



GOBIERNO DE  
**CHILE**  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
Dirección General de Aguas

GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

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

**MANUAL DE APLICACIÓN**

**REALIZADO POR:**

**AQUATERRA INGENIEROS LTDA.**

**S.I.T. N° 206**

**Santiago, Marzo de 2010**

## INDICE

<b>1. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A CUENCAS SELECCIONADAS .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Aplicación del Manual .....</b>	<b>3</b>
1.2.1. Pasos Metodológicos .....	6
1.2.1.1. Determinar los Usos o Actividades Turísticas Actuales y Futuras e Identificación de los Diversos Actores Claves y Usuarios .....	6
1.2.1.2. Análisis Hidrológico .....	8
1.2.2. Caracterización de los Usos Turísticos Actuales y Futuros Potenciales en el Río, por Tramo y Estacionalidad. Campaña de Terreno .....	8
1.2.2.1. Reconocimiento de Actividades Con y Sin Contacto Directo.....	9
1.2.2.2. Elementos para la Valorización de Paisaje.....	11
1.2.2.3. Determinación de Requerimientos Críticos para Desarrollo de Actividades CCD y SCD.....	13
1.2.3. Selección de Métodos.....	23
1.2.4. Obtención de Rangos de Caudales de Reserva Para Actividades Con y Sin Contacto Directo .....	24
1.2.5. Validación de Resultados con Actores Claves en Taller Participativo.....	24
1.2.6. Revisión de los Resultados.....	25
1.2.7. Propuesta de Caudales a Reservar .....	25

### **Anexo 1: Encuestas para Construir Curvas de Satisfacción para Actividades Hidroturísticas Versus Caudal en el Río**

# 1. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A CUENCAS SELECCIONADAS

## 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 puede realizar 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 1-1 presenta una lista de componentes del medio humano que pudieran ser afectados por disminuciones de caudales en los ríos.

**CUADRO 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 periodos, 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
<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, acarreado 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 periodo de tiempo necesario para la recolonización de la sección con vegetación.

Usos componentes	Impactos por Reducción de Caudales
<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.*

