y las Torres del Paine, son de especial interés educativo, científico y recreativo, atrayendo una gran cantidad de visitantes extranjeros y nacionales.

El río Serrano es el drenaje de la cuenca del mismo nombre; en el área Norte de la cuenca del río Serrano, se pueden distinguir dos sistemas hidrográficos principales:

- La hoya del río Paine, la cual presenta un marcado régimen glaciar y drena el área nor-oeste de la cuenca
- La hoya del río las Chinas, la cual presenta un régimen hidrológico de alimentación mixta, o nivo-pluvial.

Ambas hoyas hidrográficas desaguan en el lago Toro, en cuyo extremo más occidental nace el río Serrano de 38 km de recorrido, que finaliza su recorrido en el Seno de Última Esperanza. En este trayecto recibe uno de sus más importantes tributarios por su ribera derecha, con un desarrollo de 20 km, el río Grey; adicionalmente recibe al emisario del lago Tyndall, casi conjuntamente con el río Geikie.

Entre el 28 de Marzo y 3 de Abril de 2009, se desarrolló un trabajo de campo que tuvo por objetivo levantar información primaria, la cual permitió identificar las principales actividades turísticas que se desarrollan en el río y se logró caracterizar el río en estudio.

El tramo de río analizado fue de 17 km, aproximadamente, partiendo de la desembocadura del Lago Toro (N: 4.327.243; E: 642.904 WGS 84 Huso

18) hasta el Seno de Última Esperanza (N: 4.302.336; E: 632.981 WGS 84 Huso 18).

### **8.7.2 Obtención de Información Primaria. Entrevistas a Actores Claves In Situ**

#### **a) Actores Públicos**

##### **- Dirección General de Aguas**

Se sostuvieron reuniones con la Dirección de Aguas Regional, con quienes se revisó el programa de terreno, las necesidades de información, los alcances del estudio y se coordinaron los trabajos con profesionales de las distintas unidades.

En la reunión de coordinación inicial se contó con la participación de:

Sr. Sergio Díaz Director Regional

Sra. María Antonieta Unidad de Administración de Recursos Hídricos

Sra. Galit Navarro, Consultora Aquaterra Ing. Ltda.

Sr. Juan Carlos Cuchacovich, Consultora Aquaterra Ing. Ltda.

En dicha reunión se explicó en qué consiste el proyecto y cómo iba a ser su aplicación al río Serrano. Este río había sido propuesto por la Región y por la Unidad Central DGA Santiago, dado la alta importancia que representa desde el punto de vista turístico, al abarcar la cuenca del río Serrano a casi la totalidad del Parque Nacional Torres del Paine, y por haber sido promulgada para el río Serrano, la primera Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales.

Profesionales de la DGA explicaron los principales usos que se realizan en el río, según las condiciones hídricas y ambientales del cauce.

A la visita a terreno se asignó al Sr. Agustín Donicke, Hdromensor de la unidad de hidrología y capitán de la embarcación y el Sr. Marcelo Guzmán, encargado de la Unidad de Fiscalización.

##### **- SERNATUR**

Sr. Marcelo Villarroel, Oficina Puerto Natales ([mvillarroel@sernatur.cl](mailto:mvillarroel@sernatur.cl))

Se sostuvo contacto con Sernatur, quienes proporcionaron información relativa a los operadores turísticos y empresas existentes, así como las actividades turísticas que se desarrollan en el río Serrano.

## **b) Actores privados y organizaciones ciudadanas**

### ➤ **Fernando Mancilla, Gerente**

#### **Antares Patagonicas Adventure**

[fernando@antarespatagonia.com](mailto:fernando@antarespatagonia.com)

Web : [www.antarespatagonia.com](http://www.antarespatagonia.com)

Teléfono : (56-61) 414611

Puerto Natales

Con relación a la visión que tiene del desarrollo actual y futuro del turismo en el río Serrano, indica que existe poca regulación respecto al uso del río por las empresas del rubro, lo cual pudiera con el tiempo incidir negativamente en la pérdida del objetivo con que muchos turistas llegan hasta la zona, buscando áreas prístinas, al encontrar espacios fuertemente demandados.

En el rubro kajak, por ejemplo, el principal valor agregado que tiene la utilización del río es el poco contacto con personas. En efecto, el cliente tiene un encuentro con la naturaleza, el silencio y la belleza del lugar, aspecto que puede verse perjudicado si la capacidad de carga del sistema se supera.

Las características relevantes del río Serrano que lo hacen atractivo hacia el turismo son la conexión que hace de dos Parques Nacionales, Torres del Paine y Bernardo O´Higgins, mediante una ruta fluvial de gran belleza escénica, que incluye vistas a glaciares, bosques, montañas, la presencia del río y donde la zona exhibe muy poco asentamiento humano.

Las principales actividades turísticas que se desarrollan en el río Serrano son pesca, kajak de mar, viajes en zodiac y observación del entorno.

La mejor época para el desarrollo de estas actividades turísticas son de Octubre a Marzo.

Las limitaciones para el uso de kajak son el bajo caudal que presenta el río en invierno. Otra limitación es no disponer de zonas propias o autorizadas para realizar campamentos durante los días de viaje.

Los tramos más usados para kajak son desde la pasarela del antiguo cruce al Pueblo del Serrano, a 500 m de la zona de hoteles y finaliza en la desembocadura del río en el fiordo Última Esperanza.

➤ **Rodrigo Bahamondez, Gerente**

**Indomita Patagonia**

Email : [info@indomitapatagonia.com](mailto:info@indomitapatagonia.com)

Teléfono : (56-61) 414525

Web : [www.indomitapatagonia.com](http://www.indomitapatagonia.com)

Puerto Natales

La empresa Indómita, tal como Antares, se especializan en actividades turísticas con uso de kajak, desarrollando excursiones de varios días por ríos y aproximándose a los glaciares.

Las preguntas fueron de orden técnico con relación a la actividad de kajak sobre el Serrano.

El río Serrano no presenta muchos rápidos, salvo en el Salto del río que es una pequeña sección con rápidos. El Salto es Clase III, aunque depende mucho del nivel de agua que tenga el río, ya que con mucha agua puede considerarse grado II o con poca puede llegar a ser IV. Si bien el Salto con un kajak de río no presenta mayores complicaciones, hoy no se hace kajak de río, sino que de travesía o de mar (kajaks más largos y con carga). Con el fin de evitar estrés y sensación de inseguridad de muchos clientes atravesar el Salto, se realiza porteo de los kajaks en un tramo de aproximadamente 200 m.

Indicó que las empresas que realizan kajak en la provincia sectorizaron el río para fines de emergencia y comunicación, estableciéndose tres zonas.

➤ **Pablo Vera, Gerente**

**Punta Alta**

Teléfono : 410115

Email : [turismo@puntaalta.cl](mailto:turismo@puntaalta.cl)

Web : [www.puntaalta.cl](http://www.puntaalta.cl)

La empresa Punta Alta realiza navegación en Zodiac en el río Serrano hasta Puerto Natales, indica que la época propicia para realizarla es desde Septiembre u Octubre (dependiendo de las condiciones del río) a Marzo.

En el período de invierno el nivel del río baja su nivel y se toca fondo continuamente.

Indica que el río Serrano es atractivo para la pesca en toda su extensión, desde el sector de Pueblo hasta la desembocadura se realiza pesca desde orilla preferentemente, donde hay acceso caminando al río. Desde el pueblo hacia aguas abajo, preferentemente se realiza pesca desde bote.

El río ofrece un gran atractivo para el empleo de kajak de mar, donde salvo algunos puntos, no presenta riegos altos; además es propicio para conotaje, no así para rafting, pues el río no tiene mucha fuerza. En todo caso define el río como navegable.

### **8.7.3 Reconocimiento y Caracterización del Terreno**

#### **a) Descripción General del Área**

Torres del Paine, es sin lugar a dudas, uno de los más famosos Parques Nacionales del mundo, que por la diversidad y características de sus recursos naturales, se ubica en una posición destacada en la Patagonia y en el cono Sur Americano. Fue creado el 13 de mayo de 1959 y tiene una superficie actual de 181.414 ha que incluye todas las áreas necesarias para proporcionar una proyección dinámica de sus características ecológicas y garantizar la protección escénicas y vistas panorámicas.

Fue declarado Reserva de la Biósfera el 28 de abril de 1978, por decisión de la Mesa Directiva del Consejo Internacional de Coordinación del Programa sobre el Hombre y la Biósfera de la UNESCO. Esto significa que forma parte integrante de la red internacional de Reservas de la Biósfera, integrada por zonas protegidas representativas de los diferentes tipos de ecosistemas del mundo, tiene como objetivo la conservación de la naturaleza y la investigación científica al servicio del hombre.

Los usos y actividades económicas existentes en la cuenca corresponden principalmente a los relacionados a la hotelería y turismo, además de poseer un uso agropecuario con más de 70 roles distintos relacionados a esta actividad. El uso Turístico Hotelero está constituido por 3 hoteles, 8 hosterías, 9 refugios y 12 zonas de camping, además de prestar los servicios de traslado en embarcaciones.

Dada la importancia ecosistémica y turística de la cuenca del río Serrano, el Consejo de Ministros de Conama aprobó la Norma Secundaria de

Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales, cuyo objetivo es proteger y mantener los cuerpos o cursos de agua de calidad excepcional en la cuenca del río Serrano, que asegure sus cualidades como sitio de valor ambiental, escénico y turístico de manera de salvaguardar el aprovechamiento del recurso hídrico, las comunidades acuáticas y los ecosistemas, maximizando los beneficios ambientales, sociales y económicos.

Dado el uso intensivo del Parque Nacional Torres del Paine, que atrae crecientemente turistas tanto nacionales como extranjeros, con cifras cercanas a los 140.000 turistas en la temporada se ha Aprobado por Resolución N° 80, de 31 de agosto de 2008, del Gobierno Regional de Magallanes y Antártica Chilena y publicado en el diario oficial el día 01 de Septiembre del 2008, el Plan Seccional Río Serrano Comuna de Torres del Paine, orientado a regular realizar un ordenamiento territorial en la zona, Dotar de Instrumento de Planificación que refuerce la gestión turística y Potenciar el asentamiento de un desarrollo turístico considerando las potencialidades del área y sus proyecciones de desarrollo económico y social.

El área de trabajo comprendió el río Serrano desde el desagüe del Lago Toro hasta su desembocadura al mar, en el Seno de Última Esperanza. La Campaña de terreno se desarrolló durante los días 1 y 2 de Abril de 2009, y el objetivo fundamental fue reconocer las componentes de paisaje, las actividades de uso turístico y obtener información batimétrica del río.

Durante la campaña de terreno se localizaron mediante GPS todos los puntos que se recorrieron en terreno. En el tramo inicial del río se accedió por tierra y al resto se accedió por el río, navegando en Zodiac de la DGA.

Se midieron puntos con GPS y con Ecosonda transversales al río, de modo de determinar anchos del cauce y profundidades del mismo. De esta forma, se pudieron representar 16 perfiles en el río con sus respectivas profundidades, que significaron 116 puntos útiles.

La caracterización de los sectores permitió generar 36 estaciones en el río, donde algunos de ellos permitió una caracterización transversal de éste.

La identificación y ubicación sobre el eje longitudinal del río se incluye en el Cuadro 8.7-1; en el Plano 8.7-1 se muestra la ubicación de los puntos de observación.

**CUADRO 8.7-1  
PUNTOS DE OBSERVACIÓN**

<b>Punto N°</b>	<b>LUGAR</b>	<b>COORDENADAS UTM</b>	
SE 1	Lago toro. Mirador 1	4.318.662	648.878
SE 2	Lago Toro. Mirador 2	4.320.334	647.426
SE 3	Lago Toro. Mirador 3	4.322.085	646.111
SE 4	Mirador del Serrano	4.322.370	641.844
SE 5	Confluencia con el río Grey	4.321.535	639.304
SE 6	Meandros	4.321.262	638.706
SE 7	Pasarela río Serrano	4.322.768	641.331
SE 8	Playa del Hotel río Serrano	4.322.845	641.149
SE 9	Puente sobre río Serrano.	4.322.443	640.950
SE 10	Hacia la naciente del Serrano	4.325.575	641.971
SE 11	Est. Fluviométrica en desagüe Lago Toro	4.326.709	642.442
SE 12	Naciente del río Serrano, o desembocadura del Lago Toro.	4.327.244	642.904
SE 13	Aguas abajo Confluencia río Grey	4.321.726	639.379
SE 14	Playas de Arena	4.321.638	638.548
SE 15	Cuenca cerrada	4.322.214	638.056
SE 16	Cuenca cerrada	4.321.792	637.516
SE 17	Cuenca cerrada	4.322.416	637.264
SE 18	Portería Parque Nacional B. O'Higgins	4.301.576	631.996
SE 19	Hostería Balmaceda	4.302.348	633.555
SE 20	Desembocadura	4.302.406	632.883
SE 21	Sendero hacia Hostería Balmaceda	4.302.728	633.417
SE 22	Río encajonado	4.304.115	634.234
SE 24	Río encajonado	4.304.721	633.319
SE 23	bancos de arena	4.306.933	633.878
SE 25	Río encajonado	4.308.782	633.405
SE 26	Estación Fluviométrica en Desembocadura	4.309.483	632.134
SE 27	Mirador Glaciar Tyndal 2	4.311.576	631.741
SE 28	Estancia Pekín Guerrero	4.315.308	631.069
SE 29	Mirador al glaciar Tyndal	4.317.805	631.739
SE 30	Confluencia río Tyndal	4.319.865	631.273
SE 31	Sector Donoso	4.321.086	632.043
SE 32	Aguas abajo del Salto	4.320.220	632.620
SE 33	Aguas abajo del Salto	4.322.370	634.093
SE 34	Aguas abajo del Salto	4.321.794	634.891
SE 35	Aguas abajo del Salto	4.321.994	635.714
SE 36	El salto	4.322.524	636.492

**Coordenadas WGS 84, Huso 19**

A continuación se incluye una descripción resumida de cada uno de los puntos analizados:

- **Punto SE 1. Lago Toro. Mirador 1.**

Primer punto del recorrido en terreno, aunque no es exactamente en el río, es relevante ya que es el inicio del "Paisaje Río Serrano". Este punto se encuentra en las cercanías del Lago Toro, presenta una vista panorámica en dirección a los macizos del Toro, en cuanto a la vegetación presente se identifican ejemplares arbóreos de Coigüe, Ñirre y Lengua, acompañados de matorral arbustivo principalmente nativo.

- **Punto SE 2. Lago Toro. Mirador 2**

Frente al macizo del Paine y el Glaciar Grey, sobre la ribera del Lago Toro, la vegetación es achaparrada, presencia de ejemplares arbóreos y arbustivos nativos, se divisa a la distancia la edificación correspondiente a la administración de CONAF. La línea del camino se divisa entre la vegetación a media ladera. La belleza, riqueza y diversidad escénica del lugar en de gran magnitud.

- **Punto SE 3. Lago Toro. Mirador 3**

En el tercer mirador del Lago Toro, donde existe una hermosa vista a los Cuernos del Paine, hacia la izquierda se ve el inicio del río Serrano, es una ruta escénica, esta bien tratada, la cantidad de vehículos es media, mucho viento, vegetación achaparrada arbustiva, contraste de colores entre el tercer plano lejano y los Cuernos del Paine, el azul del cielo, el azul turquesa del lago Toro, el equipamiento es bastante adecuado, hay asientos y basureros, y las defensas están hechas de manera de no ser una intrusión visual en el lugar.

