

---

# **PLAN DE ORDENACIÓN PISCÍCOLA DE LA RIOJA: PLANES HIDROLÓGICOS.**

## ***ADDENDA PROPUESTA DE MEJORA DE HÁBITATS PARA LA PESCA***

### **INFORME**

#### **1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES**

Conocidas las existencias de la comunidad de peces de La Rioja a través del inventario de esta Ordenación, y caracterizada la dinámica de las poblaciones de trucha común, se han identificado los factores que están determinando con mayor significación la actual capacidad de carga en cada una de las diez poblaciones identificadas.

La capacidad de carga de una población es un punto de equilibrio estable en torno al cual fluctúa el tamaño de dicha población. La fluctuación puede estar originada en una combinación de factores de regulación endógenos, que pueden dar lugar a ciertas variaciones cíclicas, con factores de limitación exógenos, que están sujetos a variaciones ambientales aleatorias. Son los segundos los que constituyen la limitación que impone el ecosistema para que las poblaciones alcancen un tamaño superior a la capacidad de carga.

Atendiendo a la ley del mínimo propuesta por Liebig, según la cual es el elemento más escaso el que actúa como factor limitante de un sistema, es posible asimilarla a la dinámica de poblaciones entendiendo que un factor exógeno puede actuar, en determinadas circunstancias, como limitante de la capacidad de carga de una población. En este esquema, cuando se corrigen las circunstancias que hacen que un

factor sea limitante, la capacidad de carga aumentará hasta un valor impuesto por la acción de otro factor exógeno, que pasa a actuar como limitante.

Siguiendo este razonamiento, se puede entender que una población es susceptible de aumentar sus existencias conforme se van corrigiendo las circunstancias que hacen que determinados factores actúen como limitantes. Y por tanto, estará en manos del gestor aumentar la capacidad de carga mientras ésta esté limitada por la acción de factores sobre los que el gestor tiene capacidad de actuación.

Se puede tomar como ejemplo el caso de una población de truchas en la que se hayan identificado los siguientes factores exógenos que pasan a ser limitantes en el siguiente orden: 1º fragmentación de la población por un obstáculo eliminable, 2º escasez de refugio para adultos y 3º depredación por nutria. Es fácil comprender que el gestor puede aumentar la capacidad de carga si elimina el obstáculo que la limita en la actualidad, en ese caso la población aumentará en consecuencia hasta que se manifieste el siguiente factor exógeno: la escasez de refugio para adultos. Si el gestor acomete un proyecto de mejora de hábitats de forma que el refugio deja de ser limitante, la población aumentará su tamaño hasta la capacidad de carga que imponga la depredación por nutrias. En este punto, el gestor no puede corregir el factor limitante ya que la legislación le impide reducir la población de nutrias, llegando al límite en su capacidad de mejorar la población de truchas.

En este capítulo se recogerán las propuestas de mejora de hábitats que permitan corregir las circunstancias que están haciendo que factores exógenos sobre los que la Administración Forestal de La Rioja tiene capacidad de actuación limiten la capacidad de carga de las poblaciones de trucha.

---

## 2. OBJETIVOS

El objetivo único de este capítulo es plantear y localizar geográficamente, a escala de las poblaciones identificadas en el Inventario de este Plan de Ordenación, las medidas que conduzcan a corregir los factores limitantes identificados en cada población de truchas de La Rioja, exponiéndolas en orden de prioridad para facilitar a la Administración la toma de decisiones en su ejecución.

## 3. METODOLOGÍA Y PROCESO DEL ESTUDIO

La primera idea básica que es necesario considerar en los proyectos de mejora del hábitat es la integración del río con su valle (Hynes 1975). Se debe adoptar una perspectiva de cuenca hidrográfica, para detectar las causas que deterioran el hábitat físico del río. En cuencas en las que existen problemas de erosión en laderas, es más efectivo intentar resolver este problema en las laderas que no en el cauce. El mismo principio debe aplicarse si las poblaciones piscícolas están afectadas por problemas de contaminación o de regulación de caudales, ya que al no poder ser solventados a nivel de tramo fluvial, es inútil aplicar técnicas de mejora del hábitat en dicho tramo.

La mejora de las condiciones físicas del hábitat piscícola debe tomar en consideración los procesos de recuperación natural del río (autodepuración, reajuste morfológico) y la capacidad biogénica del tramo (Cairns et al. 1977; Gore 1985; Reice et al. 1990), con objeto de actuar de acuerdo con la naturaleza (Heede & Rinne 1990) en vez de en su contra, abriendo camino para que ella misma se recupere (Whyte & Brynildson 1967).

El procedimiento que se va a seguir en esta Addenda es el siguiente:

- Descripción de la situación de partida e identificación de los problemas a solucionar: Extracto del inventario

- 
- Objetivos de las actuaciones por poblaciones: imagen objetivo. Determinación de las necesidades de actuación por poblaciones
  - Lista general de actuaciones que conducen a las distintas imágenes objetivo, con la descripción de sus condicionantes, y criterios de priorización de las actuaciones.
  - Determinación del orden de prioridad de las distintas poblaciones.
  - Selección de los tramos más adecuados para cada actuación.

### **3.1 Descripción de la situación de partida e identificación de los problemas a solucionar: Extracto del inventario.**

En el inventario del Plan de Ordenación de la Pesca de La Rioja, y sintetizando la información obtenida en los estados natural e ictiológico del mismo, se hace un diagnóstico de los factores que en cada población identificada actúan como limitantes. Sirven para dicha identificación los “cuellos de botella” que presentan las correspondientes distribuciones en clases de edad, de forma que una reducción significativa del número de individuos entre una clase de edad y otra está señalando el efecto de que la población tiene un factor que la limita en dichas edades. Como los factores ambientales que afectan a una especie suelen ser distintos para distintos estadios de desarrollo, la edad a la que afecta el factor limitante suele facilitar la determinación de dicho factor.