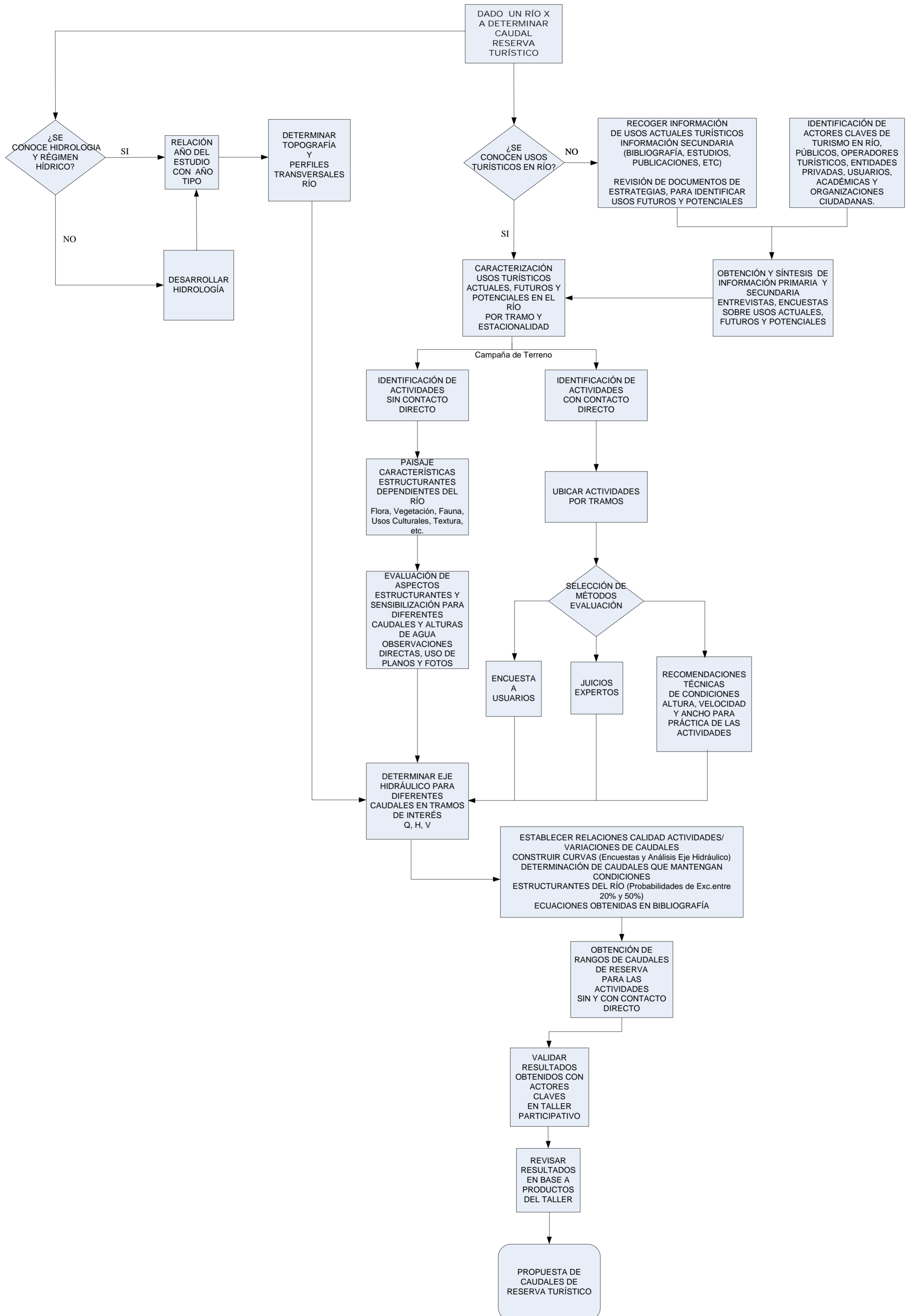
## 1.2. Aplicación del Manual

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 acorde con la realidad histórica del río.

La Figura 1-1 presenta un Diagrama de Flujo que indica los pasos a seguir para la determinación de caudales de reserva turísticos, mientras que a continuación se desarrolla una descripción de los pasos que se deben seguir para alcanzar los objetivos antes planteados.

FIGURA 1-1  
 DIAGRAMA GENERAL METODOLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES DE RESERVA TURÍSTICOS



### **1.2.1. 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.

#### **1.2.1.1. Determinar los Usos o Actividades Turísticas Actuales y Futuras e Identificación de los Diversos Actores Claves y Usuarios**

En primer lugar, 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.

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 secundaria como primaria.



### a) 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.

### b) Obtención de Información Primaria. Consultas y Entrevistas

Se debe validar la 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:** 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 concededores 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.

### **1.2.1.2. 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 medios mensuales con probabilidades de excedencia 10, 20, 50, 85, 90 y 95 %.

Por otro lado, 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).

### **1.2.2. Caracterización de los Usos Turísticos Actuales y Futuros Potenciales en el Río, por Tramo y Estacionalidad. Campaña de Terreno**

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 mínimos necesarios para el reconocimiento de terreno son los siguientes:

- GPS Navegador
- Máquina fotográfica
- Distanciómetro láser, para medir anchos de caja del río
- Ecosonda, para medir profundidades del río en diferentes puntos
- 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)

### 1.2.2.1. Reconocimiento de Actividades Con y Sin Contacto Directo

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 el territorio desde el cual es posible apreciar el río (*cuenca visual*)) y las características intrínsecas del río.

A continuación se incluye una Ficha de Observación Tipo que debe ser llenada en esta actividad de campaña de terreno:

#### Ficha Observación de Características de Terreno (ACCD y ASCD)

Nombre Punto	Fecha y Hora
Nombre Punto GPS(coordenadas)	
Color	
Sonido Agua	
Características Caudal	
Ancho Caja (medido con telémetro laser u otro instrumento)	
Transparencia	
Playa	
% vegetación nativa, descripción de especies	
% vegetación introducida, descripción especies	
Existencia de Acantilados	
Mirador	
Sendero Ribereño	

<b>Nombre Punto</b>	<b>Fecha y Hora</b>
Fauna, descripción	
Marcas Positivas	
Marcas Negativas	
Sitios de Interés Cultural	
Usos Turísticos sin Contacto Directo	
Usos Turísticos con Contacto Directo	
Otros	

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 del río en perfiles transversales.

Dependiendo del tipo de ecosonda, este puede conectarse al GPS, para registrar la información integrada.

La caracterización del terreno permite generar diferentes estaciones en el río; cada estación se describe tomando como base los aspectos registrados en la Ficha señalada anteriormente.