- **Punto SE 4. Mirador del Serrano**

Frente al pueblo, primer punto de encuentro con el río Serrano, los Cuernos del Paine siempre están de telón de fondo, configurando un paisaje de gran belleza escénica. Las construcciones hoteleras, el camping, que conforman el pueblo son en total 7 complejos turísticos distintos instalados sobre terrenos inundables. Las hosterías y hoteles se encuentran separados entre ellos, techos color verde y rojo, pero todos mantienen un cierto orden, es poco poblado, grano visual medio, se ven dos botes turísticos, hay una pasarela.

La vegetación presente sigue siendo nativa con ejemplares arbóreos y arbustivos achaparrados de Ñirres.

Los tres planos visuales están claramente definidos, la planicie central sobre la que se desliza el río está siempre enmarcada por los macizos montañosos, hay presencia de pastizales. El río es una cinta de meandros que recorre la planicie.

Un tercer plano lejano muy claro, está el glaciar Grey, vista a los Cuernos del Paine y a las Torres del Paine, la ruta sigue siendo de gran valor escénico.

- **Punto SE 5. Aguas abajo Confluencia río Grey**

El cambio de color del agua producto del agua de glaciar del río Grey es importante, lechosa blanca, orillas de playa, cuenca abierta con vistas panorámicas. Caja de 100 m, se observan Coigües, Lengas, la vegetación es eminentemente achaparrada y arbustiva, grandes praderas; vistas a los cordones montañosos, vista panorámica a las Torres del Paine, un paisaje de meandros, sin borde de playa continuo, textura de grano medio, tonalidades de verdes de gran contraste con el azul del cielo, vista panorámica.

- **Punto SE 6. Meandros**

Hermosa vista, presencia de avifauna (Caiquenes y patos), y animales domésticos (vacas), en los cerros aledaños se observan Coigües, Lengas, la vegetación es eminentemente achaparrada y arbustiva, grandes praderas; vistas a los cordones montañosos, vista panorámica a las Torres del Paine, un paisaje de meandros, sin borde de playa continuo, textura de grano medio, tonalidades de verdes de gran contraste con el azul del cielo, vista panorámica.

Punto mirador natural, color del agua lechoso, se junta con el Grey, con remolinos y turbulencias.

Actividades turísticas posibles: observación de aves, fauna y flora, y paisaje.

- **Punto SE 7. Pasarela Pueblito Serrano**

Este punto está dentro del Pueblo de Serrano, es un área totalmente inundable e inundada, se divisan troncos de Lengas, Coigües, y herbáceas, gran abundancia de aves (Caiquenes), presencia antrópica, la pasarela peatonal se constituye en un punto de interés cultural, vegetación de ribera inundable.

Río de agua cristalina, de alta velocidad, vistas panorámicas a las Torres del Paine, profundidad aproximada de 4 m, color del agua muy cristalino,

las vistas al cordón montañoso cubierto de nieve son imponentes, en el segundo plano visual se divisa la ruta escénica, desde este punto la intrusión visual de las construcciones disminuye, a excepción del Hotel Río Serrano que presenta una intrusión fuerte, es de todas maneras un lugar antropizado, pero el "paisaje río" se muestra con una gran fuerza, se presentan varios puntos de interés natural como la vista a los Cuernos del Paine y a las Torres, desde los puntos altos se ve el Glaciar Grey.

La riqueza paisajista del lugar es muy alta, es el centro de un bosque remanente de Ñirres achaparrados.

- **Punto SE 8. Playa del Hotel río Serrano**

Muy cercano al Punto SE 7, en el borde del río la misma ribera pedregosa con playa, vistas panorámicas al cerro Toloso, la vegetación llega hasta la orilla del río en la ribera opuesta, el agua es transparente, contaminación por emisarios de aguas servidas y descargas de los hoteles, intrusión visual de un muelle en deterioro, vistas panorámicas, la intrusión del hotel es fuerte, se ve la torre de agua, se pierde sensación de prístinidad, pero sigue habiendo presencia de gran cantidad de avifauna.

- **Punto SE 9. Puente sobre río Serrano**

Sobre el puente vehicular del río Serrano, en la entrada del Parque Nacional Torres del Paine, se tiene un río de un ancho promedio de 100 m, con un islote de vegetación de 45 m de ancho en el centro, agua cristalina, vegetación de ribera arbustiva, río encajonado, se ven balsas, camino hacia la portería del Parque Nacional se detecta un aumento en el tránsito vehicular, presencia de embarcaciones tipo Zodiac, también se divisan botes con pescadores, es una vista bastante homogénea, avistamiento aves rapaces.

Vista panorámica hacia las Torres del Paine, al Glaciar Grey, a los Cuernos del Paine. Punto de gran riqueza escénica.

Adentrándose por el borde del río se encuentran ejemplares de Lengas de mayor altura, herbáceas introducidas, asilvestradas, no hay presencia de fauna.

Área intervenida por caminos, contrastes de luz y sombra, fuerza de colores, riqueza de texturas.

- **Punto SE 10. Hacia la naciente del Serrano**

En este punto se encuentra una cuenca visual totalmente abierta, con vista en el tercer plano lejano a los nevados de los cordones montañosos

circundantes, la vegetación está compuesta por una estrata arbórea hasta el borde del río, y grandes paños de pastizales, aún se divisa el Hotel Río Serrano como intrusión visual. Presencia de avifauna. Río calmo.

- **Punto SE 11. Estación Fluviométrica en desagüe de lago Toro**

En este sector existe vegetación arbórea achaparrada, un ancho aproximado de caja de río de 90 m, un paisaje más encajonado, el color del agua es más azul, en algunos tramos turquesa, riqueza y diversidad de color, presencia de basura (contaminación antrópica), es un área fuertemente intervenida, se registran avistamientos de avifauna (golondrina), hay un sendero sinuoso y de escala menor e informal, que permite el desplazamiento vehicular, es un área de pesca intensiva en los meses de temporada alta, presencia de señalética que produce intrusión visual negativa.

- **Punto SE 12. Naciente del río Serrano, o desembocadura del Lago Toro.**

Es una explanada, de coirón, afloramiento de formaciones rocosas en ribera opuesta, existen áreas que podrían habilitarse como sendero de caminatas y escalada, y de un importante mirador al entorno, se divisa la cuenca del lago Toro.

Área plana de inundación, pampa, orilla de río fangosa con acceso, islotes, vegetación achaparrada, mucho coirón.

- **Punto SE 13. Confluencia con el río Grey.**

Poco antes de la confluencia con el río Grey, el agua es muy transparente, presencia de un río con un borde de playa de arena y piedras, con un grano pequeño, vemos la capa de tierra con pastizales, la capa de turba fuertemente erosionada por el agua, la vegetación es achaparrada, algunos ejemplares de Ñirres y herbáceas. Este punto tiene un gran potencial turístico, riqueza, interés cultural, están los estratos de suelo, grandes playas, el río calmo, de un ancho 100 o 70 m, agua cristalina, baja a gran velocidad, pero muy suavemente, es una lámina de agua transparente, una vista panorámica a los Cuernos del Paine y a las Torres del Paine, hay presencia de avifauna (Caiquenes).

- **Punto SE 14. Playas de arena**

Cuenca del río empieza a cerrarse, ladera de 30 m de altura, la vegetación nativa achaparrada que llega hasta el borde del agua, presencia de pequeñas playas de arenas, hay algunas vistas panorámicas hacia los macizos montañosos, avistamiento de avifauna. Es un río de aguas calmas.

- **Punto SE 15. Cuenca cerrada**

La cuenca del río es más cerrada, vegetación arbórea de mayor tamaño, meandros, ancho caja 200 a 250 m, un río calmo. Playas de piedras de grano medio.

- **Punto SE 16. Cuenca cerrada**

Similar al Punto SE 15. Ancho de caja de aproximadamente 150 m, playa en una ribera, vegetación arbórea, vistas panorámicas focalizadas al cordón del Paine.

- **Punto SE 17. Cuenca cerrada**

Similar al Punto SE 15 y 16. Antes del salto, ancho de caja de aproximadamente 150 m.

- **Punto SE 18. Portería Parque Nacional Bernardo O'Higgins**

Vista panorámica al Seno de Última Esperanza, se puede ver el Monte Balmaceda, vegetación de Lengua y Canelos, diversidad de fauna, (lobo de mar, aves), vista focalizada al Cerro Bellavista, ancho 500 a 1.000 m.

- **Punto SE 19. Hostería Balmaceda**

Caídas de agua en la montaña, vegetación arbórea hasta la orilla de río, gran muelle, vista panorámica al Glaciar Balmaceda.

- **Punto SE 20. Desembocadura**

Desembocadura real del río, vista al Glaciar Serrano, sedimento en la orilla, vegetación arbórea, marcas de interés visual, caídas de agua en el cerro, en el cordón montañoso, árboles de gran tamaño, islotes en la mitad del río, grano de textura media, vistas panorámicas.

- **Punto SE 21. Sendero hacia Hostería Balmaceda**

Existencia de infraestructura turística, muelle para embarcaciones menores, senderos interiores hasta Hostería Balmaceda, río más encajonado, ancho de caja 100 m, vegetación arbórea, vistas panorámicas, marca interés cultural y natural, no hay orilla de playa, vegetación tipo mangle. Zona homogénea, grandes zonas de inundación, podría haber senderos interpretativos al interior del bosque. Afloración rocosa.

- **Punto SE 22-23. Bancos de arena**

Sedimentos, centro arenoso, velocidad de agua fuerte, amplia caja, afloramientos rocosos en las montañas y caídas de agua, posibilidad de detenerse en épocas de bajo caudal.

Presencia de suelos arcillosos mucha erosión, planicie que se aleja unos 30 m, plantaciones jóvenes, bosque nuevo, caídas de agua en las montañas, se producen embancamientos de arena. Ancho de caja 400 m, se ven sedimentos arrastrados por el río.

- **Punto SE 24-25. Río encajonado**

Encajonado, ancho de 200 m, gran erosión en sus orillas capas estratificadas de sedimentos, en algunas zonas la capa de suelo tiene un metro de profundidad. Laderas abruptas, vegetación llega hasta la orilla, vegetación arbórea y arbustiva alta densidad de cubierta vegetal sobre el suelo.

- **Punto SE 26. Estación Fluviométrica**

Vista al glaciar Tyndal, embancamientos de arena, piedras de río como islotes, muchos troncos flotando, caja muy ancha, espacio visual es amplio, la cuenca es muy abierta se cierra en el tercer plano lejano, vegetación espesa, árboles de altura mayor a los 25 m, vistas panorámicas.

- **Punto SE 27. Mirador Glaciar Tyndal 2**

Amplio meandro del río, ladera erosionada, bosques de 15 m de alto y más, vista abierta y dirigida al Glaciar Balmaceda, contraste del color del agua, el verde de la vegetación, el color gris del suelo, con el blanco de las montañas nevadas, área de valor escénico alto por variedad de texturas, de colores, de formaciones rocosas, siempre las vistas enmarcadas por las montañas.

- **Punto SE 28. Estancia Pekín Guerrero**

Orilla sobre el nivel del pelo de agua a unos 2 m aproximadamente, vista acotada en el segundo plano, cerro Balmaceda. Cuenca abierta, cordones montañosos, sierras nevadas y bosques, caja muy abierta, la zona al lado derecho es plana y la izquierda con montes, paisaje sobrecogedor, riqueza de texturas, bosque nutrido y diverso en formas y colores.

- **Punto SE 29. Mirador al Glaciar Tyndal**

Glaciar Tyndal, los glaciares se ven en el tercer plano imponentes, y el cordón montañoso también, con sus picos nevados, el río se desarrolla en una amplia caja, la vegetación de árboles de 15 m y más de altura, con orilla de playa con piedras, sector del mirador al Tyndal. Amplia zona de inundación.

- **Punto SE 30. Confluencia con río Tyndal**

Confluencia del el río Tyndal, pedazos de hielo que vienen del glaciar, cuenca abierta, árboles comienzan a ser de mayor altura.

- **Punto SE 31. Sector Donoso**

Entrada al río Tyndal, avistamiento de aves, caja más ancha, ganado, cisnes de cuello negro, primer plano cerrado por las montañas, sector de aguas más calmas, se ven embarcaciones.

- **Punto SE 32-33-34-35. Aguas abajo del Salto**

La cuenca visual se abre con vistas al tercer plano lejano; se observa una caja de un ancho aparente de 600 m o más, plano visual de arenales, la ribera derecha se cierra por la montaña, siempre presentes los picos nevados, vista panorámica a las Torres del Paine, avistamiento de aves, Caiquenes, flamencos. Presencia de ganado en las orillas. La ruta navegable se enmarca siempre por las Torres del Paine, zona homogénea, una unidad del paisaje.

Orillas muy superficiales, sector con el nivel de agua muy bajo, en invierno hasta fines octubre no es transitable por embarcaciones, incluso se podría caminar.

- **Punto SE 36. El Salto**

Sector de gran belleza escénica, un río turbulento, sonido del agua fuerte, color lechoso, vegetación arbórea de mayor altura, varios islotes con vegetación dentro el cauce, presencia de muelles y embarcaciones, punto de mayor tránsito de turistas. En un tercer plano se ven los macizos de montañas nevadas, contraste de colores entre vegetación, río y cielo. Afloramientos rocosos. Un paisaje diverso, con variedad de texturas y colores.

## **b) Actividades Sin y Con Contacto Directo**

A partir de la información obtenida de entrevistas con actores seleccionados, así como de entrevistas en terreno y de observaciones directas, se pudo identificar las principales actividades turísticas que se desarrollan en el río y en el entorno a él, y además ubicarlas geográficamente en los puntos de estudio.

El tramo de estudio del río Serrano es propicio par la pesca deportiva, transporte en Zodiac y uso de kajak de mar.

Por otro lado, el paisaje existente, permite que se realicen las diversas actividades asociadas a la observación, caminata, cabalgatas, observaciones desde las embarcaciones, fotografía, etc.

En el Cuadro 8.7-2 se incluye información respecto a las actividades sin y con contacto directo.

