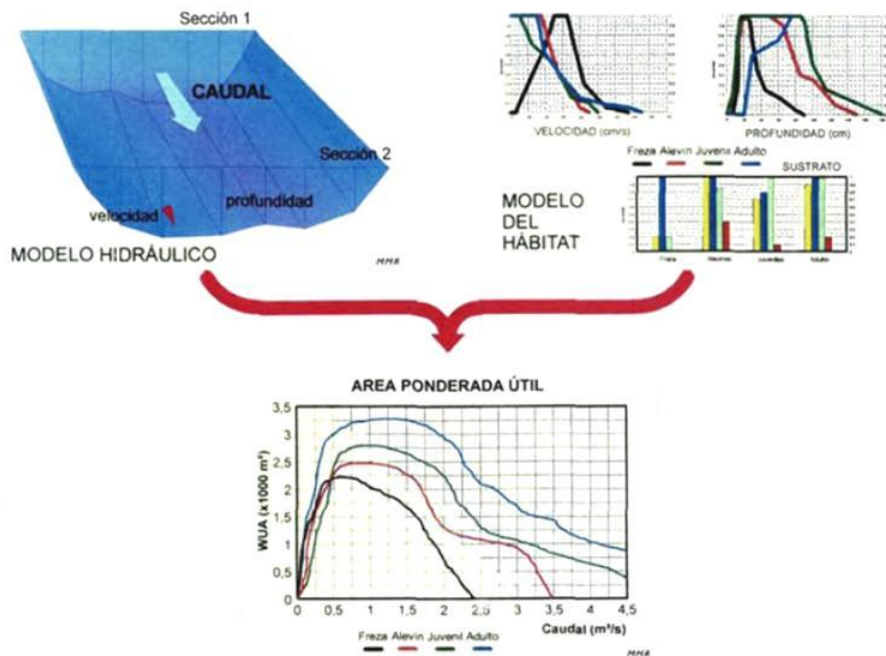


# ESTIMACIÓN DE CAUDAL ECOLÓGICO MEDIANTE LAS METODOLOGÍAS HIDROBIOLÓGICAS EN CORRIENTES O CUERPOS DE AGUA DE PROPIEDAD NACIONAL



# INTRODUCCION

La metodología IFIM fue desarrollada por un equipo multidisciplinar, basándose en el conocimiento y descripción básicos de las interrelaciones existentes entre la cantidad de agua circulante y la cantidad de hábitat que genera en un tramo de cauce.

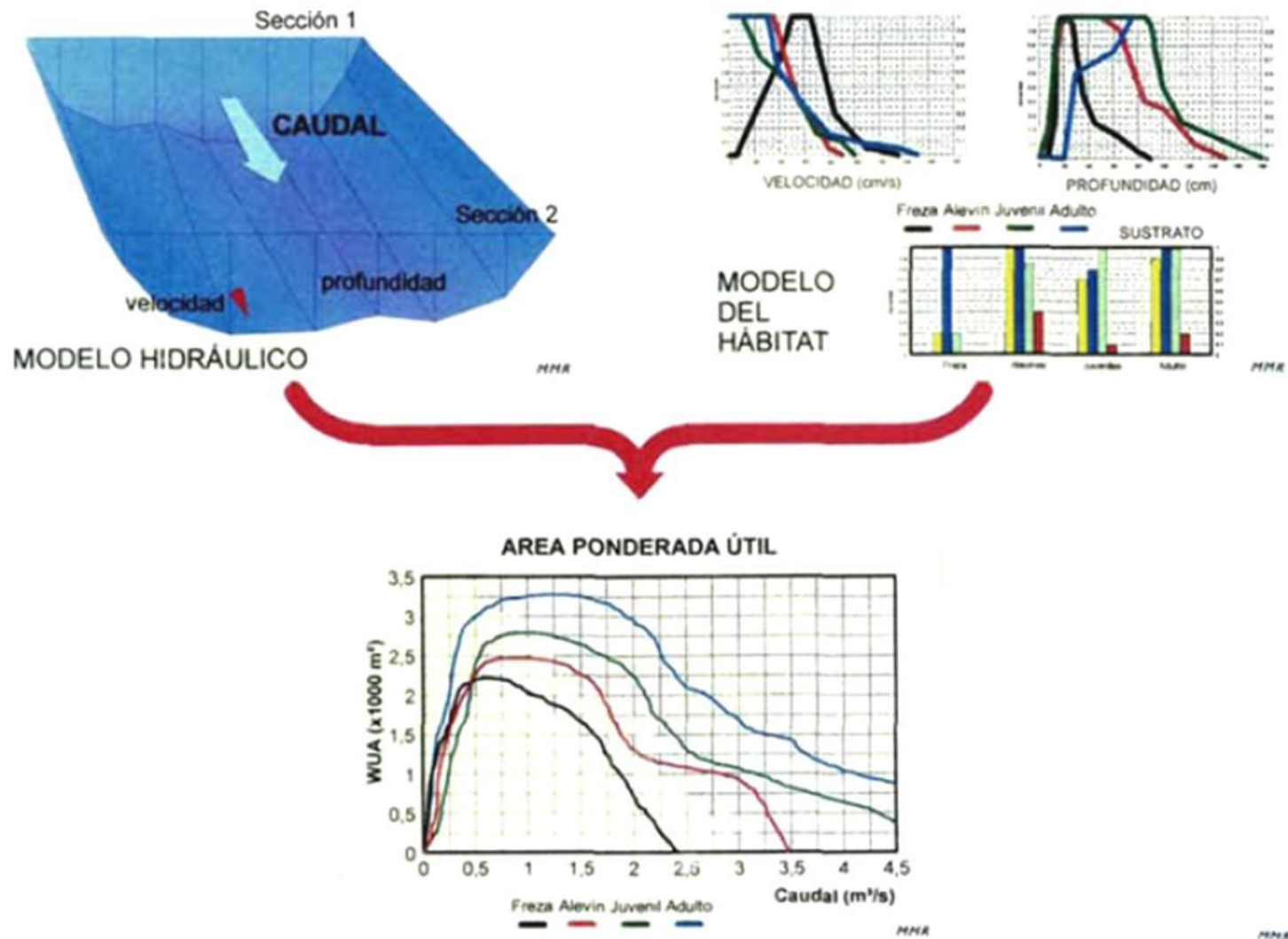
Los modelos de simulación del hábitat se basan en los fundamentos que se pueden resumir en los siguientes aspectos:

Cada especie tiene un rango de preferencias de las condiciones del hábitat o, lo que es lo mismo, tiene unas determinadas tolerancias ante ciertos parámetros del hábitat (velocidad de la corriente, profundidad o tipo de sustrato, entre otras).

Los límites de estas preferencias pueden ser determinados para cada una de las especies a través de un estudio detallado de las mismas.

A partir de las características del cauce se puede determinar la cantidad de hábitat para esas especies en función del caudal.

# COMPONENTES BASICOS DE UN MODELO DE SIMULACION DEL HABITAT



## **PROCEDIMIENTO A SEGUIR**

La aplicación de los métodos hidrobiológicos comprende las siguientes fases clave:

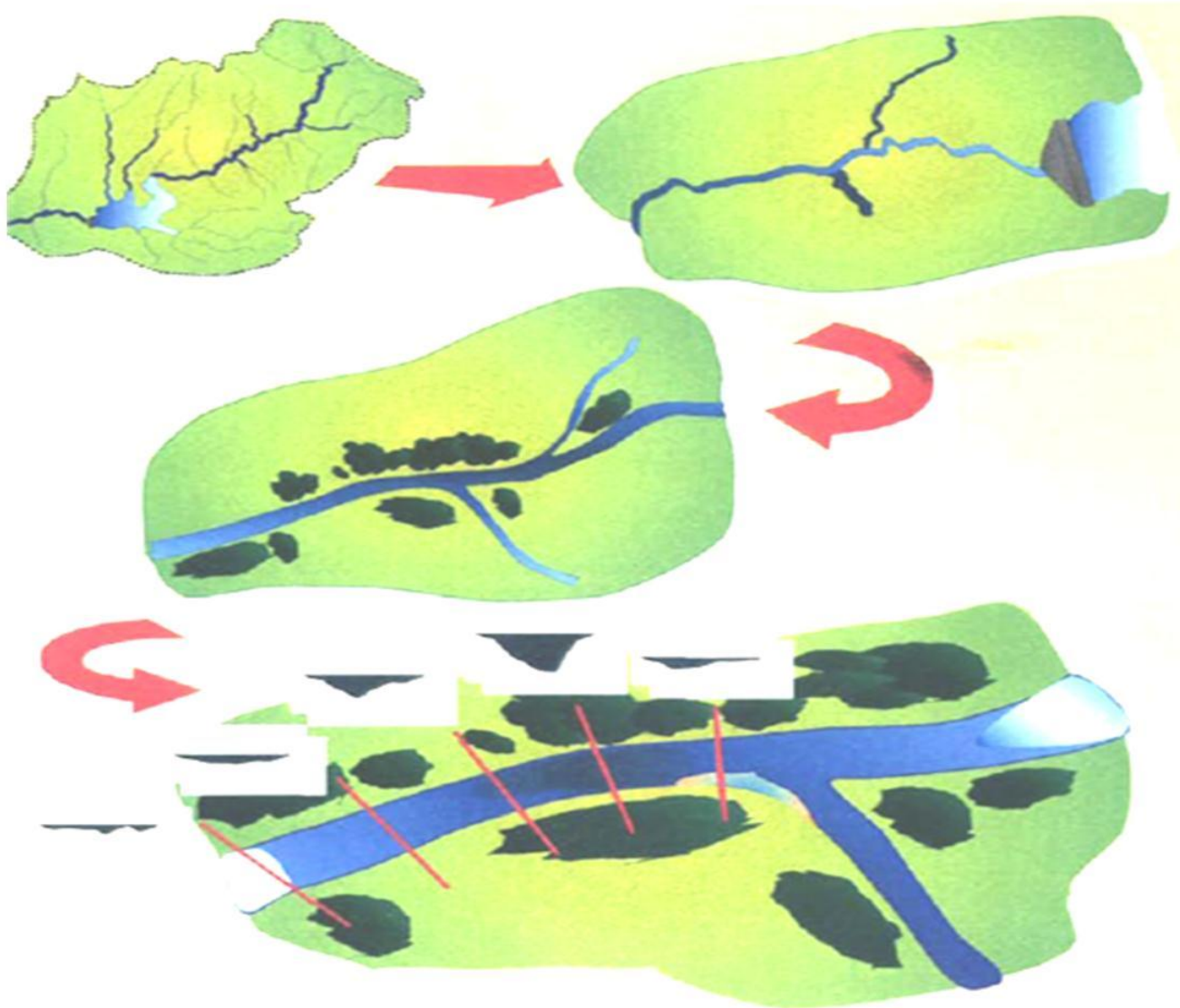
- 1.- Selección de sitios de estudio.
- 2.- Selección de especies objetivo representativas del sitio de estudio
- 3.- Generación de curvas de preferencia de microhábitat como elemento esencial en la generación de los modelos de hábitat.
- 4.- Los trabajos de campo destinados a la construcción y calibración de los modelos de hábitat.
- 5.- Evaluación del hábitat fluvial
- 6.- Formulación de propuestas de caudales ecológicos.

