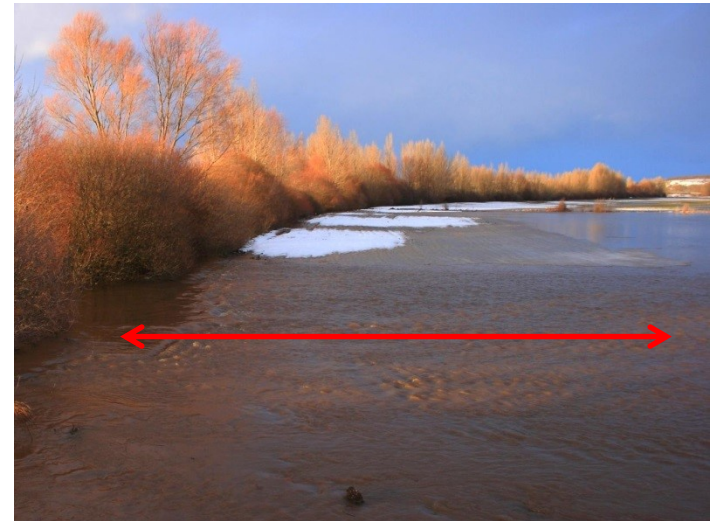
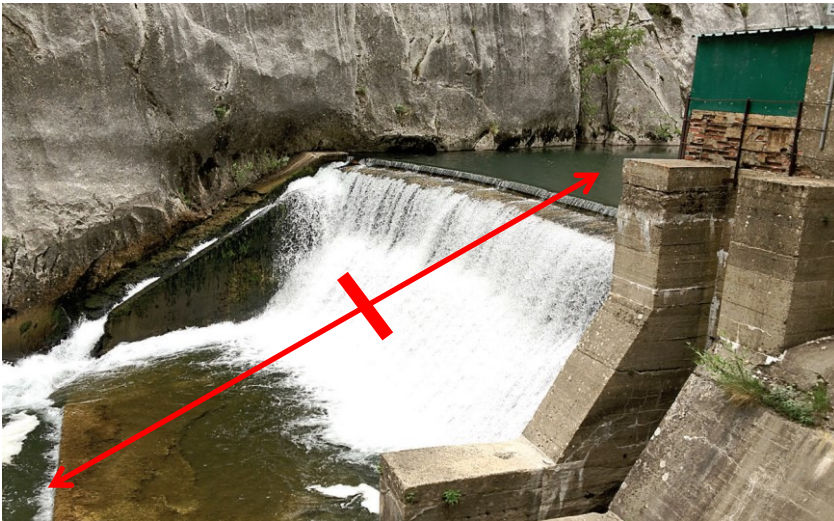


## Fragmentación de ríos



Jornada técnica sobre medidas de mejora de control y seguimiento de los dispositivos de paso para peces en la cuenca del Duero (12 de enero de 2016)

- **Qué es la fragmentación de los ríos**
- **Por qué preocupa**
- **Cómo se mide**
- **Cómo se soluciona**

# Qué es la fragmentación de los ríos

- El término fragmentación se usa en la teoría ecológica: división de hábitats grandes y continuos en pequeños trozos aislados (Poblaciones → Metapoblaciones)
- En ríos es el resultado de la intercepción sobre todo de los ejes longitudinal y lateral del continuo fluvial con diversas implicaciones:



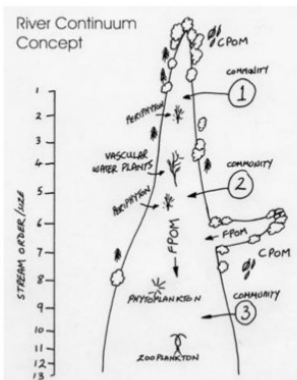
## □ Cortocircuito en un sistema trifásico:

- agua
- sedimentos
- series vivos (biota)