**CUADRO 8.7-2  
ACTIVIDADES SIN Y CON CONTACTO DIRECTO (ASCD y ACCD)**

Nº	Distancia (km)	LUGAR	ASCD	ACCD
<b>Puntos Fuera del Río serrano</b>				
Punto 1	Fuera del río	Punto SE 1. Lago Toro. Mirador 1	Observación Paisaje Caminatas Observación Flora Observación fauna	
Punto 2	Fuera del río	Punto SE 2. Lago Toro. Mirador 2	Observación Paisaje Caminatas Observación Flora Observación fauna	
Punto 3	Fuera del río	Punto SE 3. Lago Toro. Mirador 3	Observación Paisaje Caminatas observación Flora Observación fauna	
<b>Tramo SCD 1 ZONA USO INTENSIVO (Pueblo Serrano)</b>				
Punto 12	0,41	Punto SE 12. Naciente del río Serrano, o desembocadura del Lago Toro.	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca,
Punto 11	1,10	Punto SE 11. Estación Fluviométrica en desagüe Lago Toro	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca
Punto 10	2,50	Punto SE 10. Hacia la naciente del Serrano	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca
Punto 4	6,24	Punto SE 4. Mirador del Serrano	Observación Paisaje Caminatas Observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak
Punto 7	7,22	Punto SE 7. Pasarela río Serrano	Observación Paisaje Caminatas Observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak
Punto 8	7,52	Punto SE 8. Playa del Hotel río	Observación Paisaje Caminatas	Pesca Kajak

N°	Distancia (km)	LUGAR	ASCD	ACCD
		Serrano	Observación Flora Observación fauna	
Punto 9	7,96	Punto SE 9. Puente sobre río Serrano.	Observación Paisaje Caminatas Flora Observación fauna	Pesca Kajak
<b>Tramo SCD 2 DESEMBOCADURA A SENO ULTIMA ESPERANZA</b>				
Punto 13	10,53	Punto SE 13. Aguas abajo Confluencia río Grey	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 5	10,77	Punto SE 5. Confluencia con el río Grey	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 6	11,48	Punto SE 6. Meandros	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 14	11,93	Punto SE 14. Playas de Arena	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
<b>Tramo SCD 3 MIRADORES GLACIARES TYNDAL, BALMACEDA Y SALTO SERRANO</b>				
Punto 15	12,65	Punto SE 15. Cuenca cerrada	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 16	13,50	Punto SE 16. Cuenca cerrada	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 17	14,16	Punto SE 17. Cuenca cerrada	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 36	15,12	Punto SE 36. El salto	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 35	16,11	Punto SE 35. Aguas abajo del Salto	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 34	17,08	Punto SE 34. Aguas abajo del Salto	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 33	18,24	Punto SE 33. Aguas abajo del Salto	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 32	21,83	Punto SE 32. Aguas abajo del Salto	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 31	22,89	Punto SE 31. Sector Donoso	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 30	24,38	Punto SE 30.	Observación Paisaje	Pesca

N°	Distancia (km)	LUGAR	ASCD	ACCD
		Confluencia río Tyndal	observación Flora Observación fauna	Kajak Zodiac
Punto 29	26,70	Punto SE 29. Mirador al glaciar Tyndal	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 28	29,32	Punto SE 28. Estancia Pekín Guerrero	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 27	34,38	Punto SE 27. Mirador Glaciar Balmaceda	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
<b>Tramo SCD 4 DESEMBOCADURA A SENO ULTIMA ESPERANZA</b>				
Punto 26	36,51	Punto SE 26. Estación Fluviométrica	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 25	38,22	Punto SE 25. Río encajonado	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 24	40,09	Punto SE 23. bancos de arena	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 23	42,79	Punto SE 24. Río encajonado	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 22	44,03	Punto SE 22. Río encajonado	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 21	45,68	Punto SE 21. Sendero hacia Hostería Balmaceda	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 20	46,25	Punto SE 20. Desembocadura	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 19	45,96	Punto SE 19. Hostería Balmaceda	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac
Punto 18	47,44	Punto SE 18. Portería Parque Nacional B. O'Higgins	Observación Paisaje observación Flora Observación fauna	Pesca Kajak Zodiac

### c) Elementos Estructurantes del Paisaje Río

En el Anexo 8.7-1 se incluye un cuadro de valoración de elementos estructurantes del paisaje asociados a la presencia del río. A su vez, se entrega como documento interno de trabajo un set de fotografías de

diferentes puntos del río Serrano que fueron visitados y analizados desde el punto de vista del paisaje río.

Los siguientes puntos fueron evaluados como características estructurantes del río Serrano:

- Color
- Sonido del agua
- Velocidad del Caudal
- Transparencia del agua
- Existencia de playa de río
- % vegetación nativa
- % vegetación introducida
- Presencia de Acantilados
- Existencia de Miradores
- Presencia de Senderos riverero o la factibilidad de existencia
- Puntos con vista panorámica
- Avistamiento de Fauna
- Marcas positivas en el paisaje
- Marcas negativas en el paisaje
- Interés cultural general del área o punto de observación

A través de la valoración del itemizado anterior, más la caracterización general de cada punto de observación, se han determinado para el río Serrano, 4 tramos o unidades de paisaje; en el Plano 8.7-1 se muestra la zonificación.

- **Tramo SCD 1**

Comprende los Puntos de Observación Punto SE 4, Punto SE 7, Punto SE 8, Punto SE 9, Punto SE 10, Punto SE 11, Punto SE 12.

Se caracteriza por marcas positivas en el paisaje.

Su inicio se localiza en el Punto SE 12, que corresponde a la naciente del río Serrano, este tramo incluye elementos como el único puente vehicular del área de estudio, y el Pueblo de Serrano, es un tramo que concentra la actividad turística, ya que en el se localiza la infraestructura de hospedaje del área. En cuanto a sus características estructurantes, en este tramo el río es de aguas muy cristalinas y calmas, es un área plana, inundable, con alta presencia de avifauna.

En este tramo es posible acceder caminando a la orilla del río, por lo que se presta para actividades de Trekking y de reconocimiento de flora y fauna. Finaliza en el Punto SE 5. Confluencia con el río Grey.

- **Tramo SCD 2**

Comprende los Puntos de Observación Punto SE 5, Punto SE 6, Punto SE 13, Punto SE 14.

Se caracteriza por las vistas panorámicas al macizo del Paine.

Su inicio se localiza en el Punto SE 5 en la confluencia con el río Grey, el cual cambia el color del agua a un blanco lechoso. Es un tramo que contiene playas de arena, meandros, aguas calmas, las vistas se extienden hacia un tercer plano lejano, en un paisaje amplio.

Este tramo se puede recorrer en parte por tierra, lo que permite el desarrollo de actividades turísticas de caminata y excursiones de reconocimiento de flora y fauna; pero hacia el final del tramo sólo es posible de recorrer en embarcación, accediendo en algunos puntos específicos a playas y bosques.

Finaliza en el Punto SE 15.

- **Tramo SCD 3.**

Comprende los Puntos de Observación Punto SE 15, Punto SE 16, Punto SE 17, Punto SE 27 al Punto SE 36.

Se caracteriza por la presencia de meandros y las vistas panorámicas a los Glaciares. La gran abertura de la caja y una gran área de inundación.

Su inicio se localiza en el Punto SE 15, lugar en que la cuenca visual se estrecha. Dentro de este tramo se encuentra como un área singular "el Salto", área de gran riqueza paisajista, de diversidad de texturas, colores y formas; en este tramo se encuentra la estación fluviométrica Río Serrano en Desembocadura.

Este tramo solo se puede recorrer en embarcaciones, por lo cual la más relevante actividad turística es la observación del paisaje y de fauna, por lo general aves.

Finaliza en el Punto SE 27. Mirador el Glaciar Balmaceda.

- **Tramo SCD 4.**

Comprende los Puntos de Observación Punto SE 18, al Punto SE 26.

Se caracteriza por constituir un tramo de río más encajonado, con farellones de importante altura.

Su inicio se localiza en el Punto SE 26, lugar en que comienza un evidente estrechamiento de la caja del río, las vistas por tanto se hacen más encajonadas, hasta llegar al final del tramo en el Punto SE 18, en la desembocadura del río serrano en el Fiordo de Última Esperanza.

Este tramo también concentra mayor actividad turística, ya que se encuentra la portería del Parque Nacional Bernardo O'Higgins, y cuenta con Hostería y varios muelles de uso turístico.

Respecto al uso del río de actividades con contacto directo, se establecieron 2 grandes zonas (en el Plano 8.7-1 se muestra la zonificación).

- **Tramo ACD1.**

Comprende desde el nacimiento del río en Lago Toro hasta la pasarela del río Serrano en punto SE 7, donde este primer tramo la actividad preferente es pesca.

- **Tramo ACD2.**

Comprende desde el punto SE 7 hasta la desembocadura en el Seno de Última Esperanza. En este tramo se realizan actividades de navegación y pesca, principalmente.

En el plano 8.7-1 se muestra la zonificación del río considerada, tanto para las actividades sin y con contacto directo.

**d) Conclusiones relativas a la Caracterización del área de estudio**

- El tramo estudiado del río Serrano corresponde a un área de gran demanda turística, y es una de las zonas de entrada al Parque Nacional Torres del Paine, por vía fluvial.
- En torno al río Serrano, se ha desarrollado la zona autorizada para la instalación de infraestructura hotelera y restaurantes, lo que ha comenzado a ser regulado por la existencia de una Plan Seccional.
- La estación preferente de turismo en el río es desde Octubre a Marzo, por disponer de caudales que permiten la navegación.
- No existe información batimétrica de la caja del río.

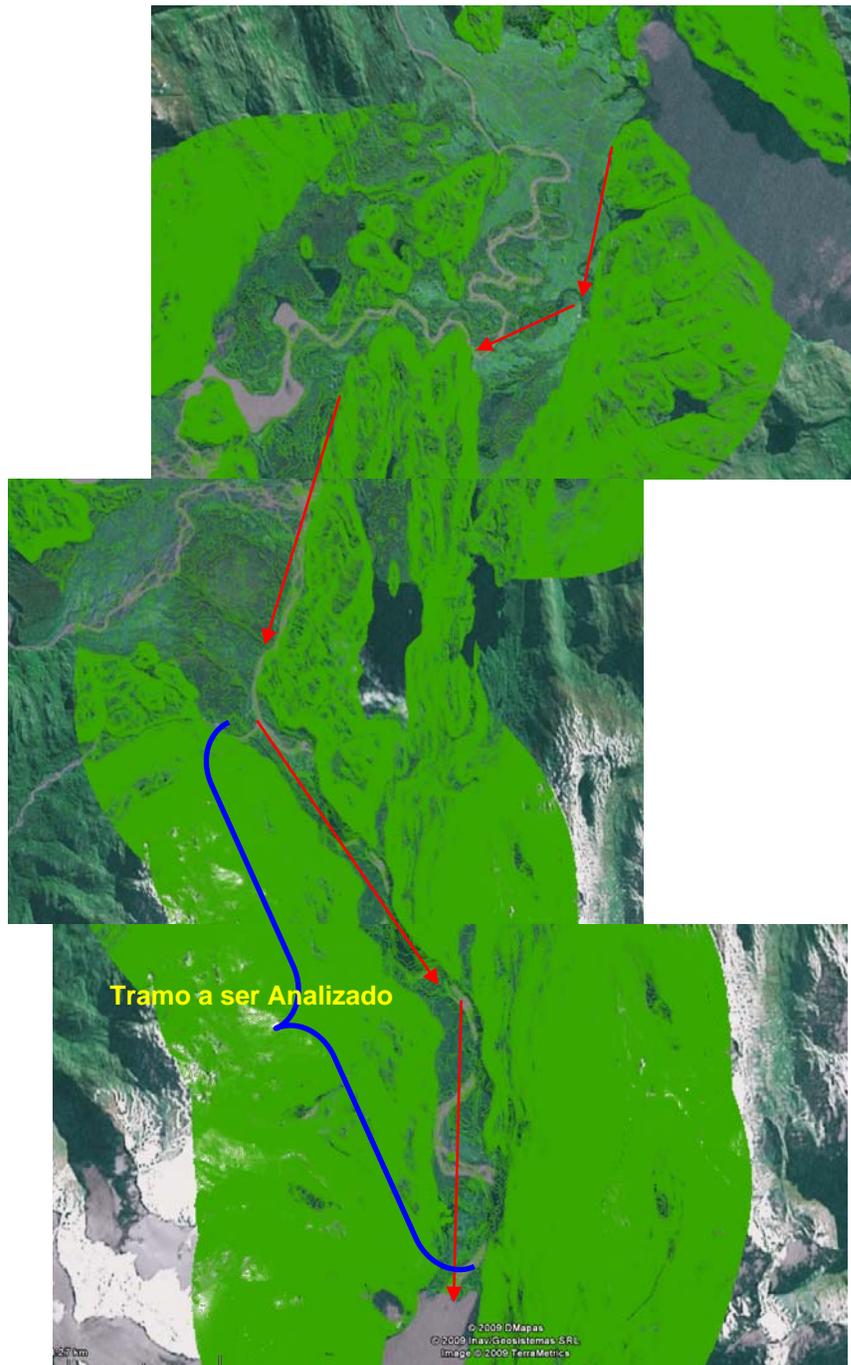
- De acuerdo con las categorías de paisaje (uso sin contacto directo), el río se zonificó en 4 grandes tramos, mientras que según sus usos directos se puede clasificar en dos tramos.
- Los usos preferentes del río en actividades con contacto directo son Pesca, transporte en Zodiac, uso de kajak de mar. Respecto a las actividades sin contacto directo, se tiene observación del paisaje, observación de la flora y fauna, fotografía, trekking, caminatas y cabalgatas, entre otras actividades.
- Desde el punto de vista del uso turístico sin contacto directo, el río Serrano en el tramo estudiado, presenta un grado de "Belleza escénica" o atractivo paisajístico muy alto: los elementos constituyentes del "paisaje río", para este río en específico están dados por: el color del agua; el ancho de la caja del río; la alta cobertura vegetal de especies nativas; la presencia de abundante fauna; la permanente calidad de visión panorámica hacia los macizos del Paine y hacia importantes Glaciares del área; la lectura de pristinidad.

#### **8.7.4 Eje Hidráulico en el Río Serrano**

##### **a) Generalidades**

Dada la configuración topográfica del río Serrano, desde el desagüe del Lago Toro hasta la desembocadura en el Seno de la Última Esperanza, se ha creído conveniente desarrollar la determinación del eje hidráulico en el último tramo de este río. En la siguiente imagen (Figura 8.7-1) se puede apreciar la configuración topográfica del río Serrano en el tramo de estudio.

**FIGURA 8.7-1  
TOPOGRAFÍA GENERAL RÍO SERRANO EN TRAMO DE INTERÉS**



Antes del tramo específico que será analizado a través de la determinación del eje hidráulico, la topografía del río es muy irregular, existen muchos meandros, sectores muy planos, y con la base topográfica con que se cuenta, hacen muy complicado y poco realista determinar el eje hidráulico en todo el recorrido del río.

La metodología de cálculo del eje hidráulico en el río Serrano es similar a la señalado para el caso del río Cochiguaz, de modo que se ha creído conveniente no reiterar dichos conceptos. Lo anterior es válido para los siguientes puntos:

- Información Topográfica; en el caso del río Serrano en su último tramo de aproximadamente 17 km, se usó además información levantada en terreno, correspondiente a mediciones de profundidad del río hechas in situ con una ecosonda
- Confección del Modelo Hidráulico
- Metodología de Cálculo del Software Hec Ras

## b) Coeficientes de Rugosidad

No existe un método único para estimar el coeficiente de rugosidad  $n$ ; en general se requiere un poco de experiencia para elegir el valor adecuado. El valor adecuado es aquel que incluye los factores propios del cauce como son vegetación, meandros, obstrucciones, entre otros, razón por lo cual son importante las observaciones realizadas en terreno, tendientes a cualificar y cuantificar esos factores.

En este caso se usa el método de Cowan, la cual considera los factores más relevantes para la determinación de  $n$ :

$$n = m \cdot (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

Donde:

- $m$  : Factor de meandros del canal.
- $n_0$  : Es el valor del coeficiente de Manning base, para un canal recto, uniforme, prismático con perímetro de rugosidad homogénea.
- $n_1$  : Corrección por irregularidades superficiales del perímetro mojado lo largo el tramo en estudio (superficie mojada).
- $n_2$  : Corrección por variación de forma y dimensiones de las secciones.
- $n_3$  : Corrección por obstrucciones: troncos, rocas, etc.

n4 : Corrección por presencias de vegetación.

Los valores para estos coeficientes se han extraído de la Tabla 3.707.104.B del Manual de Carreteras 2002, Dirección de Vialidad y se presentan en el Cuadro 8.7-3.