Una vez identificado el factor limitante como un problema que impide a la población alcanzar las metas de la ordenación por sí sola, el objetivo de las medidas de actuación se plantea de forma inmediata; y la “imagen objetivo” de la actuación sobre el hábitat se configura como aquella en la que el factor limitante está atenuado o eliminado, en el caso en que éstos sean de origen antrópico y su atenuación se pueda conseguir con los medios competenciales del órgano ambiental. La definición de la “imagen objetivo” es el primer paso de todo programa de medidas de mejora de hábitats, inmediato a la diagnosis de la problemática.

Por poblaciones, y en referencia al citado inventario, nos encontramos con la siguiente situación de partida:

**Población 1100, Alto Tirón:** Sobre las clases de edad 0+ y 1+: escasa calidad y abundancia de macroinvertebrados bentónicos. La colmatación del sustrato originada en vertidos y alteraciones morfológicas por el uso de las riberas es la causa. Sobre la clase de edad 3+: la escasez de refugio causada por el deficiente estado de conservación de las riberas.

**Población 1200, Oja-Bajo Tirón:** En Tirón medio y bajo y sobre toda la estructura de edades: el excesivo recubrimiento por finos del sustrato originado por el uso de las riberas y las alteraciones morfológicas, y mantenido por la ausencia de avenidas de lavado que presumiblemente provoca la regulación de caudales del embalse de Leiva, limita la producción del bentos.

En el río Oja y sobre las clases de edad juveniles: escasa abundancia de macroinvertebrados que les sirven de alimento, posiblemente con causa natural por el régimen pluvial de caudales. Sobre las clases de edad 2+ y 3+: baja disponibilidad de refugio por causas naturales, ya que el trazado en planta del cauce, con una sección muy ancha, y su perfil transversal, que determina un cauce trezado entre gleras, impiden que las riberas proporcionen cobertura de refugio a los organismos del cauce.

**Población 2100, Alto Najerilla:** No se han identificado factores limitantes de la capacidad de carga.

**Población 2200, Calamantío-Najerilla:** No se han identificado factores limitantes de la capacidad de carga.

**Población 2300, Urbión-Najerilla:** Sobre la clase de edad 4+: escasez de refugio para adultos que puede estar originada en la baja calidad de riberas observada y presumiblemente provocada por alteraciones morfológicas en las orillas y terrenos adyacentes (terraplén de la carretera que une las Viniegras).

**Población 2400, Bajo Najerilla:** Sobre los juveniles 0+ y 1+: Escasez de macroinvertebrados del bentos posiblemente provocada por la pérdida de hábitat para estos organismos originada en la elevada colmatación del sustrato por finos. Este recubrimiento de finos puede explicarse por las presiones significativas por alteración morfológica y, sobre todo, por la regulación de caudales, que impide la recurrencia de avenidas de limpieza que mantienen las gravas libres de finos.

Sobre los adultos: La presencia frecuente de obstáculos al paso puede constituir un factor limitante de la población, interrumpiendo su libre desplazamiento hacia los tramos situados en cabecera. El efecto de los obstáculos en las subpoblaciones de cabecera es equivalente a un incremento de la tasas instantánea de la mortalidad en la subpoblación en cuestión, ya que un adulto que se mueva aguas abajo de un obstáculo infranqueable hacia aguas arriba no vuelve a dicha subpoblación. Complementariamente, la abundancia de cormoranes puede tener efectos limitantes en el número de adultos, y dichos efectos pueden estar aumentando en los últimos años con lo que su implicación en la dinámica del recurso pesca es presumiblemente creciente.

**Población 3100, Alto Piqueras:** No se ha identificado el factor limitante de esta población.

**Población 3200, Iregua:** Sobre la clase de edad 0+: La intensa regulación del régimen de caudales que sufre esta cuenca parece tener efectos sobre el número de alevines que quedan en las subpoblaciones de cabecera, bien por arrastre o bien porque la producción de invertebrados se ve limitada. El desagüe de fondo de la presa de Pajares

---

hace que la temperatura del agua en verano (durante la campaña de riegos) sea significativamente más baja que lo que le correspondería de forma natural. Esto hace que el metabolismo del sistema se ralentice, disminuyendo por tanto la productividad del sistema y limitando la fuente de alimentos de las clases juveniles de trucha. La forma de la cuenca –con escasos afluentes que puedan servir de refugio a los alevines durante los períodos en que los caudales están más intervenidos- hace que el efecto de la regulación de caudales sea mayor. A la regulación de caudales como factor limitante se debe sumar el efecto que sobre el reclutamiento anual tiene la sucesión de obstáculos a lo largo del río Iregua.

Sobre los adultos jóvenes, clase 2+: El régimen de caudales alterado puede ejercer de factor limitante también sobre los adultos jóvenes al reducir el refugio disponible para esta clase de edad durante una parte importante del año.

**Población 4000, Leza:** No se han podido identificar factores limitantes en esta población.

**Población 5000, Cidacos:** No se han podido identificar factores limitantes en esta población.

### **3.2 Objetivos de las actuaciones por poblaciones: imagen objetivo. Determinación de las necesidades de actuación por poblaciones.**

Identificados los factores limitantes que están actuando sobre cada población, la definición de la imagen objetivo se corresponde con la situación teórica que se quiere alcanzar en aquellos tramos en los que se tenga capacidad de actuación; es decir, en aquellos casos en los que el factor limitante sea de origen antrópico y la administración de pesca tenga capacidad competencial o de influencia.

**Población 1100, Alto Tirón:** Se considera conveniente reducir la colmatación por finos del medio intersticial del sustrato, que se considera originado por vertidos

---

puntuales y difusos y el uso de las riberas. Asimismo se desea mejorar la calidad de las riberas, actualmente afectadas por alteraciones morfológicas y el uso de las mismas.

**Población 1200, Oja-Bajo Tirón:** En el río Tirón se desea incrementar la producción de macroinvertebrados bentónicos, para lo que se plantea disminuir la colmatación que se considera originada por la reducción de la frecuencia de los picos de avenida que lavan el sustrato (“flushing flows”) debida a la regulación de caudales producida por la operación de la presa de Leiva. Asimismo se desea mejorar la calidad de las riberas, alteradas por su uso y por alteraciones morfológicas de las orillas.

En el Oja no se consideran prioritarias las actuaciones sobre el hábitat.

