

PROTOCOLO DE CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA DE MASAS DE AGUA DE LA CATEGORÍA RÍOS

CÓDIGO: M-R-HMF-2015

Versión 3 (Marzo de 2019)

Documento actualizado.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

Este documento pertenece a una serie de protocolos de muestreo, laboratorio y cálculo de índices y métricas para su utilización en los programas de seguimiento del estado de las masas de agua continentales (ríos, lagos y embalses) y en la clasificación del estado ecológico.

Las especificaciones de estos documentos deberán ser tenidas en cuenta por los Organismos de cuenca en la explotación de las redes oficiales de seguimiento del estado y potencial ecológico en las masas de agua superficiales continentales, bien directamente o a través de contratos de servicios. Estos protocolos están sujetos a los cambios que se consideren necesarios en virtud del progreso científico de la materia.



ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1.- CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA..... | 3 |
| 1.1.- Aplicabilidad..... | 3 |
| 1.2.- Objetivo | 4 |
| 1.3.- Normativa de referencia..... | 4 |
| 1.4.- Materiales y fuentes de información..... | 5 |
| 1.4.1.- Trabajo de gabinete..... | 5 |
| 1.4.2.- Trabajo de campo..... | 8 |
| 1.5.- Selección y delimitación de los tramos hidromorfológicos y los subtramos de muestreo | 8 |
| 1.5.1.- Tramos hidromorfológicos | 8 |
| 1.5.2.- Subtramo de muestreo..... | 11 |
| 1.6.- Frecuencia y época de caracterización | 13 |
| 2.- CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO | 14 |
| 2.1.- Régimen hidrológico de caudales líquidos | 14 |
| 2.1.1.- Obtención de datos hidrológicos básicos..... | 14 |
| 2.2.- Posibles fuentes de alteración del régimen hidrológico..... | 18 |
| 2.2.1.- Posibles fuentes de alteración del régimen de caudales líquidos..... | 20 |
| 2.2.2.- Posibles fuentes de alteración del régimen de caudales sólidos | 23 |
| 2.3.- Ríos temporales o efímeros sin capacidad de albergar fauna piscícola y/o vegetación de ribera | 29 |
| 2.4.- Conexión con masas de agua subterránea | 30 |
| 2.4.1.- Relación hídrica entre las masas de agua subterránea y los ríos..... | 30 |
| 3.- CAPÍTULO III: CARACTERIZACIÓN DE LA CONTINUIDAD DEL RÍO | 34 |
| 3.1.- Recopilación de información e inventario de obstáculos..... | 35 |
| 3.2.- Caracterización de los obstáculos y de sus condiciones de paso | 35 |
| 3.2.1.- Tipo de obstáculo | 35 |
| 3.2.2.- Dimensiones físicas de los obstáculos y estimación del caudal circulante. | 37 |
| 3.3.- Estudio del efecto barrera de cada obstáculo para los distintos grupos de peces | 38 |
| 3.3.1.- Agrupación de la fauna piscícola | 38 |
| 3.3.2.- Estudio del efecto barrera del obstáculo en ascenso | 39 |
| 3.3.3.- Estudio del efecto barrera del obstáculo en descenso | 43 |
| 3.3.4.- Efecto barrera combinado del obstáculo en ascenso y descenso..... | 49 |
| 3.3.5.- Determinación de la longitud de la masa de agua potencialmente conectada con la permeabilización del obstáculo. | 49 |



| | |
|--|----|
| 3.4.- Índice de compartimentación de la masa de agua (IC) | 51 |
| 3.5.- Índice de continuidad longitudinal de la masa de agua (ICL) | 51 |
| 3.6.- Ríos temporales o efímeros sin capacidad de albergar fauna piscícola y/o vegetación de ribera | 52 |
| 4.- CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE | 53 |
| 4.1.- Variación de la profundidad y anchura del cauce | 53 |
| 4.1.1.- Tipo de fondo de valle | 53 |
| 4.1.2.- Tipos morfológicos en planta | 54 |
| 4.1.3.- Caracterización inicial de los cambios de tipo morfológico en las últimas décadas..... | 58 |
| 4.1.4.- Identificación de tramos modificados por acciones directas en el cauce..... | 60 |
| 4.1.5.- Otras actuaciones humanas que generan alteraciones en la profundidad y anchura del cauce..... | 60 |
| 4.2.- Estructura y sustrato del lecho | 65 |
| 4.2.1.- Tipo de sustrato..... | 65 |
| 4.2.2.- Tipo de sedimento..... | 66 |
| 4.2.3.- Tipo de estructura longitudinal | 69 |
| 4.2.4.- Formas y depósitos emergentes en el lecho | 72 |
| 4.2.5.- Movilidad de sedimentos | 74 |
| 4.2.6.- Actuaciones humanas que generan alteraciones directas en la estructura y sustrato del lecho | 74 |
| 4.2.7.- Otros microhábitats diferenciables | 75 |
| 4.3.- Estructura de la zona ribereña..... | 76 |
| 4.3.1.- Ríos con ribera definida..... | 78 |
| 4.3.2.- Ríos temporales o efímeros sin capacidad de albergar fauna piscícola y/o vegetación de ribera..... | 81 |