**CUADRO 8.7-3  
COEFICIENTES DE RUGOSIDAD TÍPICOS**

CONDICIONES DEL CANAL		VALOR	
Material del Lecho	Tierra	n0	0,020
	Roca Cortada		0,025
	Grava Fina		0,024
	Grava Gruesa		0,028
Grado de Irregularidad del Perímetro Mojado	Perímetro Despreciable	n1	0,000
	Leve		0,005
	Moderado		0,010
Variaciones de las Secciones	Alto		0,020
	Graduales	n2	0,000
	Alternándose		0,005
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Ocasionalmente		0,010 – 0,015
	Alternándose		
	Frecuentemente		
			0,010 – 0,015
Densidad de Vegetación	Despreciable	n3	0,000
	Leve		0,010 – 0,015
	Apreciable		0,020 – 0,030
	Alto		0,040 – 0,060
Sinuosidad y Frecuencia de Meandros	Baja	n4	0,005 – 0,010
	Media		0,010 – 0,025
	Alta		0,025 – 0,050
	Muy Alta		0,050 – 0,100
Sinuosidad y Frecuencia de Meandros	Leve	m	1,000
	Apreciable		1,150
	Alto		1,300

De acuerdo con lo observado en terreno, y utilizando la bibliografía existente, en el Cuadro 8.7-4 se incluyen los valores de “n<sub>i</sub>” escogidos para determinar el coeficiente n total.

**CUADRO 8.7-4**  
**DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD**  
**DEL RÍO SERRANO**

Tramo	n0	n1	n2	n3	n4	m	ntotal
Ribera Izquierda	0,026	0,006	0,005	0,005	0,015	1,000	0,057
Cauce Central	0,026	0,006	0,005	0,005	0,005	1,000	0,047
Ribera Derecha	0,026	0,006	0,005	0,005	0,015	1,000	0,057

Los coeficientes “ni” fueron calibrados con la curva de descarga de la estación fluviométrica Río Serrano en Desembocadura, tal cual se explica más adelante.

**c) Coeficientes de Expansión y Contracción**

En el tramo de estudio del Río Serrano, se han determinado los valores más apropiados para la contracción y expansión necesarios para modelar las pérdidas de energía del flujo. Para la expansión se considera un coeficiente de 0,3, por su parte el coeficiente de contracción se ha considerado 0,1, debido a que mayoritariamente en el cauce, sólo se producen cambios de sección natural.

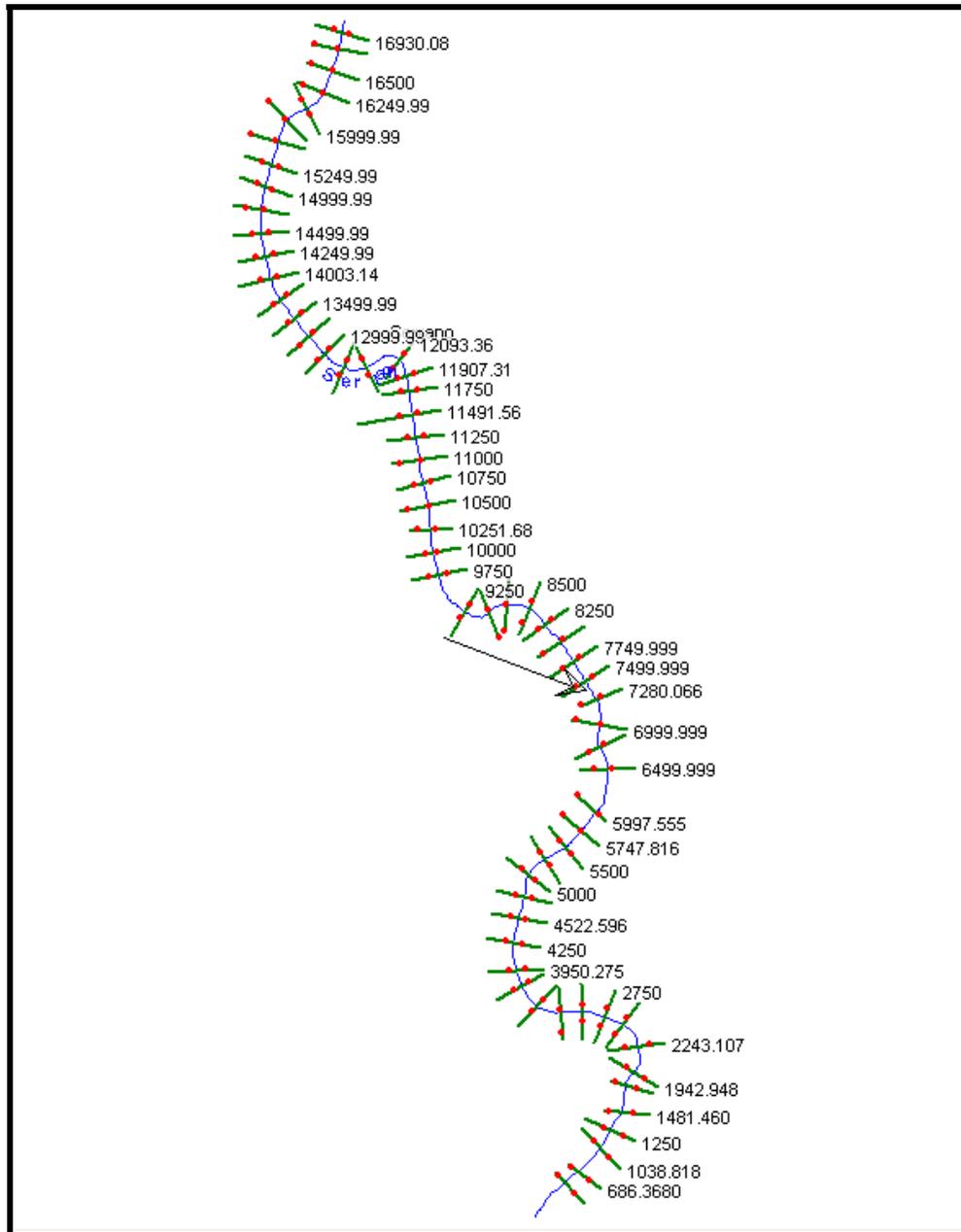
**d) Perfiles Transversales**

Los perfiles transversales se han obtenido del modelo digital, mecánicamente empleando el software computacional HEC-GEORAS; con esto se han obtenido perfiles transversales, en promedio, cada 250 m.

Esto permitió tener una cantidad 65 perfiles en una longitud de 17 km.

En la figura a continuación se presenta un esquema en planta de la ubicación y distancia de cada perfil transversal, según el modelo HEC-RAS.

**FIGURA 8.7-2**  
**ESQUEMA EN PLANTA DEL MODELO HEC RAS**



### e) Condiciones de Borde

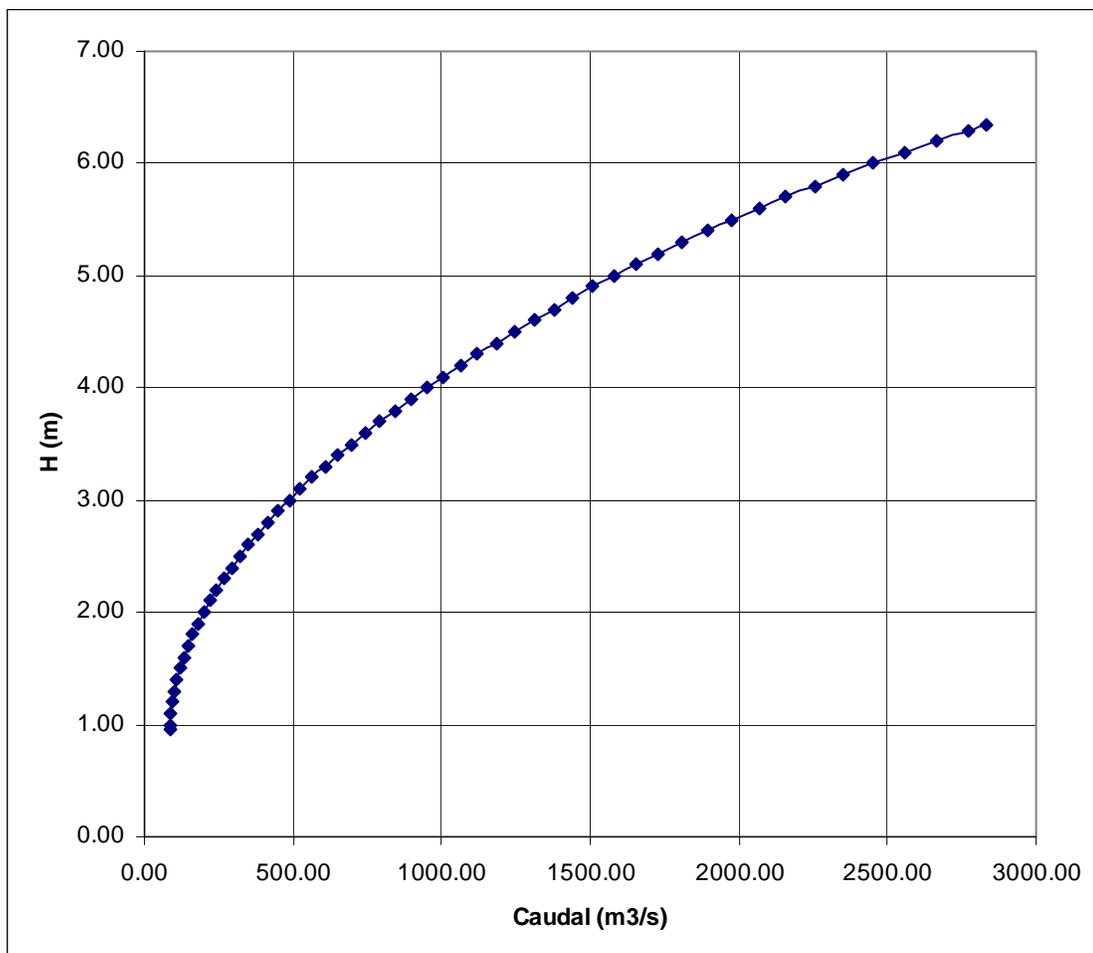
Con el fin de establecer las condiciones de borde del eje hidráulico, se ha considerado un régimen mixto, el cual es capaz de alternar tanto el régimen de río o subcrítico y el régimen de torrente o supercrítico. La

condición inicial de cálculo corresponde a la altura normal tanto al principio como el fin del tramo. La pendiente se ha estimado en 0,001884 m/m y 0,000294 m/m, para la condición aguas arriba y aguas abajo, respectivamente. En base a esta información se obtienen las alturas normales para cada caudal analizado.

#### f) Calibración del Modelo Hidráulico

El modelo se ha calibrado considerando la información obtenida de la curva de descarga de la Estación Fluviométrica Río Serrano en Desembocadura; esta información se presenta en la Figura 8.7-3 siguiente:

**FIGURA 8.7-3**  
**CURVA DE DESCARGA ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**  
**RÍO SERRANO EN DESEMBOCADURA**



**FIGURA 8.7-4  
ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO SERRANO  
EN DESEMBOCADURA**



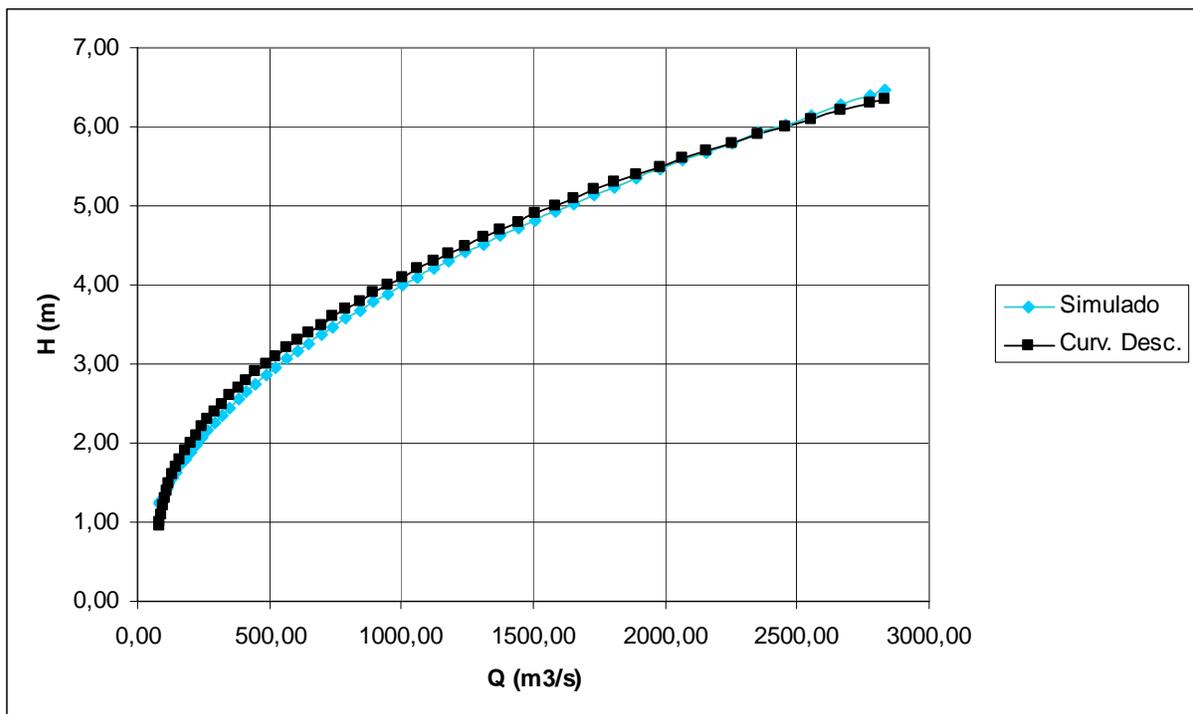
Los resultados finales obtenidos en la calibración se incluyen en el Cuadro 8.7-5 y Figura 8.7-5 siguiente.

**CUADRO 8.7-5  
CALIBRACIÓN EJE HIDRÁULICO EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA  
RÍO SERRANO EN DESEMBOCADURA**

<b>Caudal m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Altura Agua Simulada (m)</b>	<b>Altura Agua Curva Descarga (m)</b>	<b>Diferencia (m)</b>
85,15	1,24	0,95	0,29
86,20	1,25	1,00	0,25
89,62	1,28	1,10	0,18
94,78	1,31	1,20	0,11
101,70	1,36	1,30	0,06
110,36	1,42	1,40	0,02
120,76	1,48	1,50	0,02
132,92	1,55	1,60	0,05
146,82	1,63	1,70	0,07
162,46	1,71	1,80	0,09
179,86	1,80	1,90	0,10
199,00	1,89	2,00	0,11

<b>Caudal m3/s</b>	<b>Altura Agua Simulada (m)</b>	<b>Altura Agua Curva Descarga (m)</b>	<b>Diferencia (m)</b>
219,89	1,98	2,10	0,12
242,53	2,07	2,20	0,13
266,91	2,16	2,30	0,14
293,04	2,26	2,40	0,14
320,92	2,35	2,50	0,15
350,54	2,45	2,60	0,15
381,91	2,55	2,70	0,15
415,03	2,65	2,80	0,15
449,89	2,75	2,90	0,15
486,51	2,85	3,00	0,15
524,87	2,95	3,10	0,15
564,97	3,06	3,20	0,14
606,83	3,16	3,30	0,14
650,43	3,26	3,40	0,14
695,77	3,37	3,50	0,13
742,87	3,47	3,60	0,13
791,71	3,58	3,70	0,12
842,30	3,68	3,80	0,12
894,63	3,79	3,90	0,11
948,72	3,89	4,00	0,11
1004,55	4,00	4,10	0,10
1062,12	4,10	4,20	0,10
1121,45	4,20	4,30	0,10
1182,52	4,31	4,40	0,09
1245,34	4,41	4,50	0,09
1309,90	4,51	4,60	0,09
1376,21	4,62	4,70	0,08
1442,58	4,72	4,80	0,08
1509,98	4,82	4,90	0,08
1580,43	4,92	5,00	0,08
1653,92	5,02	5,10	0,08
1730,45	5,13	5,20	0,07
1810,03	5,24	5,30	0,06
1892,66	5,35	5,40	0,05
1978,33	5,46	5,50	0,04
2067,04	5,57	5,60	0,03
2158,80	5,68	5,70	0,02
2253,61	5,80	5,80	0,00
2351,46	5,92	5,90	0,02
2452,35	6,03	6,00	0,03
2556,29	6,15	6,10	0,05
2663,28	6,28	6,20	0,08
2773,31	6,40	6,30	0,10
2829,46	6,46	6,35	0,11

**FIGURA 8.7-5**  
**RESULTADOS CALIBRACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA**



Como se aprecia en el cuadro y gráfico anterior, se observa un buen ajuste entre los resultados obtenidos por el modelo y los obtenidos directamente de la curva de descarga.