## **1. Selección de sitios de estudio (I)**

El número y localización de los sitios donde se llevará a cabo la simulación del hábitat físico debe cubrir, al menos, un tramo en cada uno de los tipos más representativos, especialmente en lo que se refiere a diferencias en el régimen de caudales.

En esta selección de sitios se dará prioridad a los cuerpos de agua con mayor importancia ambiental o aquellos que estén situados aguas abajo de grandes presas o derivaciones importantes y que puedan condicionar las asignaciones y reservas de recursos.

## 1. Selección de sitios de estudio (II)





## **2. Selección de las especies objetivo (I)**

Para evaluar el hábitat potencial en el río en función de los caudales circulantes, se debe definir en primer lugar la especie cuyo interés ecológico y valor indicativo le permitan ser seleccionada como objetivo ecológico.

Hay que destacar que la experiencia nacional e internacional se encuentra más desarrollada en el uso de especies piscícolas como especies indicadoras

## **2. Selección de las especies objetivo (II)**

Para la selección de las especies objetivo a incorporar en los análisis del hábitat físico hay que considerar varios criterios:

La presencia de dichas especies acuáticas en el tramo de estudio y su relación con el estado de calidad de dicho tramo. Además de las especies detectadas en los tramos de estudio, hay que considerar también las especies de referencia histórica. Es decir, que ciertos organismos no presentes hoy día pueden ser referente histórico de unas condiciones ecológicas más deseables.

En la selección de especies debe darse prioridad a las especies en peligro de extinción, sensibles a la alteración de su hábitat, vulnerables o de interés especial.

La posibilidad de disponer funciones de idoneidad del hábitat para esa especie o la viabilidad de generarlas mediante trabajos de campo (ver siguiente punto). La generación de estas curvas está muy extendida para las especies piscícolas como ya se ha comentando.



### **3. Elaboración de las curvas de idoneidad (I)**

La información sobre idoneidad del microhábitat puede obtenerse de tres modos diferentes:

La selección de curvas de distintos tipos publicadas en el país; así pues, la búsqueda de referencias científicas es la primera fuente de información. Para la selección de curvas hay que tener en cuenta las condiciones de los ríos de origen, comparándose con nuestro tramo de estudio

Los estudios realizados en tramos de la cuenca de estudio, que es la más correcta y fiable, si se aplican las técnicas adecuadas.

Realizando pruebas de transferibilidad de funciones de la misma especie desarrolladas en otros ríos, lo cual también exige la toma de datos en campo y una posterior aplicación de un test estadístico para su validación.

### 3. Elaboración de las curvas de idoneidad (II)

Según la información empleada para su desarrollo, las funciones de idoneidad del hábitat se pueden agrupar en cuatro clases o categorías:

**Curvas de categoría I:** (Bovee, 1986) se basan en la opinión de expertos, llegándose a un consenso final por distintos métodos, por ejemplo la técnica Delphi (Zuboy, 1981).

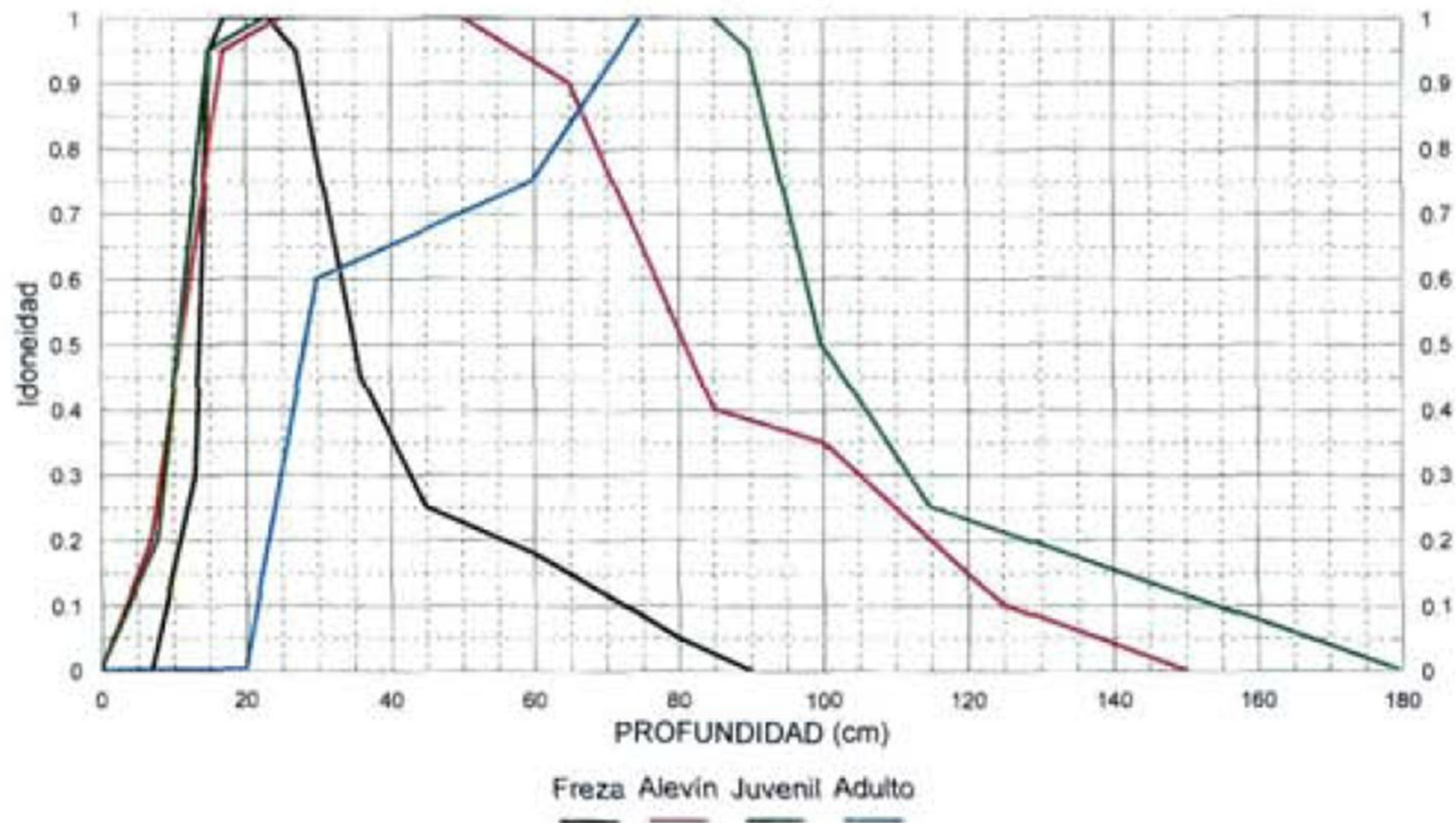
**Curvas de categoría II:** curvas de uso o utilización, parten de mediciones realizadas en los puntos ocupados por los organismos (p.e. peces en actividad de alimentación). Para ello el muestreo de campo debe hacerse cubriendo una proporción igual de los distintos tipos de microhábitats disponibles en el río estudiado. En general se considera que en el intervalo de 150-200 datos puede obtenerse una curva (para una especie, talla, actividad) relativamente estable al tamaño muestral, por lo cual se recomienda siempre pasar de los 200 datos independientes.

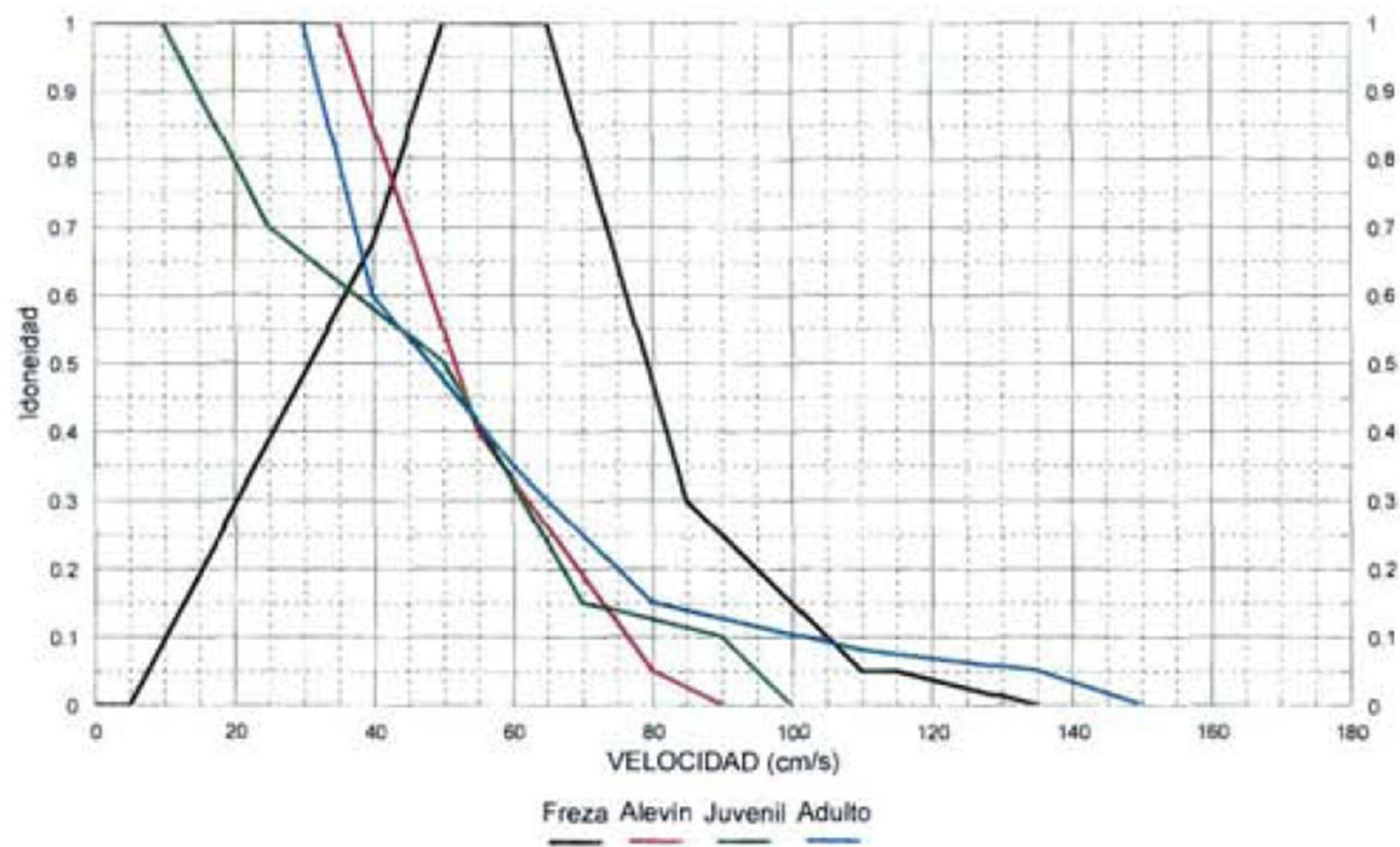
### 3. Elaboración de las curvas de idoneidad (III)