**Población 2100, Alto Najerilla:** No son prioritarias las actuaciones de mejora del hábitat.

**Población 2200, Calamantío-Najerilla:** No son prioritarias las actuaciones de mejora del hábitat.

**Población 2300, Urbión-Najerilla:** Se desea incrementar la disponibilidad de refugio para adultos (4+), reducida por las alteraciones morfológicas de las orillas y el uso de los terrenos adyacentes al cauce.

**Población 2400, Bajo Najerilla:** Se desea reducir la colmatación por finos en el sustrato que se considera originada por la regulación de caudales derivada de la explotación de la presa de Mansilla. También se quiere permeabilizar el sistema de obstáculos artificiales que suponen las presas y azudes que fragmentan parcialmente la población.



---

**Población 3100, Alto Piqueras:** No son prioritarias las actuaciones de mejora del hábitat.

**Población 3200, Iregua:** Se considera prioritario dotar de refugios en período estival (campana de riegos) a los alevines frente a la modificación de caudales derivada de la explotación de la presa de Pajares, que evite su arrastre a tramos inferiores. Asimismo se desea incrementar el hábitat efectivo para adultos, actualmente limitado por la misma causa. También se plantea la conveniencia de paliar el impacto térmico del desagüe de fondo de dicha presa. Como medida complementaria se desea permeabilizar el sistema de obstáculos a lo largo del eje del Iregua en esta población.

**Población 4000, Leza:** Se desea diversificar el macrohábitat de los tramos sometidos a canalizaciones.

**Población 5000, Cidacos:** Se desea mejorar la calidad de las aguas, actualmente muy afectadas por el uso agrícola de los terrenos adyacentes.

Definidas las imágenes objetivo, a continuación se enumeran las actuaciones y técnicas que se pueden aplicar para dirigir el hábitat a dicha imagen.

### **3.3 Priorización de las actuaciones que conducen a las distintas imágenes objetivo y descripción de las técnicas de cada actuación.**

Las actuaciones de restauración que se consideran necesarias son las siguientes:

- reducir la colmatación.
- mejorar la calidad de las riberas
- incrementar la producción de macroinvertebrados bentónicos
- incrementar la disponibilidad de refugio para adultos
- permeabilizar el sistema de obstáculos artificiales

- dotar de refugios en período estival
- incrementar el hábitat efectivo para adultos,
- paliar el impacto térmico de la presa de Pajares
- diversificar el macrohábitat
- mejorar la calidad de las aguas,

Roni et al. 2002 hicieron una revisión de las actuaciones de restauración y desarrollaron una estrategia jerárquica para priorizar las actuaciones de restauración, que se muestra en la figura 1.

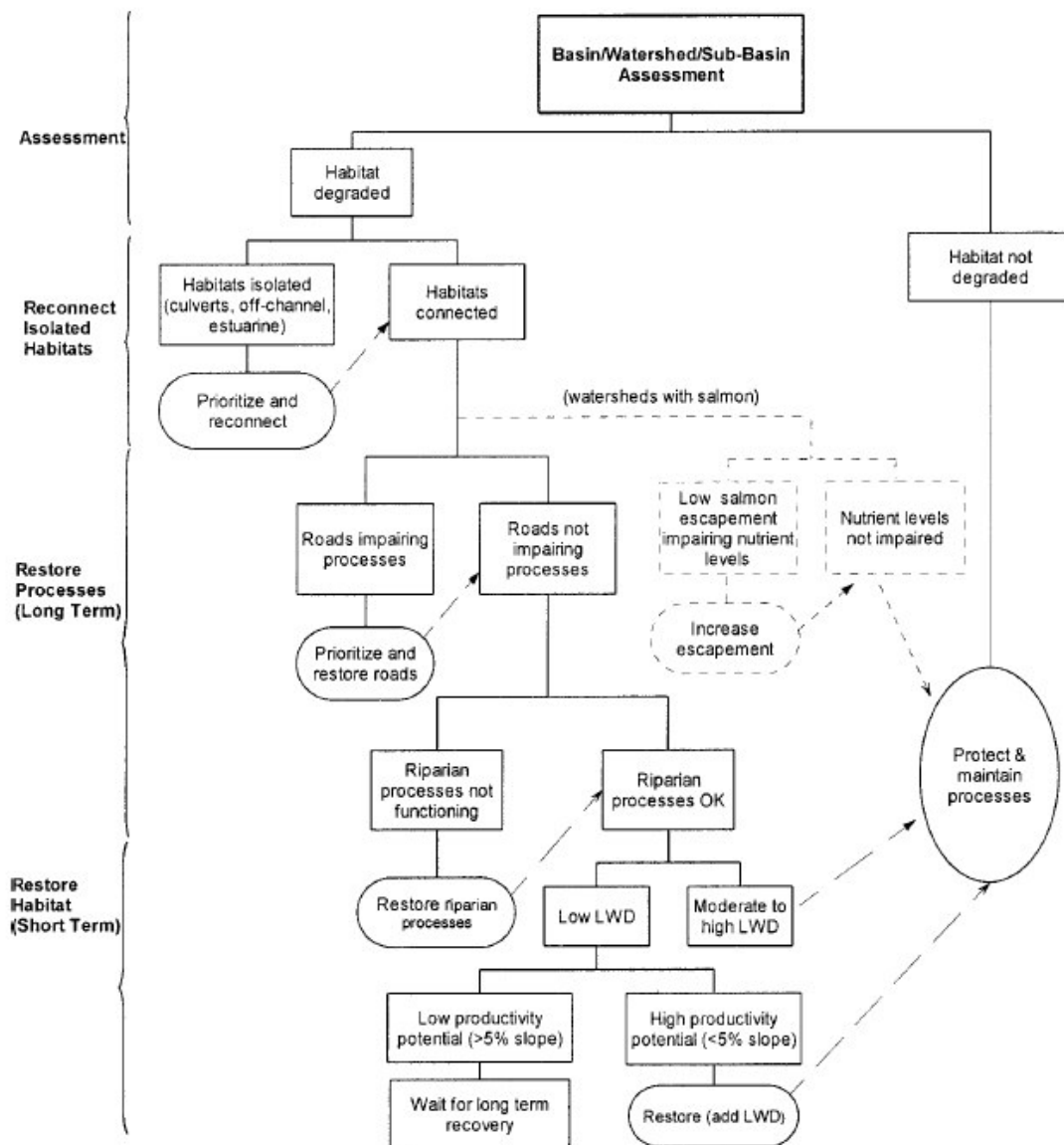


Figura 1. Diagrama de flujos en el que se describe la estrategia jerárquica para priorizar actividades de restauración específicas. Los óvalos indican dónde se deberían localizar las acciones de restauración (de Roni et al. 2002). Al tratarse de una metodología desarrollada para las cuencas del Pacífico, se tiene en consideración la aportación de los cuerpos de los salmones que mueren en su migración reproductiva anual.