### **g) Caudales Modelados y Resultados Obtenidos**

De acuerdo con los resultados del estudio hidrológico efectuado, se operó el modelo del eje hidráulico en el río Serrano para caudales de 100, 200, 400, 600, 800, 1.000 y 1.200 m<sup>3</sup>/s. Los resultados se incluyen en el Anexo 8.7-2; un resumen con los valores alturas y velocidades de agua máximas y mínimas se incluyen en el Cuadro 8.7-6.

**CUADRO 8.7-6  
ALTURAS DE AGUAS Y VELOCIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS**

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Altura de Agua (m)		Velocidad (m/s)	
	Mín	Máx	Mín	Máx
100	0,69	15,45	0,02	2,62
200	0,97	15,95	0,04	2,85
400	1,40	16,57	0,08	3,48
600	2,03	17,05	0,12	3,95
800	2,48	17,46	0,15	4,25
1.000	2,72	17,82	0,18	4,40
1.200	2,97	18,13	0,21	4,46

### 8.7.5 Análisis del Eje Hidráulico en Función de Actividades Sin Contacto Directo (SCD) y Con Contacto Directo (CCD)

En el Cuadro 8.7-7 se incluye la ubicación espacial de las diferentes y principales actividades turísticas (SCD y CCD) con sus respectivos requerimientos mínimos para el desarrollo de éstas. Estos requerimientos mínimos se han obtenido de la bibliografía internacional que fue recopilada. Dado que en el río se pueden realizar múltiples actividades, donde los requerimientos hídricos son diferentes, se optó por analizar los requerimientos más demandantes, en este caso ellos corresponde las actividades con empleo de actividades náuticas de descenso en el río en zodiac para motores de baja potencia.

Según la información revisada en bibliografía internacional, para la actividad de pesca deportiva, las condiciones de pesca son buenas cuando el nivel del río es estable, adecuadas cuando el nivel está bajo y débil cuando está en ascenso o alto. Al revisar evaluaciones para ríos con actividades múltiples, la pesca presenta menores demandas hídricas que por ejemplo el uso de Zodiac. Es importante destacar que se encuentra en desarrollo un estudio conducido por la Universidad Austral, financiado por CORFO, para determinar las condiciones de la pesca en el río Serrano, mediante el empleo de modelos biológicos e hídricos.

**CUADRO 8.7-7**  
**ACTIVIDADES TURÍSTICAS EN EL RÍO SERRANO Y LOS**  
**REQUERIMIENTOS HÍDRICOS ASOCIADOS**

N°	DISTANCIA DESDE INICIO RIO SERRANO	PRINCIPALES USOS ACTUALES TURÍSTICOS		CONDICIONES PREFERENTES DE USO PARA DEMANADA MÁXIMA SEGÚN USO		
		KM	SCD	CCD	Ancho Sup. (W)	Profundidad (H)m
<b>TRAMO 1 PUEBLO DEL SERRANO</b>						
Puntos 12 al punto 9	0,41 a 7,96	Observación paisaje. Observación de Flora Caminatas	Pesca			
<b>Tramo 2 DESEMBOCADURA A SENO ULTIMA ESPERANZA</b>						
Puntos 9 al punto 14	7,96 a 11,93	Observación paisaje. Observación de Flora y avifauna Caminatas	Pesca, Kajak y zodiac, Pesca	W 30->90	0.6-1,5	0-3
<b>Tram 3 MIRADORES GLACIARES TYNDAL, BALMACEDA Y SAL TO SERRANO</b>						
Punto 13 al punto 27	11,93 a 34,38	Observación paisaje. Observación de Flora y avifauna Caminatas	Kajak Rafting Uso de botes y zodiac, Pesca	W 30 ->90	1,5 a 3,0	0-4,5
<b>Tramo 4 DESEMBOCADURA A SENO ULTIMA ESPERANZA</b>						
Punto 27 al punto 18	34,38 a 47,44	Caminatas, observación del paisaje. Observación de avifauna. Observación del Saltón	Kajak para expertos	W 30 ->90	1,5 a 3,0	0-4,5

Las condiciones preferentes para el uso de las actividades con contacto directo se han obtenido de las recomendaciones de ("Flow Requirements for Recreation and Wildlife in New Zealand Rivers, A Review" M.P; Mosley Centro de Hidrología Revista: Journal of Hydrology N.Z. Vol 22 N 2, 1983), las que son similares a las propuestas realizadas por Hyra (1978). Un extracto de ellas para las actividades que se desarrollan en el río Serrano se presenta en el Cuadro 8.7-8.

**CUADRO 8.7-8  
REQUERIMIENTOS HIDRICOS PARA  
ACTIVIDADES CON CONTACTO DIRECTO**

Actividad	Requerimientos Hídricos Recomendados		
	Ancho Superficial (W) m	Profundidad (H)m	velocidad (V) m/s
Vadeo Y Pesca de Orilla	H x V < 1,0		
	H 0,4 - 0,6		
	V < 0,5		
Aguas Blancas rafting/canoa	W > 20; espacio entre rocas > 2,0		
	H 0,8- 1,5		
	V 1,0-3,0		
Pesca con caña de orilla	W – Tal que permita el hábitat de peces		
	H - Tal que permita el hábitat de peces		
	V - Tal que permita el hábitat de peces		
Pesca con caña desde bote	W > 7,5		
	H 0,6-1,5		
	V < 1,5; máxima 3		
Bote plano con motor baja potencia	W 7,5->30		
	H 0,6-> 1,5		
	V 0 - 3,0		
Bote plano con motor alta potencia	W 30->90		
	H 1,5-3,0		
	V 0-4,5		

Fuente: Mosley, 1983

**a) Requerimientos Hídricos de Actividades SCD**

Para la determinación del o los caudales mínimos de reserva turística para actividades sin contacto directo para este tramo de estudio en el río Serrano, no es relevante qué caudal posibilita o limita la actividad turística determinada, ya que por su caudal ésta no es una restricción aparente, si no, la determinación del valor de caudal que represente el constructo cultural, "paisaje río Serrano", es decir la construcción mental (percepción) de los turistas, el recuerdo, la imagen construida y relatada, y la verificación de esa imagen en una futura permanencia en el lugar.

Los atractivos del río serrano están en relación a sus características estructurantes, por lo tanto habrá que determinar el caudal mínimo que las mantienen, es posible que para algunos tramos (SCD 3 y 4), el factor limitante sea el caudal que posibilita la navegación en embarcaciones turísticas.

Tal cual fuera señalado en este mismo punto para el caso del río Baker y Simpson, se propone que para determinar cuál es el requerimiento hídrico efectivo del río Serrano en lo concerniente a las actividades sin contacto directo, es necesario realizar un análisis de los caudales medios diarios y medios mensuales para cada mes, durante un período determinado, permitiendo elegir un valor representativo "de real ocurrencia", para cada mes, y con esos valores construir una nueva tabla de caudales representativos y de mayor frecuencia de ocurrencia, de modo que ellos sirvan para tener valores de referencia como requerimientos mínimos para las actividades sin contacto directo; es decir para mantener los atributos de paisaje del río Serrano.

En el Cuadro 8.7-9 se incluyen los resultados obtenidos, con información de número de veces que se repiten determinados rangos de caudales medios diarios, indicando el valor del caudal (el mayor) que cumple con esa premisa (estación Río Serrano en Desembocadura, período 1994 - 2009).

Es importante destacar que se ha utilizado sólo la estación Serrano en Desembocadura (y no Serrano en Desagüe Lago Toro), pues el análisis hidráulico se hizo para los últimos 17 km de río, por las razones dadas en la determinación del eje hidráulico.

Los resultados se presentan a continuación.

**CUADRO 8.7-9**  
**REPETICIONES DE CAUDALES EN RANGOS MEDIOS DIARIOS**  
**RÍO SERRANO EN DESEMBOCADURA**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0-50	0	0	0	0	0	17	1	0	21	2	0	0
50-100	0	0	0	0	4	88	179	125	36	14	0	0
100-150	0	0	0	0	35	156	153	138	149	22	0	0
150-175	0	0	0	1	31	46	14	28	69	34	0	0
175-200	0	0	1	3	43	11	3	23	45	29	7	0
200-250	0	0	3	21	89	23	7	37	24	113	42	3
250-300	3	0	6	62	56	20	7	27	11	93	54	12
300-350	6	2	24	76	41	12	3	9	2	39	64	25
350-400	12	6	40	64	39	3	14	4	1	16	52	36
400-450	21	12	33	52	21	4	6	1	2	10	77	45
450-500	28	26	39	34	26	2	3	0	0	6	24	49
500-550	30	34	36	31	11	1	1	0	0	4	26	41
550-600	32	38	39	24	12	1	0	0	0	3	14	50
600-650	48	43	34	9	4	1	1	0	0	1	4	38
650-700	67	28	34	11	1	0	1	0	0	3	4	33
700-750	45	21	21	8	1	0	0	0	0	2	3	33
750-800	34	28	17	4	1	0	0	0	0	0	3	15
800-850	27	29	12	5	0	0	0	0	0	0	2	17
850-900	21	16	22	2	0	0	0	0	0	0	1	7
900-950	27	13	14	0	0	0	0	0	0	0	0	8
950-1000	11	12	7	1	0	0	0	0	0	0	0	4
1000-1050	8	16	9	3	0	0	0	0	0	0	1	4
1050-1100	10	10	4	2	0	0	0	0	0	0	0	1
Mayor de 1100	35	49	19	7	0	0	0	0	0	0	0	5
<b>Total Repeticiones</b>	<b>465</b>	<b>383</b>	<b>414</b>	<b>420</b>	<b>415</b>	<b>385</b>	<b>393</b>	<b>392</b>	<b>360</b>	<b>391</b>	<b>378</b>	<b>426</b>
<b>Nº de Repeticiones</b>	<b>374</b>	<b>308</b>	<b>339</b>	<b>344</b>	<b>338</b>	<b>318</b>	<b>333</b>	<b>314</b>	<b>275</b>	<b>307</b>	<b>296</b>	<b>332</b>
<b>% Representatividad</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>82</b>	<b>82</b>	<b>81</b>	<b>83</b>	<b>85</b>	<b>80</b>	<b>76</b>	<b>79</b>	<b>78</b>	<b>78</b>
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>Caudal (m3/s)</b>	<b>900</b>	<b>1000</b>	<b>850</b>	<b>550</b>	<b>400</b>	<b>200</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>175</b>	<b>300</b>	<b>450</b>	<b>700</b>

**b) Requerimientos Hídricos de las Actividades CCD**

Durante la campaña de terreno efectuada, los caudales en la estación fluviométrica río Serrano en Desembocadura fueron de 428,84 m<sup>3</sup>/s para el 1 de abril de 2009 y de 381,90 m<sup>3</sup>/s para el 2 de abril de 2009.

Revisando los resultados entregados por Hec Ras para un caudal de 400 m<sup>3</sup>/s, y comparando esos resultados con lo observado en terreno para los puntos incluidos en la zona de modelación (17 km del tramo final del río), se obtuvo una buena concordancia en 7 de los 8 perfiles de ese tramo; 4 de los 8 perfiles concuerdan tanto en ancho como en profundidad y 3 de ellos en uno de los parámetros, preferentemente en ancho del cauce. Los perfiles concordantes se ubican distribuidos en toda la zona modelada, de manera que se estima que el modelo entregó resultados concordantes con lo observado y medido en terreno.

El Cuadro 8.7-11 incluye la información generada a través de Hec Ras para un caudal de 400 m<sup>3</sup>/s, para aquellos perfiles concordantes.

**CUADRO 8.7-11  
PERFILES CONCORDANTES PARA (Q=400 m<sup>3</sup>/s)**

Punto Terreno	Distancia desde inicio río ( km)	Altura Agua ( m)	Velocidad (m/s)	Ancho Superficial (m)
Punto 28	29,32	3,52	0,51	444,2
Punto 26	36,51	2,60	1,78	114,8
Punto 25	38,22	5,13	0,50	237,8
Punto 24	40,09	2,31	2,06	120,5
Punto 23	42,79	7,93	0,13	600,0
Punto 22	44,03	8,09	0,22	400,0
Punto 21	45,68	4,09	0,67	308,9

Los perfiles seleccionados han permitido estimar requerimientos hídricos para las distintas actividades con contacto directo que se realizan en el río Serrano en el tramo analizado.

#### ➤ **Transporte en Zodiac**

En función de los resultados del eje hidráulico en el tramo de los últimos 17 km del río, para caudales de 100 m<sup>3</sup>/s hay varios perfiles donde la altura de agua es menor a 1,5 m, altura requerida para Zodiac con motores de alta potencia (ver Cuadro 8.7-8); para caudales de 200 m<sup>3</sup>/s, esa condición se cumple en la mayoría de los perfiles. De acuerdo con ello, caudales de 200 m<sup>3</sup>/s y mayores cumplen con los requerimientos para esta actividad.

En función de la experiencia de las empresas que realizan transporte en Zodiac, este se puede comenzar a realizar desde Octubre según las condiciones del río y desde o Noviembre con seguridad. En Octubre, el rango de caudales medios diarios de mayor ocurrencia es de 300 m<sup>3</sup>/s; el caudal medio mensual de ese mes es de 254 m<sup>3</sup>/s.

Es decir, Octubre es el mes crítico en el período de mayor demanda turística (Octubre a Marzo), de modo que un caudal de 300 m<sup>3</sup>/s cumple con requerimientos turísticos con y sin contacto directo.

### ➤ **Kajak**

Los requerimientos para el desarrollo de kayak se cumple en los perfiles estudiados para el rango de caudales estudiados (entre 100 m<sup>3</sup>/s y 1.200 m<sup>3</sup>/s), tanto para altura como velocidad de agua. Sin embargo al analizar los caudales medios mensuales mínimos para los meses de Mayo a Octubre se aprecian valores menores a 200 m<sup>3</sup>/s, incluso valores en torno a 50 m<sup>3</sup>/s. Si bien los operadores no tienen información relativa a qué caudales mínimos son condicionantes de la actividad, ésta la suspenden desde Marzo a Octubre, pues los caudales impiden un normal desarrollo de la actividad, debiéndose portear las embarcaciones en varias zonas del trayecto.

De acuerdo con lo señalado, y principalmente con la información obtenida de operadores y de la DGA de la XII Región, los 300 m<sup>3</sup>/s cumplen con los requerimientos.

### ➤ **Pesca**

Tal como fuera señalado, para la actividad de pesca deportiva las condiciones son buenas cuando el río es estable, adecuadas cuando el nivel del río está bajo y débil cuando está en ascenso o alto. En ese contexto, la actividad de pesca presenta demandas hídricas menores a las otras actividades con contacto directo que se analizan, por lo que no se incluye en el análisis de las máximas demandas hídricas.