**Curvas de categoría III:** Estas funciones se basan en el concepto de preferencia de Manly *et al.* (1993), que es el uso de un recurso (un tipo de microhábitat concreto) en una proporción superior a aquella en la que éste se encuentra disponible en el medio.

**Curvas de Categoría IV:** Engloban las curvas condicionadas (Bovee et al., 1998), modelos de presencia/ausencia obtenidos por regresión no lineal (Rubin 1991, Lamouroux et al., 1999), y otras funciones multivariantes obtenidas por otros métodos estadísticos (ver Ahmadi-Nedushan et al., 2006, Schweizer et al. 2007).

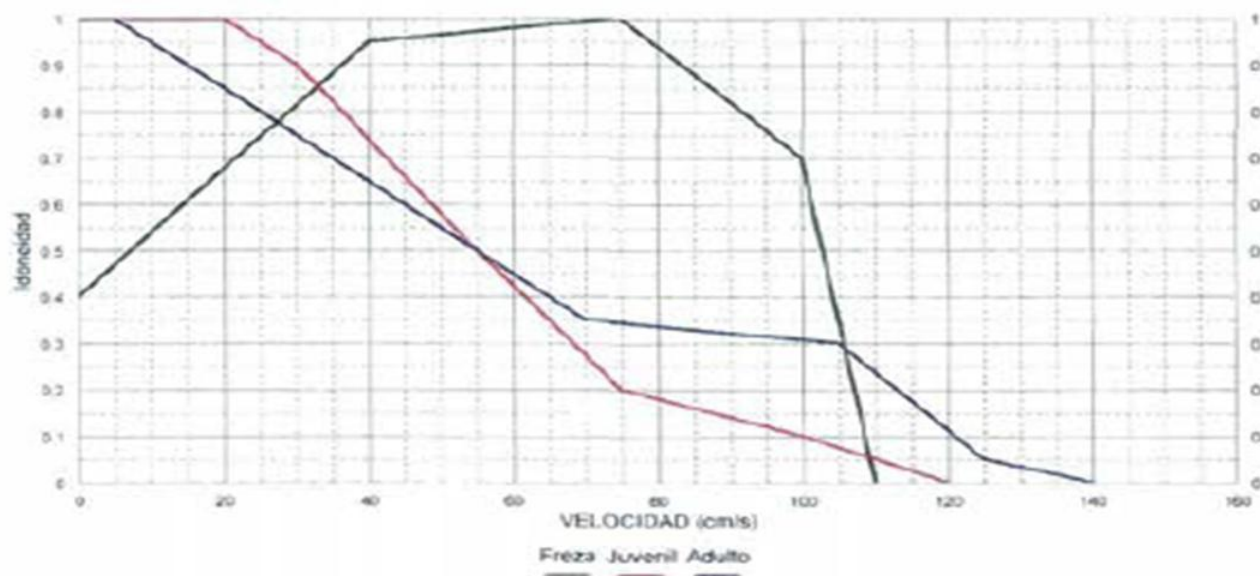
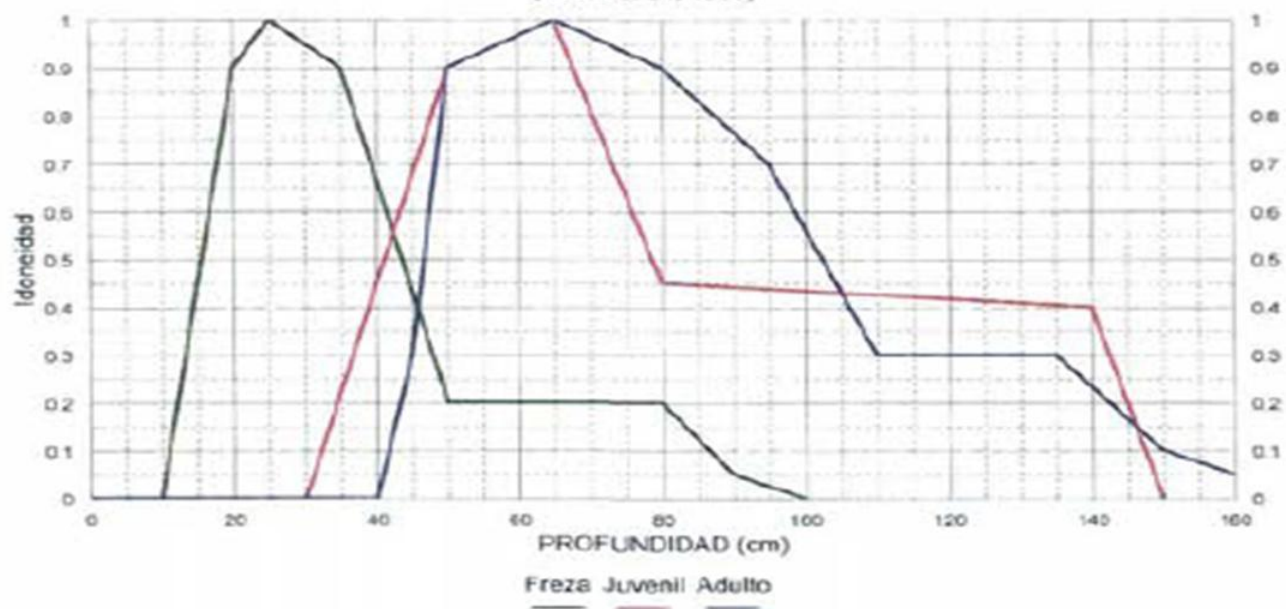
**Salmo trutta**  
(Bovee, 1978)







**Barbus microcephalus**  
(Costa et al., 1988)



## 4. Desarrollo del modelo hidráulico (I)

### 4.1. Reconocimiento integral y elección del tramo de simulación

Para la selección de subtramos se llevar a cabo las siguientes fases:

Identificación del tramo y recorrido integral. Una vez seleccionado el tramo se realizará una identificación preliminar mediante ortofoto, identificando, en la medida de lo posible y si la vegetación de ribera no oculta en la imagen la lámina de agua, los cambios de mesohabitats, barreras e irregularidades que puedan afectar al flujo. Mediante esta primera identificación se realizará una selección preliminar del tramo de la masa de agua donde debe realizarse una prospección detalla en campo para la identificación de los mesohábitats presentes. Posteriormente se realizará un recorrido integral del sector para identificar todos los mesohábitats