ANEXOS

| | |
|---|-----|
| ANEXO I: TABLAS DE CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA DE TRABAJO DE GABINETE | 84 |
| ANEXO II: TABLAS DE CARACTERIZACIÓN DEL EFECTO BARRERA Y CONTINUIDAD LONGITUDINAL EN TRABAJO DE CAMPO | 94 |
| ANEXO III: VALORES KI PARA CALCULAR EL EFECTO DE BARRERA DE OBSTÁCULOS | 98 |
| ANEXO IV: TABLAS DE CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA EN TRABAJO DE CAMPO: SUBTRAMO DE MUESTREO. | 102 |



1.- CAPITULO I: INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA

1.1.- APLICABILIDAD

Este protocolo es un elemento básico para la aplicación de lo establecido en cumplimiento de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, en relación con las redes oficiales de evaluación del estado/potencial ecológico que explotan los distintos Organismos de cuenca, bien directamente o a través de contratos de servicios.

Está orientado a la obtención de las variables hidromorfológicas necesarias para la caracterización hidromorfológica de las *masas de agua de la categoría ríos*, comprendiendo los siguientes apartados de estudio y caracterización:

- RÉGIMEN HIDROLÓGICO
 - *Caudales e hidrodinámica del flujo de las aguas*
 - *Posibles fuentes de alteración del régimen hidrológico*
 - *Conexión con masas de agua subterránea y grado de alteración de la misma*
- CONTINUIDAD DEL RÍO
- CONDICIONES MORFOLÓGICAS
 - *Variación de la profundidad y anchura del río*
 - *Estructura y sustrato del lecho del río*
 - *Estructura de la zona ribereña*

El protocolo se aplica a la totalidad de la masa de agua en estudio iniciando los trabajos de gabinete con la recopilación de información y el análisis de las bases de datos existentes. A partir de esta información se determinan las presiones existentes sobre la masa de agua que originan las alteraciones hidromorfológicas, y tras el estudio de sus características hidromorfológicas se dividirá, en caso de considerarse necesario, en distintos tramos hidromorfológicos.

Estos tramos hidromorfológicos deben representar tramos de la masa de agua con unas características hidromorfológicas homogéneas, es decir, tramos con similares condiciones en cuanto a tipo de fondo de valle, dimensiones/forma del cauce, presiones e impactos, sedimentos del lecho y vegetación riparia.

En cada uno de los tramos hidromorfológicos en que pueda quedar dividida y caracterizada la masa de agua en estudio se realiza el correspondiente subtramo de muestreo, en el que se concretan los trabajos de campo relativos a la *Estructura y sustrato del lecho* y *Estructura de la zona ribereña* a los que se hacía referencia anteriormente. Tras estos trabajos de campo se podrán reajustar los tramos hidromorfológicos definidos en la fase de gabinete.

Con la información recopilada mediante este protocolo se deberán obtener datos válidos para el cálculo de métricas establecidas oficialmente para los elementos de calidad hidromorfológicos mencionados, en su grado de definición actual y/o futuro.



Los elementos de calidad hidromorfológica definidos permitirán, además, la diferenciación entre masas de agua en “muy buen estado” y en “buen estado”, así como la identificación provisional de las masas de agua muy modificadas.

Este protocolo puede aplicarse a una masa de agua concreta o al conjunto de las masas de agua de una cuenca o subcuenca. En este segundo caso, se considera importante indicar que su aplicación debe realizarse de aguas arriba hacia aguas abajo, empezando por lo tanto por las masas de agua de cabecera e integrando los resultados en los sucesivos estudios a realizar.

Igualmente, este protocolo puede utilizarse para caracterizar un tramo de cauce o masa de agua que vaya a ser objeto de un proyecto, bien de recuperación ambiental u otra actuación. Para estos casos, en los que se trabaja con más detalle, deberá trabajarse con subtramos de muestreo más grandes, que permita la caracterización detallada del cauce.

1.2.- OBJETIVO

La Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua (DMA), insta a los Estados miembros a poner en marcha programas de seguimiento del estado de las aguas y establece los métodos empleados para controlar los distintos parámetros conformes a las normas internacionales o nacionales que garanticen el suministro de información de calidad y comparabilidad científica equivalentes.