### ➤ **Canotaje**

Stewart Rood et al, estudió 27 ríos en Alberta Canadá (1983 – 1997) buscando relaciones para determinar valores de caudales recreacionales que permitan el canotaje de embarcaciones livianas, condicionando el estudio a profundidades entre 0,6 m y 0,75 m. Determinó que el caudal recreacional guarda una relación con el caudal medio, según la siguiente relación:

$$Q_r = 3 \times Q_m^{0,59}$$

Donde:

Q<sub>r</sub> = caudal recreacional en m<sup>3</sup>/s

Q<sub>m</sub> = caudal medio en m<sup>3</sup>/s

En otro estudio similar, Stewart Rood (2001) concluye que existe una

relación bastante lineal entre el caudal medio y el caudal de recreación para práctica de canoa y kayak, para ríos de la cuenca de Oldman (Canadá). La relación que obtuvo fue:

$$Q_r = 0,77 \times Q_m + 3,97; \quad Q_r \text{ y } Q_m \text{ en m}^3/\text{s}$$

Aplicando esas relaciones para el caudal medio mensual en el río Serrano en Desembocadura para los meses de mayor uso turístico en el río (Octubre a Marzo), se tiene lo siguiente:

**CUADRO 8.7-12**  
**CAUDALES RECREACIONALES (canotaje) SEGÚN STEWART ROOD**

	Qm	QR1	QR2	Promedio QR1 y QR2
	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
Octubre	254	79	200	139
Noviembre	381	100	297	199
Diciembre	559	125	434	280
Enero	704	144	546	345
Febrero	784	153	608	380
Marzo	642	136	498	317

De acuerdo con los valores antes presentados, los caudales promedio según las 2 relaciones señaladas presentan un rango propuesto en torno a 270 m<sup>3</sup>/s, como promedio para el período.

A su vez, Tennant fija una propuesta para definir caudal recreacional a través de porcentajes fijos, a saber:

- 200 % del caudal medio anual para flujos altos
- 100 % del caudal medio anual para el resto de los tipos de flujo

El caudal medio anual en Serrano en Desembocadura es de 385,2 m<sup>3</sup>/s, de modo que sería ese el caudal recreacional para el río Serrano según Tennat.

De acuerdo a los análisis efectuados se puede concluir que los requerimientos hídricos par las actividades con contacto directo se obtienen a partir de los 300 m<sup>3</sup>/s (entre Octubre y Marzo), situación donde las exigencias de las actividades de mayor demanda hídrica son satisfechas.

### c) Caudales a Reservar para el río Serrano

De acuerdo con lo señalado en los párrafos precedentes, las demandas hídricas para las actividades CCD serían del orden de 300 m<sup>3</sup>/s para el período Octubre – Marzo.

Por otro lado, respecto a las actividades SCD, el análisis de repeticiones de caudales medios diarios condujo al siguiente resultado (se han incluido los caudales con probabilidades de excedencia de 10%, 20% y 50%):

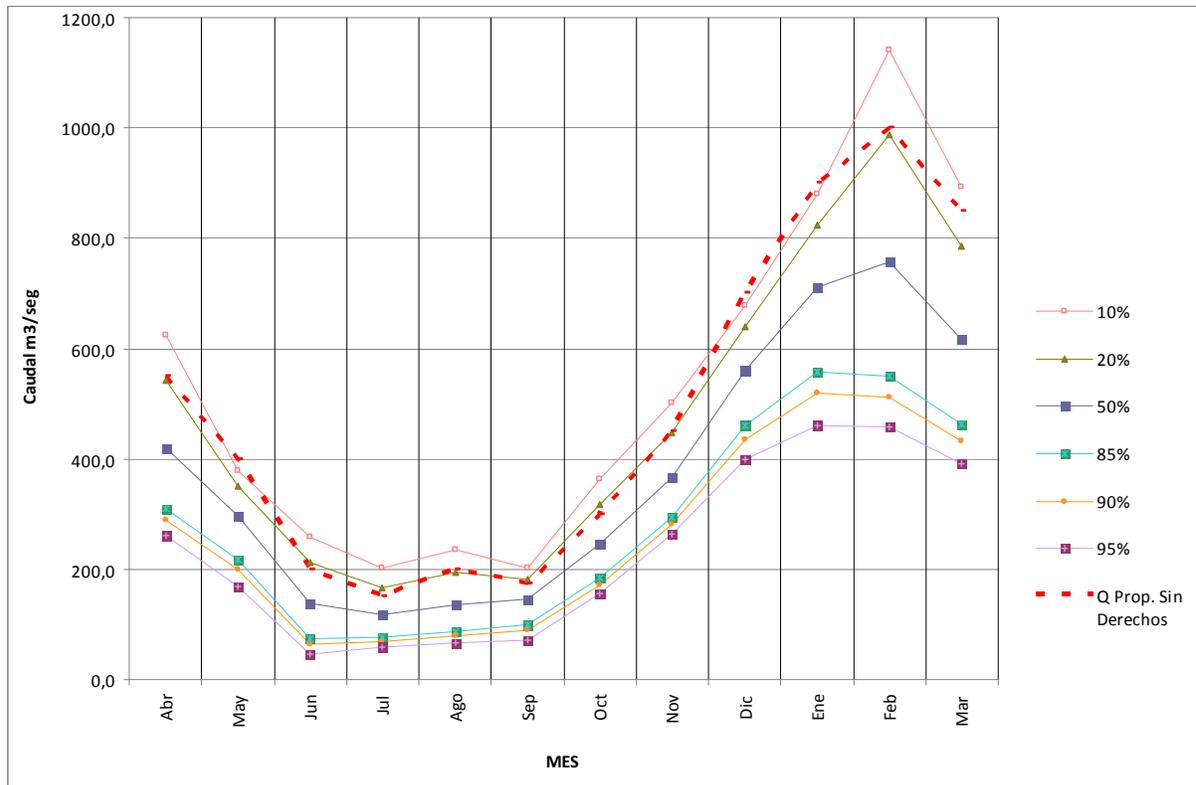
**CUADRO 8.7-13  
CAUDALES MEDIOS DIARIOS QUE MÁS SE REPITEN  
PARA CADA MES (m<sup>3</sup>/s)**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>900</b>	<b>1000</b>	<b>850</b>	<b>550</b>	<b>400</b>	<b>200</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>175</b>	<b>300</b>	<b>450</b>	<b>700</b>
Q 10% pexc	881,4	1140,8	892,9	623,0	378,7	259,4	201,1	236,2	201,2	362,6	501,9	679,2
Q 20% pexc	825,0	987,5	784,5	541,8	351,8	211,6	167,1	195,4	181,9	316,1	447,0	639,4
Q 50 % pexc	710,6	756,1	616,0	419,1	295,7	139,3	117,3	136,1	144,9	245,8	365,1	561,0

En definitiva, el criterio de repetición de caudales medios diarios corresponde al criterio de que con esos caudales las condiciones de agua en el río permiten llevar a cabo las actividades con y sin contacto directo.

En la Figura 8.7-6 se incluyen los caudales medios mensuales para diferentes probabilidades de excedencia, incluyendo los caudales que se propone reservar.

**FIGURA 8.7-6**  
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES PARA DIFERENTES**  
**PROBABILIDADES DE EXCEDENCIA Y CAUDALES PROPUESTOS**  
**RESERVAR**



#### d) Situación de los Derechos de Aguas Superficiales

La situación de los derechos de agua en la zona de interés da cuenta con lo siguiente:

**CUADRO 8.7-14**  
**DERECHOS DE AGUA EN RÍO SERRANO**

Usuario	Caudal (l/s)	Norte	Este	Situación	Huso/Datum
Jaime Arancibia Tagle	10	4.322.276	640.852	Aprobado	18/69
Armando Plaza Carrillo	7,5	4.322.348	640.906	Aprobado	18/69
Soc. Jaksic y Fugellie Ltda.	3,5	4.322.185	641.609	Aprobado	18/69
Complejo Torres del Paine S.A.	2,02	4.324.302	642.246	Aprobado	18/69
Conaf	1	4.322.952	641.796	Pendiente - Reg	18/84

En el Plano 8.7-1 se muestra la ubicación de los derechos de aguas superficiales. De acuerdo con señalado en el cuadro anterior, existirían derechos de aguas superficiales de uso consuntivo, permanente y continuo por 23 l/s. Dicho caudal representa un 0,015 % del caudal mínimo propuesto reservar, de modo que no afectaría la proposición de reserva.

## **8.8 Resumen de Caudales Propuestos Reservar**

En el Cuadro 8.8-1 se incluye un resumen con los caudales propuestos reservar para cada uno de los ríos estudiados.

**CUADRO 8.8-1  
CAUDALES PROPUESTOS RESERVAR**

RIO	TRAMO ESTUDIADO	Longitud del Tramo (km)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Cochiguaz	Entre Sol Naciente y Montegrande (1)	20	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	5	6
	Entre Sol Naciente y Montegrande (2)	20	5,5	5,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5,5	6,5	7,5
Puelo	Entre Primer Corral y 7 km Aguas Arriba	44	450	250	250	350	450	600	650	400	350	400	500	500
	Desembocadura Lago Tagua Tagua (1)													
Futaleufú	Entre Frontera y Desembocadura	65	500	400	400	450	550	550	700	550	450	550	600	550
	Lago Yelcho (1)													
Baker	Entre Desembocadura Lago Bertrand	13,5	750	775	775	700	700	650	575	550	500	500	550	650
	y Confluencia Río Neef (3)													
Simpson	Entre Villa Simpson y Junta con	86	35	25	25	35	55	65	90	90	100	110	100	60
	Río Mañihuales (3)													
Serrano	Entre Desembocadura Lago Toro	17	900	1000	850	550	400	200	150	200	175	300	450	700
	y Seno Última Esperanza (3)													

## Notas

- 1 El caudal de reserva propuesto no considera los derechos de agua superf. const. y en trámite. Los ríos Puelo y Futaleufú en el tramo analizado estarían agotados
- 2 El caudal de reserva propuesto considera los derechos de agua constituidos (río Cochiguaz)
- 3 Los derechos de aguas superficiales constituidos y en trámite no afectan el caudal propuesto reservar, debido a que son marginales frente a los segundos

## **9 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

### **9.1 Introducción**

En el presente capítulo se entrega en detalle la estructura del Sistema de Información Geográfica (SIG) implementado para este estudio.

La presente implementación se constituye para la DGA-MOP en una herramienta que, principalmente, facilita la visualización, consulta y procesamiento de algunos de los resultados obtenidos en el estudio, además de ubicar en su contexto espacial los distintos ríos estudiados.

Es importante señalar que la presente implementación sólo consideró el ordenamiento y sistematización de la información generada en el estudio, mediante el desarrollo de proyectos en la plataforma ArcGIS 9.2

En lo que sigue se presenta en detalle una descripción de la información que conforma la presente implementación SIG.

### **9.2 Plataforma Computacional**

Mediante la elaboración de un Sistema de Información Geográfica (SIG) se facilita las labores de recolección, análisis, gestión y representación de datos espaciales.

La representación de la información recopilada se muestra en una serie de capas temáticas, con lo cual es posible realizar un análisis de los datos obtenidos.

De esta forma, el SIG funciona como una base de datos con información geográfica, la cual se encuentra asociada a través de un identificador común a la información representada gráficamente en un mapa digital. Por lo tanto se pueden conocer los atributos de un tema seleccionándolo y realizando una consulta, como también, realizar una pregunta directamente en la base de datos con lo cual se sabrá su localización geográfica.

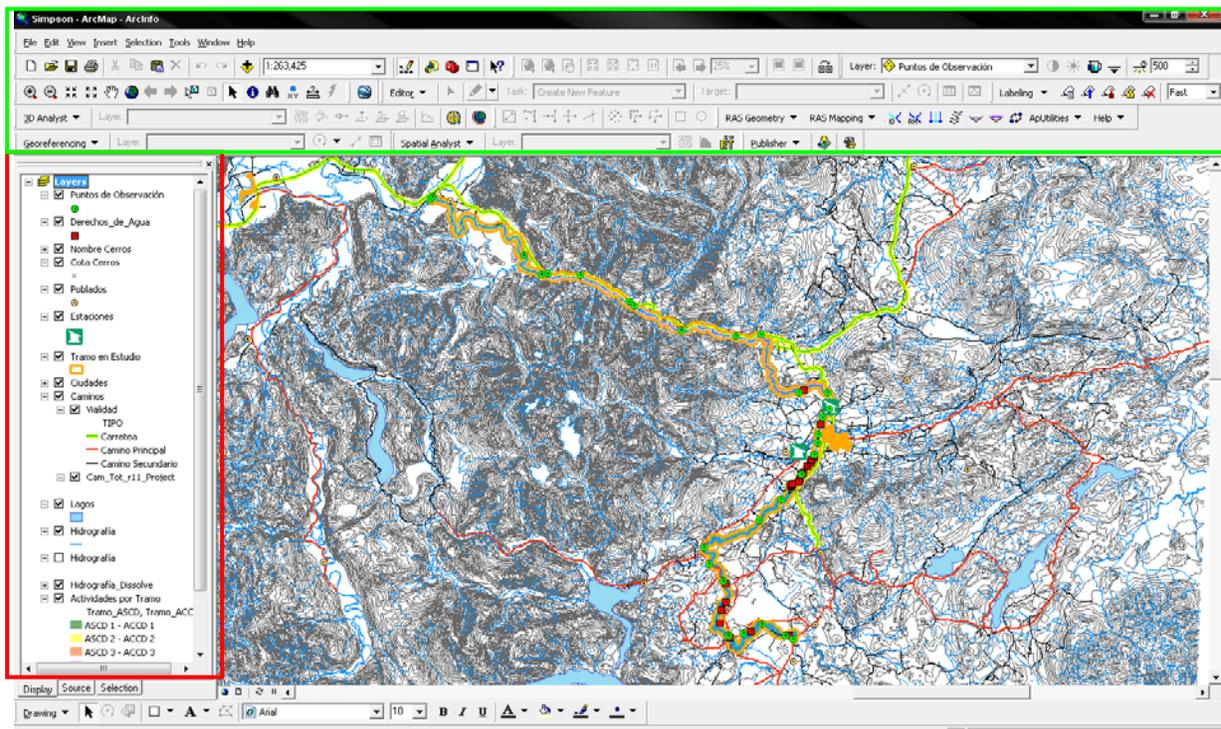
Para la elaboración del Sistema de Información Geográfica implementado en el presente estudio se ha utilizado el Software ArcGIS 9.2, desarrollado por la empresa ESRI.

Dada la estructura del software, esta implementación se ha sistematizado un proyecto por cada uno de los ríos estudiados. Estos proyectos reciben el nombre del río de análisis, su extensión es mxd y pueden ser abiertos desde el software o dando

doble clic sobre el ícono que los representa (se debe tener instalado el software en el computador de trabajo).