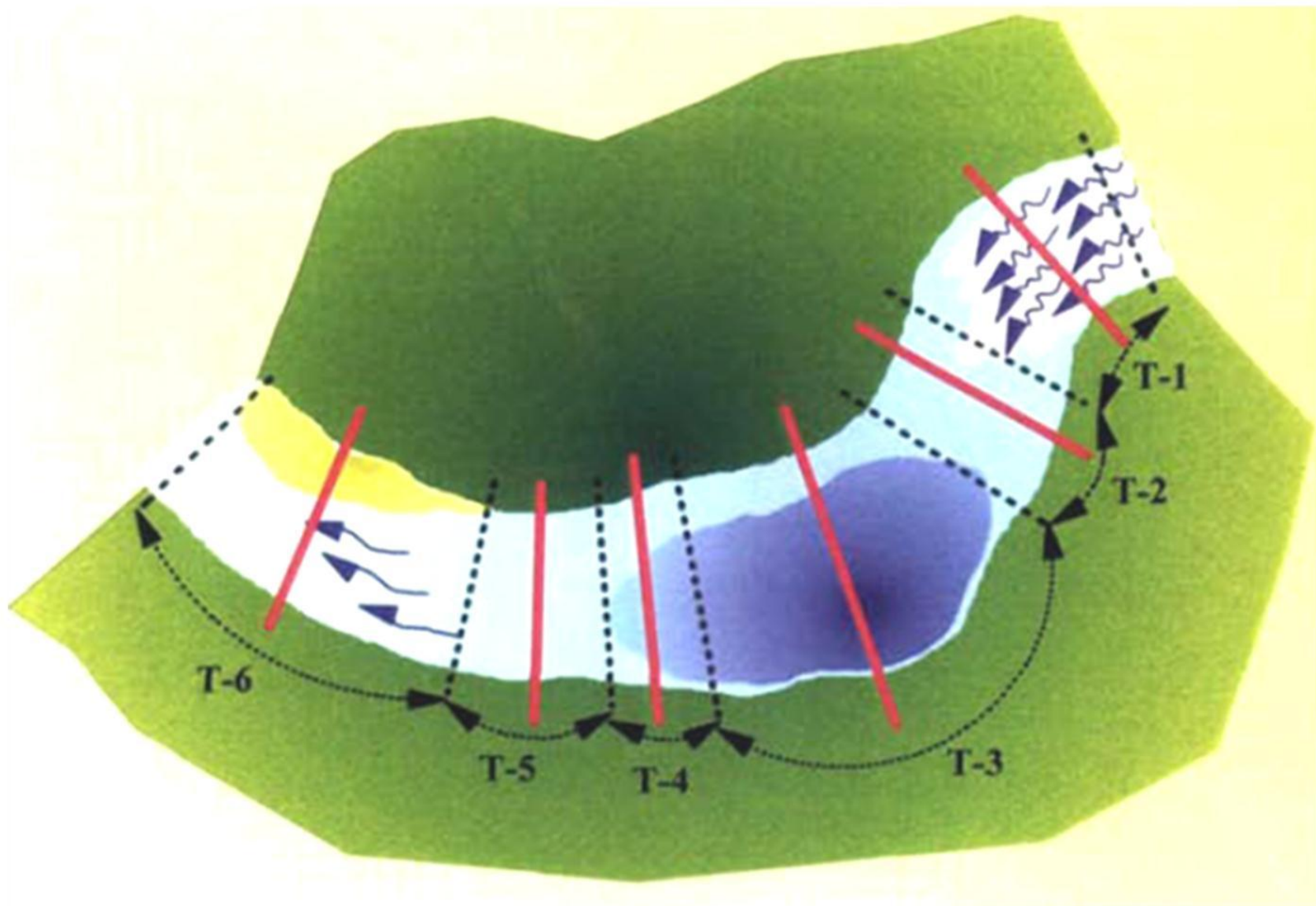


## 4. Desarrollo del modelo hidráulico (II).

Selección del tramo de modelación. El análisis de los datos recopilados permitirá seleccionar un tramo de la corriente que tenga una proporción semejante. Es recomendable que el tramo seleccionado cuente con una serie de características hidráulicas que facilitarán la calibración del modelo. En particular debe intentarse que en el tramo puedan existir secciones de control o transectos que permiten realizar aforos de muy buena calidad.

Marcaje del tramo. Una vez seleccionado el tramo es necesario realizar el marcaje de los transectos en todas las transiciones de mesohábitats, el tramo inicial y final y todos aquellos que se consideren oportunos para recoger la variabilidad de las condiciones de microhábitat que se producen dentro de cada mesohábitat. El número de transectos dependerá de los mesohábitats presentes, de su longitud y de la longitud total del tramo. Pero como recomendación media no deberían ser inferiores a 10 y no es recomendable por economía de recursos realizar más de 30 transectos, siendo razonable localizar entre 15 y 20.

#### 4. Desarrollo del modelo hidráulico (III)

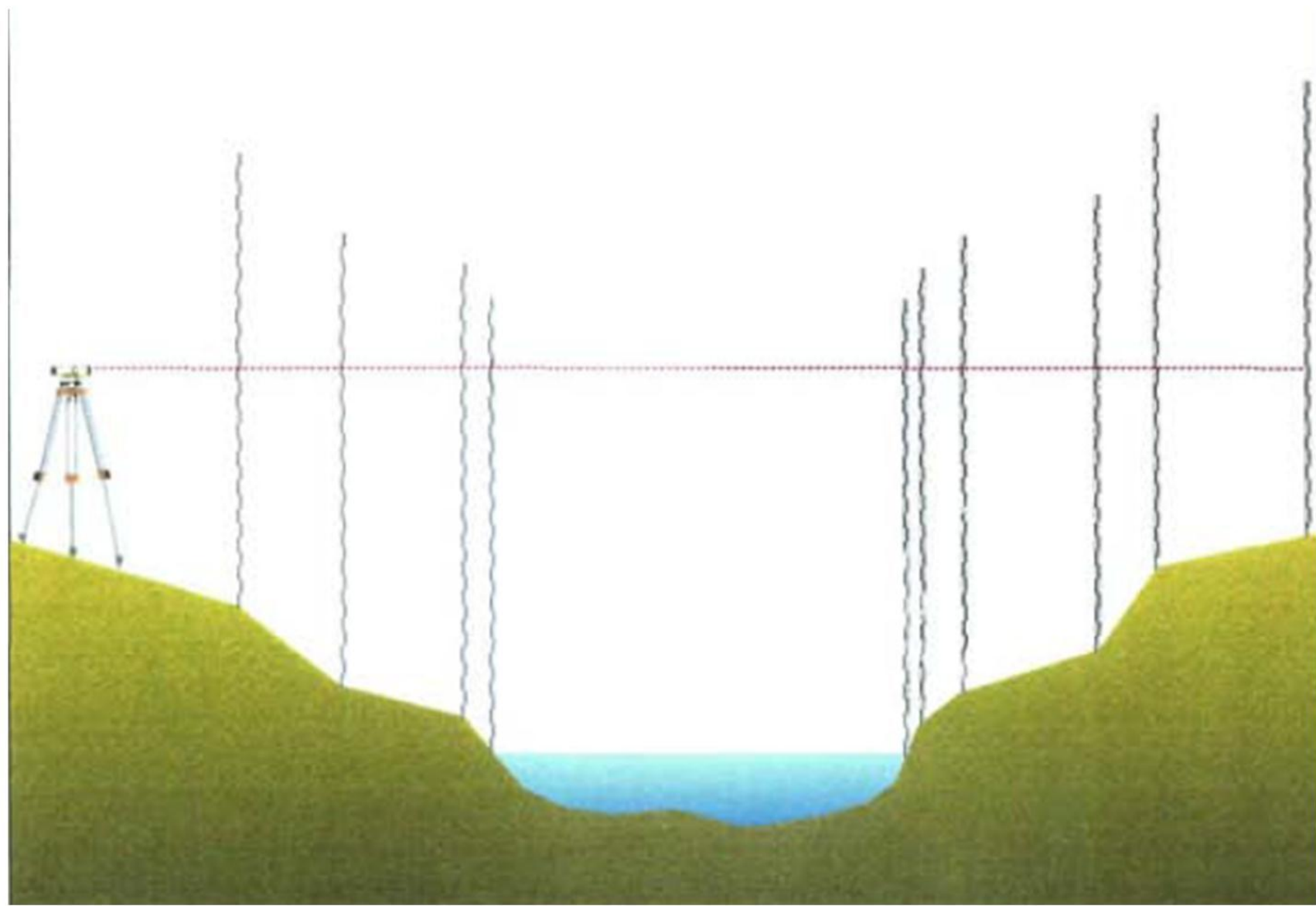


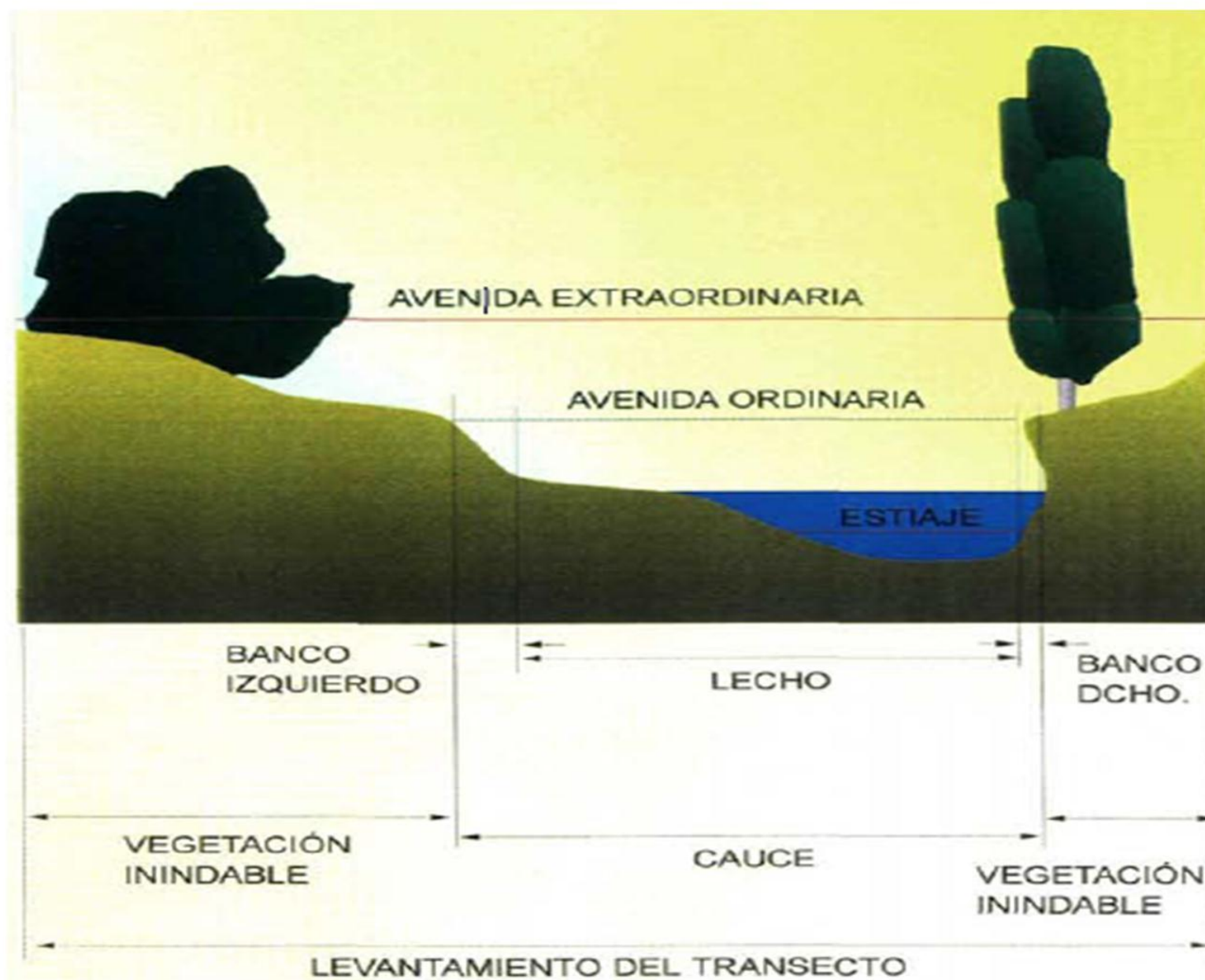
## 4. Desarrollo del modelo hidráulico (IV)

### 4.2. Campañas de campo

Topografía. Mediante el uso nivel óptico o láser, estación total o GPS de alta precisión, se realizará de forma detallada la caracterización topográfica del lecho y de la ribera.