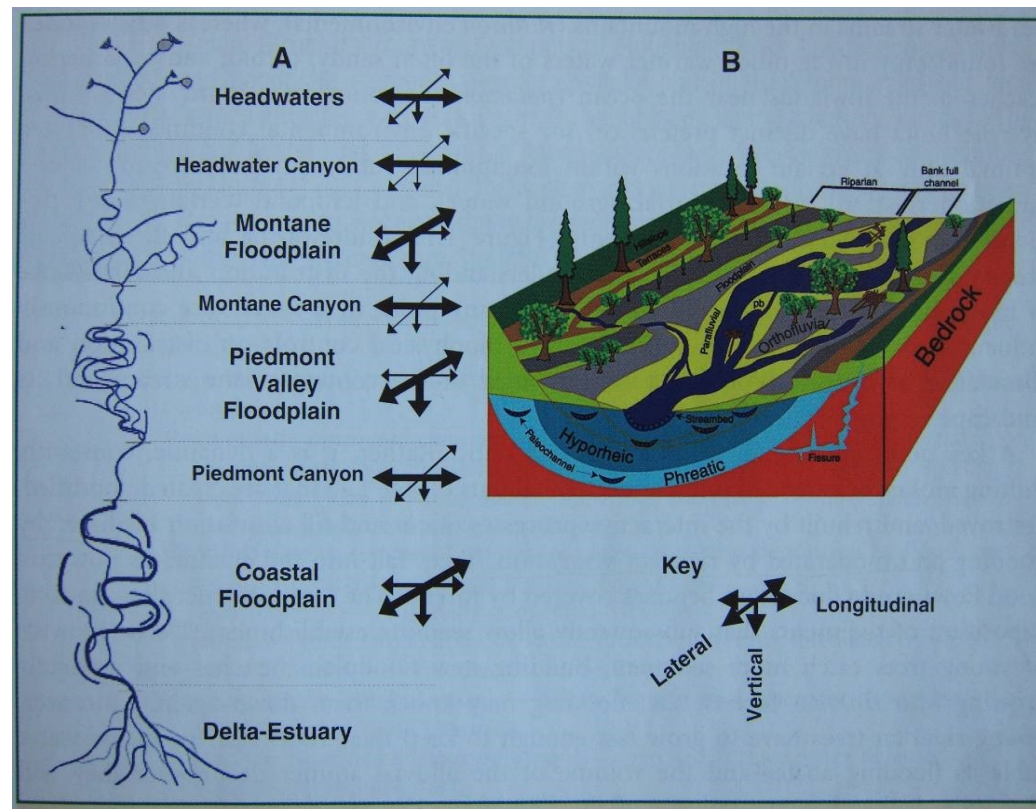
## □ Conlleva pérdidas funcionales:

- alteración régimen hidrológico
- de los ciclos biogeoquímicos
- movilidad de la biota