Según sus consideraciones, las actividades de restauración prioritarias son, en este orden:

1. Permeabilización de obstáculos a la espiral de nutrientes.
2. Restauración de los efectos limitadores de procesos de las carreteras.
3. Restauración de los procesos de ribera.

4. En tramos de poca pendiente, restauración de restos vegetales en el río.
5. En tramos de mucha pendiente, esperar recuperación natural a largo plazo.

Según el criterio expuesto, las actuaciones planteadas en esta addenda al Plan, se ordenan según el siguiente orden de prioridad:

1. Eliminar o paliar los efectos de obstáculo a la ecología fluvial impuesto por las grandes presas (Mansilla, Pajares y Leiva): reducir la colmatación; paliar el impacto térmico de la presa de Pajares; incrementar el hábitat efectivo para adultos; incrementar la producción de macroinvertebrados bentónicos. Habida cuenta de que el origen de los factores limitantes que motivan estas actuaciones es la regulación del caudal derivada de la explotación de las grandes presas, la actuación prioritaria es: **establecer y aplicar un régimen ecológico de caudales**. Segunda en prioridad y dentro de este paso se incluye la actuación: **permeabilizar el sistema de obstáculos artificiales**.
2. Restaurar los efectos de carreteras sobre los procesos fluviales: en este paso deben incluirse los efectos que sobre las poblaciones de Urbión-Najerilla tiene la presencia del talud de carreteras o vías rurales, ocupando la ribera y entrando en el cauce: mejorar la calidad de las riberas; incrementar la producción de macroinvertebrados bentónicos; reducir la colmatación. La tercera posición en orden de prioridad corresponde a: **restaurar la estructura y funcionamiento de las orillas sometidas a ocupaciones por obras lineales y vías de comunicación**.
3. Restaurar los procesos de ribera y la conexión del cauce con la ribera y la llanura de inundación, asegurando la continuidad transversal de los mismos. En este paso se incluyen las actuaciones relacionadas con: incrementar la disponibilidad de refugio para adultos; dotar de refugios en periodo estival; mejorar la calidad de las aguas. El cuarto lugar en orden de prioridad corresponde a la actuación: **restauración de la estructura y funcionamiento de las riberas degradadas puntualmente**.

4. Las actuaciones dirigidas a diversificar el macrohábitat; incrementar la disponibilidad de refugio para adultos; y reducir la colmatación, planteadas en tramos puntuales y dentro del cauce se reservan para los tramos de baja pendiente (<5%) y cursos medios y bajos de los ríos. En este orden la quinta posición en prioridad corresponde a: **restauración puntual de tramos con actuación dentro del cauce.**

Las técnicas que se emplean para ejecutar las actuaciones de restauración son las siguientes:

### **3.3.1 Establecer y aplicar un régimen ecológico de caudales**

La restauración del régimen de caudales, o el mantenimiento de unos niveles mínimos y el control de las fluctuaciones de forma que sean aceptables para los organismos acuáticos, es quizás una de las fases prioritarias en la restauración de cauces y riberas, teniendo en cuenta que es el agua, en cantidad y calidad, y su movimiento, los pilares básicos sobre los que se asienta toda la estructura del ecosistema fluvial.

El régimen de caudales define en términos estadísticos la distribución de los caudales a lo largo del año, referidos a una sección o superficie vertiente. Puede expresarse mediante índices o valores medios (ej. Módulos), características de las series (ej. Coeficiente de variación, predictibilidad), duración de los caudales, distribución de frecuencias, etc., con los que se pueden cuantificar las aportaciones de cada cuenca, su distribución en el tiempo, y comparar unos ríos o tramos de ríos con otros analizando la variación de todas estas características en el espacio.

Un régimen ecológico de caudales es aquel que hace compatible el aprovechamiento de sus características (volumen, energía potencial, etc.) con el mantenimiento de la integridad de los procesos ecológicos que determina. Los parámetros que se pueden emplear para definir un régimen ecológico de caudales son (González del Tánago y García de Jalón 2001):

- Caudal medio anual (módulo anual): Este factor determina la cantidad de hábitat disponible para los peces a lo largo del año.
- Variabilidad temporal: La recuperación de variación estacional del caudal circulante permite que las especies ibéricas, adaptadas a regímenes con fuerte fluctuación intraanual manifiesten sus ventajas competitivas frente a especies alóctonas propias de ríos muy regulares. Asimismo, los caudales elevados en verano impeditan el desarrollo de alevines de trucha en aquellos tramos en los que corresponde naturalmente que haya caudales relativamente bajos en estiaje.
- Tasas de variación: La eliminación de las fuertes variaciones intradiarias permite que los peces tengan capacidad de reacción frente a crecidas.
- Predictibilidad: la predictibilidad de los episodios de avenidas (más frecuentes en invierno y primavera en regímenes naturales) y reducciones de caudales (más frecuentes en verano) favorece a los organismos adaptados a dicho régimen natural.
- Curvas de frecuencia de caudales: La frecuencia de caudales punta permite que los procesos de arrastre, transporte y sedimentación materiales del sustrato y sólidos en suspensión se mantengan íntegros, disminuyendo la colmatación artificial de las gravas.
- Curvas de duración de caudales.
- Análisis de la magnitud y permanencia de los caudales mínimos.