Hidrometría e hidráulica. Adicionalmente a los trabajos de topografía se realiza la medición de velocidad y de alturas de lámina de agua, referenciándolas a los trabajos topográficos realizados. El procedimiento consiste en partir de una de las orillas y tomar medidas de profundidad a intervalos preestablecidos, en función de la anchura del cauce. Se recomienda no realizar mediciones a intervalos superiores a  $1/10$  de la anchura del cauce en el transecto.

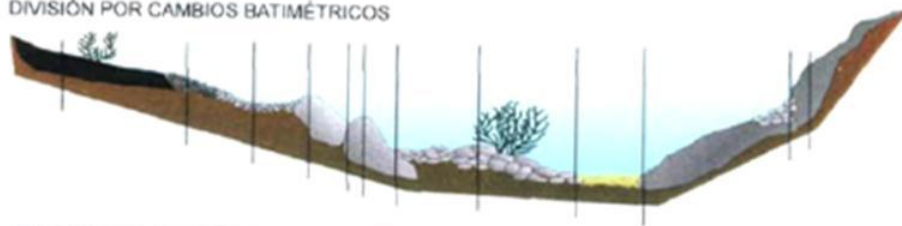




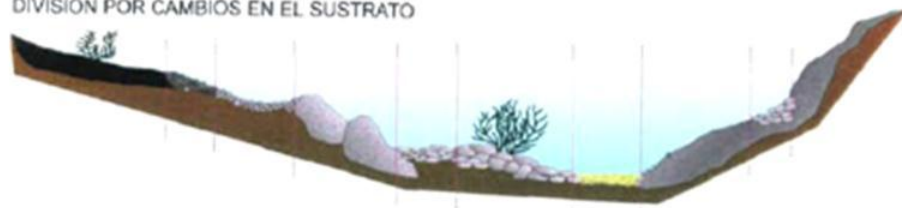




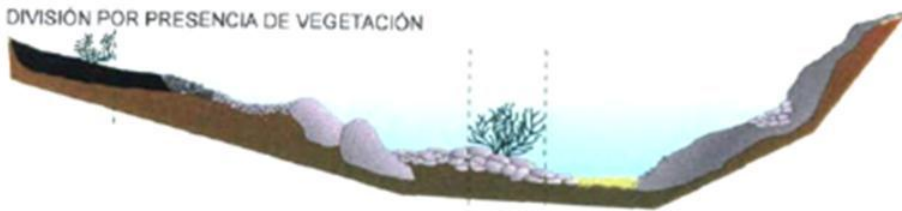
DIVISIÓN POR CAMBIOS BATIMÉTRICOS



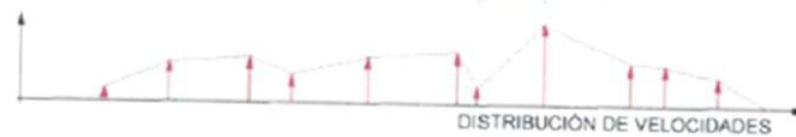
DIVISIÓN POR CAMBIOS EN EL SUSTRATO



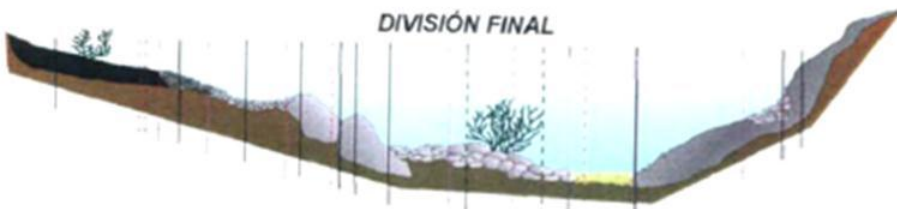
DIVISIÓN POR PRESENCIA DE VEGETACIÓN



DIVISIÓN POR CAMBIOS EN LA VELOCIDAD



DIVISIÓN FINAL



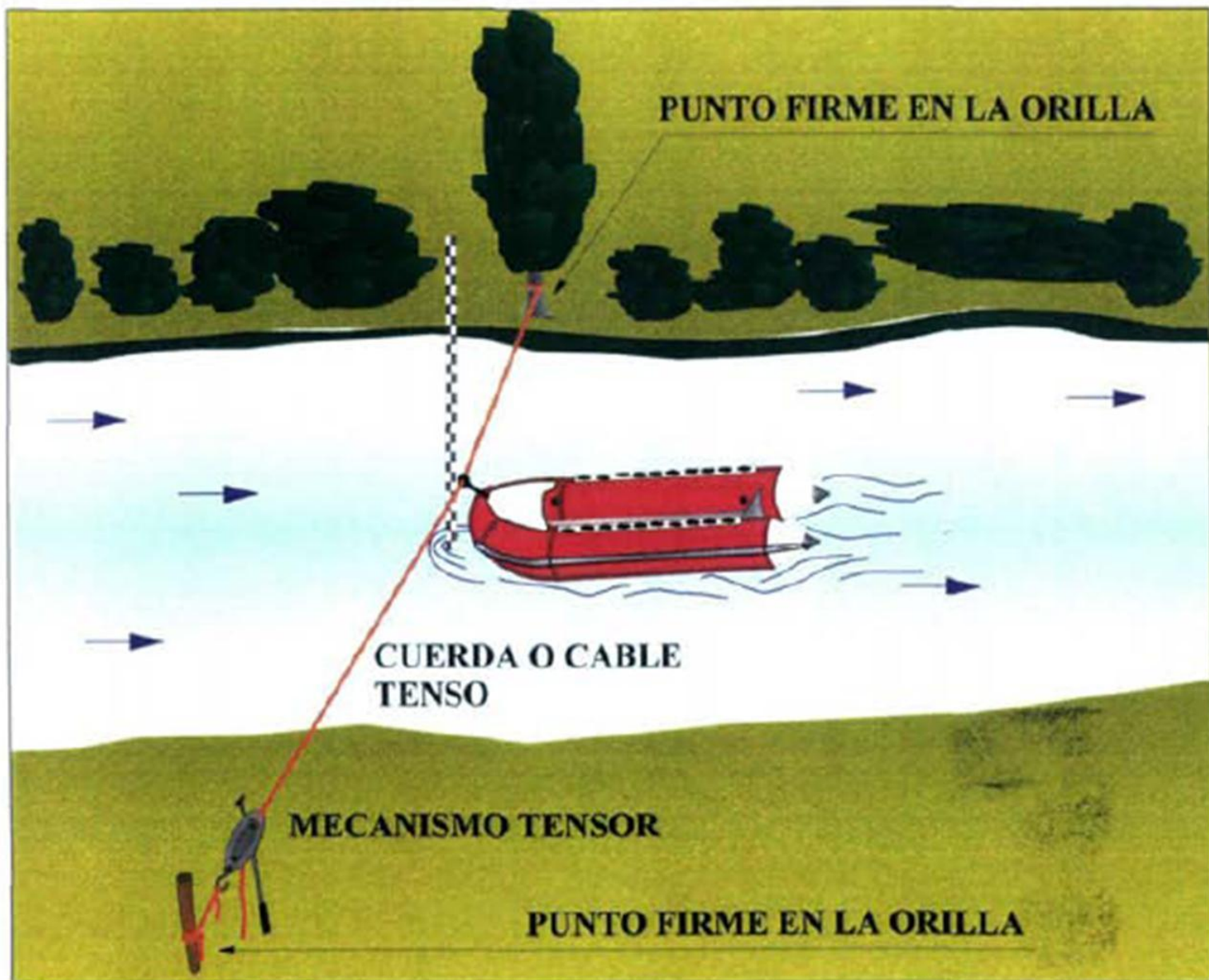


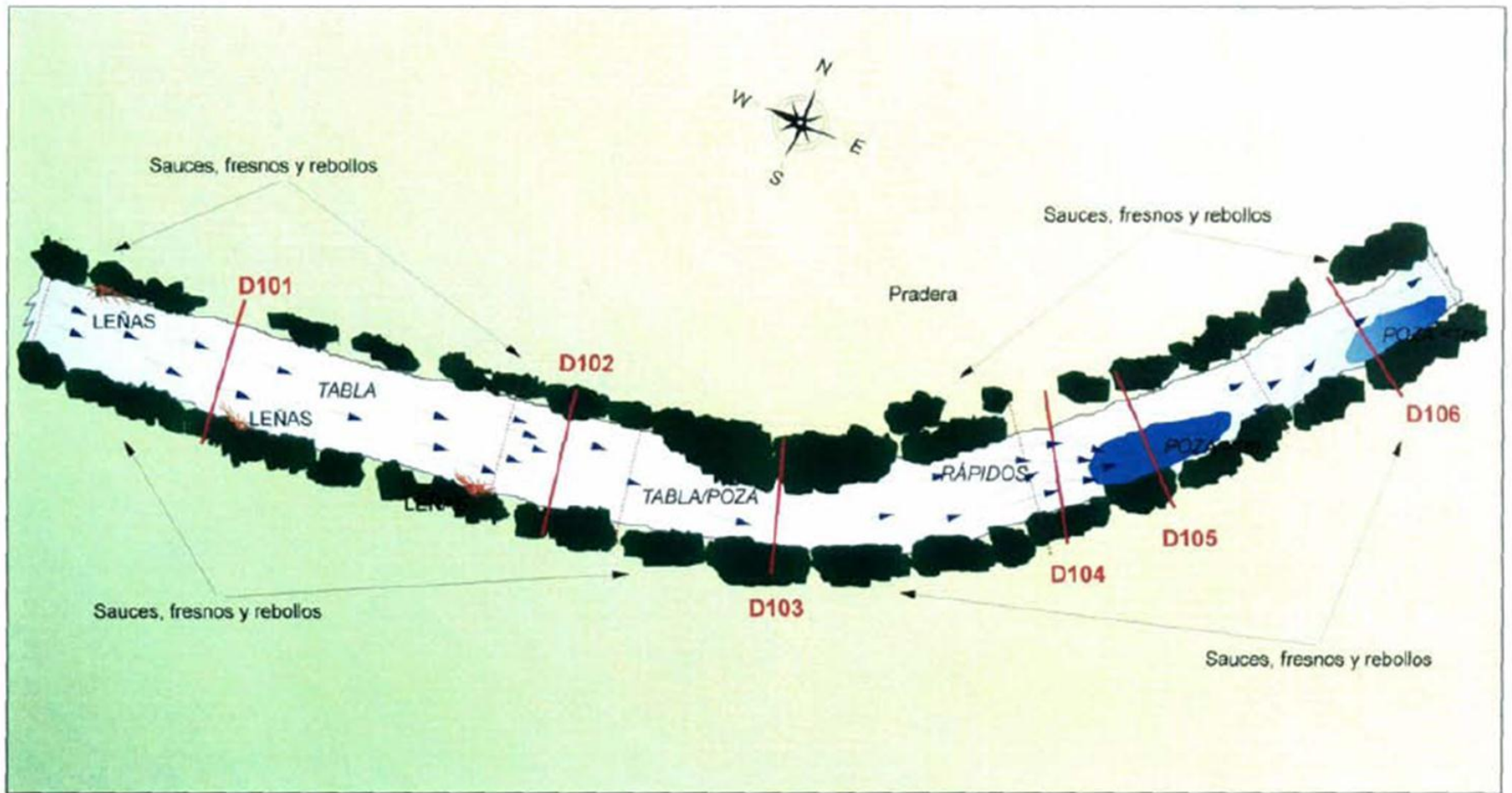
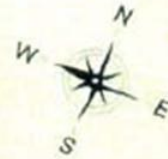
**PUNTO FIRME EN LA ORILLA**