### RIVER CONTINUUM concept

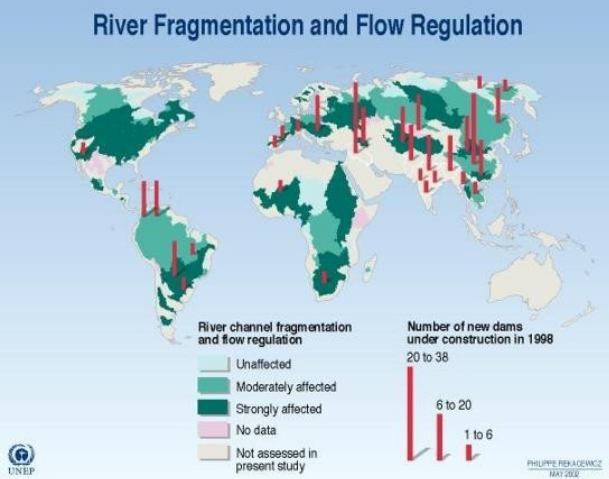


- POM = Particulate Organic Material
- CPOM = coarse POM
- FPOM = fine POM

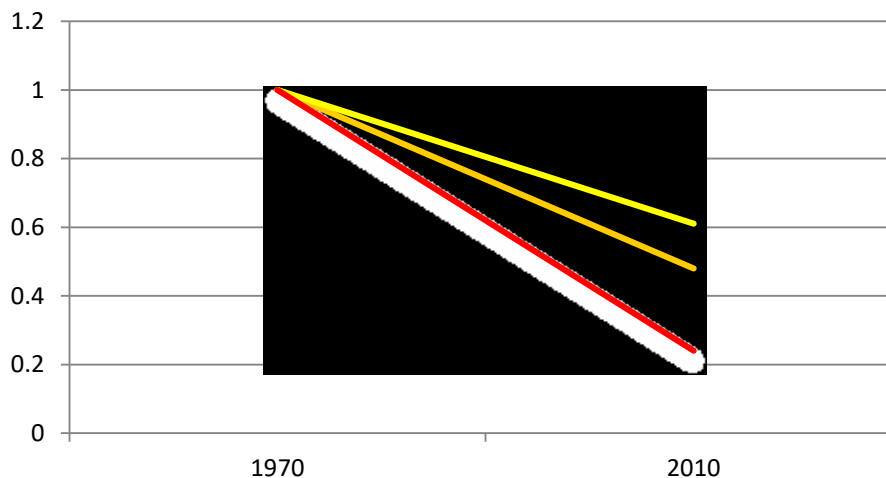




## Por qué preocupa



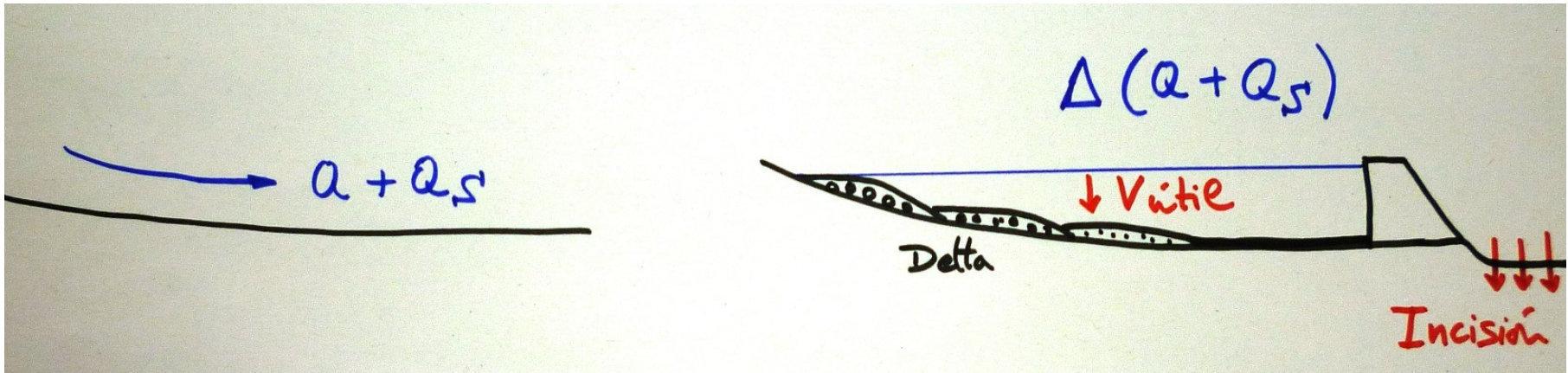
Los ecosistemas de agua dulce, incluidos los ríos, los lagos y las zonas húmedas, tienen una riqueza en especies extraordinaria y proporcionan numerosos servicios ecosistémicos, aunque lamentablemente también se encuentran entre los ecosistemas más alterados y amenazados del mundo, y una de sus principales amenazas es la pérdida de continuidad.



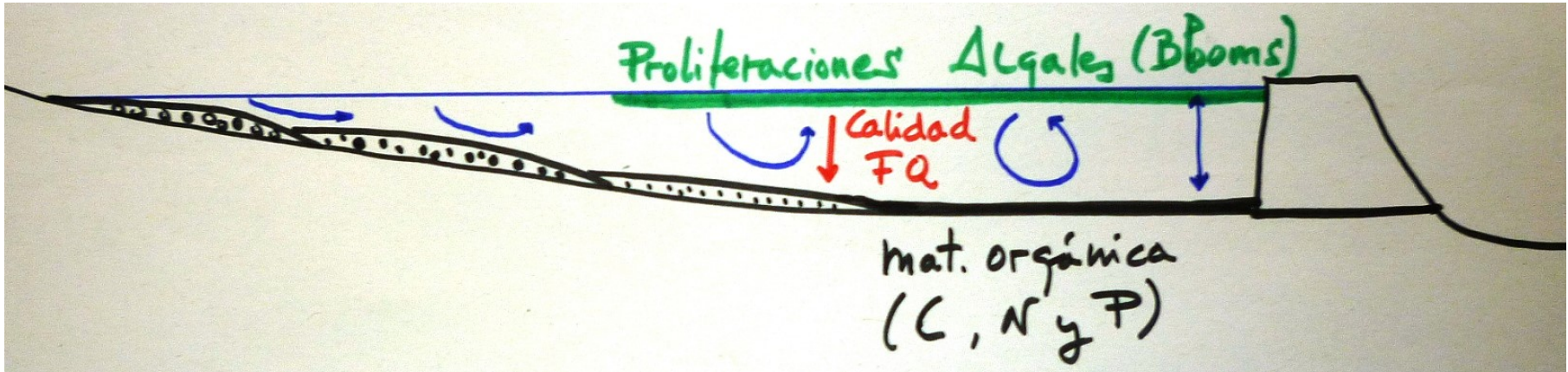
- Índice global de pérdida de especies
- Índice de pérdida de especies en ecosistemas terrestres y marinos
- Índice de pérdida de especies en ecosistemas de agua dulce