### **3.3.2 Permeabilizar el sistema de obstáculos artificiales**

El concepto de permeabilización de presas engloba un amplio rango de actuaciones dirigidas a corregir o solucionar los impactos derivados del efecto barrera producido por las presas y otras estructuras transversales en los ríos. Entre todas ellas se pueden destacar cuatro grandes clases de actuaciones ordenadas según el mayor o menor grado de intensidad de la actuación. De esta forma y en orden creciente de intensidad se clasificarían en:

---

### **1. Planificación del uso del agua**

Se podrían clasificar como planificación del uso del agua a todas aquellas actuaciones que, sin efectuar ninguna modificación física del obstáculo, permitan recuperar en algún grado la situación ambiental del río previa a la construcción de dicho obstáculo. Supone el aprovechamiento racional del caudal circulante permitiendo el paso de un régimen ecológico de caudales que atenúe los impactos de la obra sobre la comunidad biológica. Este grupo de actuaciones podría ser una solución práctica para el caso de pequeños azudes y estaciones de aforo que, debido a una fuerte reducción de la lámina de agua en su vertedero o coronación, supongan una interrupción permanente o temporal de la libre circulación de migradores.

El aumento de dicho caudal circulante por el obstáculo podría aprovecharse haciéndolo pasar por un “río artificial” (como los recorridos artificiales de canoas o kayaks, por ejemplo) que, a modo de by-pass uniría los tramos de aguas arriba y aguas abajo con un canal en una de las dos riberas, canal cuyo lecho y orillas esté provisto de rugosidades y obstáculos (bloques, cantos, pozas, etc.) que constituya algún tipo de cauce naturalizado. La pendiente de tal obra no puede sobrepasar un determinado valor; su implantación debido a su longitud, se revela como bastante problemática. Sin embargo, su integración en el paisaje es muy alta (Porcher y Travade 1992).

### **2. Corrección del obstáculo**

Esta clase de actuaciones supone la construcción de elementos o sistemas que alivien el impacto de la presa sin alterar su funcionamiento. En este caso la estructura transversal que constituye el obstáculo se vería afectada por modificaciones físicas, añadiéndose estructuras complementarias o realizándose vertederos nuevos, dirigidas a reducir el impacto de la obra, pero sin que el rendimiento de la misma quede

afectado. En este grupo de actuaciones estarían incluidos los sistemas convencionales de franqueo para peces.

El tipo de paso más comúnmente utilizado es el paso de estanques sucesivos, consistente en una serie de estanques que parte del pie del obstáculo y llega hasta la coronación. Los pasamuros entre estanques pueden ser de una gran variedad de formas, de orificios o vertederos verticales por donde pasa el caudal del paso y que controlan el nivel de agua en cada estanque. Los estanques juegan un doble papel: aseguran una disipación conveniente de la energía del agua circulante por el paso y proveen de zonas de reposo para el pez. El desnivel entre dos estanques sucesivos debe depender de las especies migratorias consideradas. La pendiente de un paso de estanques varía a menudo entre el 10 y el 15%.

Las escalas de ralentizadores – o tipo “Denil”, nombre de su inventor – tienen dispuestos en el fondo o las paredes de un canal de fuerte pendiente (hasta del 20%) unos deflectores de formas más o menos complejas destinadas a reducir las velocidades medias de circulación creando una serie de corrientes helicoidales.

Las esclusas para peces (o esclusas “Borland”) funcionan según un principio análogo al de las esclusas de navegación.

Otros dispositivos consisten en reunir a los migradores en una cuba y transferirlos aguas arriba del obstáculo mediante un ascensor o funicular, o llevarlos simplemente con un camión.

Existen muchas otras soluciones atípicas que consisten en gestionar más o menos someramente un obstáculo para facilitar el franqueo por los migradores; estas soluciones quedan limitadas para obstáculos de altura moderada. Se pueden citar las contrapresas, formadas por varios muretes o azudes instalados aguas abajo del

---



---

obstáculo creando unos vasos sucesivos que fraccionan el chorro del vertedero. Estas contrapresas pueden ser instaladas en una parte importante, o incluso en la totalidad de la longitud del curso de agua aguas abajo del obstáculo (Larinier 1992 b).

### **3. Modificación del obstáculo**

Bajo este nombre se recogen todas aquellas actuaciones que consistan en efectuar cambios físicos en la estructura del obstáculo, afectando al funcionamiento y rendimiento del mismo. Estas medidas tendrían un efecto corrector del impacto bastante mayor que los dos grupos anteriores, y quedarían incluidas entre ellas la reducción de la altura en coronación, modificación de los vertederos, reestructuración del régimen de aprovechamiento, etc.

### **4. Retirada del obstáculo**

Supondría una supresión definitiva del obstáculo, mediante su desmantelamiento, y por tanto la eliminación completa de cualquier impacto producido por el mismo. Es una solución tan eficaz como radical, que puede ser viable, en el caso de estructuras obsoletas o fuera de uso. Esta solución tiene paralelamente la ventaja de recrear en la zona de influencia aguas arriba del obstáculo sectores de agua corriente propicios para la reproducción de los adultos o el crecimiento de los juveniles (Larinier 1992 b).

#### **3.3.3 Restaurar la estructura y funcionamiento de las orillas sometidas a ocupaciones por obras lineales y vías de comunicación y restauración de la estructura y funcionamiento de las riberas degradadas puntualmente**

La revegetación de las riberas es con frecuencia la principal, o incluso única, actuación de muchos proyectos de mejora o rehabilitación de los cauces, y siempre constituye una medida fundamental para su restauración.

---

Al planificar la revegetación del espacio ripario, ya sea mediante siembra o plantación, es necesario tener en cuenta dónde se está actuando, la zona riparia, y utilizar las especies adecuadas, vegetación riparia o freatofítica.

Analizando estos conceptos, se entiende por zona riparia el espacio más próximo a lo largo de los cauces o zonas con agua, que se ve afectado por la presencia de éstos.