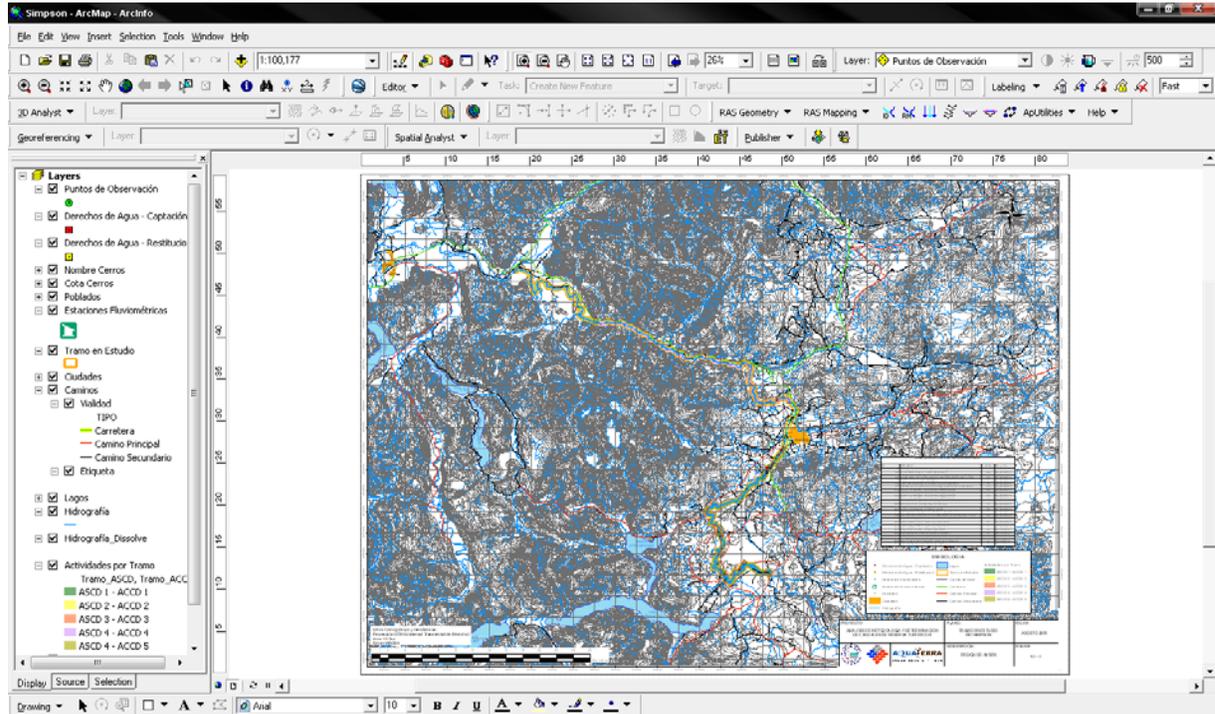
El ambiente de trabajo es el módulo ArcMap, donde es posible representar gráficamente los datos espaciales, los cuales se organizan en la tabla de contenidos (en rojo en la Figura 9-1), donde cada elemento desplegado corresponden a una capa de información también llamada layer o shape (denominación de los archivos nativos de ArcGIS).

**FIGURA 9-1**  
**VENTANA PRINCIPAL DEL MÓDULO ARCMAP**



Además, en la parte superior se encuentran los menús colgantes y las distintas barras de herramientas (en verde) para el trabajo de los datos. También se puede visualizar el Layout que es la representación para impresión que contiene elementos típicos de una composición cartográfica como el Norte, la simbología, la escala gráfica y la grilla de coordenadas, además de las fuentes de información y el Datum origen del sistema de coordenadas en las cuales se representa dicho mapa.

**FIGURA 9-2  
VISTA DEL LAYOUT**



Otro aspecto importante de señalar es que, utilizando el botón secundario sobre los layer en la tabla de contenidos, es posible desplegar las Tablas de atributos asociadas a cada uno de los layer, que representa una de las mayores características de los SIG: almacenamiento de información asociada a datos espaciales (ver Figura 9-3)

**FIGURA 9-3  
VISTA DE LA TABLA DE ATRIBUTOS**

Atributos of Puntos de Observación								
FID	Shape	ID	Distancia	LUGAR	Norte	Este	ASCD	ACCD
0	Point	S1	0	Sector Villa Simpson	4932480	725815	Observación paisaje	Canoa Pesca
1	Point	S2	1.1	Extracción de áridos	4932742	725149	Observación paisaje	Canoa Pesca
2	Point	S3	3.3	Extracción de áridos	4933720	723209	Observación paisaje	Canoa Pesca
3	Point	S4	5.4	Extracción de áridos	4932969	721639	Observación paisaje	Canoa Pesca
4	Point	S5	7.9	Bosque	4932732	720496	Observación paisaje	Canoa Pesca
5	Point	S6	8	Predio agrícola con bajada	4932755	720422	Observación paisaje	Canoa Pesca
6	Point	S7	11.5	Extracción de áridos	4932755	720422	Observación paisaje	Canoa Pesca
7	Point	S8	14.2	Bosque Nativo	4937247	719974	Observación paisaje	Canoa Pesca
8	Point	S9	16.2	Mirador natural	4938684	718827	Observación paisaje	Canoa Pesca
9	Point	S10	18.3	Desagüe natural	4940062	718365	Observación paisaje	Canoa Pesca
10	Point	S11	23.9	Extracción de áridos	4942330	723021	Observación paisaje	Canoa Pesca
11	Point	S14	26.8	500 m de la confluencia con el río Pólux	4944019	724802	Observación paisaje	Canoa Pesca
12	Point	S13	28.6	Parcelas de agrado	4944019	724802	Observación paisaje	Canoa Pesca
13	Point	S19	29.7	Terrenos de Jorge	4948107	726514	Observación paisaje	Canoa Kayak Pesca
14	Point	S16	32.7	Puente del Indio o puente Simpson	4948721	727806	Observación paisaje	Canoa Kayak Pesca
15	Point	S12	31.6	Puente Mundaca	4947741	727522	Observación paisaje	Kayak Rafting Baño Pesca CL II-III
16	Point	S15	33.4	Mirador frente a la contraloría	4949393	727908	Observación paisaje	Kayak Rafting Baño Pesca CL II-III
17	Point	S17	35.8	Pasarela peatonal	4951473	728795	Observación paisaje	Kayak Rafting Baño Pesca CL II-III
18	Point	S18	34.9	Presencia aves	4950809	728256	Observación paisaje	Kayak Rafting Pesca CL II-III
19	Point	S20	37.3	Generadores eólicos	4952900	728628	Observación paisaje	Kayak Rafting Pesca CL II-III
20	Point	S30	40.2	Bajada de río en Cañón	4952920	726240	Observación paisaje	
21	Point	S21	47.7	Confluencia de Baguales con Simpson	4957747	723131	Observación Paisaje.	Kayak Rafting Pesca CL II-III
22	Point	S22	50.1	Quebrada El Moro	4957650	721070	Observación de paisaje	Kayak Pesca CI IV
23	Point	S23	55.3	Aguas Arriba Junta con Río Correntoso	4958122	716514	Observación de paisaje	Kajak Pesca CI IV
24	Point	S24	60.1	Cerro la Virgen	4960140	712594	Observación de paisaje	Kayak Pesca CI IV

Cabe destacar que de las funcionalidades que dispone el software ArcGIS, sólo se emplearon aquellas herramientas asociadas a los componentes de Vistas, Tablas y Layout.

### 9.3 Base Cartográfica

La presente implementación utilizó como base cartográfica la Cartografía Regular del IGM en escala 1:250.000 y 1:50.000, referida a coordenadas UTM, con origen en el Datum PSAD 1956, husos 18 (ríos Simpson, Baker y Serrano) y 19 (río Cochiguaz), que fue posteriormente proyectada al Datum WGS84, manteniendo el mismo huso.

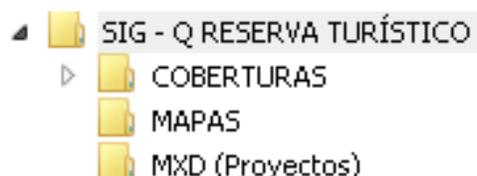
La información utilizada de la fuente citada fue la siguiente:

- Limites Administrativos
- Ciudades
- Poblados
- Hidrografía
- Lagos y Lagunas
- Vialidad

### 9.4 Instalación de la Aplicación SIG

La aplicación del Sistema de Información Geográfica se encuentra organizada en un directorio principal denominado SIG - Q RESERVA TURÍSTICO, el cual tiene una estructura de directorios que contienen los proyectos de ArcGIS, las coberturas o shapes y los mapas obtenidos por cada río.

#### ESTRUCTURA GENERAL DEL SIG



Para utilizar la aplicación basta con copiar la carpeta principal del SIG en cualquier directorio del pc, luego entrar en la carpeta MXD que contiene los proyectos y darle clic al proyecto seleccionado para que se abra en el modulo ArcMap de ArcGIS. Lo anterior se debe a que todos los proyectos están configurados para que el direccionamiento de los archivos que lo componen sea relativo.

Cabe comentar que todos los proyectos no requieren del uso de ninguna extensión adicional para su ejecución.

## 9.5 Diseño y Organización SIG

### 9.5.1 Diseño Lógico y Conceptual

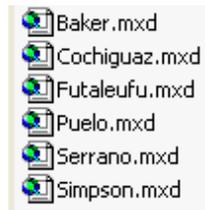
Con el objetivo de permitir que la información presentada y generada en este estudio sea fácilmente accesada y consultada, se realizó la integración de todos los datos en un ambiente geoespacial, donde se relacionan directamente los puntos o sectores a que corresponde la información, con la asociada a dicho lugar.

Para la consulta de las bases de datos gráfica y alfanumérica asociada del SIG se utilizó el software ArcGIS 9.2

En el diseño conceptual y lógico se ha respetado la arquitectura original del software, que contempla la integración de 5 componentes básicos.

De esta forma el SIG se ha organizado físicamente en 6 proyectos denominados "Cochiguaz.mxd", "Puelo.mxd", "Futaleufú.mxd", "Baker.mxd", "Simpson.mxd" y "Serrano.mxd".

#### Proyectos por río



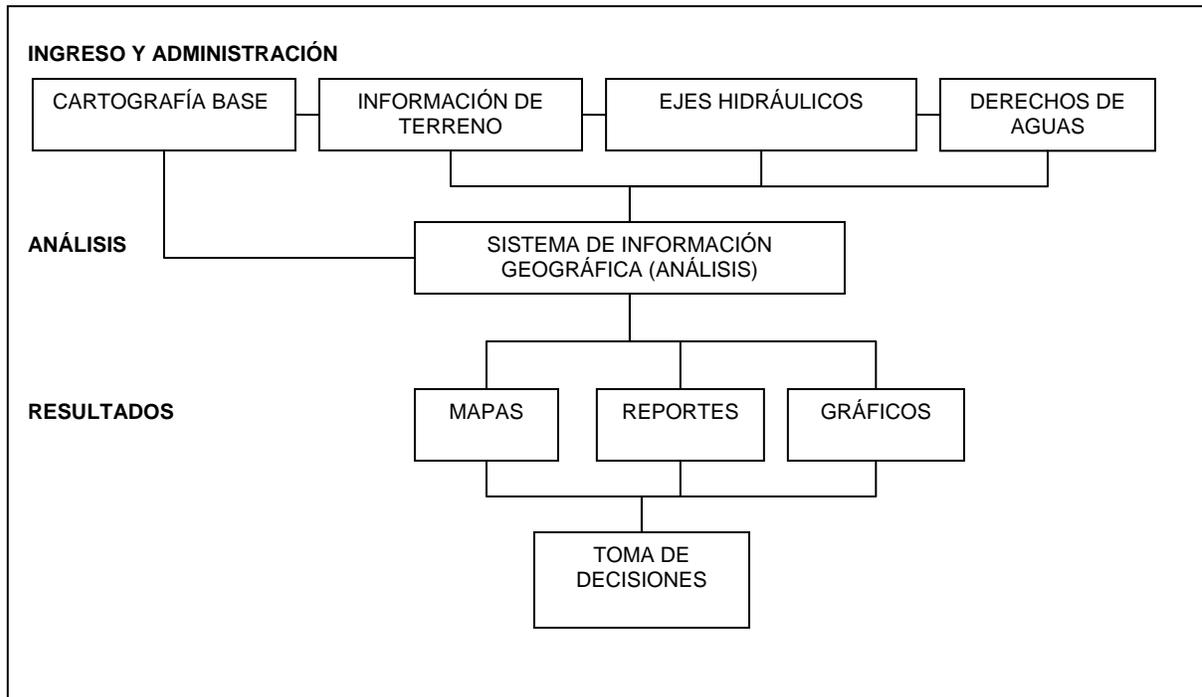
Cada uno de los proyectos está conformado por una vista donde están cargados todos las coberturas de cada uno de los ríos y, además, cada proyecto tiene un Layout donde se muestra la composición cartográfica de cada río en estudio.

El diseño conceptual y lógico general adoptado para el SIG, se presenta en la Figura 9-4.

Según se observa en esta figura, el diseño conceptual considera el ingreso de información al SIG a través de 3 formas: i) Cartografía base, ii) Levantamiento de información en terreno, iii) Resultados análisis ejes hidráulicos, conformándose de esta forma las bases de datos gráficas y alfanuméricas de los tramos en estudio.

Realizada la implementación física del SIG en el software ArcGIS 9.2 es posible aprovechar sus potencialidades como herramienta de administración, visualización y caracterización de datos espaciales.

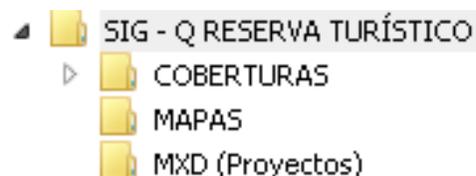
**FIGURA 9-4  
DISEÑO CONCEPTUAL SIG**



### 9.5.2 Estructura de Directorios

Como se explicó anteriormente, toda la información está contenida en la carpeta principal del SIG llamada "SIG – Q RESERVA TURISTICO". Dentro de ella se han dispuesto tres directorios principales: COBERTURAS, MAPAS Y MXD.

#### DIRECTORIOS DENTRO DEL SIG

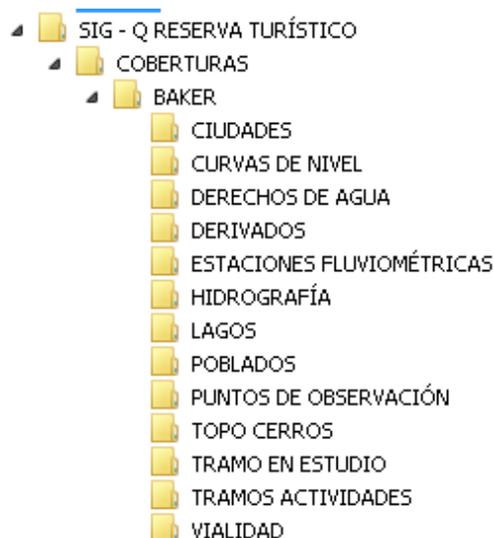


En el directorio MXD se encuentran los proyectos de ArcGIS por cada río y en el directorio MAPAS se encuentran las composiciones cartográficas en formato pdf.

Para el caso de la información temática presentada en el SIG, en el directorio COBERTURAS se ha dispuesto una carpeta por río en la cual se encuentran ordenadas, también por carpeta, cada una de las capas temáticas con información.

La estructura definida se muestra en la Figura 9-5, donde se utiliza el río Baker como ejemplo.

**FIGURA 9-5**  
**ESTRUCTURA DE CARPETAS PARA CADA CAPA TEMÁTICA POR RÍO**



Según se muestra en la figura anterior, la estructura de la información se organiza dentro del directorio COBERTURAS, en carpetas por río, que en su interior poseen las carpetas con cada capa información temática.

Dentro de la carpeta de cada río, además de estar las carpetas de información temática, existe otra carpeta llamada "DERIVADOS" que como su nombre lo indica posee shapes derivados que sólo se utilizan para una mejor representación de los mapas, y en sí no contienen información relevante como SIG.

Las carpetas con información temática se encuentran nombradas descriptivamente, así es como se tiene la carpeta Curvas de Nivel que contiene el shape de curvas de nivel, la carpeta Tramos Actividades que contiene los shape de actividades con o sin contacto directo por tramo, etc. Para ver el detalle se presenta el Cuadro 9-1 con las capas o shapes que contiene cada carpeta.