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.

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 con y sin contacto directo, 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)

N°	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.

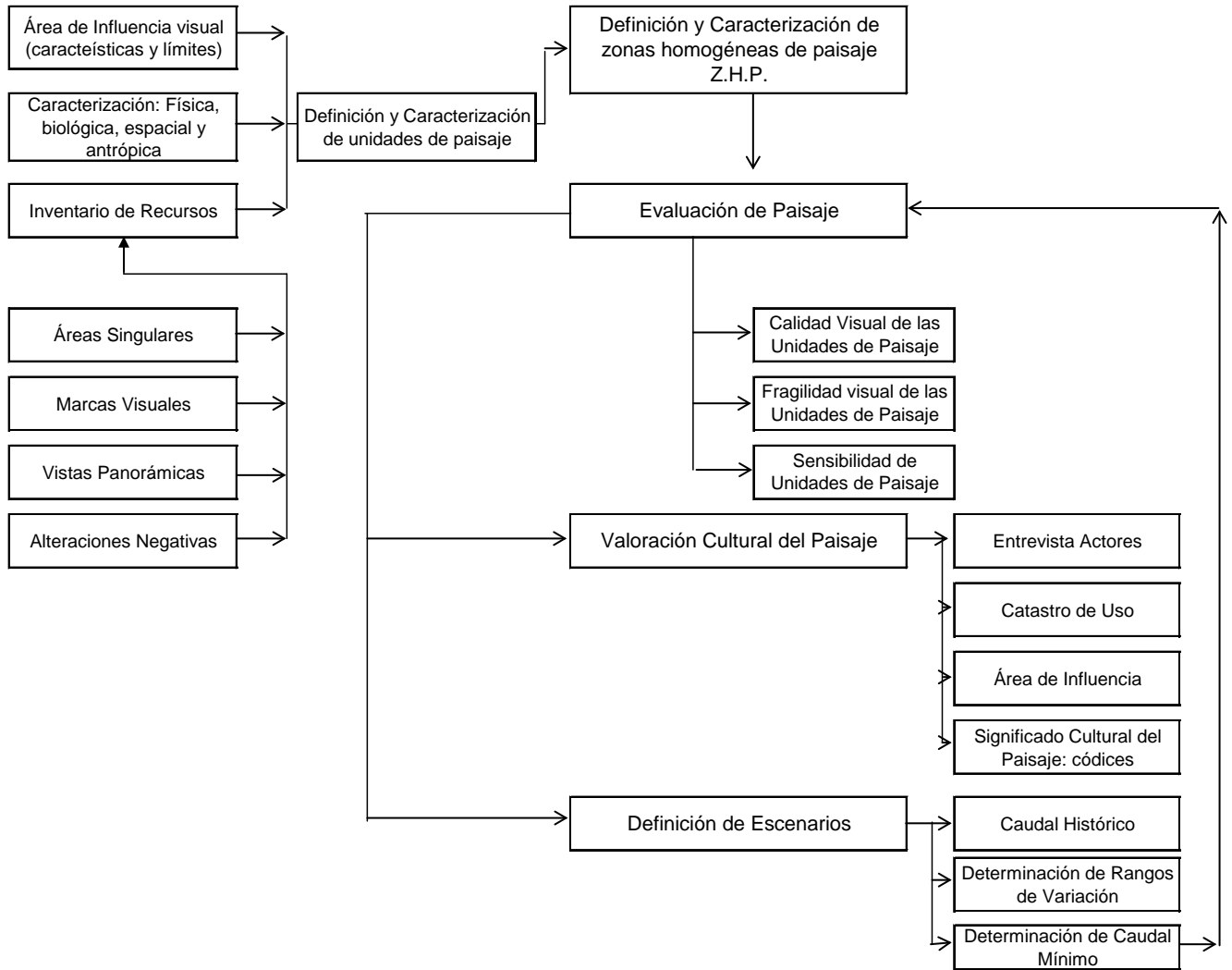
#### 1.2.2.2. Elementos para la Valorización de Paisaje

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.

El paisaje debe 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.

La metodología específica para evaluar el paisaje desde el contexto Paisaje – Río, se incluye en la siguiente figura.

### ESQUEMA METODOLÓGICO EVALUACIÓN PAISAJE/RÍO



### **1.2.2.3. Determinación de Requerimientos Críticos para Desarrollo de Actividades CCD y SCD.**

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).