La vegetación riparia desempeña una serie de funciones en el ecosistema fluvial que se podrían resumir en las siguientes:

- Mejora del comportamiento hidrológico de la cuenca, favoreciendo la llanura de inundación.
- Control de la influencia de la cuenca, haciendo que la ribera actúe como zona tampón.
- Estabilización de la forma y trazado del cauce.
- Influencia sobre el funcionamiento del ecosistema fluvial.
- Mejora del paisaje e interés cultural

Los proyectos de revegetación deben contemplar los siguientes aspectos:

1. Análisis y lugar de la plantación: Condiciones del clima, vegetación, orientación, topografía y condiciones del suelo.
  2. Selección de especies.
  3. Forma de implantación.
  4. Preparación del terreno previa a la implantación: limpia de las riberas, roza selectiva y estabilización de los taludes.
  5. Técnicas de plantación:
    - a. Plantación de orillas con vegetación acuática: cepellón, rizomas y rebuevos, esquejes y siembra; combinado también con empedrado o revestimiento de piedras en los taludes más inestables.
    - b. Plantaciones en las riberas.
    - c. Estructuras combinadas: faginas y rulos de faginas, anclajes, encañizados y faginas embaladas.
-

6. Cuidados posteriores a la repoblación.

### **3.3.4 Restauración puntual de tramos con actuación dentro del cauce**

Las diferentes estructuras y actuaciones de mejora pueden clasificarse en cuatro tipos principales: deflectores de corriente, pequeños azudes, disposición de grandes bolos y berruecos, y defensa de la vegetación de orilla. Cada una de estas actuaciones puede tener distintas aplicaciones en la mejora del hábitat. Existen otros tipos de tratamientos como sombreadores de orillas, ramas y tocones sumergidos, medios troncos, etc., que son citados en la bibliografía especializada (González del Tánago y García de Jalón 2001; Hunter 1991).

#### **1. Azudes**

Hay casi una infinita variedad de diseños de azudes que se usan en trabajos de restauración. El propósito principal de un azud es imitar una elevación natural de la solera por la acumulación de restos vegetales o una barra de gravas típica de un macrohábitat constituido por una sucesión de rápidos y pozas. Aguas arriba del azud, la velocidad del agua se reduce y se deposita una parte de la carga sólida en suspensión. Si el propósito del azud es crear zonas de freza adicionales y el río acarrea la suficiente cantidad de grava, la sedimentación de la grava aguas arriba del azud puede ser beneficiosa. Si el río lleva una carga significativa de arena o finos en suspensión, la zona remansada aguas arriba del azud se llenará rápidamente de finos, colmatando el sustrato y eliminando el hábitat de insectos y truchas.

Aguas debajo de la presa, se suele formar una poza a la altura del vertido del agua e incide en el fondo. Estas pozas pueden dar cobertura a truchas adultas y generar hábitat para épocas de estiaje o crecida tanto para adultos como para juveniles.

Los azudes no son por lo general adecuados en ríos meandriformes de baja pendiente. Con frecuencia este tipo de ríos alcanzan una temperatura máxima para la trucha. Un embalse ofrece oportunidades adicionales de calentamiento del agua hasta niveles que

pueden ser letales para la trucha. Incluso un azud de poca altura puede embalsar agua hasta cierta distancia aguas arriba en un río de baja pendiente. Además del calentamiento, el agua embalsada se puede extender por los bordes y empezar a erosionar el anclaje de las alas del azud, pudiendo conducir a un fallo de la presa.

Si el azud se considera una solución indispensable, se debería considerar que: (1) puede restringir la migración de la trucha; y (2) puede suponer un peligro para otros usuarios del río, como piragüistas.

## **2. Deflectores**

Los deflectores se usan para forzar al río a que adopte un patrón más meandriforme y crear pozas. Los deflectores también se han usado para eliminar sedimentos finos del sustrato y obtener una granulometría con más gravas.

Como los azudes, los deflectores pueden ser de muy diversas formas y tamaños. El diseño básico consiste en un triángulo con un ángulo apical de 30 a 60°. La barrera parcial a la circulación desvía la corriente hacia la orilla opuesta. Bloqueando parcialmente la corriente, el deflector hace que el agua se acelere y aumente el calado. El agua excava una poza en la orilla de enfrente y justo aguas abajo del deflector, y algo de la carga sólida del río se deposita aguas abajo del dispositivo formándose una barra aguas abajo y en la misma orilla que la estructura.

Los azudes de ala es un diseño primitivo y se usa poco actualmente ya que puede producir una grave incisión en el margen.

Los deflectores son muy adecuados para ríos meandriformes de baja pendiente. Es inútil intentar forzar a un río sinuoso de fuerte pendiente a que adopte un patrón meandriforme. Además el sustrato muy estable de un arroyo de montaña no es tan susceptible de ser arrastrado como el lecho blando de un río meandriforme.

White y Brynildson consideran que los deflectores son los mejores sistemas para restaurar o mejorar canales fluviales meandriiformes de baja pendiente. Advierten de que el uso de deflectores debe estar guiado por dos principios importantes: (1) Los deflectores deberían guiar a la corriente en vez de represarla; y (2) los deflectores deberían estar contruidos con perfil bajo sin estructuras contracorriente que puedan acumular restos arrastrados por el agua.

### **3. Refugios**

El refugio es suministrado de forma natural por cornisas con vegetación colgante, acumulación de restos vegetales y ramas, raíces, bolos y bloques, macrófitas sumergidas, turbulencias y profundidad.

Tradicionalmente, las estructuras de refugio se han construido con troncos colocados a lo largo de la orilla opuesta y aguas debajo de un deflector. Esto se hace en un intento de imitar las cornisas que aparecen en la exterior de los meandros.

Las estructuras de madera también se han diseñado para situarlas en el centro del cauce, pero se usan poco actualmente ya que no han tenido mucho éxito atrayendo truchas y tienden a dirigir la corriente hacia las orillas. Si las orillas son inestables, la estructura puede ocasionar incisión en márgenes.

La colocación de árboles, raíces y bolos para ofrecer refugio y apostaderos es cada vez más frecuente. Las estructuras con medios troncos se han empleado tanto en tramos sinuosos como meandriiformes para ofrecer refugio. Estos son materiales naturales y con poco impacto visual. Para evitar la erosión en márgenes, tanto el método de anclaje como la situación son consideraciones importantes en tramos de fuerte pendiente y gran velocidad.

