



FIJACIÓN DE REGÍMENES ECOLÓGICOS DE CAUDALES EN EL RÍO PAS (PUENTE VIESGO)

**Diego García de Jalón
Marta González del Tánago**

Diciembre 2001

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS DE MONTES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA FORESTAL
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

RESUMEN

Con motivo de la puesta en marcha del antiguo salto hidroeléctrico situado en el río Pas, en la localidad Puente Viesgo, se hace preciso analizar la adecuación ambiental, tanto de las instalaciones como de su funcionamiento. Este trabajo consiste en una evaluación del ecosistema fluvial afectado por dicha puesta en funcionamiento, en la fijación de un régimen ecológico de caudales circulantes en el tramo derivado desde el azud de derivación hasta la devolución de las aguas turbinadas, en el análisis de las principales afecciones del río, con recomendación de medidas mitigadoras y en el diseño de un Plan de Seguimiento de los efectos ambientales de la Central Hidroeléctrica.

El régimen ecológico de caudales se ha calculado mediante el método de la simulación del hábitat físico del salmón en todos sus estados de desarrollo. Para ello se ha utilizado una simulación en dos dimensiones aplicado a cuatro subtramos representativos del río. Los regímenes ecológicos se ha diseñado separadamente para años secos y húmedos. Los valores de las medias mensuales de estos regímenes expresados en m³/s son los siguientes:

Régimenes de caudales	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Ecológicos húmedo	2.62	3.22	6.00	4.76	3.70	3.69	4.93	3.16	1.52	1.44	0.82	0.87
Seco	1.02	1.26	2.35	1.87	1.45	1.45	1.93	1.23	0.59	0.56	0.32	0.34

Los caudales de Diciembre corresponden a los requerimientos de hábitat del salmón adulto, mientras los de Agosto corresponden a los requerimientos del pinto. El umbral para separar años secos y húmedos corresponde a un modulo anual del año de 10 m³/s.

Después del análisis de la viabilidad del aprovechamiento hidroeléctrico atendiendo a las limitaciones de la concesión de aguas, técnicas y socio-ambientales, se concluye que deben aplicarse solo el régimen ecológico húmedo, tanto en años húmedos como secos.

Los impactos ambientales mas importantes detectados han sido: la degradación de calidad de las aguas, de disminución del caudal circulante durante el estío por extracciones en el subálveo y los obstáculos para la migración de salmónidos. Se prevé que los efectos de estos impactos se intensifiquen en el tramo de río en que se derivan las aguas para turbinar, y por lo tanto han de tenerse en cuenta medidas compensatorias.

Las medidas correctoras propuestas son las siguientes:

- depuración de todos los vertidos de aguas residuales que alcanzan el cauce. Se trata de la puesta en funcionamiento de un Plan de Saneamiento de los Vertidos de toda la Vega del Pas.
- Eliminación de obstáculos y azudes del río deben ser adaptados para que sean remontables por los peces migradores. Para ello, resulta necesaria en el azud de la derivación de la toma de aguas para la central hidroeléctrica la construcción de un pequeña escala de paso. Así mismo, en esta derivación se necesita la dotación de un sistema de cierre de paso (barrera eléctrica) con el objeto de que los peces no se metan en el canal de derivación y acaben en las

turbinas. En cuanto al azud de aguas abajo se propone, bien su eliminación, o bien, rebajar sensiblemente la cota de su coronación.

- Restricción de los bombeos de aguas del subálveo para abastecimiento a Santander, que deben ser acotados en el tiempo (prohibido en estiajes y durante épocas de sequía) y limitado en su cuantía global.

Finalmente, se ha diseñado un Plan de Seguimiento Ambiental para cuando se implemente el aprovechamiento hidroeléctrico y se hagan efectivos los caudales ecológicos en el cauce, de tal manera que se compruebe que no se genera ningún daño ambiental y al mismo tiempo que las predicciones del modelo son compatibles con la conservación del ecosistema fluvial. Este Plan se compone de tres partes:

1. Un análisis en continuo del cumplimiento del en todo momento del régimen ecológico de caudales propuesto.
2. Un monitoreo de las componentes biológicas que mejor indiquen sobre el estado ecológico del tramo afectado, durante al menos tres años.
3. Un seguimiento de la calidad del hábitat físico del cauce derivados del ríos Pas, con especial incidencia en el estado de los frezaderos, niveles de temperatura y oxígeno disuelto de las aguas y de la conectividad fluvial.

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN	3
2.- METODOLOGIA	4
2.1.- ESTIMACION DE CAUDALES ECOLOGICOS	
2.1.1.- Descripción del medio	
2.1.1.1.- Estructura física del cauce	
2.1.1.2.- Estudio del sustrato	
2.1.1.3.- Refugio disponible	
2.1.1.4.- Vegetación de orillas y riberas	
2.1.1.5.- Parámetros físico-químicos	
2.1.2.- Estudio de las condiciones hidráulicas	
2.1.2.1.- Simulación hidráulica	
2.1.2.2.- Curvas de Preferencia	
2.1.2.3.- Determinación del HPU	
3.-RESULTADOS	10
3.1.-TRAMOS FLUVIALES ESTUDIADOS	
3.2.-SIMULACION HIDRAULICA	
3.3.- CURVAS DEL HÁBITAT POTENCIAL ÚTIL (HPU/Q)	
4. REGÍMEN DE CAUDALES ECOLÓGICOS	25
3.1.- ANÁLISIS DEL RÉGIMEN NATURAL DE CAUDALES	
3.2.- PROPUESTA DE REGÍMENES ECOLÓGICOS	
3.3.- VALORACIÓN DEL RÉGIMEN ECOLÓGICO DE CAUDALES	
3.4.- DISEÑO DE AVENIDAS DE MANTENIMIENTO	
5. ANÁLISIS DE IMPACTOS Y PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL	
5.1.- MACROBENTOS: INDICADOR DEL ESTADO ECOLÓGICO DEL RÍO	
5.2.- PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS DE IMPACTOS	
5.3.- PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL	
6. BIBLIOGRAFÍA	34
ANEXO 1: Datos del macrobentos del río Pas	35
ANEXO 2: Fotografías del cauce	

FIJACIÓN DE RÉGIMENES ECOLÓGICOS DE CAUDALES EN EL RÍO PAS (PUENTE VIESGO)

1.- INTRODUCCION

Cada vez tienen mayor importancia en la toma de decisiones sobre los proyectos desarrollados en el medio natural, los impactos ambientales que dichos proyectos pueden traer consigo, debido a la creciente sensibilidad de los países frente a los procesos de degradación de la Naturaleza y la necesidad de conservar o restaurar su patrimonio natural.

Las actuaciones y proyectos llevados a cabo en los ríos están cada vez más condicionados a esta evaluación ambiental de sus efectos, teniendo en cuenta que las grandes y tradicionales obras hidráulicas (presas y encauzamientos) suponen una alteración drástica de su régimen natural de caudales y, como consecuencia de ello, una modificación muy intensa de la composición, estructura y funcionamiento de sus comunidades biológicas (Ward y Standford, 1979; Petts, 1984).

El agua procedente de los ríos, objeto de dichos proyectos, puede ser la base de desarrollo económico de muchas regiones, al ser utilizada como recurso hídrico para regadío, generación de energía eléctrica, etc., de gran interés en zonas empobrecidas o con pocos recursos alternativos de desarrollo.

Pero aún en estos casos es necesario compatibilizar el aprovechamiento del agua como recurso hídrico con el uso para otros fines, como pesca, navegación deportiva (ej. piragüismo, rafting), baños, recreo, mantenimiento del paisaje fluvial o fines científicos, salvaguardando en todos los casos el agua necesaria para el buen funcionamiento del ecosistema fluvial.

El trabajo que aquí se presenta atiende a esta problemática, de tratar de compatibilizar un uso del recurso hídrico con fines hidroeléctricos, con una demanda ambiental y usos recreativos en el tramo medio-alto del río Pas en Cantabria.

El objetivo de este trabajo se centra en proponer un régimen de caudales, aguas abajo del azud de derivación del aprovechamiento hidroeléctrico proyectado, suficiente para el mantenimiento ecológico de los tramos fluviales afectados.

La propuesta que aquí se contempla queda expresada en forma de relaciones cuantitativas entre los caudales circulantes de los respectivos tramos fluviales y la disponibilidad de hábitat para una especie emblemática como es el salmón, cuyo estado de conservación es cada vez más precario (García de Jalón, 1999). Basándonos en estas relaciones se pueden establecer propuestas de caudales circulantes determinadas, que sirven como instrumento negociador en la gestión del agua y, en este caso, en su aprovechamiento hidroeléctrico.

1.1.-OBJETO DEL ESTUDIO

La creciente preocupación ambiental nos empuja a reconsiderar los planteamientos por los cuales en el reparto del recurso agua se han ignorado, o no se han tenido

suficientemente en cuenta, las demandas de este recurso como ecosistema natural a conservar o el aprovechamiento recreativo del mismo para pesca, baños, piragüismo y otros usos recreativos. Para ello, es necesario contar con una evaluación de los regímenes de caudales que al menos, en cada época del año, han de circular por los cauces para asegurar el mantenimiento de dichos ecosistemas fluviales, y que hemos dado en llamar "caudales ecológicos mínimos", siendo este el objetivo del presente trabajo.

La entidad contratante tiene proyectada la puesta en funcionamiento del salto hidroeléctrico abandonado en el término municipal de Puente Viesgo, consistente en un azud de derivación que extrae el agua del río dejando al cauce con un caudal circulante mermado. Se pretende determinar de manera práctica los regímenes ecológicos de caudales mínimos que deben circular por los tramos de río sujetos a detracción de sus caudales naturales.

La solicitud de dicho informe corre a cargo de la empresa Idena Proyectos SL, y a realizar por el Departamento de Ingeniería Forestal de la ETSI de Montes, de la Universidad Politécnica de Madrid.

El objetivo a alcanzar es el de estimar un caudal suficiente para el mantenimiento del ecosistema fluvial en el río Pas, dentro del tramo de río derivado según el proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico, para su adecuación medio-ambiental. Además, se pretende identificar los impactos a que el tramo fluvial se ve sometido y que se puedan ver intensificados por una reducción de caudales, así como proponer las medidas de corrección que mitiguen sus efectos.

Como complemento de estos objetivos se propone la realización de un Plan de Seguimiento Ecológico con la finalidad de contrastar el modelo predictivo en su adecuación al ecosistema fluvial y asegurar que no se genera ningún daño ambiental.

2.- METODOLOGIA

2.1.- ESTIMACION DE CAUDALES ECOLOGICOS

La modificación artificial del régimen hidráulico altera los parámetros físicos y químicos de las aguas, como son el caudal, la velocidad de la corriente, la profundidad, la morfología del cauce, la anchura del lecho y la temperatura de las aguas.

A la vista de estas circunstancias se han venido desarrollando en los últimos años métodos que permiten determinar un **caudal ecológico o caudal mínimo** que garantice la conservación, de forma más o menos estable, del ecosistema fluvial.

Estas metodologías pueden agruparse en dos grandes bloques. Por un lado aquellas, que basadas en criterios más o menos objetivos, fijan estos caudales mínimos a través de fórmulas matemáticas (Método matemático suizo) o relaciones porcentuales (Método de Tennant, 1976). Y por otro lado, los métodos de carácter más empírico basados en el estudio de las características del cauce para determinar unas condiciones mínimas de hábitat.

Dentro de este segundo grupo podemos citar el Método del Perímetro Mojado, pero sobre todo los métodos de Bovee (1978) y Stalnaker (1979). El método de Bovee (IFIM, Instream Flow Incremental Methodology; PHABSIM, Physical Habitat Simulation) se fundamenta en la caracterización del hábitat con el fin de ver, a través de unas curvas que

representan el comportamiento de los animales acuáticos, cual es el uso de ese hábitat por una especie o conjunto de especies. Fleckinger trata de llevar a cabo la caracterización del curso de agua mediante un estudio de las profundidades y velocidades de un tramo, de tal manera que determina el caudal mínimo como aquel que permite una adecuada repartición en el tramo de las distintas zonas de remanso y corriente.

En este estudio nos basaremos en el método IFIM-PHABSIM, con algunas modificaciones, por ser el que integra el mayor número de datos a la vez: hidrológicos, geomorfológicos y biológicos; adaptándolo en lo que se refiere a la caracterización fluvial a la torrencialidad de este río, a la importancia de su flujo subálveo y al ciclo biológico de su especie más significativa.

Esta metodología trata de conocer cual es la estructura real del cauce del río (que podría asemejarse al canal de un curso artificial de agua), para, conocido el caudal que en cada momento lo atraviesa, poder estudiar una variable o conjunto de variables de la corriente.

Para ello se lleva a cabo una caracterización del cauce como una estructura independiente del régimen de caudales. Conocida ésta, puede hacerse un estudio de simulación hidráulica para ver cómo se modifica el sistema de variables que intervienen sobre el río como ecosistema, elemento del paisaje o en su capacidad productiva.

Con esta metodología se dispone de una herramienta de trabajo que permite abordar cualquier problema relacionado con un curso de agua, planteando un conjunto de variables y la forma en que se ven afectadas por los usos que se dan a las aguas o/y a las cuencas vertientes.

En el caso de que se trate de obras que supongan una modificación directa del régimen de caudal del río será necesario determinar cuáles son los caudales que se deben mantener para garantizar que el ecosistema no se vea deteriorado, o bien, cual será la evolución de dicho ecosistema como consecuencia de la aparición de un nuevo régimen de caudales.

2.1.1.- DESCRIPCION DEL MEDIO FISICO

2.1.1.1.- Estructura física del cauce

El primer paso para la aplicación de esta metodología consiste en la caracterización de la estructura del cauce como medio físico independiente del régimen de caudales. Para ello hemos procedido a:

- **Realizar una caracterización del curso de agua mediante la selección de zonas fluviales**, las cuales se considera que definen unas características homogéneas en la red hidrográfica.

- **Conocer en profundidad un tramo de río, representativo de cada zona, mediante una topografía detallada del mismo**. Seleccionando este tramo de forma que reúna las condiciones idóneas para el ecosistema acuático, lo suficientemente grande para

que estén representadas todas las condiciones micro topográficas de la corriente (sector de aguas lentas, rápidos y pozas).

Quedan por tanto caracterizados los elementos del tramo establecidos por Platts *et al.* (1983):

- **Cauce.**- La sección por la que circula la corriente en función de las condiciones de pendiente, sustrato y vegetación. El cauce incluye el lecho de la corriente y los bancos laterales.