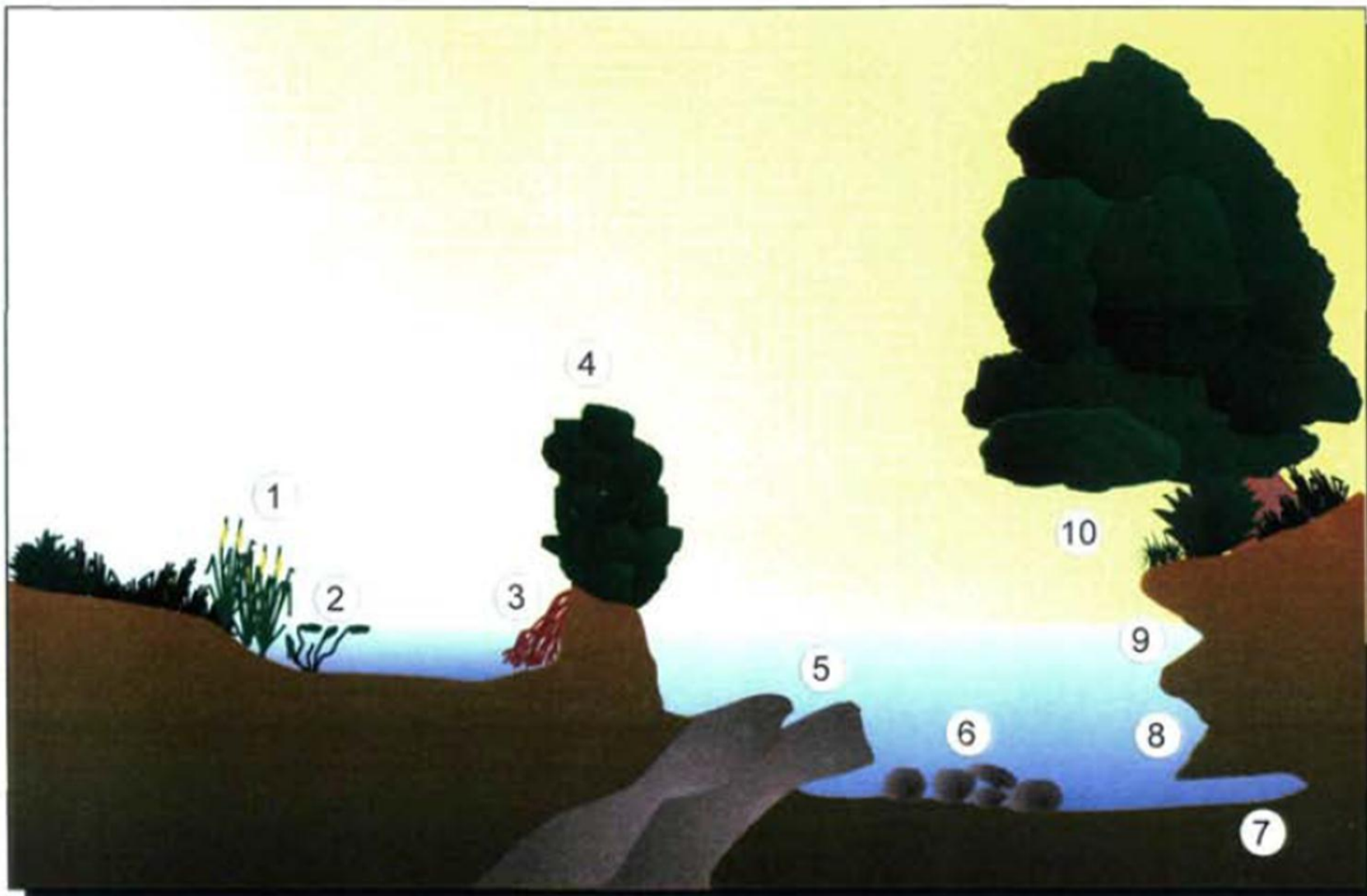
**CUERDA O CABLE  
TENSO**

**MECANISMO TENSOR**

**PUNTO FIRME EN LA ORILLA**







## 5. Evaluación del hábitat fluvial.

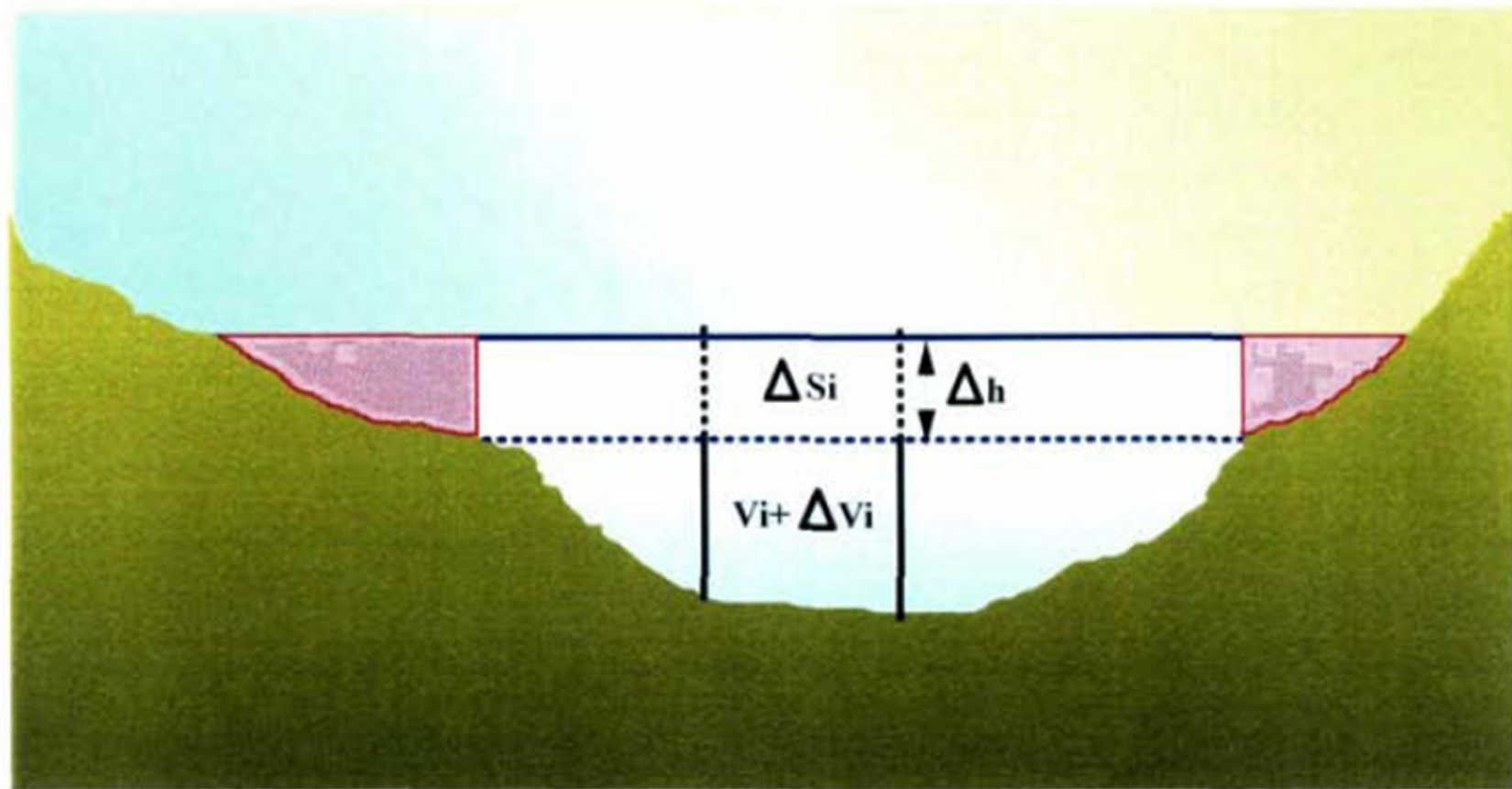
Una vez evaluados todos los elementos del tramo en estudio (estructura física del cauce, parámetros hidráulicos que rigen el escurrimiento y disponibilidad de refugio), se procede a estudiar los efectos originados por los cambios de caudal que vayan a producirse.

Elegida una especie u especies objetivo y conocidas sus preferencias de hábitat, se trata de realizar un cálculo de los cambios que la variación de caudal introduce en la habitabilidad del tramo.

Las funciones de preferencia reflejan la predilección o tolerancia de una especie hacia los distintos valores, que puede tomar un determinado parámetro físico, químico o del hábitat. La preferencia puede evaluarse en función de la probabilidad de encontrar un pez en unas condiciones determinadas, valorándola de 0 a 1.