#### **3.4 Determinación del orden de prioridad de las distintas poblaciones.**

Está generalmente aceptado que la restauración de cuencas debería orientarse a restaurar procesos naturales que crean y mantienen el hábitat más que manipular los

hábitats del cauce. Sin embargo, la mayoría de las actuaciones de restauración basadas en procesos se hace tramo a tramo, en segmentos reducidos del río. La selección de los tramos y ríos a restaurar debe realizarse en función de un conocimiento del estado de las poblaciones piscícolas de la región, y si el objetivo es el incremento de la producción piscícola, la prioridad de mejora debe adjudicarse a aquellos tramos o ríos en los que:

- (1) La diferencia entre su producción actual y su potencial biogénico después de las mejoras sea máxima.
- (2) Tengan una mayor capacidad para los procesos de recuperación natural (González del Tánago y García de Jalón 2001).

Reeves et al. (1991) realizaron una revisión de la mayoría de los proyectos de restauración y mejora del hábitat con evaluación posterior llevados a cabo en Norte América, y concluyeron que los mejores resultados se obtuvieron en aquellos casos en los que las condiciones del hábitat antes de la actuación eran peores. En estas condiciones previas no sólo ha de considerarse el tipo y la intensidad de la perturbación, sino también su extensión, ya que cuanto mayores sean los tramos degradados más tiempo tardarán en ser recolonizados por las biocenosis. Obviamente, las mejoras del hábitat serán más efectivas cuanto mayor sea el potencial biogénico del tramo considerado.

La recuperación geomorfológica del cauce depende de la energía que el caudal desarrolla y de la disponibilidad de sedimentos (Brookes 1992). La recuperación de la biocenosis depende en gran medida de su resiliencia. Esta característica se da sobre todo en comunidades que viven en ríos sometidos a frecuentes perturbaciones naturales (Reice et al 1990), como es el caso de las comunidades de los tramos altos o de cabecera, ya que exhiben una tasa de recolonización más rápida que la de los correspondientes tramos bajos (Schlosser 1990; Zwick 1992). También la predictibilidad de las perturbaciones naturales del río se ha asociado al potencial para la recuperación de sus comunidades (Poff y Ward 1990).

En el trabajo actual se ha seguido un procedimiento de priorización en el que se han tenido en cuenta todas las consideraciones hechas en los párrafos anteriores. De esta forma, la diferencia entre la producción actual y la potencial se ha tenido en cuenta por el valor de la capacidad de carga ( $K$ , ind. $\cdot$ m<sup>-2</sup>) observado en el inventario del Plan de Ordenación. La capacidad de recuperación se ha evaluado tomando como indicador la tasa de crecimiento poblacional per capita máxima (parámetro A del modelo, ver Tabla 4.9 del citado Plan de Ordenación). La resiliencia de las poblaciones puede asimilarse a la diferencia entre la capacidad de carga,  $K$ , y el umbral de viabilidad poblacional,  $U$ , del modelo de dinámica de poblaciones del citado inventario. La tabla 1 presenta un resumen de los valores de los citados parámetros, y una priorización de las poblaciones atendiendo a los criterios expuestos. A ellos se ha añadido un factor cualitativo que valora la confianza del diagnóstico llevado a cabo en el Plan de Ordenación, basada en las evidencias de que se disponía cuando se identificaron los factores y procesos limitantes.

Tabla 1. Valores de la diferencia entre producción actual y potencial ( $\sim K$ ); capacidad de recuperación ( $\sim A$ ); resiliencia ( $\sim K-U$ ), y confianza en el diagnóstico (Conf.: alta, media, baja).

<b>Población</b>	<b>K (ind.<math>\cdot</math>m<sup>-2</sup>)</b>	<b>A (año<sup>-1</sup>)</b>	<b>U (ind.<math>\cdot</math>m<sup>-2</sup>)</b>	<b>K-U (ind.<math>\cdot</math>m<sup>-2</sup>)</b>	<b>Conf. (cualitativo)</b>
Alto Tirón 1100	0,032	1,1	0,025	0,007	baja
Oja-Bajo Tirón 1200	0,099	0,8	0,065	0,034	alta
Alto Najerilla 2100	0,123	0,88	0,076	0,047	media
Calamantío-Najerilla 2200	0,281	1,32	0,076	0,205	media
Urbión-Najerilla 2300	0,127	1,11	0,076	0,051	alta
Bajo Najerilla 2400	0,083	1,18	0,025	0,058	media
Alto Piqueras 3100	nd	nd	3,653	nd	baja
Iregua 3200	0,054	0,7	0,021	0,033	alta
Leza 4000	nd	nd		nd	baja
Cidacos 5000	nd	nd		nd	baja

De la información recogida, sujeta también al criterio de experto y teniendo en cuenta los factores limitantes detectados y sus necesidades de restauración, en la tabla 1 se obtiene el siguiente orden de prioridad de las poblaciones para su actuación:

1. Población 3200 Iregua
2. Población 2300 Urbión-Najerilla
3. Población 2400 Bajo-Najerilla

4. Población 1100 Alto Tirón
5. Población 1200 Oja-Bajo Tirón
6. Población 4000 Leza
7. Población 5000 Cidacos
8. Población 2100 Alto Najerilla
9. Población 2200 Calamantío-Najerilla
10. Población 3100 Alto Piqueras

### **3.5 - Selección de los tramos más adecuados para cada actuación y priorización de las técnicas de actuación en cada tramo.**

Cada río tiene una disponibilidad de energía para modificar la morfología de su cauce, mediante la remodelación de sus orillas, márgenes y el sustrato del lecho. Esta energía potencial se evalúa mediante la potencia hidráulica por unidad de superficie del lecho ( $\Omega$ ), definida como el trabajo realizado por la tensión de arrastre sobre el fondo, o como la energía potencial que se puede utilizar para el transporte de la carga de fondo. Generalmente se cuantifica mediante la expresión:

$$\Omega = \delta \cdot g \cdot Q \cdot S \text{ (W}\cdot\text{m}^{-2}\text{)}$$

Donde  $\delta$  es la densidad del agua;  $g$  es la aceleración de la gravedad;  $Q$  es el caudal; y  $S$  es la pendiente del lecho.