- **Bancos.**- Es la parte del cauce que limita el movimiento lateral de la corriente. El tipo de sustrato es el agente que define fundamentalmente la morfología de los bancos.

- **Lecho de corriente.**- La parte de la corriente no considerada como bancos. Esta formado por sedimentos o materiales de mayor tamaño transportados por la corriente. En algunos casos este lecho queda reducido a la propia roca madre.

- **Vegetación inundable.**- Son zonas próximas al cauce que ocasionalmente pueden ser ocupadas por la corriente. Típicamente están pobladas por vegetación de ribera, que en muchos casos tienen y limitan los bancos.

2.1.2.- ESTUDIO DE LAS CONDICIONES HIDRAULICAS

Las características hidráulicas de un río se generan como consecuencia del régimen de caudales. Se trata de ir viendo como a medida que varía este caudal se generan nuevas condiciones de profundidad, velocidad y anchura del cauce.

Esto representa un problema de hidráulica fluvial que no está resuelto satisfactoriamente y requiere recurrir a un proceso de simulación hidráulica. Ahora bien, si en esta simulación hidráulica se hace el supuesto de ir incrementando el tamaño del cauce, se dispone de un dato (el caudal Q) y de dos incógnitas (la sección S y el perímetro mojado X), ya que la forma en que ese caudal se distribuye es en función de la velocidad. Por tanto, debe realizarse esta simulación mediante modificaciones conocidas de la sección y del perímetro mojado, dejando como incógnita el caudal, y esto se consigue dando variaciones a la profundidad.

2.1.2.1.- Simulación hidráulica

El programa de ordenador que hemos utilizado es el **RIVER-2D** (desarrollado por Peter Steffler en la Universidad de Alberta, Canada), que permite la simulación hidráulica seleccionando los caudales que resulten más apropiados para cada caso.

El **RIVER-2D** es un programa que incorpora la metodología IFIM a un modelo hidráulico de simulación en dos dimensiones. Dicha simulación se basa en los principios de conservación de la masa y de los momentos, y en una serie de leyes físicas que relacionan las fuerzas de control y de resistencias con las propiedades de los fluidos en movimiento. La solución de las ecuaciones que gobiernan el movimiento, se alcanza mediante un análisis de elementos finitos discreto que reduce a un número finito de ecuaciones en un número finito de puntos de la red espacio-temporal. De esta manera el álgebra se reduce a la aritmética, que puede ser traducida a código de ordenador.

Las condiciones de contorno con las que se ajusta el modelo hidráulico del **RIVER-2D** se basan en la altura y el caudal en la sección de entrada y de la altura de agua en la sección de salida o de aguas abajo. En especial, es necesario obtener una relación entre el caudal circulante (por unidad de anchura) y la altura del agua a la salida del tramo, que normalmente se obtiene empíricamente aforando a diferentes niveles de agua. En nuestro caso hemos ajustado la ecuación:

$$q = b \cdot d^{1,6666}$$

donde 'q' es el caudal por unidad de anchura (m²/s), 'b' es una constante que ajustamos en base a los datos de orilla y puntos con cota de la superficie del agua, y 'd' es la altura del agua en un punto de la sección.

El coeficiente de rugosidad empleado se fija por las características granulométricas y morfológicas del lecho, y en el modelo **RIVER-2D RIVER-2D** se evalúa a través del coeficiente de la 'altura límite de rugosidad efectiva' (k_s), ya que tiende a mantenerse constante en un espectro más amplio de profundidades.

La utilización de un modelo bidimensional aporta ventajas significativas sobre los modelos de una dimensión, actualmente usados convencionalmente, pues frente a la visión del río en base a secciones transversales exclusivamente, aportan mapas reales donde se ubican con precisión las partes del hábitat fluvial más críticas en caudales reducidos.

2.1.2.2.- Curvas de Preferencia de la fauna

Las Curvas de Preferencia se definen para cada uno de los parámetros hidráulicos que determinan el hábitat fluvial. Se refieren al grado de adecuación de la fauna acuática a los distintos valores que toman dichos parámetros cuando varían los caudales, según su espectro ecológico. Cada especie encuentra su óptimo en un rango de variación de cada parámetro y fuera del mismo tolera las condiciones existentes o dejan de poder existir ante ellas. Se puede así definir para cada parámetro una curva de preferencia de alguna especie representativa de la fauna del río (normalmente se elige la trucha u otro pez abundante), que se uniformiza para fluctuar entre 0 y 1, de forma que se da el valor 0 para valores del parámetro que resulten intolerables, y el valor 1 para aquellos valores del parámetro hidráulico que resulten óptimos para la especie.

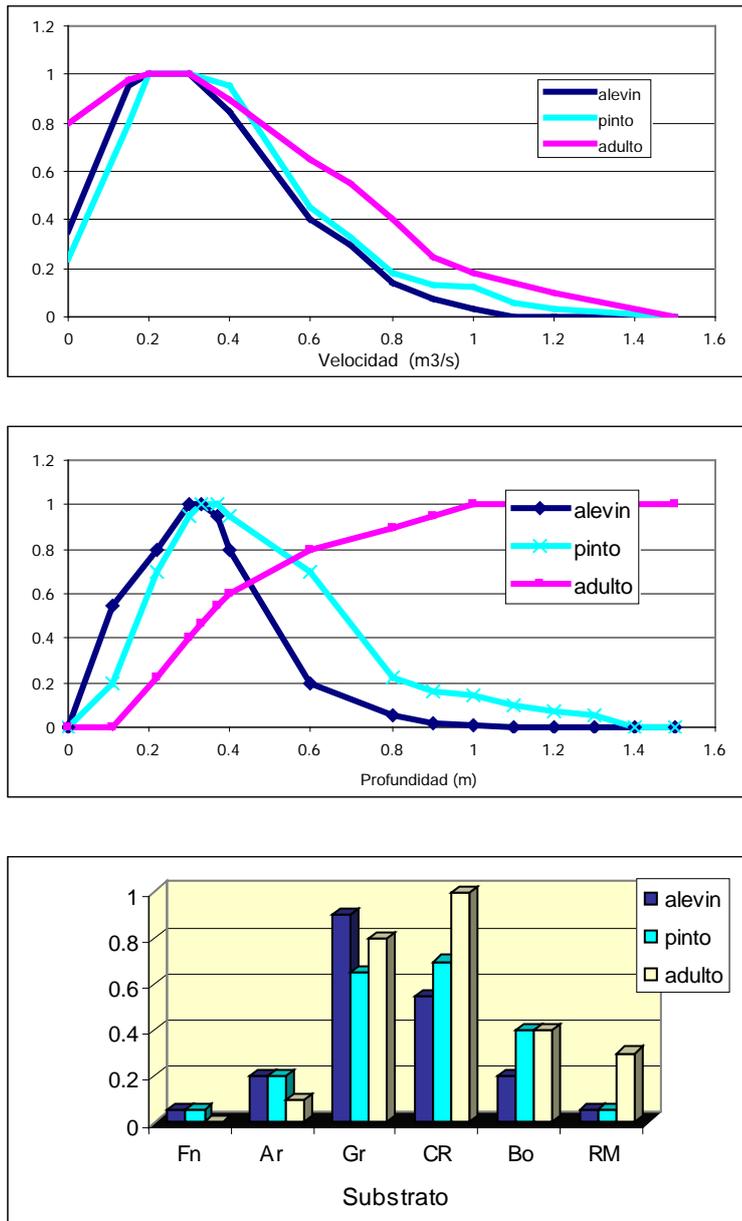


Figura nº .- Curvas de preferencia de los tres estados de desarrollo del salmón atlántico (*Salmo salar*) para los parámetros a) profundidad (Heggens,1990); b) velocidad del agua (modificado de Heggens,1990); y c) sustrato.

Hemos utilizado las curvas de preferencia del salmón atlántico (*Salmo salar*) por ser la especie más emblemática del río Pas, cuya tradicional pesca, no solo es atractivo turístico y deportivo sino que también es una componente significativa en la cultura antropológica de la región. Además, el hecho que sus poblaciones hayan disminuido fuertemente en las últimas décadas nos hacen pensar en que su supervivencia está amenazada y debemos prevenir todo posible impacto. En la figura 1 se exponen los valores de estas curvas de preferencia para las variables profundidad, velocidad y sustrato, y referidas a sus tres estados de desarrollo.

2.1.2.3.- Determinación del hábitat potencial útil

Se trata de establecer una combinación de condiciones hidráulicas (velocidad y profundidad), tipo de cauce (sustrato, refugios) y características del agua (condiciones químicas y de temperatura), óptimas para cada especie y estado de vida.

En este trabajo hemos recogido información relativa a datos sobre profundidad, velocidad media y sustrato, de cada punto del tramo del cauce definido por su topografía, y representativo de una celda del mismo según la malla asignada a dicha representación topográfica.

El Hábitat Potencial Útil se mide en términos de superficie (m²). La superficie de cada celda se pondera mediante un índice de conformidad, C_{is} , el cual refleja la preferencia relativa de cada uno de los estados de desarrollo del salmón para cada uno de los valores de los parámetros físicos considerados (velocidad, profundidad y sustrato) propios del punto y para un valor del caudal circulante. Esto da un valor del hábitat potencial por celda, llamado anchura ponderada útil (HPU) para cada uno de los tres estados de desarrollo. Para cada celda el HPU se determina por:

$$HPU = C_{is} * A_{real}$$

siendo celda, y C_{is} el índice de conformidad por combinación de características de la celda para la especie o especies consideradas. Estos índices son únicos para cada estado de vida de la especie, incluso en algunos estados puede ser diferente dependiendo de la actividad (por ejemplo el desove).

A su vez, el índice de conformidad C_{is} se cuantifica como la media geométrica de los coeficientes de velocidad (C_v), profundidad (C_p) y sustrato (C_s), obtenidos a partir de las curvas de preferencia respectivas al introducir los correspondientes valores del punto:

$$C_{is} = (C_v \cdot C_p \cdot C_s)^{1/3}$$

Este cálculo se aplica a cada celda, considerando los distintos estados de vida de la especie y para cada valor de caudal considerado. El HPU del tramo se obtendrá por:

$$HPU_T = \sum C_{is} * A_{real\ i}$$

Si ello se realiza para distintos caudales se obtendrán relaciones numéricas que permiten conocer como evoluciona el HPU en función del caudal circulante en cada momento.

3.-RESULTADOS

3.1.- TRAMOS FLUVIALES ESTUDIADOS

Se han seleccionados cuatro tramos fluviales para su estudio, localizados dentro de una zona del río Pas situada aguas arriba de Puente Viesgo y de su tramo encajonado, y por debajo del azud de derivación que desvía el agua del cauce hasta las turbinas ubicadas en el encajonamiento del río. Se trata de un tramo de río de montaña con pendientes fuertes y granulometría gruesa. Los tramos seleccionados representan condiciones hidráulicas diferentes (rápidos, tablas, remansos y pozas), y tienen aproximadamente unos 80-100 m de longitud y una anchura variable entre – y -- m. En la figura 3 se representan la localización de los cuatro tramos estudiados en dicha zona.

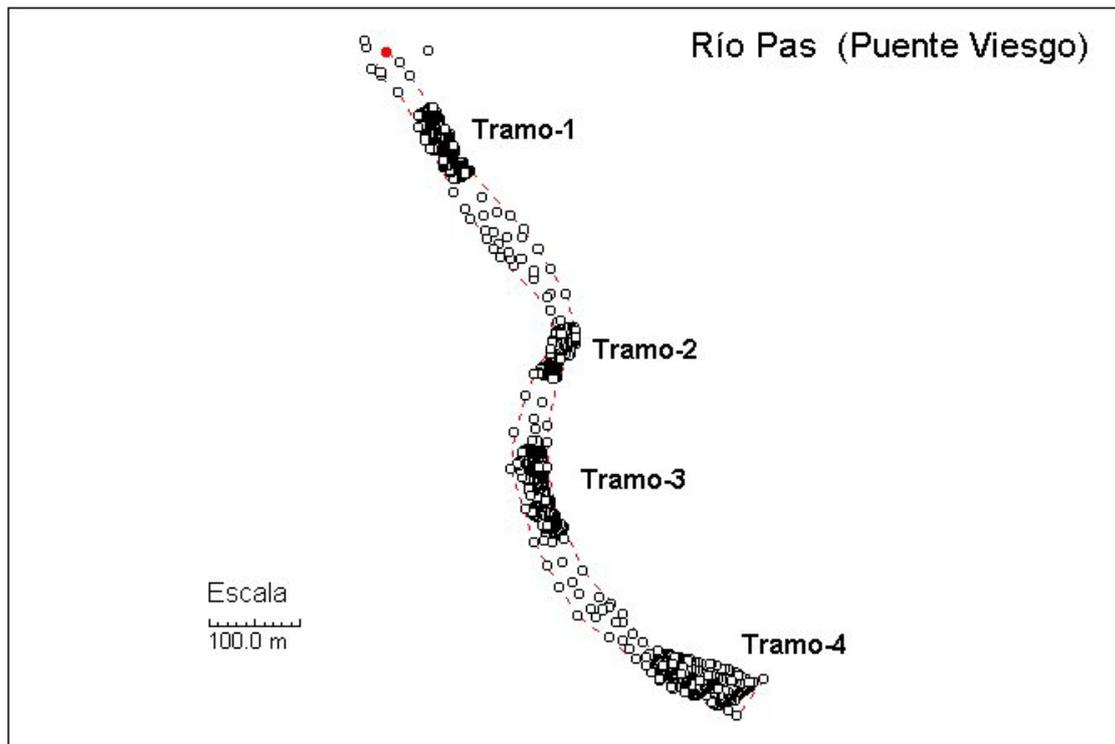


Figura 3.-Mapa de localización de los tramos de muestreo.