El parámetro que evalúa la habitabilidad es el Hábitat Potencial Útil (HPU), que es un índice de la anchura realmente utilizable por la especie objetivo, descontados aquellos puntos desfavorables que puedan producirse a lo ancho de la sección; en su valor máximo sería igual a la anchura real.





$\Delta h$ : incremento experimentado por la profundidad

$\Delta Si$ : aumento experimentado por la superficie de la celda

$\Delta Vi$ : variación experimentada por la velocidad de la celda

 Celdas nuevas

Species

RAINBOW TROUT

Life Stages

JUVENILE

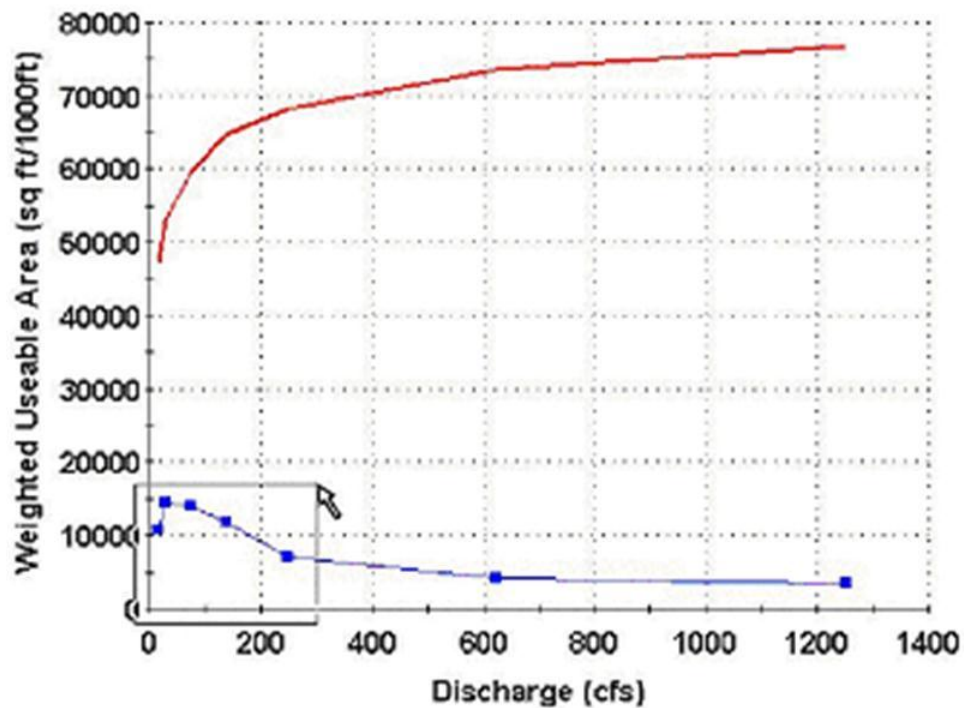
All Life Stages

☒ Total Surface Area☒ Grid Lines

Close

Print

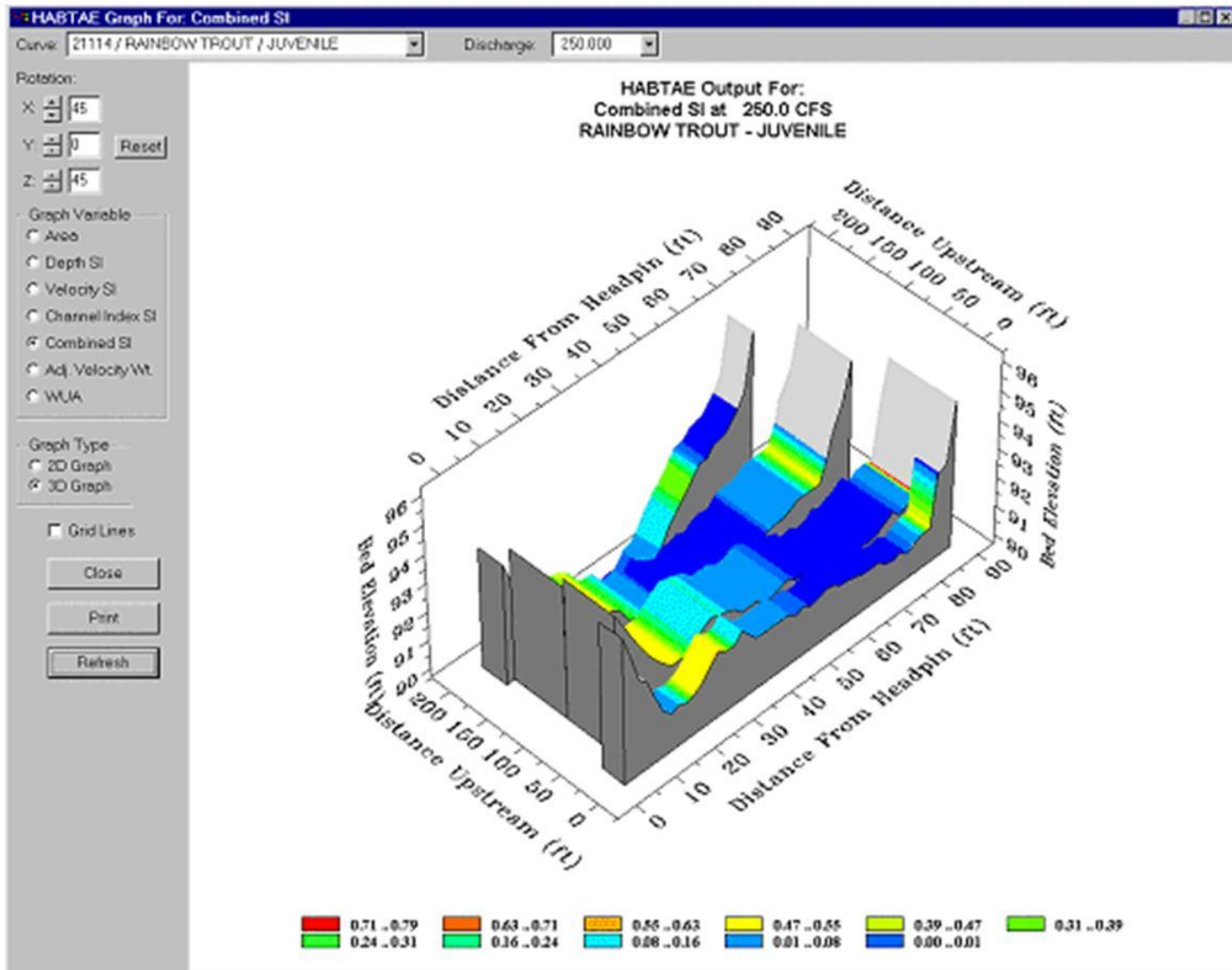
Refresh

HABTAE Flow/Habitat Relations  
RAINBOW TROUT

— Total Surface Area

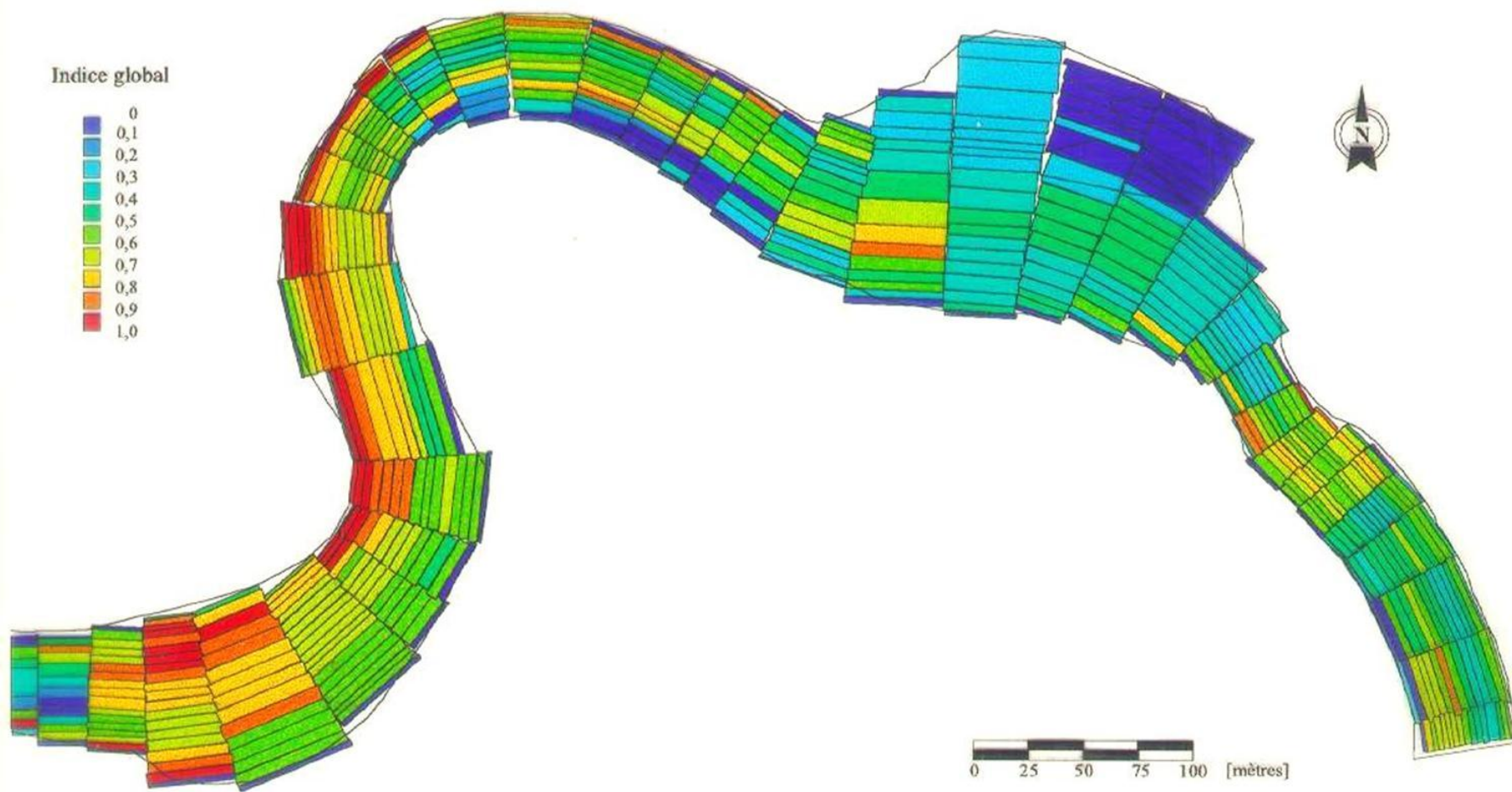
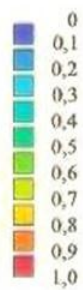
—■— JUVENILE