Conociendo la anchura del bankfull,  $A$ , y con la expresión que estima la velocidad media en una sección:

$$v = (1/n) \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

donde  $v$  es la velocidad media del cauce ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ );  $n$  es el coeficiente de rugosidad de Manning;  $R$  es el radio hidráulico que en un río puede ser sustituido por el calado; y  $S$  es la pendiente (tanto por uno). Se puede determinar  $Q$  como:

$$Q = v \cdot A.$$

Existe un umbral de la potencia hidráulica para mantener un equilibrio general del lecho, separando aquellos sustratos que se erosionan de aquellos que no.



---

Brookes (1992) analizó la recuperación de 60 cauces fluviales que fueron sometidos a proyectos de restauración en Gran Bretaña, concluyendo que aquellos que tuvieron mayor éxito tenían una potencia hidráulica próxima a  $35 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ . En estos ríos la erosión y/o la sedimentación excesivas no representan ningún problema para la estabilidad de las mejoras del hábitat. Como consecuencia Brookes (1992) hizo unas recomendaciones para la restauración de cauces, teniendo en cuenta la potencia hidráulica y el aporte de sedimentos, procedentes de la cuenca vertiente o de la erosión del cauce:

- 1- En ríos de gran potencia ( $>35 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ) las actuaciones de mejora siempre tendrán un riesgo de fallo por erosión. Si hay suministro de sedimentos, es posible que se produzcan reajustes que remodelen el cauce a morfologías compatibles con las mejoras introducidas, mientras que si el suministro de sedimentos es precario, se deben esperar erosiones en el cauce y las mejoras serán poco efectivas.
- 2- En ríos de escasa potencia ( $<35 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ) las actuaciones de mejora tendrán un riesgo muy pequeño de ser erosionadas. En los casos de aporte de abundantes sedimentos, se formarán depósitos o barras en las orillas por acumulación de los mismos, fácilmente estabilizados por la vegetación, mientras que las pozas tendrán un tiempo limitado, y las estructuras que se construyan (p.e. deflectores) pueden quedar enterrados en los depósitos de sedimentos. Si el aporte de sedimentos está limitado, no existirán procesos de reajuste morfológico y las mejoras del hábitat podrán ser efectivas.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Prioridad de actuaciones de restauración y poblaciones.

Considerados los criterios de prioridad de poblaciones y actuaciones se ha construido la matriz de síntesis de la tabla 2.

Tabla 2. Prioridades de actuaciones y poblaciones, ordenadas de arriba abajo e izquierda a derecha, y codificadas por colores (azul, más prioritario, a rojo, menos prioritario).

Población	Régimen ecológico de caudales	Permeabilización obstáculo	Rest. Efecto obras lineales	Rest. Procesos riberas	Refugio y hábitat en cauce
Iregua 3200	Dark Blue	Blue		Green	Yellow
Urbión-Najerilla 2300			Light Blue		Yellow
Bajo Najerilla 2400	Blue	Light Blue			
Alto Tirón 1100				Yellow	
Oja-Bajo Tirón 1200	Light Blue	Green	Yellow	Orange	Orange
Leza 4000					
Cidacos 5000			Orange	Orange	Red
Alto Najerilla 2100					
Calamantío-Najerilla 2200					
Alto Piqueras 3100					

---

## 4.2 Selección de los tramos de restauración adecuados a las técnicas.

Sintetizando los condicionantes de cada técnica de restauración recogidos en el apartado 3.3 y considerando las características de los tramos según lo explicado en el apartado 3.5, se ha elaborado la siguiente lista de tramos de 1,5 km de longitud por población (tabla 3), considerando asimismo que todos los tramos son aptos para la actuación de implantación de un régimen ecológico de caudales.

**Tabla 3.** Tramos aptos para su actuación según la técnica a aplicar y las características del tramo (long. Del tramo 1,5 km). Todos los tramos son aptos para la actuación de implantación de un régimen ecológico de caudales.

COD_pob_ac	COD_est	EST_utm_X	EST_utm_Y	EST_alt_Z	Pot(W/m2)
Iregua 3200	iregua_4	528885	4666949	919	31
	iregua_7	529882	4669485	858	39
	iregua_8	529913	4670201	848	30
	iregua_10	530733	4672451	814	27
	iregua_15	530488	4676410	768	32
	iregua_17	530638	4677737	747	26
	iregua_18	531136	4678433	730	39
	iregua_20	532706	4679584	711	30
	iregua_21	533903	4680357	687	43
	iregua_25	536229	4683660	626	33
	iregua_26	536713	4684140	614	39
	iregua_27	537373	4684572	601	42
	iregua_30	541516	4687607	540	34
	iregua_32	542885	4689397	513	31
	iregua_34	544021	4691950	478	41
piqueras_	531382	4661416	1133	44	
Urbión- Najerilla 2300	najerilla_4	509867	4669640	833	30
	najerilla_6	511246	4670427	798	32
	urbion_12	509629	4667676	879	28
	urbion_14	509767	4669023	847	31
Bajo Najerilla 2400	cardenas_	510259	4684905	771	37
	cardenas_	511966	4686864	713	29
	cardenas_	513427	4688552	663	44
	cardenas_	516580	4691030	589	34
	cardenas_	518987	4691613	540	34
	cardenas_	520854	4692065	516	37
	najerilla_1	516648	4676439	670	37
	najerilla_1	518339	4678426	612	38
	najerilla_1	519388	4679188	598	26
	najerilla_2	521217	4689956	524	30
	najerilla_3	522093	4696379	476	36
	yalde_6	527066	4692362	655	42
	yalde_11	524274	4697877	495	39
	yalde_14	523814	4700205	474	43
	yalde_16	523266	4701662	444	45
Alto Tirón 1100	tiron_2	494213	4705145	593	56
Oja-Bajo Tirón 1200	oja_13	507045	4712918	476	28
	tiron_4	495977	4705905	578	25
Leza 4000	leza_1	544545	4677047	784	29
	leza_3	546251	4678661	751	26
	leza_4	546889	4679800	732	28
	leza_8	550286	4688291	486	31
	leza_9	550921	4689469	472	33
	leza_10	552130	4690498	451	36
Cidacos 5000	cidacos_5	561126	4668831	739	39