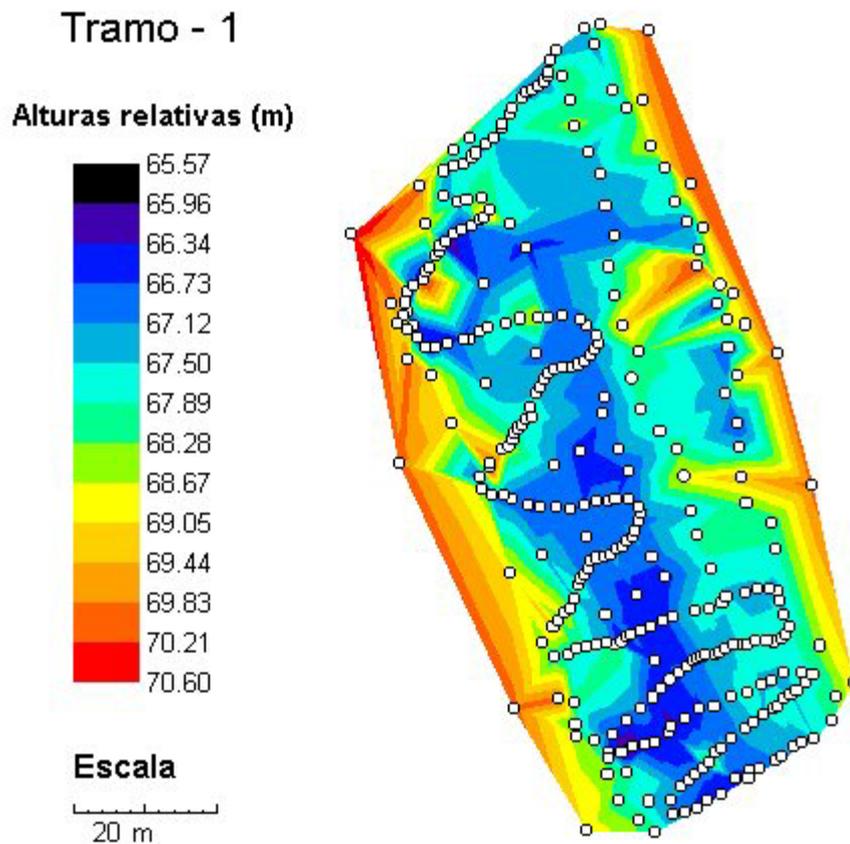
Tabla nº1.- Características de los tramos muestreados: caudal medio anual (modulo), superficie de cuenca drenada y altitud.

Longitud del tramo (m)	Anchura del cauce (m)	Caudal medio (m3/s)	Superficie drenada (Km2)	Altitud (m)
900	32	9.8		

En las figuras 4 a 7 se representan los cuatro tramos en planta con los puntos topográficos y su respectiva representación topográfica del lecho del cauce. las secciones transversales analizadas.

El tramo primero del Pas es una zona de cauce recto de 105 m de longitud, con una anchura de 40 a 45 metros.

Figura nº 4.- Mapa del tramo nº1 del río Pas, localizado inmediatamente aguas abajo del



azud de derivación. Se representan las cotas relativas del fondo y los puntos topográficos que sirvieron para su elaboración.

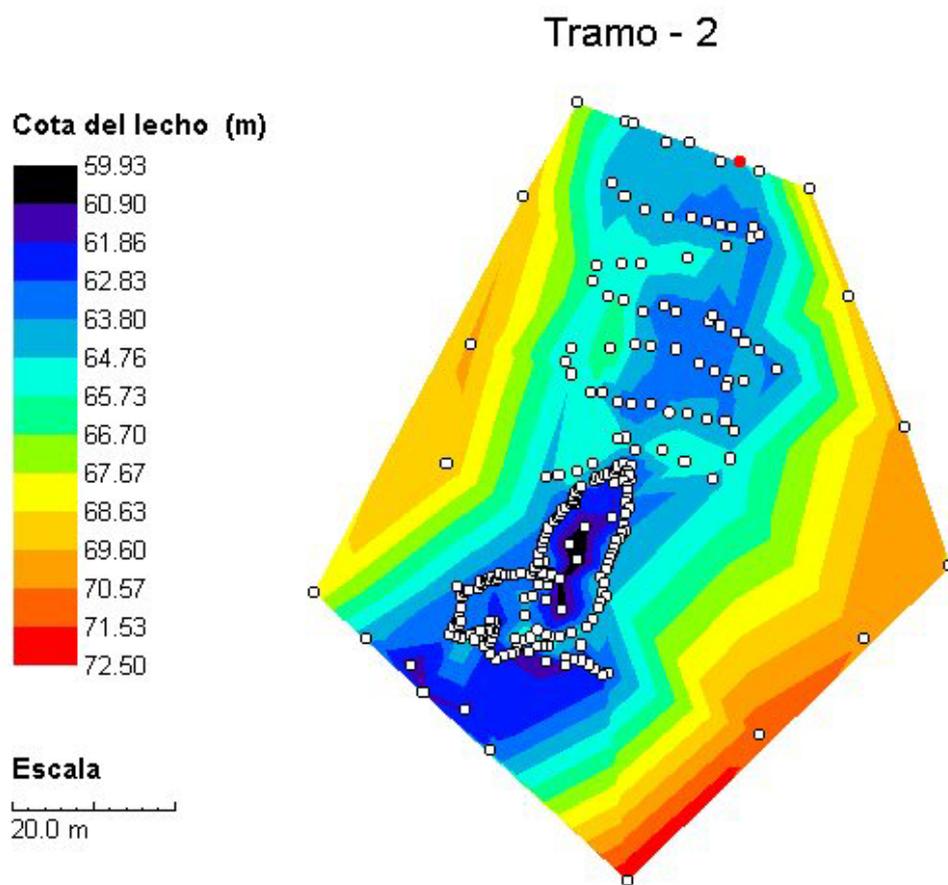


Figura n° 5.- Mapa del tramo n°2 del río Pas. Se representan las cotas relativas del fondo y los puntos topográficos que sirvieron para su elaboración.

El tramo dos del Pas corresponde a un encajonamiento del río, es un tramo curvo de mas de 62 m de longitud, con una anchura de cauce variable entre 22 y 28 metros. El caudal medio anual del río en el tramo es de 9,8 m³/s.

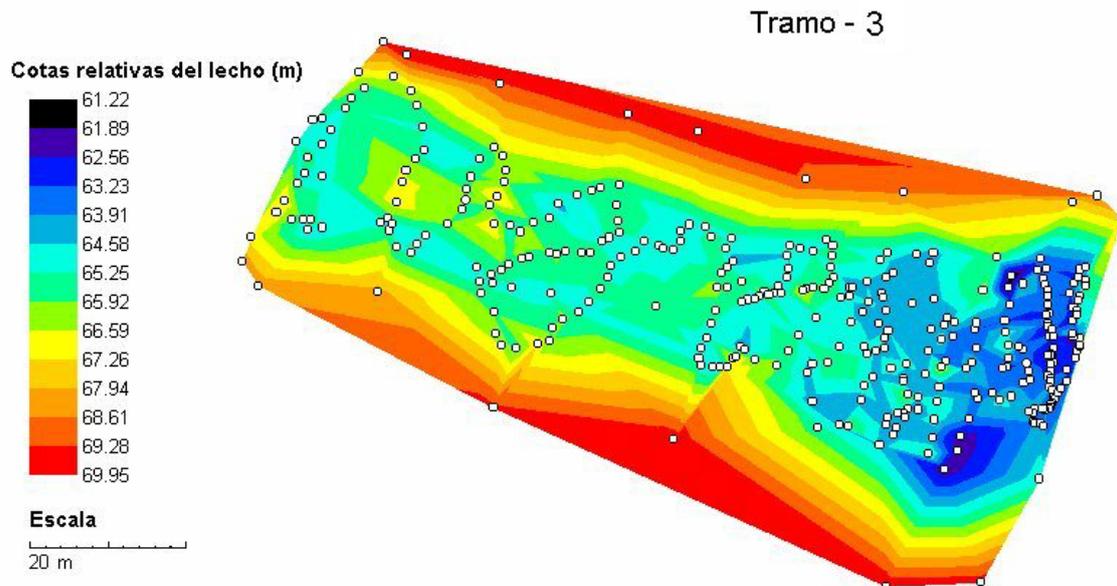


Figura nº 6.- Mapa del tramo nº3 del río Pas. Se representan las cotas relativas del fondo y los puntos topográficos que sirvieron para su elaboración.

El Tramo tres del Pas es un tramo recto de mas de 105 m de longitud, cuya anchura varia entre 24 y 28 metros.

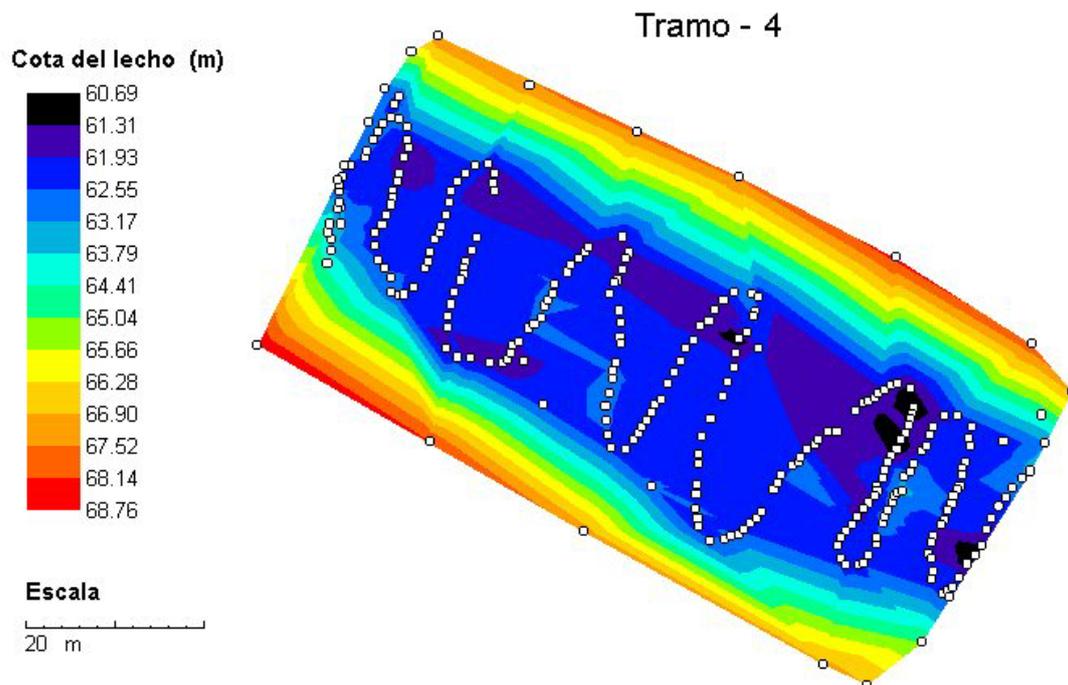


Figura n° 7.- Mapa del tramo n°4 del río Pas, localizado inmediatamente aguas arribajo del azud de derivación. Se representan las cotas relativas del fondo y los puntos topográficos que sirvieron para su elaboración.

El tramo cuarto del Pas es un tramo recto de unos 86 metros de longitud y con una anchura del cauce entre 33 y 35 metros.

3.2.-SIMULACION HIDRAULICA

La medición de campo se realizó durante el mes de Julio del 2001, entre los días 6 y 7. El caudal circulante que se aforó durante los trabajos topográficos de campo corresponde a 1.05 m³/s.

En el ajuste de la ecuación: $q = b \cdot d^{1.6666}$ (donde 'q' es el caudal por unidad de anchura (m²/s), 'b' es una constante que ajustamos en base a los datos de orilla y puntos con cota de la superficie del agua, y 'd' es la altura del agua en un punto de la sección), el parámetro 'b' ajustado a cada tramo se expone en la tabla n° 2.

Tabla n° 2 .- Datos cota de entrada y salida en los 4 tramos del río Pas (Puente Viesgo) estudiados medidos el 6 de Julio del 2001, y valores del coeficiente de caudal específico en calado ajustados al modelo de simulación 'River-2D'.

	Cota de entrada (m)	Cota de salida (m)	Coeficiente de caudal (m ^{1.33} /s)
Tramo-1	67.39	66.92	1.245
Tramo-2	65.37	64.73	0.068
Tramo-3	63.94	63.70	0.038
Tramo-4	63.32	63.06	1.500

La simulación Hidráulica nos permite visualizar de manera gráfica la evolución del nivel de las aguas, la inundación progresiva de las orillas y, lo que es más importante, el modo en que varía la velocidad del agua en cada una de las celdas designadas en cada transecto. De este modo, utilizando las curvas de preferencia se puede conocer posteriormente qué celdas o qué área del transecto es susceptible de ser "habitable" para las especies estudiadas.

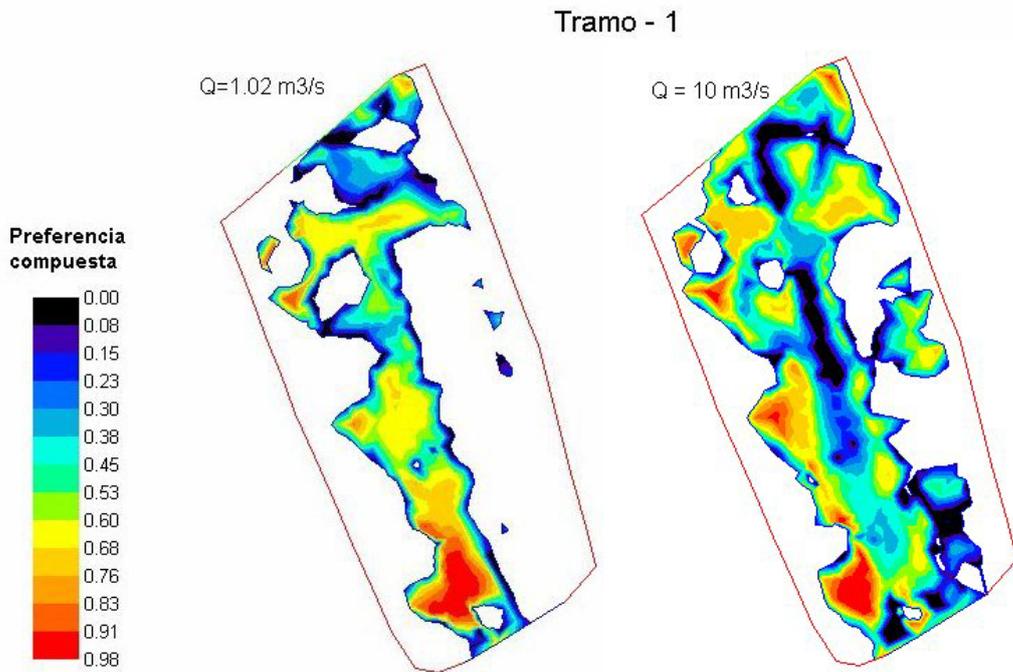
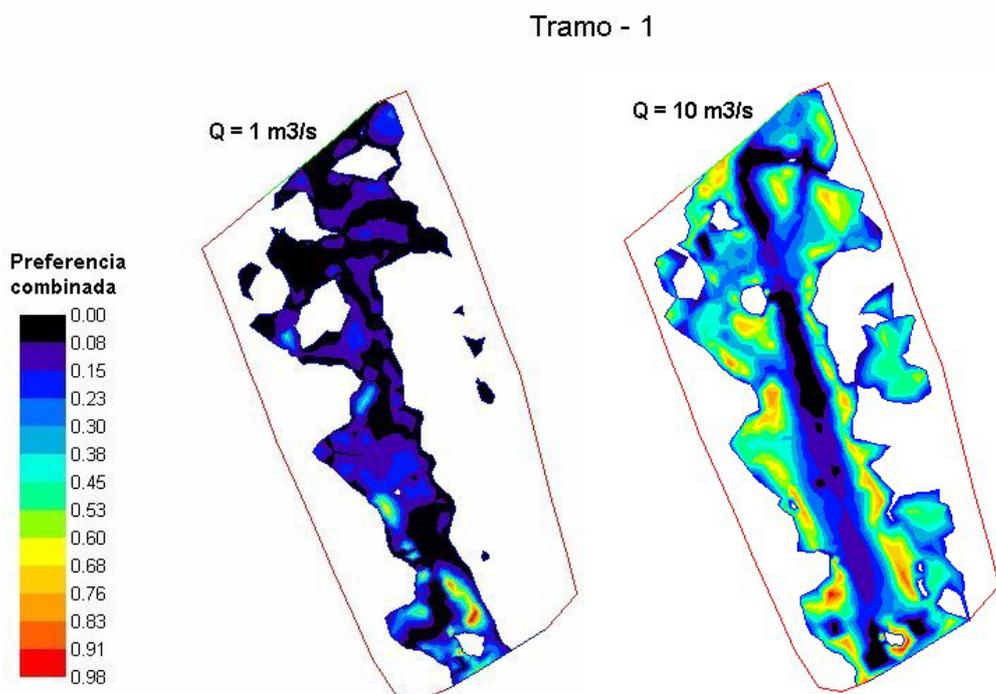