# Por qué preocupa

Problemas hidráulicos: colmatación y entarquinamiento de embalses, incisión aguas abajo



Problemas de calidad físico-química de las aguas: blooms algales, anoxia...



# Cómo se mide

## La Fragmentación de un río es la inversa de la Continuidad

Indicadores hidromorfológicos previstos en la Directiva Marco del Agua

### 1. Régimen hidrológico

- Caudales e hidrodinámica del flujo de las aguas
- Conexión con masas de agua subterránea

### 2. Continuidad del río

### 3. Condiciones morfológicas

- Variación de la profundidad y anchura del río
- Estructura y sustrato del lecho del río
- Estructura de la zona ribereña

El Índice de Compartimentación que se usa en el Plan Hidrológico del Duero y en el seguimiento del estado/potencial de las masas de agua es el cociente entre el sumatorio de las franqueabilidades de cada obstáculo desde el punto de vista de los peces (Índice de franqueabilidad) / longitud de la masa de agua

$IC = \Sigma IF / \text{longitud masa}$ ; siendo el valor del IF en función de cada obstáculo

[http://www.mirame.chduero.es/DMADuero\\_09/riosMasaBusqueda.faces](http://www.mirame.chduero.es/DMADuero_09/riosMasaBusqueda.faces)



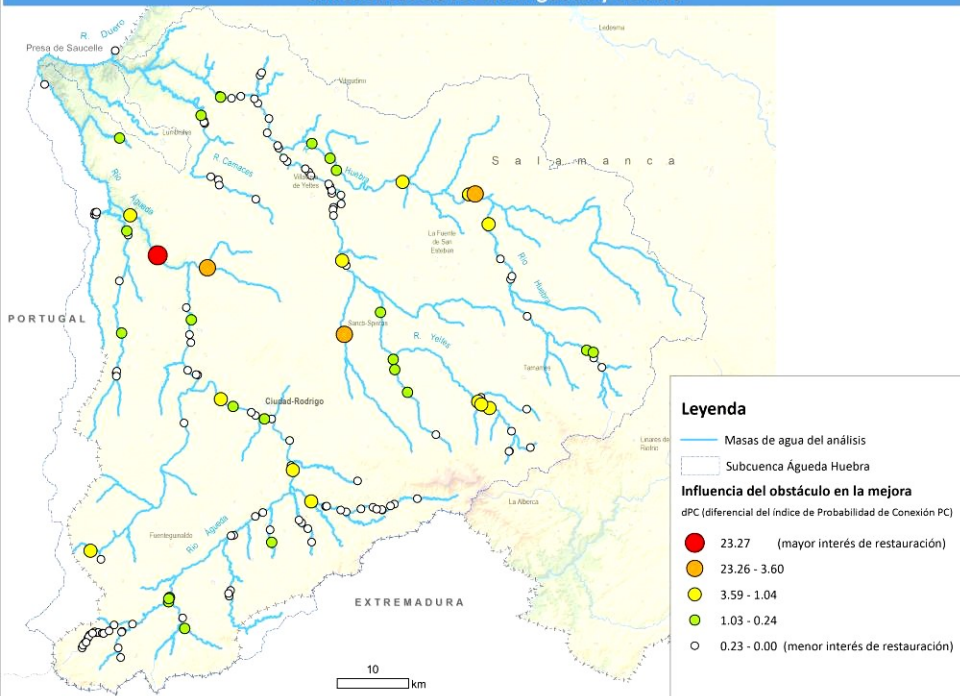
### DIAGNÓSTICO DE LA CONECTIVIDAD LONGITUDINAL DE LA CUENCA DEL DUERO



2010



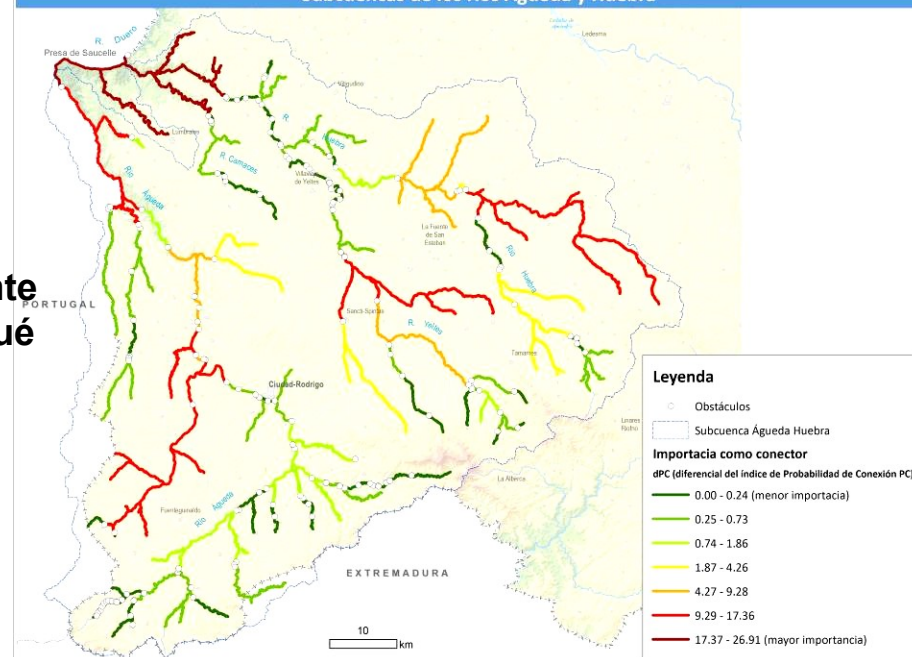
## Influencia de cada obstáculo en la conectividad ecológica (análisis de la máxima mejora posible) Subcuencas de los ríos Águeda y Huebra



## Otros trabajos en marcha dentro de la Acción 6 del MedWetRivers:

Desarrollo de un índice de continuidad que complemente el IC y que pueda asistir la toma de decisiones sobre qué obstáculos hay que eliminar/permeabilizar:

## Importancia ecológica de las masas de agua en la conectividad longitudinal de la cuenca del Duero Subcuencas de los ríos Águeda y Huebra



# Análisis de la conectividad ecológica en las masas de agua de la cuenca del Duero mediante la metodología de grafos



Tomás Iglesias Rodríguez\*\*, Ignacio Rodríguez Muñoz\* y Ernesto Rosa Cubo\*\*

\* Oficina de Planificación Hidrológica. Confederación Hidrográfica del Duero (irm@chduero.es), \*\* Estudios y Proyectos Línea, S.L. (info@linea-sl.com)



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO

## Introducción

El diagnóstico de la conectividad ecológica y la coherencia global de los espacios de la Red Natura 2000 es una de las acciones preparatorias del proyecto LIFE MedWetRivers "Programa de Gestión y Seguimiento de Zonas Húmedas y Riberas Mediterráneas en la Red Natura 2000" de la Junta de Castilla y León, cuyo desarrollo corresponde a la Confederación Hidrográfica del Duero, como socio del citado Proyecto.

Por otra parte, en el panorama de la planificación hidrológica nacional, la inclusión de elementos hidromorfológicos en la evaluación del estado de las masas de agua se trata de forma poco menos que marginal, siendo la cuenca del Duero pionera en la adopción de indicadores relacionados con la conectividad longitudinal y lateral.

Aunque el análisis de la conectividad en el ámbito del dominio público hidráulico es mucho más amplio desde un punto de vista dimensional (longitudinal, lateral y vertical) y atañe no sólo a biota o partes de ella, sino a caudales líquidos y sólidos, hemos optado por empezar a utilizar esta metodología de grafos para el análisis de la conectividad funcional longitudinal para las especies piscícolas, como elemento clave de los ecosistemas fluviales. A su vez, este diagnóstico puede servir como indicador indirecto del estado de conservación desde el punto de vista hidromorfológico.