# PHABSIM (V)

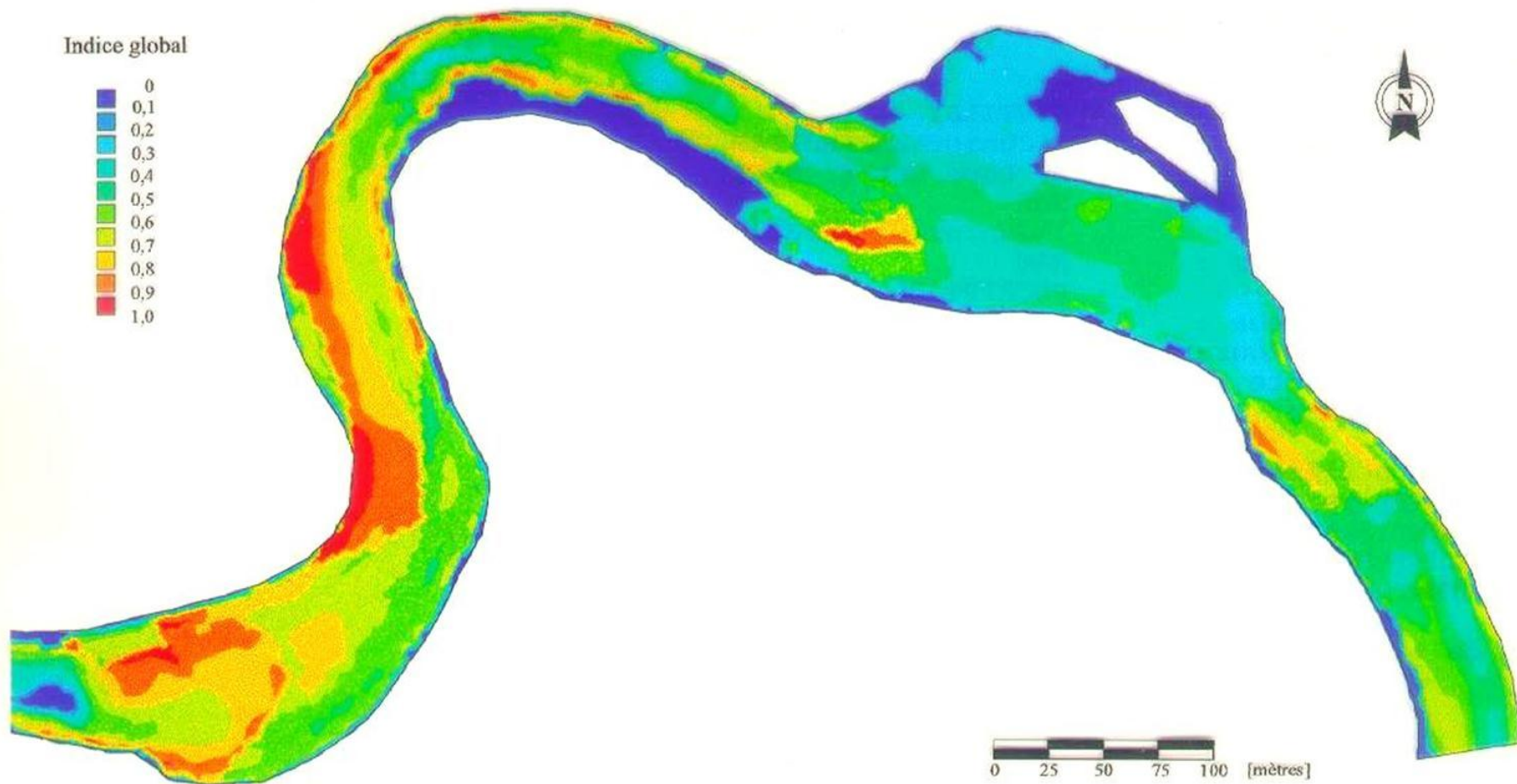
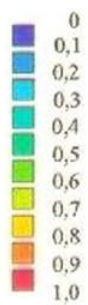




Indice global



Indice global



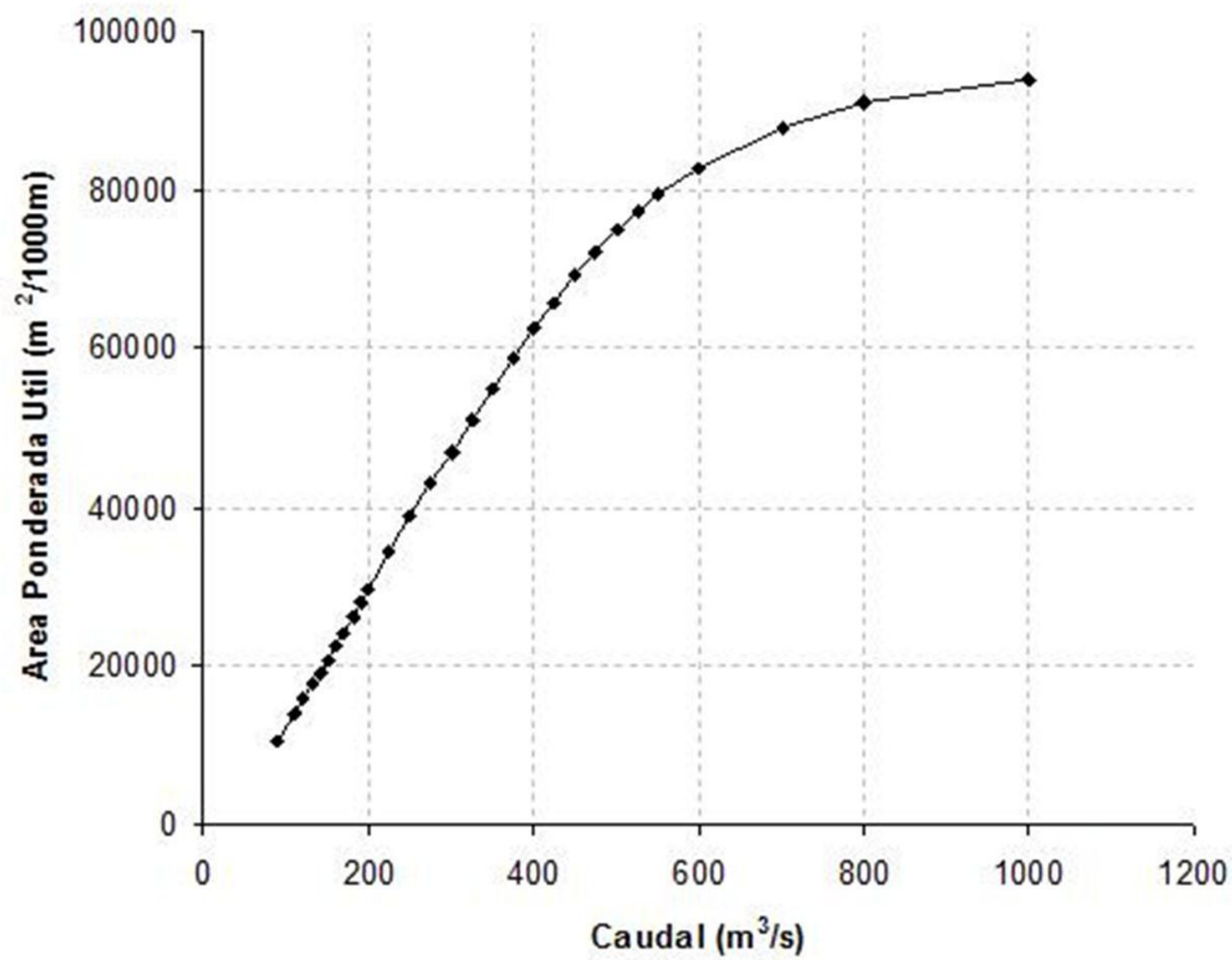
## 6. Formulación de propuestas de caudales ecológicos (I)

### 6.1. *Criterios para formular propuestas de caudales mínimos*

Caudal óptimo potencial. De la observación de las curvas HPU/caudal, surge de inmediato un caudal denominado óptimo potencial, que es aquel correspondiente al máximo que alcanzan estas curvas.

Caudal óptimo. Las curvas HPU/caudal presentan un punto de inflexión, que marca un cambio de comportamiento significativo en el cauce. Para este caudal, los beneficios en hábitat son máximos con el mínimo de caudal posible.

Caudales mínimos o de compromiso. Los caudales óptimos presentados anteriormente son caudales que exclusivamente tienen en consideración las necesidades de las poblaciones acuáticas. En casos donde existe una fuerte presión por los recursos hídricos, se debe estudiar una disminución de los caudales ecológicos respecto a los óptimos biológicos.



## 6. Formulación de propuestas de caudales ecológicos (II)

### 6.2. *Criterios para la determinación de regímenes de caudales ecológicos*

Se deberá considerar la fenología de las especies consideradas. Los procesos biológicos más relevantes son:

Migraciones pre-reproductoras: Se deberán respetar los caudales ecológicos para garantizar la posibilidad de paso de las especies en aquellos puntos críticos presentes en el tramo. Estos caudales han de generar una profundidad suficiente y unas velocidades adecuadas.

Freza: se recomienda determinar un caudal adecuado para la época de freza, según los criterios previamente analizados. Durante este estadio se debe intentar maximizar las posibilidades de reproducción. No obstante, hay que considerar la morfología de la zona, de tal forma que, las exigencias de caudal no vengan impuestas por zonas de freza de difícil acceso y escaso uso, que demanden caudales circulantes muy altos.

## **6. Formulación de propuestas de caudales ecológicos (III)**

Incubación y alevinaje: es evidente que durante el período de incubación los caudales deben ser iguales o un poco menores que los de freza; de tal forma que, no queden zonas en seco donde puedan existir huevos embrionados.

Época de estiaje: Además de atender a la fenología de la zona y a la distribución natural de caudales, se deben considerar las necesidades de los adultos que, de forma general, puede resultar ser el estadio más exigente en esta época del año.