Figura n°8.- Planos del tramo n° 1 del río Pas en que representan dos simulaciones diferentes: un caudal bajo (1 m³/s) y otro medio (10 m³/s); en los que se refleja la distribución de los valores del Hábitat Potencial Útil (HPU) del adulto de salmón.

Figura n° 9 .- Planos del tramo n° 1 del río Pas en que representan dos simulaciones diferentes: un caudal bajo (1 m³/s) y otro medio (10 m³/s); en los que se refleja la distribución de los valores del Hábitat Potencial Útil (HPU) correspondientes al alevín de salmón.

Figura n°10 .- Planos del tramo n° 1 del río Pas en que representan dos simulaciones diferentes: un caudal bajo (1 m³/s) y otro medio (10 m³/s); en los que se refleja la



distribución de los valores del Hábitat Potencial Útil (HPU) correspondiente al pinto de salmón.

3.3.- CURVAS HPU/CAUDAL

Una vez realizada la simulación, el programa el **RIVER-2D** permite incorporar las curvas de preferencia de las distintas especies de referencia. Con ello podemos analizar como se modifican las condiciones del cauce respecto a los requerimientos de las especies en función de los distintos caudales simulados. Estas curvas de Hábitat Potencial Útil en función de los caudales circulantes, se han construido para cada tramo por separado y para cada uno de los estados de desarrollo del salmón. Así mismo, se han desarrollado unas curvas combinadas de los cuatro tramos, también para cada uno de los tres estados de desarrollo.

Los resultados se manifiestan en las gráficas HPU/Q que se exponen a continuación en las figuras agrupando las curvas de los distintos estados de desarrollo en cada tramo. En los cuatro tramos podemos observar como los adultos exigen una superficie de hábitat muy superior a la que exigen los pintos y alevines y, a su vez estos primeros exigen algo mas que los últimos. Observamos que las curvas tienen unos valores máximos, por lo que nos interesará cuantificar estos valores (HPU_{max}) y los caudales que generan estas condiciones óptimas de hábitat (Q_{opt}). Como criterio comparativo hemos expuesto el caudal mínimo (Q_{75HPU}) que genera un Hábitat Potencial correspondiente al 75% del HPU máximo.

Con objeto de cuantificar la eficacia que los diferentes niveles de caudal tienen como generadores de hábitat, se han incluido las curvas derivadas de las curvas HPU/Q anteriores, ya que representan la variación de la pendiente de estas curvas en función del caudal circulante. Como criterio comparativo hemos seleccionado el caudal mínimo que corresponde con una pendiente de 100 s/m.

Como consecuencia del análisis de estas curvas podemos señalar algunos caudales base que nos definan criterios para asignar los mínimos flujos compatibles con la vida del río. En las tablas nº 3, 4, 5, 6 y 7 exponemos estos Caudales básicos para los requerimientos de los diferentes estados de desarrollo en cada uno de los tramos y los generados a partir de la curva combinada.

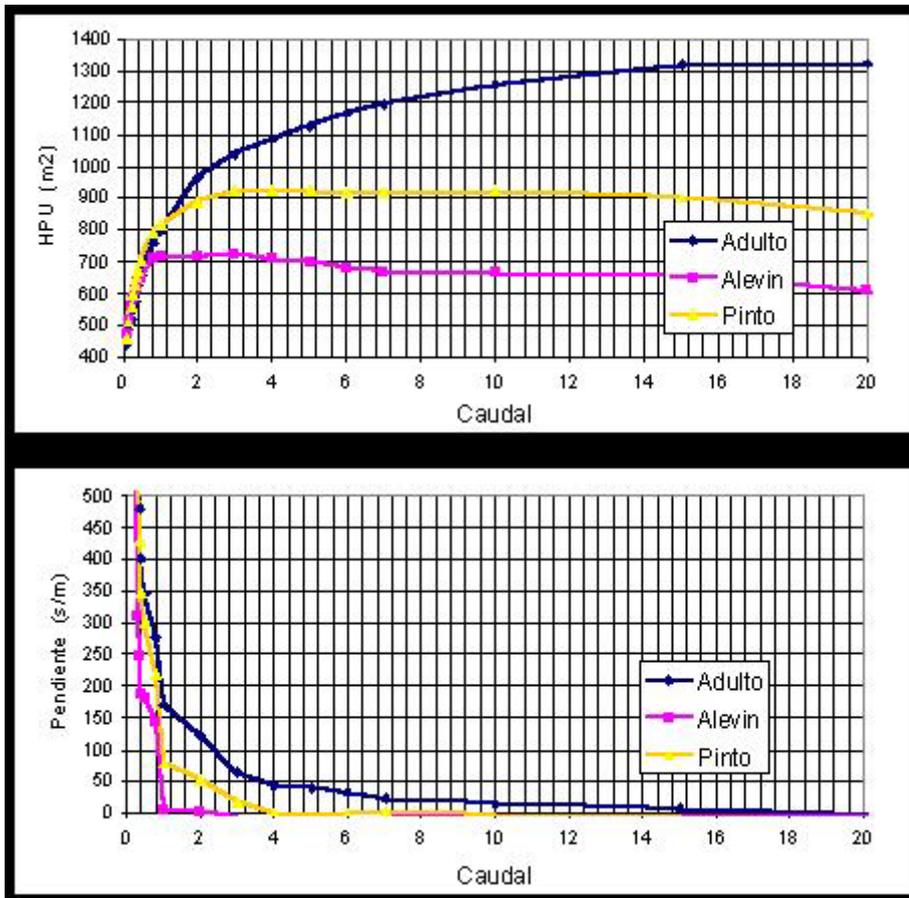


Figura n° 11.- Curvas de la fluctuación del hábitat potencial unit de los tres estados de desarrollo del salmón y de su respectiva derivada (pendiente) con el caudal circulante por el cauce en el Tramo n° 1.

Tabla n° 3.- Valores de los caudales básicos (cambio de pendiente inferior y superior, de pendiente 100 y del 75% del caudal óptimo) correspondientes a las necesidades de hábitat de los adultos, alevines y pintos de *Salmo salar* en el tramo 1.

TRAMO-1	Adulto	Alevín	Pinto
HPU máximo (m ²)	1325	723	925
Q óptimo (m ³ /s)	20	3	10
75% HPU _{max} (m ²)	994	542	694
Q75HPU (m ³ /s)	2.1	0.2	0.45
Q100 (m ³ /s)	2.3	0.88	0.97
Qcp inferior (m ³ /s)		0.3	0.7
Qcp superior (m ³ /s)		0.7	2

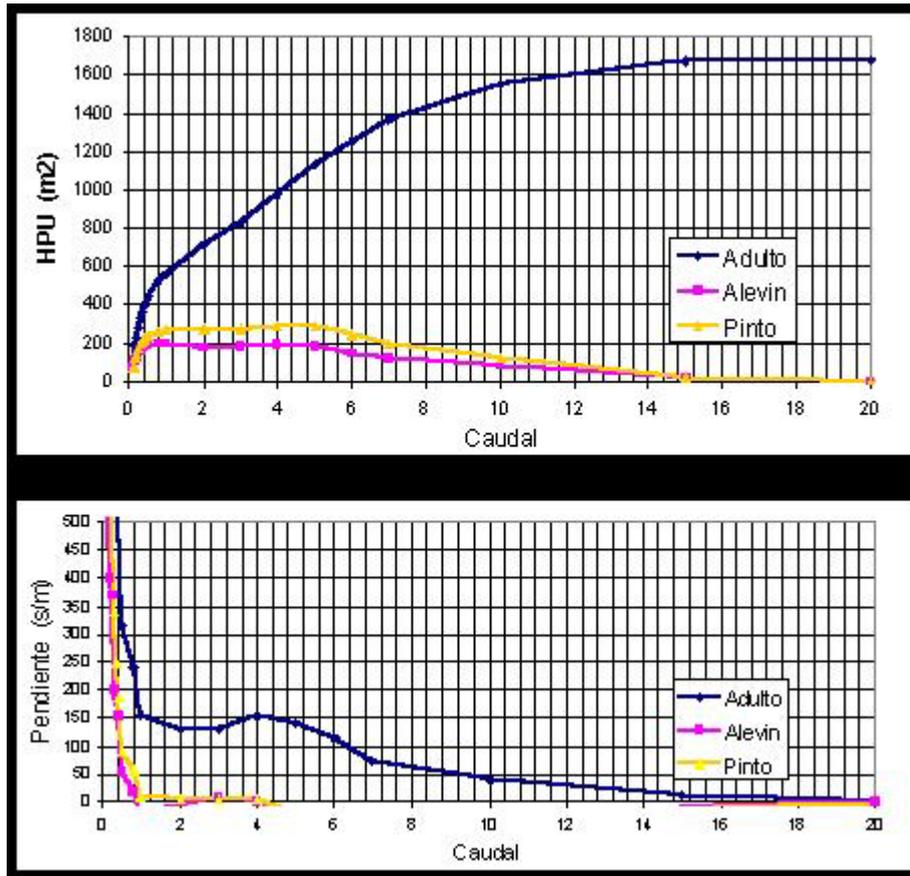


Figura n° 12.- Curvas de la fluctuación del hábitat potencial útil de los tres estados de desarrollo del salmón y de su respectiva derivada (pendiente) con el caudal circulante por el cauce en el Tramo n° 2.

Tabla n° 4.- Valores de los caudales básicos (cambio pendiente inferior y superior, de pendiente 100 y del 75% del caudal óptimo) correspondientes a las necesidades de hábitat de los adultos, alevines y pintos de *Salmo salar* en el tramo 2.

TRAMO-2	Adulto	Alevín	Pinto
HPU máximo (m ²)	1683	201	287
Q óptimo (m ³ /s)	40	0.8	5
75% HPU _{max} (m ²)	1262	151	215
Q75HPU (m ³ /s)	6.5	0.28	0.36
Q100 (m ³ /s)	6.35	0.45	0.49
Qcp inferior (m ³ /s)	1	0.3	0.3
Qcp superior (m ³ /s)	7	0.4	0.4

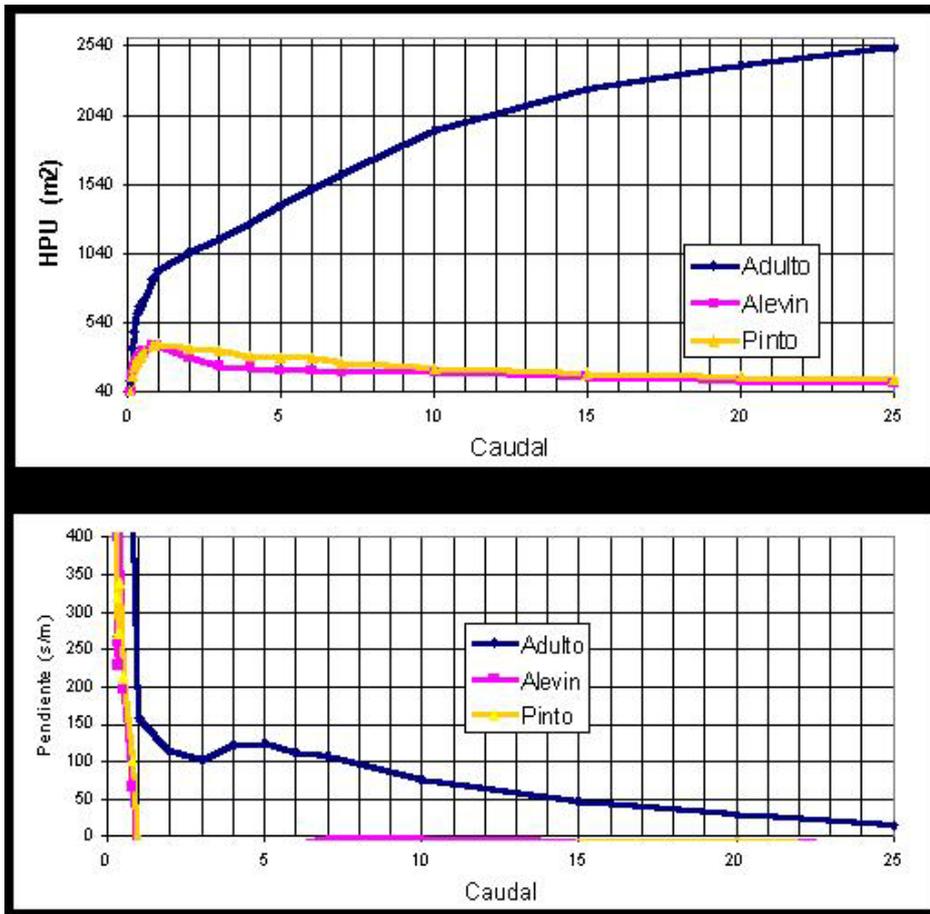


Figura n° 13.- Curvas de la fluctuación del hábitat potencial útil de los tres estados de desarrollo del salmón y de su respectiva derivada (pendiente) con el caudal circulante por el cauce en el Tramo n° 3

Tabla n° 5.- Valores de los caudales básicos (cambio pendiente inferior y superior, de pendiente 100 y del 75% del caudal óptimo) correspondientes a las necesidades de hábitat de los adultos, alevines y pintos de *Salmo salar* en el tramo 3.