En general, 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 existiría 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.

## a) Modelos Numéricos y Científicos

### ➤ 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:

2. 200% del caudal medio anual para flujos altos
3. Entre 60 y 100% del caudal medio es un rango óptimo
4. 40-60% del caudal medio anual permite la práctica de las actividades recreativas y mantiene la belleza de los paisaje naturales
5. 30-50% del caudal medio anual es adecuado para prácticas recreativas y aceptable para belleza escénicas
6. 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

#### **b) 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, <http://www.hec.usace.army.mil/software/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, es 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 vegetal, 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 distanciómetro. 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 (preferentemente satelital).

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 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 y aplicar 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 1,2 m/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 el cuadro siguiente.

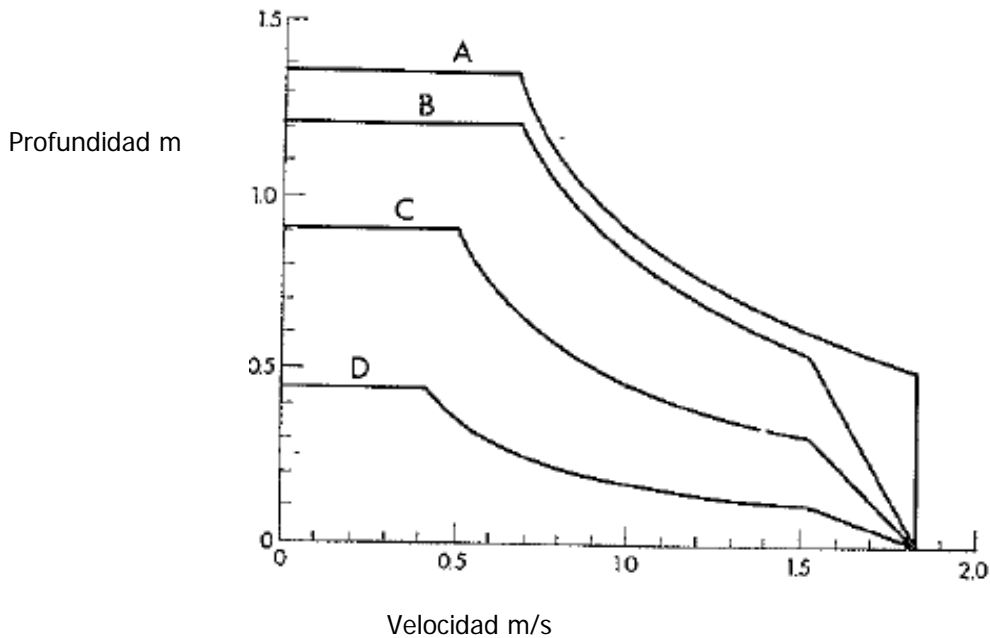
## REQUERIMIENTOS HÍDRICOS PARA ACTIVIDADES CON CONTACTO DIRECTO SEGÚN MOSLEY

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 visible
	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	
Bote plano con motor alta potencia	W 30	W -	W > 90	
	H 1,5	H	H ~ 3,0	
	V --	V 4,5	V < 1,5	
sky en agua				
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 siguiente figura.

### 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 a continuación.

## 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.

## **b) 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 que se incluye en el Anexo 1, 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.

## **c) 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 medios mensuales entre un 20 % y un 50% de Probabilidad de Excedencia son los adecuados para mantener el río en las condiciones señaladas.*

### 1.2.3. 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 siguiente cuadro incluye un resumen de los métodos que pueden emplearse en función de los usos o componentes del medio humano considerado.

#### MÉTODOS SEGÚN COMPONENTE DE ANÁLISIS

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).

Componente	Método
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.

#### 1.2.4. Obtención de Rangos de Caudales de Reserva Para Actividades Con y Sin Contacto Directo

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 todos 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.

#### 1.2.5. Validación de Resultados con Actores Claves en Taller Participativo

Una vez que se haya aplicado la metodología antes desarrollada, se considera necesario efectuar un Taller Participativo con los actores claves que tienen que ver con las actividades turísticas con y sin contacto directo, actividades asociadas con el tema "Río".

En el Taller se busca difundir los resultados obtenidos, planteando el proceso metodológico seguido, las dificultades encontradas, las soluciones encontradas, las aplicaciones desarrolladas y los resultados obtenidos.