**CUADRO 9-1  
CAPAS O SHAPES DE CADA CARPETA**

<b>Carpeta</b>	<b>Shape o Capa</b>	<b>Fuente</b>	<b>Descripción</b>
Ciudades	Ciudades	SIG DGA	Polígonos de áreas urbanas
Curvas de Nivel	Curvas de Nivel	IGM	Representación topográfica
Derechos de Agua	Derechos de Agua - Captación	DGA	Punto de captación del derecho
	Derechos de Agua - Restitución	DGA	Punto de restitución del derecho
Estaciones Fluviométricas	Estaciones Fluviométricas	SIG DGA	Estaciones fluviométricas en tramo de estudio
Hidrografía	Hidrografía	SIG DGA	Red Hidrográfica de la cuenca del río en estudio
Lagos	Lagos	SIG DGA	Lagos cercanos al río en estudio
Poblados	Poblados	SIG DGA	Puntos de poblados cercanos
Puntos de Observación	Puntos de Observación	AQUATERRA	Puntos de observación levantados en terreno
Topo Cerros	Topo cerros	IGM	Puntos con nombre y cotas de cumbres de cerros
Tramo en Estudio	Tramo en Estudio	AQUATERRA	Buffer en torno al tramo de río en estudio
Tramos Actividades	Tramo_ASCD	AQUATERRA	Zonificación de acuerdo a las actividades sin contacto directo
	Tramo_ACCD	AQUATERRA	Zonificación de acuerdo a las actividades con contacto directo
Vialidad	Vialidad	IGM	Principales rutas

En el cuadro anterior se entrega una descripción genérica de cada uno de los archivos, junto con la fuente de información y una breve descripción.

### 9.5.3 Base de Datos y Diseño de Tablas

#### a) Base de Datos

Las bases de datos y alfanuméricas que integran el SIG mantienen el formato nativos del software ArcGIS denominados shapefile.

Este archivo almacena tanto las características geométricas y atributos de los datos espaciales. De acuerdo a ello la cobertura de ArcGIS está compuesta por cuatro archivos:

archivo.shp  
archivo.dbf  
archivo.shx  
archivo.sbx  
archivo.prj

#### b) Diseño de Tablas

Las bases de datos de atributos, que integran este SIG, poseen una estructura de archivo dbf, la cual se organiza en campos (columnas) y registros (filas).

Las tablas de atributos de las coberturas y las tablas con la información alfanumérica asociada se pueden unir dinámicamente mediante Link entre ellas. Es decir, la unión de la gráfica con las bases de datos se realiza en forma virtual, de manera de proteger ambas bases ante eventuales pérdidas de registros por una mala manipulación accidental. Esto permite un uso no dependiente de la base de datos alfanumérica y la base de datos gráfica en la gestión de actualización de las bases de datos. No obstante lo anterior, para consultas de tipo espacial, el Link o unión de tablas, asocia la base de datos gráfica con la alfanumérica para dar respuesta a las consultas.

Cabe comentar que las bases de datos generadas en el estudio son de tipo lineal.

## 9.6 Presentación de Resultados

Para cada uno de los proyectos implementados se construyeron Layouts en formato A1 que permiten la representación gráfica de los resultados generados en la consultoría.

Cabe mencionar que para la representación de los diferentes temas se generaron simbologías de extensión .avl que permiten su reconstrucción. Estos archivos se encuentran almacenados en la carpeta de cada cobertura y el nombre de cada archivo es similar al del respectivo tema.

## 9.7 Planos Temáticos

Los planos temáticos impresos se adjuntan al informe, y son los siguientes:

Plano 5-1:	Ríos Seleccionados
Plano 8.2-1:	Puntos de Observación y Derechos de Aguas Superficiales en Río Cochiguaz
Plano 8.3-1:	Zonificación, Puntos de Observación y Derechos de Aguas Superficiales en Río Puelo
Plano 8.4-1:	Zonificación, Puntos de Observación y Derechos de Aguas Superficiales en Río Futaleufú
Plano 8.5-1:	Zonificación, Puntos de Observación y Derechos de Aguas Superficiales en Río Baker
Plano 8.6-1:	Zonificación, Puntos de Observación y Derechos de Aguas Superficiales en Río Simpson
Plano 8.7-1:	Zonificación, Puntos de Observación y Derechos de Aguas Superficiales en Río Serrano

## 10 RESUMEN Y RECOMENDACIONES

Se ha llevado a cabo un estudio cuyo principal objetivo es la formulación de una metodología para determinar (cuantificar) los caudales asociados al uso turístico, a fin de reservar caudales de interés nacional relacionado con dicho uso. Un resumen del estudio se presenta a continuación.

### 10.1 Resumen

El área de estudio donde la metodología desarrollada fue aplicada correspondió a las regiones IV, X, XI y XII.

- Se llevó a cabo una completa recopilación de antecedentes que fue de mucha utilidad, debido principalmente al poco desarrollo e investigaciones que hay en Chile respecto al tema. Dicha recopilación permitió conocer las líneas de trabajo que existen en Estados Unidos y Canadá principalmente, a través de los trabajos de los Investigadores Whittaker y Shelby, quienes en la década de los 90 desarrollaron diversos estudios de caudales requeridos para realizar actividades recreativas en ríos. Esta información y desarrollo metodológico ha sido recogida por varios autores y en particular por la empresa Hydro Québec de Canadá, quienes recopilaron diversas metodologías para determinar caudales de interés turístico.
- Con relación al desarrollo de las actividades de consulta sobre los usos actuales y potenciales en turismo en los ríos analizados, se efectuaron las siguientes actividades:
  - Taller con actores públicos y privados de la IV región, realizada en la ciudad de La Serena (Septiembre de 2008).
  - Entrevistas con actores públicos de la Región de los Lagos en Puerto Montt y reunión con empresarios turísticos en Puerto Varas (Noviembre de 2008).
  - Entrevistas con actores públicos de la Región de Aysén en Coyhaique y reunión con investigadores y representantes de organizaciones ciudadanas (Noviembre de 2008).
- Efectuado el Taller en La Serena y las entrevistas y reuniones en la Región de Los Lagos y de Aysén, se pudo determinar aquellos ríos prioritarios que debieran considerarse para ser estudiados, a saber:

**IV Región: río Cochiguaz (cuena del río Elqui) y río Hurtado (cuena del río Limarí).**

**X REGIÓN**

<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>RÍO PROPUESTO ESTUDIAR</b>
DGA	Puelo, Futaleufú
SERNATUR	Futaleufú, Puelo y Petrohué.
CONAF	Petrohué, Correntoso
Planificación GORE	Cuenca Llanquihue, Maullín, río Cordillera Costa, Palena
CORFO	Futaleufú, Palena, Puelo
CONAMA	Maullín, Puelo
EMPRESARIOS	Petrohué, Puelo, Futaleufú

**XI REGIÓN**

<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>RÍO PROPUESTO ESTUDIAR</b>
DGA	Simpson
SERNATUR	Simpson, Baker y Palena
CONAF	Simpson y Baker
SECPLAC	Simpson
CORFO	Simpson, Baker y Palena
CIEP Y ONG	Simpson y Baker
EMPRESARIOS	Simpson y Baker

- Los ríos que se aplicó la metodología desarrollada fueron los siguientes:

<b>Río</b>	<b>Región</b>	<b>Tramo Estudiado</b>	<b>Longitud del Tramo (km)</b>
Cochiguaz	IV	Entre Sol Naciente y Montegrande	20
			20
Puelo	X	Entre Primer Corral y 7 km Aguas Arriba Desembocadura Lago Tagua Tagua	44
Futaleufú	X	Entre Frontera y Desembocadura Lago Yelcho	65
Baker	XI	Entre Desembocadura Lago Bertrand y Confluencia Río Neef	13,5
Simpson	XI	Entre Villa Simpson y Junta con Río Mañihuales	86
Serrano	XII	Entre Desembocadura Lago Toro y Seno Última Esperanza	17

- Se desarrolló un estudio hidrológico en cada uno de los ríos de interés, calculando los caudales medios mensuales para diferentes probabilidades de excedencia en 3 puntos del tramo en estudio que es analizado en cada río: al comienzo, en la mitad del tramo y al final. Además, se determinaron los caudales ecológicos correspondientes.
- Con el objetivo de construir modelos hidráulicos (Hec Ras) en cada uno de los tramos de ríos que fueron analizados, se desarrollaron modelos digitales de elevación (DEM, del inglés Digital Elevation Model) mediante la utilización combinada de datos satelitales ópticos ASTER y de radar SRTM (Shuttle RADAR Topography Mission). Estos modelos permitieron obtener curvas de nivel cada 5 m en cada uno de los tramos de ríos analizados.
- Se desarrolló una metodología cuyas principales componentes dicen relación con:
  - Determinación de los usos o actividades turísticas actuales y futuras. Identificación de los diversos actores claves y usuarios. Determinación de los períodos de desarrollo de las actividades turísticas.
  - Análisis hidrológico.
  - Caracterización del río o tramo de río en estudio, identificación y localización de los usos turísticos y sectorización del río según categorías de usos. Determinación de condiciones estructurantes del paisaje río y su relación con la variación de caudal.
  - Identificación de los caudales requeridos para asegurar los usos turísticos y definición de aspectos críticos. Establecimiento de relaciones calidad de las actividades versus caudales del río, análisis de variables estadísticas.
  - Propuesta de caudales de reserva, recomendación de caudales necesarios para asegurar una calidad turística elevada.
- Un resumen de los diferentes métodos que pueden emplearse en función de los usos turísticos son los siguientes:

Componente	Método
Navegabilidad	Encuesta a los usuarios. Juicios de expertos. Modelación a partir de secciones transversales en sectores críticos. Encuesta con caudales controlados. Encuentros tipo Focus Group
Bajada en aguas blancas (Rafting)	Encuesta a los usuarios (con uno o más caudales conocidos). Juicios de expertos. Modelación a partir de secciones transversales en sectores críticos. Encuesta con caudales controlados. Encuentros tipo Focus Group. Utilización de fotos o videos. Modelo físico a escala reducida. Clasificación de rápidos en función de diferentes caudales.
Pesca deportiva	Encuesta a los usuarios. Juicios de expertos. Modelación de habitat de peces Encuentros tipo Focus Group.
Actividades de baño	Encuesta a los usuarios. Juicios de expertos (morfología del lecho del río favorable a la creación de playas de arena).
Estética y paisaje	Encuesta a los usuarios. Juicios de expertos. Encuentros tipo Focus Group. Consideración de la gama más amplia de caudales posibles a través de fotos o videos. Simulaciones visuales (imágenes de síntesis, videos).
Actividades tradicionales	Revisión de la problemática ligada al uso y ocupación de las comunidades autóctonas del río (transportes, sitios de camping, sitios de ocupación histórica, caza, pesca) con los responsables de las comunidades autóctonas respectivas y los usuarios. Preconizar el empleo de medios visuales como fotografías, videos o imágenes de síntesis.
Ambiente acústico	Utilización de un sonómetro para medir el nivel de ruido con diferentes caudales. Encuesta de usuarios (utilización de un video con un nivel de ruido equivalente, calibrado con un sonómetro, para distancias comparables desde el origen del ruido. Utilización de imágenes tomadas con distintos caudales.

- Se llevó a cabo la aplicación de la metodología desarrollada en cada uno de los 6 ríos antes señalados; un resumen de los resultados obtenidos se incluyen a continuación:

### CAUDALES PROPUESTOS RESERVAR

RIO	TRAMO ESTUDIADO	Longitud del Tramo (km)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Cochiguaz	Entre Sol Naciente y Montegrande (1)	20	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	5	6
	Entre Sol Naciente y Montegrande (2)	20	5,5	5,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5,5	6,5	7,5
Puelo	Entre Primer Corral y 7 km Aguas Arriba	44	450	250	250	350	450	600	650	400	350	400	500	500
	Desembocadura Lago Tagua Tagua (1)													
Futaleufú	Entre Frontera y Desembocadura	65	500	400	400	450	550	550	700	550	450	550	600	550
	Lago Yelcho (1)													
Baker	Entre Desembocadura Lago Bertrand y Confluencia Río Neef (3)	13,5	750	775	775	700	700	650	575	550	500	500	550	650
Simpson	Entre Villa Simpson y Junta con Río Mañihuales (3)	86	35	25	25	35	55	65	90	90	100	110	100	60
Serrano	Entre Desembocadura Lago Toro y Seno Última Esperanza (3)	17	900	1000	850	550	400	200	150	200	175	300	450	700

#### Notas

- 1 El caudal de reserva propuesto no considera los derechos de agua superf. const. y en trámite. Los ríos Puelo y Futaleufú en el tramo analizado estarían agotados
- 2 El caudal de reserva propuesto considera los derechos de agua constituidos (río Cochiguaz)
- 3 Los derechos de aguas superficiales constituidos y en trámite no afectan el caudal propuesto reservar, debido a que son marginales frente a los segundos

## 10.2 Recomendaciones

Las principales conclusiones y recomendaciones que se pueden recabar del trabajo efectuado son las siguientes:

- a) Más allá del tipo de metodología que se aplique para determinar caudales de reserva para uso turístico, siempre será fundamental contar con información sobre satisfacción de las actividades turísticas desarrolladas por usuarios y expertos. A través de las encuestas es factible desarrollar relaciones estadísticas entre los caudales de un determinado río y la calidad de las actividades turísticas (curva de evaluación de caudales); en Chile no existen antecedentes de realización de encuestas. Se recomienda que la DGA implemente un sistema regional de desarrollo de encuestas de satisfacción de actividades turísticas, principalmente orientado a obtener información de operadores turísticos y sus clientes, generando las necesarias coordinaciones con organismos públicos y privados del ámbito hidro-turístico. La encuesta puede ser respondida a través de la web, por turistas (nacionales y extranjeros) quienes deben ser informados a través de un tríptico que el operador turístico debiera repartir a cada uno de ellos, (disponible en la página web de la DGA) para ser respondida una vez que realiza determinada actividad turística.

- b) Se recomienda que se cuente con un equipo asesor en materias de turismo con contacto y sin contacto directo, que puede evaluar los resultados que las encuestas vayan proporcionando.
- c) Con relación a la generación de modelos digitales de elevación, esta información será útil siempre y cuando se complemente y se georeferencie con mediciones de profundidad del río con ecosonda en secciones transversales del mismo (los modelos digitales no determinan cotas de fondo del río). Una alternativa conveniente que reemplaza la actividad anterior, es efectuar una topografía de detalle (batimetría) en un tramo (o tramos) específicos no muy extensos. También se pueden topografiar secciones específicas de interés de modo que se pueda calcular velocidades y alturas de agua.
- d) En general, caudales mensuales con probabilidad de excedencia cercanos al 20 %, son los adecuados para mantener el río en condiciones de poder efectuar actividades con y sin contacto directo. Por debajo de esos valores, comienza a desdibujarse el patrón de comportamiento natural del río y por tanto la lectura de los usuarios, del paisaje natural.
- e) La determinación de los caudales de reserva debieran contemplar las actividades potenciales que los ríos presentan, y que por diversas circunstancias no se han desarrollado aún, pero que demandan condiciones hídricas especiales.
- f) Se recomienda el estudio de marcos regulatorios que permitan preservar ríos que son considerados prioritarios. Existe legislación internacional en esta materia. Algunos instrumentos de planificación regional ya han introducido el concepto de ríos prioritarios orientando estrategias para su preservación.
- g) Considerando el propósito del caudal de reserva, que contempla asegurar caudales hídricos en ríos que permitan el buen desarrollo de actividades asociadas a usos no extractivos de agua, en particular de interés turístico y ambiental, y dado que gran parte de los derechos de aguas superficiales ya han sido otorgados, se recomienda que la metodología de caudales de reserva desarrollada se aplique, en principio, a los ríos que no cuenten con amplio otorgamiento de derechos de agua, y que tengan vocación y potencial de desarrollo turístico, como es el caso de la Región de Magallanes.