TRAMO-3	Adulto	Alevín	Pinto
HPU máximo (m ²)	2546	381	387
Q óptimo (m ³ /s)	30	1	1
75% HPUmax (m ²)	1910	286	290
Q75HPU (m ³ /s)	9	0.35	0.37
Q100 (m ³ /s)	3	0.66	0.81
Qcp inferior (m ³ /s)	2	0.5	0.5
Qcp superior (m ³ /s)	10	0.8	0.8

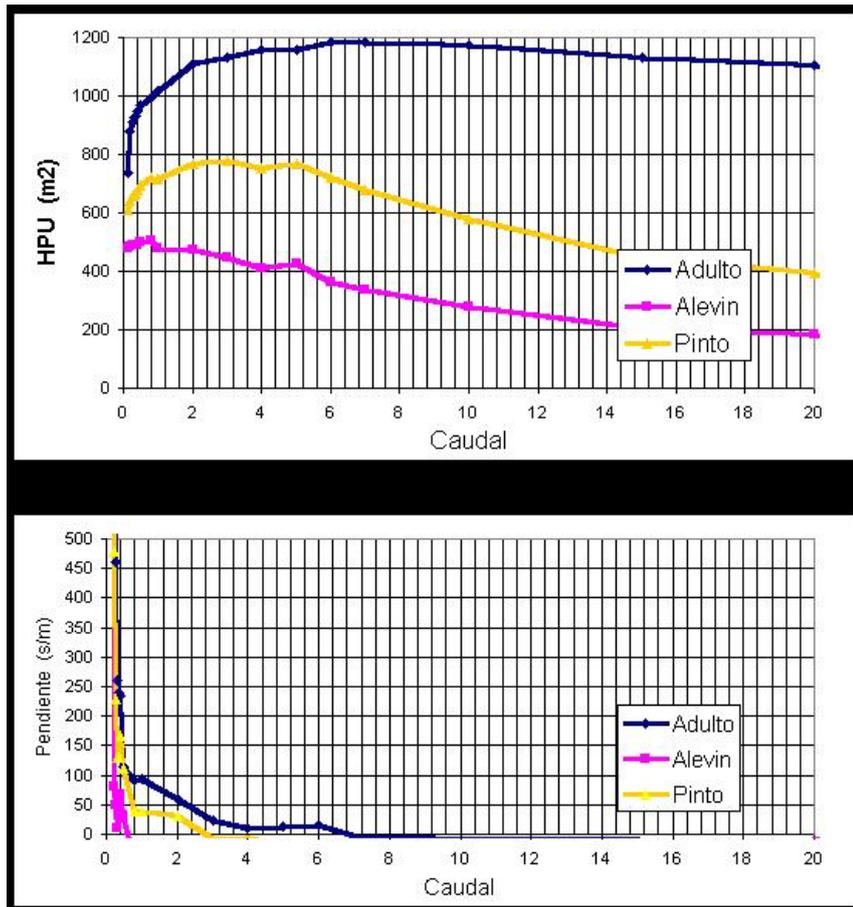


Figura n° 14.- Curvas de la fluctuación del hábitat potencial útil de los tres estados de desarrollo del salmón y de su respectiva derivada (pendiente) con el caudal circulante por el cauce en el Tramo n° 4.

Tabla n° 6.- Valores de los caudales básicos (cambio pendiente inferior y superior, de pendiente 100 y del 75% del caudal óptimo) correspondientes a las necesidades de hábitat de los adultos, alevines y pintos de *Salmo salar* en el tramo 4.

TRAMO-4	Adulto	Alevin	Pinto
HPU máximo (m ²)	1186	503	778
Q óptimo (m ³ /s)	7	0.8	3
75% HPU _{max} (m ²)	890	377	584
Q75HPU (m ³ /s)	0.22	0.14	0.19
Q100 (m ³ /s)	0.7	0.19	0.6
Q _{cp inferior} (m ³ /s)	0.5		0.2
Q _{cp superior} (m ³ /s)	2		0.5

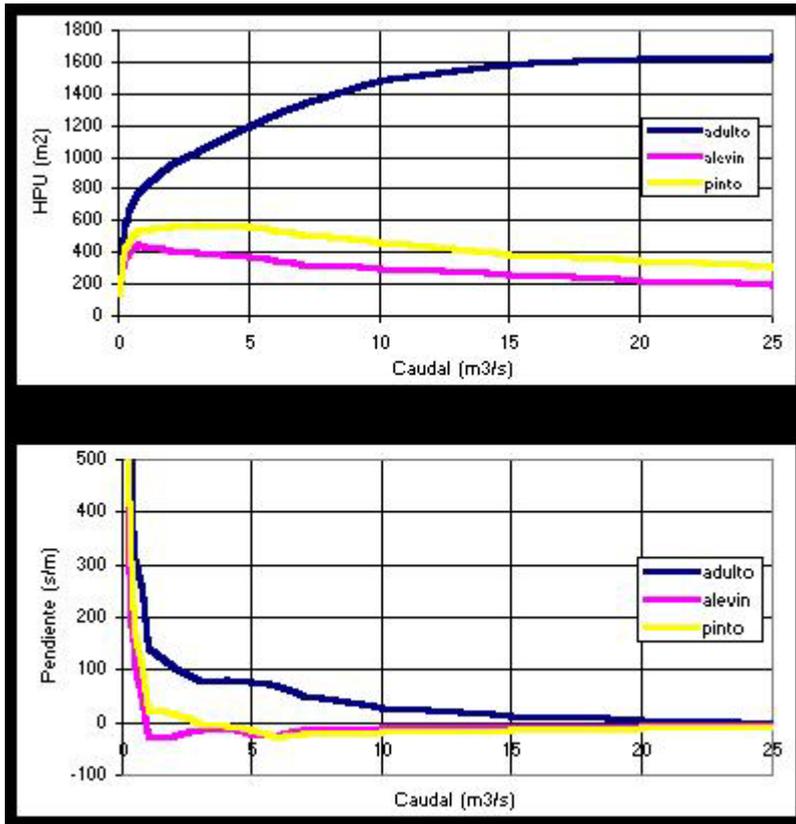


Figura n° 15.- Curvas combinadas de las de los cuatro tramos que reflejan la fluctuación del hábitat potencial útil de los tres estados de desarrollo del salmón y de su respectiva derivada (pendiente) con el caudal circulante por el cauce en el Tramo n° 4.

Tabla n° 7.- Valores de los caudales básicos (cambio pendiente inferior y superior, de pendiente 100 y del 75% del caudal óptimo) correspondientes a las necesidades de hábitat de los adultos, alevines y pintos de *Salmo salar* evaluados a partir de la curva combinada.

COMBINADO	Adulto	Alevín	Pinto
HPU máximo (m ²)	1635	447	579
Q óptimo (m ³ /s)	25	0.8	3
75% HPUmax (m ²)	1226	335	434
Q75HPU (m ³ /s)	6	0.18	0.28
Q100 (m ³ /s)	2.35	0.56	0.82
Qcp inferior (m ³ /s)	1	0.15	0.32
Qcp superior (m ³ /s)	10.2	0.28	0.9

4.- REGIMEN ECOLÓGICO DE CAUDALES

4.1. Análisis del Régimen Natural de Caudales

El régimen natural de Caudales nos interesa para utilizarlo como patrón cuyas pautas de fluctuación ha de imitar el régimen ecológico. A partir de los datos de aforos de la estación n° 215 de la Confederación Hidrográfica del Norte, ubicada en Puente Viesgo se han evaluado los caudales medios mensuales en régimen natural, asumiendo que no existe regulación de caudales significativa. Para ello se ha utilizado la serie de los datos diarios de los años comprendidos entre 1970 y 2000.

En la figura 19 se representa el régimen natural en base a estos caudales mensuales. Podemos observar que se trata de un régimen bimodal con un máximo principal en el mes de Diciembre y otro secundario en Abril. La hipótesis de régimen natural se ve afectada durante el estío, por el efecto de la detracción de caudal debido a los bombeos de agua del aluvial del cauce para abastecimiento de agua a Santander. En efecto, los caudales medios del mes de Agosto circulan por el río tienden a disminuir desde mediados de los ochenta, como se muestra en la figura 16. Por tanto, las predicciones de este estudio deberán corregirse al alza si persiste esta tendencia, debido no solo a un estiaje mas marcado, sino también al problema de los vertidos que concentrarán su toxicidad.

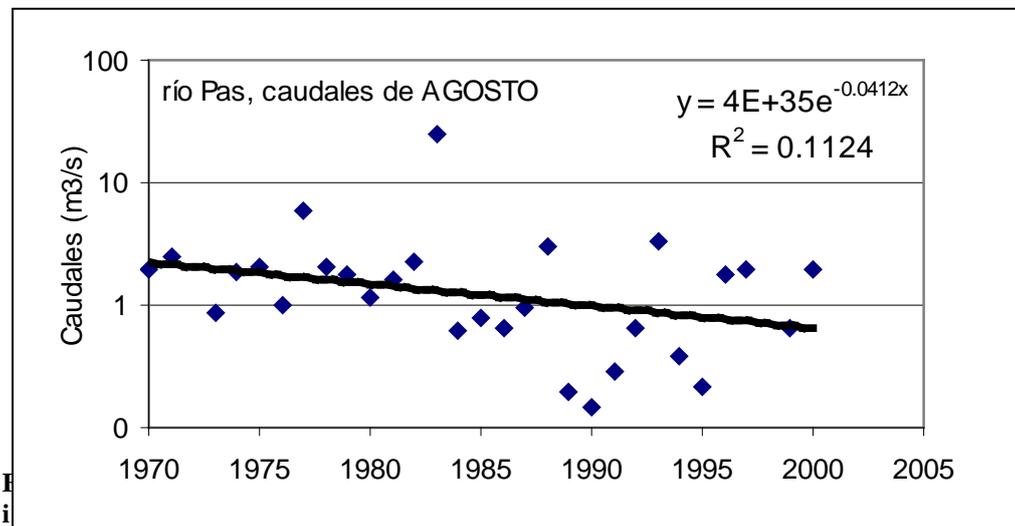


Figura 16.- Representación de los caudales medios del mes de Agosto del río Pas en Puente Viesgo, donde se analiza su tendencia decreciente a lo largo de los 30 últimos años, mediante el ajuste de una curva exponencial.

Si analizamos los módulos del río (o caudales medios anuales) podremos caracterizar la variabilidad anual del régimen de caudales. En la figura 17 se representan estos módulos de la serie analizada, en donde podemos estudiar la frecuencia de caudales medios anuales superiores a la media de la serie (9,8 m³/s) correspondientes a los años húmedos, y la de los que son inferiores (años secos). De este análisis podemos concluir que los años húmedos son menos frecuentes (31%) que los secos (69%), aunque su intensidad sea mas acusada (mayor desviación de la media).

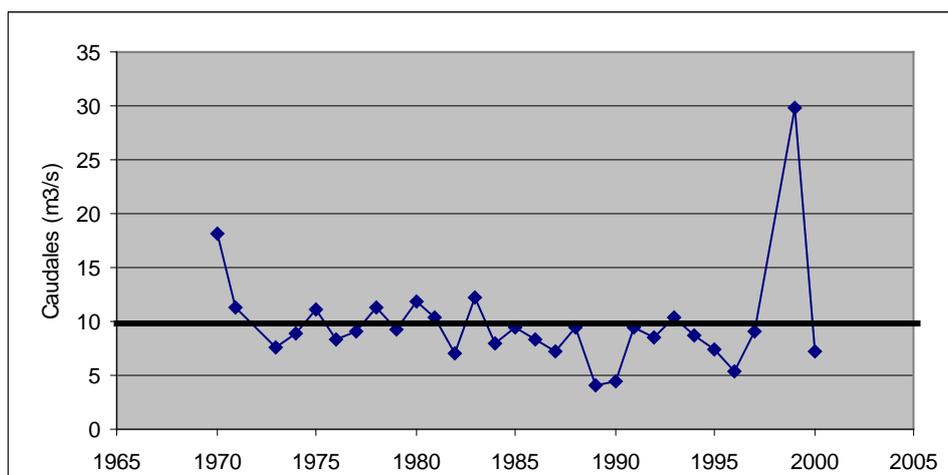


Figura nº 17.- Evolución de los caudales medios anuales (módulos) en comparación del valor medio de la serie (9,8 m³/s).

4.2. Propuesta de Regímenes Ecológicos

La idea de unos caudales circulantes mínimos capaces de mantener el funcionamiento del ecosistema fluvial en todos sus niveles se puede plasmar a partir de las gráficas que relacionan el hábitat potencial útil (HPU) con el caudal circulante por el cauce (Q). En las figuras 11 a 15 se exponen dichas gráficas, y en las tablas 3 a 7 se señalan los caudales mínimos básicos sobre las curvas HPU/Q del río Pas.

El criterio principal para considerar cual es el caudal mínimo que debe circular para que no se alteren significativamente las condiciones del hábitat del tramo (definido en la metodología como caudal mínimo básico), es aquél que coincide con el punto de la curva en el que se aprecia un cambio de pendiente marcado. El significado ecológico de este cambio de pendiente de la curva es que un aumento de caudal no supondría un aumento significativo del hábitat potencial. Para facilitar la detección de estos cambios de pendiente se representó la curva de la derivada de la curva del HPU

Con frecuencia el cálculo del Caudal Ecológico Básico conduce a un intervalo de indeterminación de caudales, cuyos valores extremos pueden tomarse de referencia de base, separándose dos criterios: caudal de cambio de pendiente inferior (Q_{cp inf}), y caudal superior (Q_{cp sup}). Con objeto de aportar un criterio más uniforme entre todos los tramos analizados, se ha propuesto también, el criterio del caudal cuya pendiente (derivada) tome el valor de 100 m²(HPU)/m³/s(Q).