## Objetivos

- Obtener una metodología para el análisis de la conectividad funcional longitudinal para las especies piscícolas aplicando la teoría de grafos. A su vez, este diagnóstico puede servir como indicador indirecto del estado de conservación desde el punto de vista hidromorfológico (Dir. Marco del Agua) y desde el punto de vista de los hábitats (Dir. Hábitats).
- Aportar un criterio ecológico para priorizar las actuaciones de permeabilización.

## Metodología

Si bien el uso de la metodología de grafos para el análisis de la conectividad funcional es relativamente reciente, su aplicación se ha extendido rápido y ampliamente. Su empleo más frecuente es el análisis de la conectividad funcional de un conjunto de teclas del paisaje formadas por hábitats propios para el desarrollo de una especie, o grupo de ellas (lo que en la metodología de grafos se denominan nodos) y sus conexiones funcionales (enlaces). Lo que es más novedoso es la aplicación de esta metodología en redes hidrográficas, adaptando los conceptos establecidos para estructuras "superficiales" como los hábitats forestales a estructuras lineales. En este caso los "nodos" son los tramos de río entre obstáculos y los "enlaces" se establecen mediante la probabilidad de paso por los mismos.

En el presente estudio se aprovecha como dato de partida, para establecer la probabilidad de enlace entre nodos, el estudio de franqueabilidad de los distintos grupos de especies piscícolas en la cuenca del Duero de González et al., [2011]. También, como novedad, se estudian independientemente los valores de franqueabilidad en ascenso y descenso (análisis asimétrico -digrafo-). Este método, a diferencia de otros índices de conectividad fluvial, permite además de un análisis global de la cuenca o subcuenca, la integración de parámetros de calidad y cantidad de hábitat disponible, mediante la asignación de atributos a los diferentes tramos (nodos). Esta asignación de atributos permite ponderar la longitud de los tramos libres de obstáculos y algunos de sus características hidromorfológicas, hidráulicas o biológicas, a partir de los índices comúnmente utilizados para su cuantificación.

Datos de partida:

- Identificación de las especies o grupos de especies de peces presentes en la subcuenca.
- Caracterización del tramo (nodos)  $\rightarrow$  longitud y anchura (podría incorporarse calidad mediante ponderación)
- Caracterización del obstáculo (vértices o enlaces)  $\rightarrow$  probabilidad de franqueo en ascenso y en descenso para el conjunto de grupos piscícolas presentes en las masas de agua analizadas. Por motivos de cálculo, la probabilidad se expresa en un rango de variación de 0 a 1, siendo 1 totalmente franqueable y 0 infranqueable.

La preparación del grafo y cálculo de las variables se realiza mediante herramientas SIG y el análisis propiamente dicho mediante una versión mejorada para el análisis de conexiones asimétricas del programa CONEFOR, Seurs et al. [2009]

Los resultados obtenidos se basan en el concepto de disponibilidad total de hábitat alcanzable para la especie, o grupo de especies en este caso, a través del cálculo del Índice de Probabilidad de Conectividad (PC) probabilidad de que dos puntos situados al azar sobre los tramos de estudio queden ubicados en zonas conectadas entre sí.

## Resultados

Se identifican, dentro de los tramos que conforman las masas de agua objeto de estudio, cuáles juegan un papel más importante en la conectividad de la subcuenca correspondiente y, por tanto, en la disponibilidad global de hábitat para cada grupo de especies piscícolas.

Importancia ecológica de las masas de agua en la conectividad longitudinal de la cuenca del Duero. Subcuencas de los ríos Águeda y Huebra

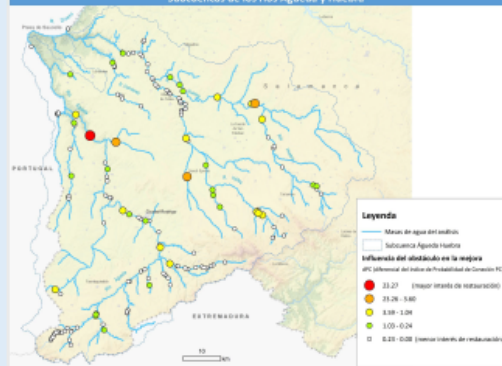


Mapa de tramos de mayor interés de conservación versus mayor necesidad de restauración. Subcuencas de los ríos Águeda y Huebra (provincia de Salamanca)

El cálculo de la importancia de los tramos en la conexión se realiza eliminando sucesivamente cada tramo por separado; comparando el resultado con el valor global se obtiene, por tanto, un diferencial en la probabilidad de conexión global.