En ese sentido, los actores claves que debieran participar en el Taller de discusión de resultados, al menos debieran ser los siguientes:

- Operadores Turísticos
- Ministerio de Obras Públicas (DGA, DOH)
- Ministerio de Medio Ambiente
- Sernatur
- Conaf

#### **1.2.6. Revisión de los Resultados**

Una vez que se haya desarrollado el Taller participativo, se debe revisar los resultados obtenidos en base a las discusiones y análisis que se hayan realizado durante esa actividad.

#### **1.2.7. Propuesta de Caudales a Reservar**

En función de todas las actividades desarrolladas, se estará en condiciones de proponer los caudales de reserva turísticos para un determinado río que haya sido analizado.

# **ENCUESTA PARA CONSTRUIR CURVAS DE SATISFACCION PARA ACTIVIDADES HIDROTURISTICAS VERSUS CAUDAL DEL RIO**

## **INTRODUCCION**

La presente encuesta se inserta en el interés de poder generar información histórica que permita analizar los requerimientos hídricos de las diversas actividades turísticas que pueden ser desarrolladas en el río.

Estas actividades comprenden aquellas que se realizan dentro del agua, tales como kayak, rafting, canotaje, nado, baño, paseos en distintos tipos de embarcaciones, etc.

Los resultados de esta encuesta permitirán identificar las actividades que se realizan actualmente, y principalmente identificar los requerimientos hídricos en una determinada época en el río para su desarrollo.

Dado que en el río que usted ha desarrollado actividades turísticas, y contando con información de caudales que escurren en el río, se podrán relacionar las encuestas respondidas con los datos de caudal del día y hora en que usted realizó la actividad.

Ya sea que usted haya desarrollado pocos o muchos descensos en el río, su opinión es muy importante y valiosa. Al llenar el cuestionario podrá cooperar a obtener valores de caudales satisfactorios en el río y a proteger las actividades recreacionales con contacto directo que en él se realizan. Una vez que indique el tipo de embarcación que empleó el día de la experiencia, le solicitamos que las respuestas las refiera a la embarcación indicada.

Agradecemos su cooperación y le solicitamos que intente responder cada una de las siguientes preguntas:

## Preguntas sobre su experiencia del día.

Fecha:

Hora.

Río

Tramos del río navegado

1. ¿En qué tipo de embarcación descendió el río o navegó por él?
  - 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. Otro. Especificar
  
2. ¿Como califica su nivel de habilidad?
  - Novicio (sin experiencia previa)
  - Principiante
  - Intermedio
  - Avanzado
  - Experto
  
3. Defina su actividad.
  - a. Armador, o negocio de embarcaciones
  - b. Guía
  - c. Aficionado a descender ríos
  - d. otros
  
4. ¿Indique qué tramos del río frecuentemente usa?
  
5. ¿Cómo califica las condiciones del caudal en el río para la práctica de la actividad?
  - a. Muy Buenas
  - b. Buenas
  - c. Aceptable
  - d. Malas
  - e. Muy Malas
  
6. ¿Que nota de 1 a 7 le pondría a la experiencia de hoy?

7. ¿Debió portear la embarcación durante el desarrollo de la actividad?  
¿Cuántas veces? ¿En que sector?

8. ¿Cuántas veces tocó el fondo con la embarcación?

- a. 1
- b. 2-4
- c. 5-10

9. ¿Los niveles de agua permitían atravesar los rápidos con seguridad?

- a. Si
- b. No

10. ¿Cuál de los siguientes problemas percibió como problemas para la navegación?

- a. Ancho angosto del cauce
- b. Lecho gravoso expuesto
- c. Rocas bajo nivel superficie del agua
- d. Zonas poco profundas
- e. Vegetación sumergida o parcialmente sumergida
- f. Obstáculos, puentes, enrocados, etc.
- g. Otros
- h. No hubo problemas de navegación

11. Indique nivel de dificultad en descenso de los rápidos.

- a. Fácil
- b. Moderadamente fácil
- c. Difícil
- d. Muy difícil

12. ¿Cómo eran las condiciones de flotabilidad en el río?

- a. Óptima
- b. aceptable
- c. medianamente aceptable
- d. inaceptable

13. Teniendo la oportunidad de flotar en este segmento del río, ¿lo escogería de nuevo en las mismas condiciones de caudal del día de hoy?

- a. Si
- b. No