Finalmente, con objeto de asegurar unos valores absolutos de Hábitat, nos fijamos en el valor máximo de HPU, que lo genera el denominado caudal óptimo. El criterio que hemos seleccionado consiste en el mínimo caudal que genera un HPU coincidente con una reducción de la cuarta parte del hábitat máximo (es decir equivale a 0,75 Q_{max}). Este criterio lo hemos utilizado como umbral mínimo, de tal manera que solo se utilizarán criterios de caudal básico por cambio de pendiente para valores mayores que este.

La evaluación de estos criterios dentro de cada tramo para cada uno de los requerimientos de los tres estados de desarrollo, ha conducido a la selección de un intervalo de caudales básicos mínimos, definido por sus extremos, inferior (Q_{binf}) y superior (Q_{bsup}). En las tablas 3 a 7 se han expuesto dichos valores seleccionados sobre los criterios de caudal, de manera que el caudal básico inferior en cada caso se señala con color rojo y el superior (Q_{bsup}) en azul.

Para su mejor análisis se han resumido todos estos valores de caudales básicos en la tabla 8, y en la figura 18. En ellos podemos observar que existe una marcada variabilidad de estos valores de caudales básicos debido a la heterogeneidad de las condiciones de hábitat que representan los diferentes tramos. También se pone de manifiesto que las curvas combinadas de las de los tramos reflejan unas condiciones intermedias de esta variabilidad (en comparación con la de los cuatro tramos). Por ello, hemos decidido utilizar los caudales básicos originados por las curvas combinadas, que se exponen en la tabla 9 junto con los valores de hábitat potencial que respectivamente originan.

Tabla n° 8.- Caudales básicos seleccionados (m³/s) mediante los criterios de las tablas 3 a 7 en los distintos tramos estudiados.

	Adulto		Alevín		Pinto	
	Qb inf	Qb sup	Qb inf	Qb sup	Qb inf	Qb sup
Tramo-1	2.1	2.3	0.3	0.7	0.7	0.97
Tramo-2	6.35	7	0.3	0.4	0.36	0.4
Tramo-3	9	10	0.66	0.5	0.5	0.8
Tramo-4	0.5	2	0.14	0.19	0.2	0.5
Combinado	2.35	6	0.18	0.28	0.32	0.82

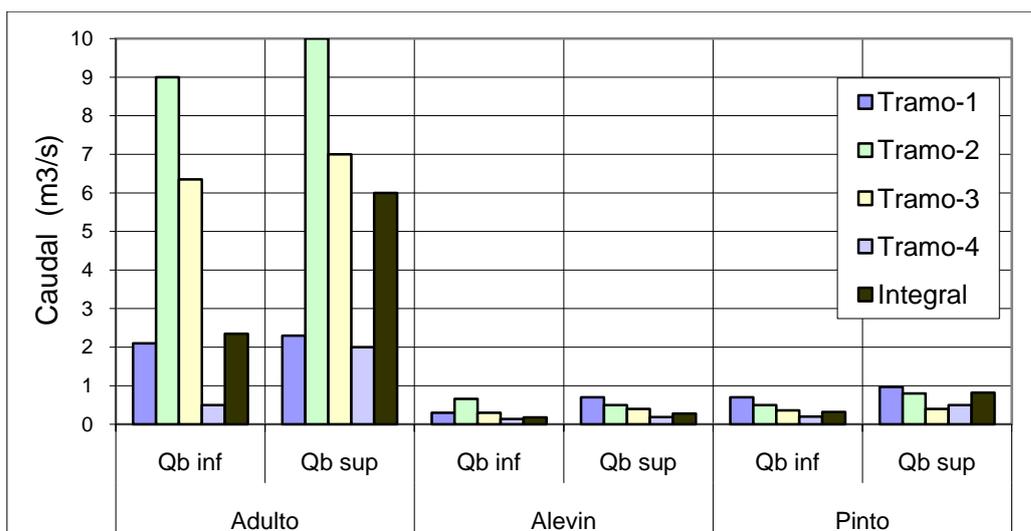


Figura 18.- Representación de la variabilidad de los caudales básicos superior e inferior generados por los diferentes requerimientos de hábitat de los estados de desarrollo, en los distintos tramos del Pas.

Tabla 9.- Caudales básicos superior e inferior de la curva combinada (m³/s) y los respectivos valores del Habitat Potencial Útil generados por ellos.

	Adulto		Alevín		Pinto	
	Qb inf	Qb sup	Qb inf	Qb sup	Qb inf	Qb sup

Caudales	2.35	6	0.18	0.28	0.32	0.82
HPU	985	1277	335	378	434	542

El régimen ecológico de caudales lo diseñamos de tal manera que se respeten las necesidades de caudales que tienen los diferentes estados de desarrollo del salmón. Analizando la tabla 9 queda claro que las mayores exigencias corresponde al adulto, y por tanto son las que deben imperar. Sin embargo, teniendo en cuenta el ciclo biológico de las poblaciones salmoneras en esta zona del río Pas, en el que los adultos solo están presentes durante la época de freza (Diciembre), el régimen ecológico solo durante Diciembre tendrá en cuenta los requisitos del adulto.

Durante el resto del año, deberemos aplicar los requerimientos de los pintos y alevines, que estan presentes todo el año. De estos dos estados de desarrollo, las exigencias mayores corresponden al pinto que son las se debrán respetar en el régimen ecológico. Por tanto, los caudales básicos del pinto se hacen circular en el régimen ecológico durante los meses de estiaje, para que se aseguran unos caudales capaces de mantener suficiente hábitat para la supervivencia durante la sequía.

El régimen ecológico debe imitar en sus pautas de fluctuación a el régimen natural de caudales, ya que de esta manera aseguramos que la mayor parte de las especies fluviales, autóctonas del Pas, acoplan sus claves fisiológicas a la fenología climática del lugar. De este modo en el régimen ecológico los caudales que circulan por el cauce durante el resto de los meses del año (excluyendo Diciembre y Agosto) toman valores proporcionales a los de los correspondientes meses del régimen natural, y por tanto, el régimen ecológico resulta semejante al régimen natural pero a menor escala. En la tabla nº 10 se exponen los regímenes ecológicos en términos de medias mensuales, junto con los respectivos valores del régimen natural, y para facilitar su comparación visual se han representado de forma gráfica en la figura 19.

Tabla nº 10.- Valores de los caudales mensuales (m3/s), correspondientes a los regímenes natural y ecológico, atendiendo a años secos y húmedos. Los caudales de Diciembre corresponden a los básicos superior e inferior del salmón adulto, mientras los de Agosto corresponden a los básicos del pinto.

Régimenes de caudales		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Natural		8.26	11.37	21.20	16.84	12.31	12.26	15.54	9.43	4.54	4.10	2.33	2.47
Ecológico	húmedo	2.62	3.22	6.00	4.76	3.70	3.69	4.93	3.16	1.52	1.44	0.82	0.87
	Seco	1.02	1.26	2.35	1.87	1.45	1.45	1.93	1.23	0.59	0.56	0.32	0.34

4.3. Valoración del Régimen Ecológico de Caudales propuesto

El régimen natural tiene un módulo anual de 10 m³/s, mientras que el ecológico de años húmedos su media anual supone 3 m³/s, y el de años secos se evalúa en 1,2 m³/s, lo que supone un 30 % y un 12 % respectivamente.

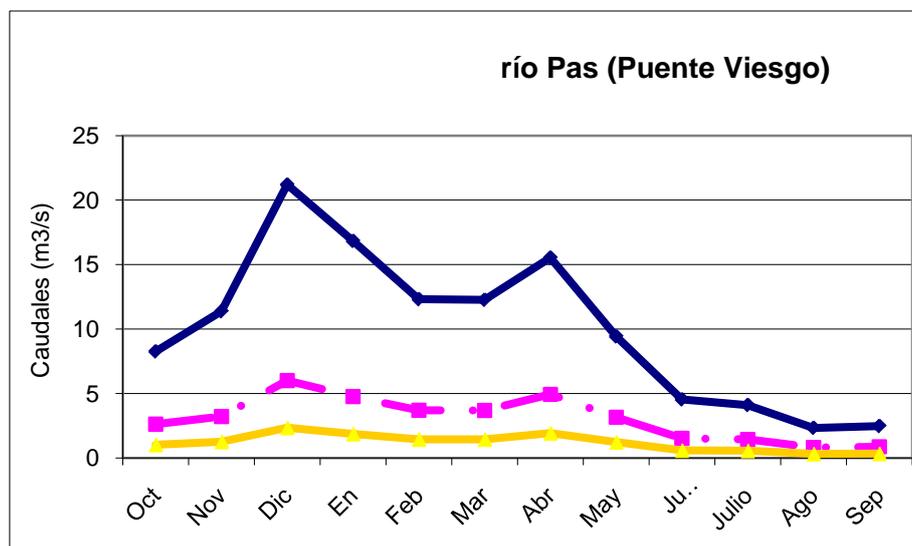


Figura nº 19.- Regímenes de caudales natural y ecológicos (de años húmedos y de secos) del río Pas en el tramo de Puente Viesgo.

Para analizar el significado ecológico de estos regímenes de caudales ecológicos vamos a evaluar el hábitat generado por los mismos y compararlos con el régimen natural medio. En términos de Hábitat Potencial Útil de adulto de salmón, el tramo estudiado toma valores máximos absolutos de 1637 m² (ver tabla 11), correspondientes a 17 m (HPU por unidad de longitud); el HPU de adultos generado por los caudales naturales supone un 84% de este máximo, mientras que los regímenes ecológicos, húmedo y seco, generan respectivamente un 63% y un 52 % de este máximo. Si comparamos el hábitat de adultos generado por los regímenes ecológicos con el natural (ver tabla 11), estos representan el 75 y el 61 % respectivamente. Sin embargo si nos referimos exclusivamente a los valores de Diciembre (que es cuando los adultos están en el tramo) estos porcentajes prácticamente coinciden (78% y 61% respectivamente).

En términos de Hábitat Potencial Útil de alevín, el tramo estudiado toma valores máximos de 447 m² (generados por caudales óptimos), que corresponden a 4,5 m (HPU por unidad de longitud); el HPU de alevín generado por los caudales naturales supone un 71% de este máximo, mientras que los regímenes ecológicos lo mejoran, generando un 90% y un 93% del máximo. Si comparamos el hábitat de alevín generado por los regímenes ecológicos con el natural (ver tabla 11), estos son mayores representando aproximadamente el 130% del mismo. Sin embargo si nos referimos exclusivamente a los valores generados en Agosto (que es cuando las condiciones de estiaje son críticas) estos valores de HPU prácticamente coinciden (110% y 95% respectivamente).

Tabla 11.- Valores medios del Hábitat Potencial Útil (m²) generado por los regímenes ecológicos propuestos, para los tres estados de desarrollo del salmón en comparación por el régimen natural por los caudales óptimos.

	Adulto	Alevin	Pinto
Caudal óptimo	1637	447	579
Régimen Natural	1377	318	472
Régimen Ecológico húmedo	1026	403	562
Régimen Ecológico seco	844	417	537

En términos de Hábitat Potencial Útil del pinto, el tramo estudiado toma valores máximos de 579 m² (generados por caudales óptimos), que corresponden a 5,8 m (HPU por unidad de longitud); el HPU de alevin generado por el régimen natural supone un 82% de este máximo, mientras que los regímenes ecológicos lo mejoran, generando un 97% y un 93% del máximo. Si comparamos el hábitat del pinto generado por los regímenes los regímenes ecológicos con el natural, estos son mayores representando aproximadamente el 118 % del mismo. Sin embargo si nos referimos exclusivamente a los valores de Agosto (que es cuando las condiciones de estiaje son críticas) estos porcentajes disminuyen (94% y 77% respectivamente).

Por tanto, y a modo de síntesis final podemos afirmar que los efectos de los regímenes ecológicos de caudales propuestos, en comparación con los del régimen natural medio, suponen una disminución del hábitat de los adultos entre un 20% (años húmedos) y a un 40% (años secos); mientras que en el caso del hábitat de los alevines y de los pintos suponen un aumento del hábitat (entre un 16 y un 30%). Sin embargo, en las condiciones críticas del estiaje de Agosto el régimen ecológico de años secos afectaran a su hábitat con una reducción superior al 20%.

4.4. Diseño de Avenidas de Mantenimiento

El cauce del río Pas, y por lo tanto el hábitat que representa, se encuentra en equilibrio geomorfológico con los caudales que circulan por él, en régimen natural. La disminución de caudales circulantes en el tramo derivado puede ocasionar un proceso de sedimentación que reduciría el tamaño del cauce y una pérdida de calidad del hábitat. Las avenidas ordinarias coinciden aproximadamente con los denominados 'caudales generadores del cauce' (bankfull discharge) que son los que de forma natural conforman el cauce.

Por ello un régimen de caudales ecológicos debe tener en cuenta la existencia de avenidas de tal magnitud con frecuencias entre uno y dos años con objeto de mantener en buenas condiciones el sustrato del río y la vegetación riparia, adaptando así mismo dicho régimen a las necesidades de otras especies presentes en el ecosistema.

Para su cálculo estricto habría que analizar la serie de caudales naturales y estudiar los valores máximos para periodos de recurrencias de 1,5 a 2 años en ríos atlánticos (que es nuestro caso), mientras que en ríos mediterráneos los periodos de recurrencia son superiores a 3 años, y hasta 8 según su torrencialidad. Dado que dicho tramo de cauce se encuentra poco regulado o desde no hace muchos años, se pueden utilizar las secciones del cauce y determinar, utilizando un modelo de simulación hidráulica, el caudal que llena el cauce como la avenida ordinaria.

Para la estimación de las avenidas en el tramo del río Pas considerado, hemos ajustado la serie de caudales máximos anuales diarios analizada (1970 – 2000) a la distribución de Gumbel. En este caso dicha serie se caracteriza por una media de 152 m³/s y una desviación típica de 52,7, que corresponden a los valores de los parámetros de la distribución de $\alpha = 32.03$ y $\varepsilon = 133.31$. En la figura nº 20 se representan los valores de caudales de avenida para los diferentes periodos de retorno. En esta curva vemos que las avenidas para un periodo de retorne de 500 corresponden caudales de 332 m³/s, y para 100 años 281 m³/s. Para el periodo de retorno que define la avenida de mantenimiento (bankfull) en ríos cantábricos estimamos un caudal de 140 m³/s.