En el caso de los obstáculos se determina el peso o la influencia de los mismos en la conectividad global. En este caso se calcula el impacto de aplicar individualmente la máxima mejora posible en la probabilidad de franqueo (ascenso y descenso), es decir, la aplicación calcule uno a uno el valor global de PC después de tratar el obstáculo como totalmente franqueable y lo compare con el resto de resultados.

Influencia de cada obstáculo en la conectividad ecológica (análisis de la máxima mejora posible). Subcuencas de los ríos Águeda y Huebra



## Conclusiones

La principal ventaja del análisis mediante grafos frente a modelos más complejos para evaluar la conectividad ecológica, como los de dinámica de poblaciones, reside básicamente en que se necesita un menor número de parámetros de entrada, siendo los resultados más intuitivos y más fácilmente interpretables, sin sacrificar el nivel de detalle necesario para la gestión.

Obtiene un análisis espacial explícito (mapas) y de fácil interpretación que puede servir de apoyo a la toma de decisiones de gestión, en el sentido de priorizar las actuaciones relacionadas con la mejora de la conectividad longitudinal y facilita el establecimiento de un estado de referencia, contribuyendo a la elaboración de una imagen objetiva, es decir:

- Muestra dónde serían más efectivas las actuaciones de permeabilización (por ejemplo la demolición de azudes en desuso, la construcción de escalas para peces, etc.) desde el punto de vista de la conectividad ecológica de la ictiofauna presente en el área de estudio. Permite una priorización cuantificada de las actuaciones desde el punto de vista ecológico, que puede unirse al estudio de aspectos económicos, legales, etc. para la evaluación de las posibles actuaciones a realizar.
- El método aporta una nueva perspectiva para el establecimiento del "estado de conservación" (Dir. Hábitats) y de la "valoración del estado ecológico de las aguas" (Dir. Marco del Agua) pudiendo servir como puente entre la planificación hidrológica y la planificación de espacios naturales, en este caso la Red Natura 2000.

Permite evaluar la coherencia de las zonas protegidas desde el punto de vista de la conectividad funcional y categorizar los distintos tramos en función de su aptitud como "corredor ecológico", así como identificar posibles "puntos negros".



## Referencias bibliográficas

- Seurs, S., Törnø, J. (2009) Confor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environ. Model. Softw.* 24, 135–139.
- González, G.; Rodríguez, I.; Selidados, P.; Pérez, D.; Miguélez, D.; Gallego, R. (2011) Diseño de índices para el análisis de la conectividad longitudinal en la cuenca del Duero. / *Congreso Ibérico de Restauración Fluvial*, 378-385.

## Agradecimientos

A Santiago Seurs (UPM) por facilitar la versión mejorada del programa Confor (www.confor.org) para analizar conexiones asimétricas.



Grafo fluvial simplificado, en el que los tramos de un río (nodos) se identifican con números enteros (círculos azules) y los obstáculos (enlaces o vértices) son las estrellas rojas y se identifican por los tramos que conectan (a su lado, en marrón, figura la probabilidad de franqueo en ascenso y descenso)



# Cómo se soluciona

- **Medidas Legislativas**

- Directiva Marco del Agua
- Artº 126 bis del RDPH: medidas para garantizar la continuidad fluvial

- **Medidas de Planificación**

- Programas de Medidas de los Planes Hidrológicos de Cuenca
- Planes y programas de los lugares y valores de la RN 2000

- **Medidas de Gestión**

- Autorizaciones
- Concesiones
- Policía de aguas

- **Medidas ejecutivas o de actuación**

- Demoliciones (las más eficaces)
- Construcción de dispositivos de paso

- **Medidas de seguimiento**

- Investigación y formación
- Monitorización







**Gracias por su atención**

Ignacio Rodríguez Muñoz ([irm@chduero.es](mailto:irm@chduero.es))