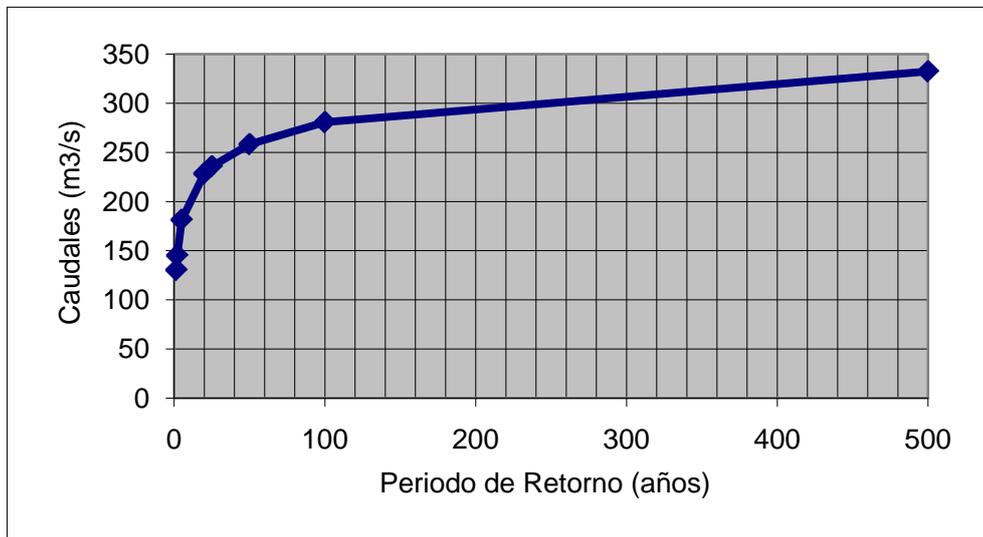


Figura nº 20.- Caudales de avenidas máximas diarias para diferentes periodos de retorno, estimados por la distribución de Gumbel.

Por tanto, este caudal de 140 m³/s es la avenida de mantenimiento del cauce que ha de circular con una duración mínima de 12 horas por el cauce derivado, y con una frecuencia de al menos una vez cada dos años.

4.5.- Análisis de Viabilidad de la Central Hidroeléctrica

Atendiendo a las limitaciones de la concesión hidroeléctrica correspondiente a un máximo de 4,25 m³/s, y de la rentabilidad de la tecnología con un mínimo de funcionamiento de 2,2 m³/s, podemos establecer en términos medios los meses en que será totalmente o parcialmente viables el aprovechamiento, y los meses en que será totalmente inviable.

Hemos fijado un régimen de caudales ecológicos para años hidrológicos secos y otro para años húmedos, y por tanto tendremos que cuantificar y definir también los correspondientes regímenes de caudales naturales, tanto en años secos como húmedos. Para esto último hemos dividido los años 1970-2000 de la serie de aforos utilizados en el apartado 4.1 (estación n° 215 de la Confederación Hidrográfica del Norte) en años secos y años húmedos, según su caudal medio anual fuera menor o mayor que el modulo (9,8 m³/s) respectivamente. Con la media mensual de los años secos, por un lado, y la de los años húmedos definimos los regímenes naturales respectivos. En las tablas 12 y 13 se exponen estos regímenes de años secos y húmedos, respectivamente, en términos de medias mensuales.

Tabla 12.- Análisis de la viabilidad del aprovechamiento hidroeléctrico, en la hipótesis de un año Seco medio al cual se le aplica el régimen ecológico para este tipo de años. El caudal turbinable es la diferencia entre el natural menos el ecológico, y el disponible para turbinar se obtiene por la limitación máxima fijada por la concesión. Todos los datos en m³/s.

Año Seco	Oct	Nov	Dic	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Q natural	4.44	8.98	11.38	11.88	12.87	10.84	14.61	8.01	4.42	2.79	1.36	2.24
Q ecológico	1.02	1.26	2.35	1.87	1.45	1.45	1.93	1.23	0.59	0.56	0.32	0.34
Q turbinable	3.42	7.72	9.03	10.01	11.42	9.39	12.68	6.78	3.83	2.23	1.04	1.90
Q concesión	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25
Q disponible	3.42	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	3.83	2.23	1.04	1.90
Viabilidad	3.42	total	3.83	2.23	No	No						
Q circulante	1.02	4.73	7.13	7.63	8.62	6.59	10.36	3.76	0.59	0.56	1.36	2.24

Tabla 13.- Análisis de la viabilidad del aprovechamiento hidroeléctrico, en la hipótesis de un año Húmedo medio al cual se le aplica el régimen ecológico para este tipo de años. El caudal turbinable es la diferencia entre el natural menos el ecológico, y el disponible para turbinar que se obtiene por la limitación máxima fijada por la concesión. Todos los datos en m³/s.

Año Húmedo	Oct	Nov	Dic	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Se
Q natural	16.75	16.69	43.04	27.85	11.06	15.43	17.60	12.58	4.81	7.00	4.47	2.97
Q ecológico	2.62	3.22	6.00	4.76	3.7	3.69	4.93	3.16	1.52	1.44	0.82	0.87
Q	14.1	13.4	37.0	23.0	7.36	11.7	12.6	9.42	3.2	5.5	3.6	2.1

turbinable	3	7	4	9		4	7		9	6	5	0
Q concesión	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25
Q disponible	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	3.29	4.25	3.65	2.10
Viabilidad	total	3.29	total	3.65	No							
Q circulante	12.50	12.44	38.79	23.60	6.81	11.18	13.35	8.33	1.52	2.75	0.82	2.97

En estas tablas también se definen los regímenes de *caudales potencialmente turbinables* como la diferencia del caudal natural menos el ecológico; los regímenes de *caudales legalmente disponibles* teniendo en cuenta la limitación de la concesión (máximo de 4,25 m³/s). A partir de este último régimen de caudales, y teniendo en cuenta la limitación técnica de turbinación (mínimo de 2,2 m³/s), estamos en condiciones de establecer la viabilidad del aprovechamiento hidroeléctrico. También se incluye en estas tablas el régimen de *caudales circulantes* por el tramo de cauce derivado para su posible valoración ambiental.

Los resultados de este análisis viabilidad determinan que en las condiciones medias de un año seco se podrá aprovechar totalmente la concesión durante siete meses al año (de Noviembre a Mayo), parcialmente durante tres meses (Octubre, Junio y Julio), y no será viable el aprovechamiento durante los meses de Agosto y Septiembre. Por otra parte, en los años húmedos, de manera general, se podrá aprovechar totalmente la concesión durante nueve meses (Octubre a Mayo, mas Julio), parcialmente dos meses (Junio y Agosto) y será inviable duran el mes de Septiembre.

Habida cuenta de la escasa diferencia en la viabilidad del aprovechamiento ente años húmedos y secos, y la dificultad de prever en cada momento si estamos en un año seco o húmedo, hemos testado la hipótesis de aplicar en un año seco un régimen de caudales húmedo (es decir ponernos del lado de una mayor seguridad ecológica). En la tabla 14 se analiza la viabilidad del aprovechamiento hidroeléctrico bajo esta hipótesis. Vemos que se siguen aprovechando totalmente la concesión durante siete meses al año (de Noviembre a Mayo), aunque se hace inviable durante cuatro meses (de Julio a Octubre), quedando parcialmente aprovechable el mes de Junio.

Por tanto, esta última hipótesis nos parece mas aconsejable ya que, además de su simplificación en la implementación, de su mitigación del impacto y de no suponer una reducción sensible en el aprovechamiento, el evitar detracciones de caudales en los veranos de años secos, cuando la afluencia de personal al río, la contaminación por aumento de veraneantes y las extracciones de aguas para abastecimiento a Santander son máximas, mejorará la percepción pública sobre la Central Hidroeléctrica.

Tabla 14.- Análisis de la viabilidad del aprovechamiento hidroeléctrico, en la hipótesis de un año Seco medio al cual se le aplica el régimen ecológico para años

Húmedos. El caudal turbinable es la diferencia entre el natural menos el ecológico, y el disponible para turbinar se obtiene por la limitación máxima fijada por la concesión. Todos los datos en m³/s.

Año Seco	Oct	Nov	Dic	En	Feb	Mar	Abr	Ma y	Jun	Jul	Ag o	Se p
Q natural	4.4 4	8.98	11.3 8	11.8 8	12.8 7	10.8 4	14.6 1	8.0 1	4.4 2	2.7 9	1.3 6	2.2 4
Q ecol Humedo	2.6 2	3.22	6.00	4.76	3.7	3.69	4.93	3.1 6	1.5 2	1.4 4	0.8 2	0.8 7
Q turbinabl e	1.8 2	5.76	5.38	7.12	9.17	7.15	9.68	4.8 5	2.9 0	1.3 5	0.5 4	1.3 7
Q concesi ón	4.2 5	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.2 5	4.2 5	4.2 5	4.2 5	4.2 5
Q disponibl e	1.8 2	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.2 5	2.9 0	1.3 5	0.5 4	1.3 7
Viabilida d	No	Tota l	total	total	total	total	total	tota l	2.9 0	No	No	No
Q circulante	2.6 2	4.73	7.13	7.63	8.62	6.59	10.3 6	3.7 6	1.5 2	1.4 4	1.3 6	2.2 4

5. ANÁLISIS DE IMACTOS Y PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL

Hemos visto en el análisis del régimen de caudales circulantes por el río Pas como se detectaba una cierta tendencia a disminuir los caudales de Agosto en la última década (ver figura 16), debido sin duda a los bombeos de agua del aluvial del río para abastecimientos a Santander. También, se ha detectado una cierta eutrofización de las aguas del río por el crecimiento y desarrollo de macrófitas y perfitón, y ello es indicador de una posible contaminación orgánica. Finalmente, se detectaron las barreras u obstáculos para el remonte de los peces migradores, representados por el azud de derivación de la Central Hidroeléctrica y sobre todo por el azud de la antigua fábrica de harinas al comienzo del encajonamiento del río.

5.1. EL MACROBENTOS: INDICADOR DEL ESTADO ECOLÓGICO DEL RÍO

Con objeto de evaluar la capacidad biogénica del ecosistema fluvial se analizó la comunidad de macroinvertebrados del río. Bien es sabido que las comunidades de macroinvertebrados que habitan en los lechos del fondo fluvial son unos buenos indicadores del estado ecológico del río y de la calidad de sus aguas. Además, los macroinvertebrados son el principal alimento de los peces reófilos, por lo que su abundancia nos indica también sobre los valores tróficos del sistema.

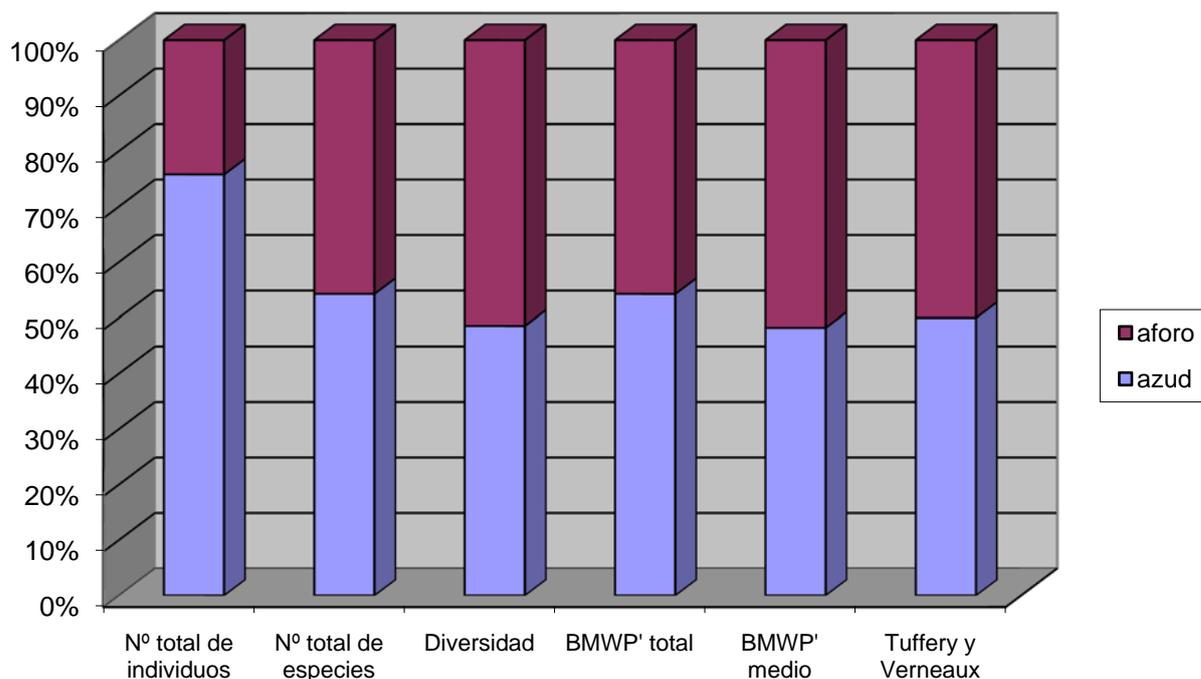
El muestreo se realizó mediante una red de mano con malla de 75 micras de luz, siguiendo las técnicas de 'kicking' en zonas de corriente y de manguero en los remansos. La duración de la captura de macroinvertebrados se limitó hasta que se terminó de encontrar nuevos taxones. La fecha del muestreo fue el 3 de Agosto durante el estiaje, aunque se evitó las condiciones en que la contaminación tiene incidencia máxima (finales de agosto, cuando coinciden la población de veraneantes y turistas con el estiaje más prolongado).

Los resultados del muestreo se presentan en las tablas anejas. En ellas podemos observar las comunidades de invertebrados de aguas arriba del pueblo en el tramo del azud de derivación de la Central Hidroeléctrica, en comparación con las aguas abajo en la estación de aforos de la Confederación Hidrográfica del Norte. En el primer punto de muestreo se pudo tomar muestras tanto en facies lótica (aguas corrientes) como en facies lentic (remansos y orillas). Por el contrario, en el tramo de abajo solo pudo muestrearse en facies lótica, ya que el río en este tramo se encuentra muy encajonado. La facies lótica ha resultado mucho más diverso y con poblaciones más abundantes, lo cual era de esperar al tratarse de un río en su tramo joven con fuerte pendiente.

Para comparar las comunidades del tramo alto con el de abajo se utilizó el muestreo conjunto lótico-léntico del primer tramo. En la figura adjunta pueden compararse estos valores en términos relativos de porcentaje, mientras que en el cuadro adjunto se exponen los valores numéricos de los parámetros analizados: número de individuos, número de especies, diversidad (índice de Shannon), puntuación total y valor medio del BMWP' y el valor del índice de Tuffery y Verneaux.. El primero nos indica sobre el tamaño de las poblaciones, el segundo y tercero sobre su biodiversidad (riqueza y complejidad estructural de la comunidad) y los dos últimos sobre la calidad de las aguas.

	azud	aforo
<i>Nº total de individuos</i>	379	121
<i>Nº total de especies</i>	19	16
<i>Diversidad</i>	3.2	3.4
<i>BMWP' total</i>	108	91
<i>BMWP' medio</i>	5.7	6.1
<i>Tuffery y Verneaux</i>	9	9

Los datos muestran claramente una mayor abundancia de individuos en el tramo alto (mayor tamaño de algunas poblaciones) que en el bajo. También podemos detectar una ligera diferencia en cuanto a riqueza faunística a favor del tramo alto. Sin embargo, en cuanto a su complejidad se invierten ligeramente las tornas, encontrando una ligera mayor diversidad en el tramo bajo. Si analizamos los indicadores de calidad del agua, no observamos diferencias significativas entre los tramos, siendo la respuesta de los índices diferentes: la puntuación total del BMWP' favorece al tramo alto, el valor medio por taxón al bajo, mientras que el índice de Tuffery y Verneaux da empate.



Si consideramos los valores de estos parámetros en términos absolutos, vemos que se trata de comunidades de invertebrados abundantes, con una riqueza faunística media, una diversidad alta. La calidad del agua indicada por los índices de Tuffery y Verneaux y BMWP' difiere: el primero indica una calidad alta, mientras que el segundo nos habla de una calidad media.

5.2. PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS DE IMPACTOS

Los impactos analizados de calidad de las aguas, de disminución del caudal circulante durante el estío por extracciones en el subálveo y de obstáculos para la migración de salmónidos, se verán intensificados en el tramo de río en que se derivan las aguas para turbinar, y por lo tanto han de tenerse en cuenta medidas compensatorias y de mitigación.

Las medidas correctoras, por tanto, se basarán en la mitigación de estos impactos. Así, resulta obvio que es necesaria la depuración de todos los vertidos de aguas residuales que alcanzan el cauce para evitar que la coincidencia de durante un día caluroso, con estiaje marcado en el río, la descomposición de la materia orgánica acumulado en las aguas conduzca a una situación anóxica con la consiguiente producción de sustancias tóxicas reducidas (amonio, amoniaco, metano, sulfídrico, fenoles,..) en las aguas y produzca mortalidades de los salmónidos. Por consiguiente, se trata de la puesta en funcionamiento de un Plan de Saneamiento de los Vertidos de toda la Vega del Pas, que obviamente queda fuera de nuestro cometido y que debería ser acometido por especialistas.

Por otra parte los obstáculos que representan los azudes del río deben ser adaptados para que sean remontables por los peces migradores. Para ello, resulta necesaria en el azud de la derivación de la toma de aguas para la central hidroeléctrica la construcción de un pequeña escala de paso. Así mismo, en esta derivación se necesita la dotación de un sistema de cierre de paso (barrera eléctrica) con el objeto de que los peces no se metan en el canal de derivación y acaben en las turbinas. En cuanto al azud de aguas abajo (que derivaba caudal para la antigua fábrica de harinas) la escala piscícola que tiene, necesita una importante restauración. Como alternativa mejor, y habida cuenta que el uso para el que fue construido y dada la correspondiente concesión, no se utiliza, se podría dismantelar dicho azud o bien rebajar sensiblemente la cota de su coronación.

Finalmente, queda el problema de los bombeos de aguas del subálveo para abastecimiento a Santander, que debe ser acotado en el tiempo (prohibido en estiajes y durante épocas de sequía) y limitado en su cuantía. Por tanto, habrá que reconocer que el recurso está limitado por la sostenibilidad del ecosistema fluvial, y si la demanda de agua sigue creciendo los gestores de la Confederación habrán de racionalizar su consumo y en su caso, buscar otras fuentes alternativas.

5.3. PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL

No cabe duda que el mantenimiento de un régimen ecológico de caudales tiene un costo considerable e implica un esfuerzo grande. Por otra parte, la ecología es una ciencia blanda y sus predicciones, especialmente en sus aspectos cuantitativos adolecen de una cierta imprecisión. Por ello resulta conveniente y justificado el desarrollar un Plan de Seguimiento, una vez implementado el aprovechamiento hidroeléctrico y los caudales ecológicos ser efectivos con objeto de asegurar que no se genera ningún daño ambiental y al mismo tiempo de contrastar el modelo predictivo en su adecuación al ecosistema fluvial.

El Plan de Seguimiento deberá de constar de tres componentes:

4. Un análisis en continuo de que se cumple en todo momento con el régimen ecológico de caudales propuesto circulando por el tramo derivado.
5. Un monitoreo de las componentes biológicas que mejor indiquen sobre el estado ecológico del tramo afectado, durante al menos tres años.
6. Un seguimiento de la calidad del hábitat físico del cauce derivados del ríos Pas, con especial incidencia en el estado de los frezaderos, niveles de temperatura y oxígeno disuelto de las aguas y de la conectividad fluvial.

La primera componente del Plan se puede resolver construyendo una pequeña estación de aforos de registro continuo en el vertedero del azud de

derivación de la Central hidroeléctrica. Su objetivo no solo será comprobar que el régimen ecológico se cumple sino que también servirá para obtener datos cuantitativos de cara a mejorar el estado ecológico del río. Para este fin convendría aprovechar las obras de restauración de dicho azud que la empresa concesionaria ha de acometer.

Esta estación de aforos se diseñará para medir dos tipos de caudales circulantes: a) los caudales que se transfieren al canal de derivación para su turbinación; b) los caudales que circulan por el tramo derivado del cauce. Esta última medición deberá tener precisión principalmente para caudales bajos, ya que los caudales de avenida no nos interesan para este fin y debemos evitar perturbar el ascenso de los salmones.

En cuanto al programa de seguimiento biológico debería de consistir en dos muestreos cuantitativos al año, uno al final de la primavera, en condiciones óptimas, para comprobar el reclutamiento de las especies de salmónidos, y otra al final del verano, en las condiciones más estresadas del año, con objeto de evaluar los efectos del estiaje (que son las más críticas) y valorar la mortalidad anual en las poblaciones más significativas.

En cada una de estas dos campañas de muestreo se analizará la comunidad de macroinvertebrados bentónicos (composición, densidad, biomasa, diversidad, índices bióticos) por ser la que mejor nos indica sobre el estado ecológico del río, y la comunidad de peces (estructura, densidad y biomasa), por ser el vértice de la pirámide trófica del ecosistema fluvial y en especial por el gran interés que tiene la conservación del salmón atlántico como elemento significado del patrimonio natural y cultural.

Respecto al seguimiento de la calidad del hábitat físico, nos centraremos en los factores limitantes en el tramo derivado: frezaderos, calidad del agua y conectividad, que se evaluarán también mediante dos campañas anuales (coincidentes con el muestreo biológico) durante tres años.

Los frezaderos se localizan en las zonas de acumulación de gravas en aguas corrientes. Nos interesará primer lugar determinar su distribución, por lo que se realizará un inventario de frezaderos en el tramo, señalando y marcando los más importantes para su seguimiento. Este consistirá en medir su granulometría, evaluando su porosidad, grado de colmatación y porcentaje de finos para, para finalmente estimar su estado de viabilidad como zona de desove.

La calidad de la columna de agua se evaluará midiendo en registro continuo su temperatura en el tramo derivado y en el tramo inmediatamente aguas arriba del azud de derivación, de tal forma que podamos cuantificar el efecto en todo momento de la detracción de caudales. Así mismo se medirán los niveles de oxígeno disuelto y de amonio en las aguas para comprobar la incidencia de la derivación en los procesos de contaminación orgánica y de eutrofización.

Finalmente, la conectividad longitudinal del río se valorará, atendiendo a los obstáculos que dificultan la conexión del tramo derivado con los tramos fluviales de aguas arriba y de aguas abajo. En estos obstáculos y en sus escalas se medirán, con

diferentes niveles de caudal circulante, las velocidades del agua a su través y los calados (antes, a través y después) de cara a valorar la capacidad potencial de los salmones adultos para su ascenso, y de los esguines para su descenso.

6. BIBLIOGRAFÍA

- BOVEE, K.D. 1982 A Guide to Stream Habitat Analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. Instr. Flow Inf. Paper 12. USDI Fish and Wildl. Serv. Washington. 248 pgs.
- CUBILLO, F. , C. CASADO y V. CASTRILLO. Estudio de Regímenes de Caudales Mínimos en los Cauces de la Comunidad de Madrid. Agencia de Medio Ambiente. Madrid. 305 pg.
- GARCIA DE JALON, D. 1987 River Regulation in Spain. Reg. Rivers: Res. & Mngt. 1, 343-348.
- GARCIA DE JALON, D. 1990. Técnicas hidrobiológicas para la fijación de caudales ecológicos mínimos. En: Libro homenaje al Profesor D. M. García de Viedma. 183-196. A. Ramos, A. Notario & R. Baragaño (eds.). FUCOVASA. UPM. Madrid.
- GORE, J.A. y J.M. NESTLER 1988 Instream Flows in Perspective. Regul. Riv. Res. & Mngt. 2, 93-102.
- GUSTARD, A. 1987 A study for compensation flows in the United Kingdom. Institute of Hydrology. Wallingford.
- MANTEIGA, L. y C. OLMEDA 1992 La regulación del caudal ecológico. Quercus, 78, 44-46.
- PALAU, A. 1994 Los mal llamados caudales "ecologicos". Bases para una propuesta de cálculo. Obra Pública n°28 (Ríos II), 84-95.
- RALEIGH, R.F., L.D. ZUCKERMAN y P.C. NELSON 1986 Habitat suitability index models and instream flow suitability curves: Brown trout. U.S. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep. No. 82, Fort Collins. 65 pgs.
- SOUCHON, F.Y. 1983 Aproche Methodologique de la Determination des Dèbits Reserves. CEMAGREF. Serv. Pêche et Hydrobiologie. Lyon.
- STALNAKER, C.B. 1979 The use of habitat structure preferenda for establishing flow regimens necessary for maintenance of fish habitat. En: The Ecology of Regulated Rivers. J.V. Ward y J. Stanford. 326-337. Plenum Press.
- TENNANT, D.L. 1976 Instream Flow Regimens for Fish, Wildlife, Recreation and related Environmental Resources. Procs. on Instream flow needs Symp. 326-327.
- WHITE, R.G. 1976 A methodology for recommending stream resource maintenance flows for large rivers. Procs. on Instream flow needs Symp. 376-386.

ANEXO 1

Análisis del macrobentos del río Pas en Puente Viesgo

Datos del muestreo de macroinvertebrados capturados en el tramo alto (azud de derivación de la Central Hidroeléctrica, correspondiente a las especies que habitan las zonas de corriente. Se señalan el número de individuos capturados y el valor indicador (según el BMWP') de cada taxón.

		Río Pas (3/Ago/01)	Puente Viesgo	
		debajo azud	facies lítica	
			Nº ind.	BMWP'
Turbellaria	Planariidae	2		5
Mollusca	<i>Ancylus fluviatilis</i>	1		6
	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	2		6
	<i>Potamopyrgus</i>	2		6
Crustacea	Gammaridae	38		6
Ephemeroptera	<i>Baetis sp.</i>	72		4
	<i>Drunella paradinasi</i>	3		7
	<i>Epeorus sp.</i>	30		10
	<i>Ecdyonurus sp.</i>	7		
Plecoptera	<i>Euleuctra geniculata</i>	8		10
Coleoptera	<i>Orectochilus villosus</i>	3		3
	Elmidae	9		5
Trichoptera	<i>Rhyacophila relictata</i>	16		7
	<i>Psychomyia pusilla</i>	2		8
	<i>Hydropsyche pellucidula</i>	110		5
Diptera	Simuliidae	35		5
	Orthocladinae	1		2
		Nº total de individuos	341	
		Nº total de especies	17	
		Diversidad	3.10	
		BMWP' total	95	
		BMWP' medio	5.9	
		Tuffery y Verneaux	9	

Datos del muestreo de macroinvertebrados capturados en el tramo alto (azud de derivación de la Central Hidroeléctrica), correspondiente a las especies que habitan las zonas de remanso. Se señalan el número de individuos capturados y el valor indicador (según el BMWP') de cada taxón.

Río Pas (3/Ago/01)		Puente Viesgo	
debajo azud	facies lentic	nº ind.	BMWP'
Mollusca	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	10	6
	<i>Potamopyrgus</i>	4	6
Crustacea	Gammaridae	3	6
Ephemeroptera	<i>Baetis sp.</i>	3	4
	<i>Drunella paradinasi</i>	1	7
	<i>Ecdyonurus sp.</i>	3	10
Heteroptera	Hydrometridae	4	3
	Colymbetinae	1	3
Trichoptera	<i>Polycentropus favomaculatus</i>	2	7
Diptera	Simuliidae	1	5
	Orthocladinae	6	2
Nº total de individuos		38	
Nº total de especies		11	
Diversidad		3.10	
BMWP' total		59	
BMWP' medio		5.4	
Tuffery y Verneaux		9	

Datos del muestreo de macroinvertebrados capturados en el tramo debajo de Puente Viesgo (estación de Aforos de la CHN), correspondiente a las especies que habitan las zonas de corriente. Se señalan el número de individuos capturados y el valor indicador (según el BMWP') de cada taxón.

Río Pas	Puente Viesgo	03-ago-01	
	estación de Aforo	facies lótica	
		nº individuos	BMWP'
Oligochaeta	Lumbricidae	2	1
Mollusca	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	10	6
	<i>Potamopyrgus</i>	1	6
Crustacea	Gammaridae	11	6
Ephemeroptera	<i>Baetis sp.</i>	30	4
	<i>Drunella paradinasi</i>	2	7
	<i>Epeorus sp.</i>	9	10
	<i>Ecdyonurus sp.</i>	3	
	<i>Caenis sp.</i>	6	4
Plecoptera	<i>Euleuctra geniculata</i>	9	10
Trichoptera	<i>Rhyacophila relict</i>	4	7
	<i>Psychomyia pusilla</i>	3	8
	<i>Hydropsyche pellucidula</i>	20	5
Diptera	Simuliidae	1	5
	Orthocladinae	3	2
	<i>Atheryx marginata</i>	7	10
Total (individuos)		121	
Nº de especies		16	
Diversidad		3.42	
BMWP' total		91	
BMWP' medio		6.1	
Tuffery y Verneaux		9	