El objetivo de este protocolo es definir un método de caracterización hidromorfológica en ríos que garantice el cumplimiento de los requisitos mencionados anteriormente.

1.3.- NORMATIVA DE REFERENCIA

A continuación figura el marco legal o normativa de referencia del presente protocolo:

- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- RD Legislativo 1/2001 por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- RD 849/1986 por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico que desarrolla los títulos preliminar, I, IV, V, VI, VII y VIII del texto refundido de la Ley de Aguas.
- Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.
- Orden MAM/985/2006 por la que se desarrolla el régimen jurídico de las entidades colaboradoras de la administración hidráulica en materia de control y vigilancia de calidad de las aguas y de gestión de los vertidos al dominio público hidráulico.
- RD 907/2007 por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica.
- Orden ARM/2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica.

También se ha considerado las siguientes normas UNE en su elaboración:

- UNE – EN 5667-1: 2007 – Parte 1. Guía para el diseño de programas de muestreo y técnicas de muestreo.

- Norma Europea, EN 14614: 2004. Water Quality. *Guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers*. Traspuesta por AENOR, AEN/CTN 77 Medio Ambiente en norma española UNE-EN 14614: 2005. 21 pp.
- Norma Europea, EN 15843: 2010. Water Quality. *Guidance standard on determining the degree of modifications of river hydromorphology*. Traspuesta por AENOR, AEN/CTN 77 Medio Ambiente, en norma española UNE-EN 15843: 2010. 26 pp.

1.4.- MATERIALES Y FUENTES DE INFORMACIÓN

1.4.1.- TRABAJO DE GABINETE

Fuentes de información para la recopilación de información:

- Régimen Hidrológico: Red Oficial de Estaciones de Aforo (ROEA) / Sistema de Información del Anuario de Aforos, Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH), Red Oficial de Niveles Piezométricos, Sistema Integrado de Precipitación Aportación (SIMPA) y el Mapa de Caudales Máximos en Régimen natural (CAUMAX), Planes hidrológicos de cuenca vigentes (caudales ecológicos). Podrán utilizarse también como referencia fuentes de información propias de los Organismos de cuenca.
- Información disponible en el Geoportal del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y portales específicos de los Organismos de cuenca.
- Inventario de presiones e impactos (IMPRESS), Datagua, Taxagua, etc.
- Ortofotos actuales e históricas (Vuelo americano de 1956, PNOA, etc.), mapas topográficos y modelos digitales del terreno (MDT) disponibles.
- Sistema de Información de Ocupación del Suelo: SIOSE (o Corine Land Cover) y Atlas Nacional de España (IGN).
- Inventario Forestal Nacional y Mapa Forestal de España.
- Inventario del Patrimonio Natural y la Biodiversidad y Banco de Datos de la Naturaleza.

A continuación figuran las fuentes de información que con carácter general deberán ser consultadas para la aplicación del protocolo. Para realizar una caracterización pormenorizada esta información debe ser complementada con la disponible en las bases de datos de los Organismos de cuenca y que también puede ser utilizada como referencia en caso de ser más precisa.

| FUENTES DE INFORMACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DEL PROTOCOLO DE CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA | | | |
|--|--|--|---|
| INDICADOR | ELEMENTO DE CARACTERIZACIÓN | FUENTES DE INFORMACIÓN | LINKS |
| RÉGIMEN HIDROLÓGICO | Régimen hidrológico de caudales líquidos | Masas de aguas PHC 2009-2015 | https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/masas-de-agua-phc-2009-2015.aspx |
| | | Red Oficial de Estaciones de Aforo (ROEA) / Sistema de Información del Anuario de Aforos | https://www.miteco.gob.es/en/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/anuario-de-aforos.aspx |
| | | Atlas Nacional de España – Parte II Hidrología | http://www.ign.es/ane/ane1986-2008/ |
| | | Sistema Integrado de Precipitación Aportación (SIMPA) | https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/simpa.aspx |
| | | Mapa de Caudales Máximos en Régimen natural (CAUMAX) | https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/snczi/mapa-de-caudales-maximos/ |
| | | Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) | https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/saih/ |
| | | Planes hidrológicos de cuenca vigentes (caudales ecológicos) | https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/planificacion-hidrologica/planes-cuenca/default.aspx |
| | Conexión con masas de agua subterránea y grado de alteración de la misma | Estudios de <i>“Identificación y caracterización de la interrelación entre aguas subterráneas y cursos fluviales, descargas por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial interés hídrico. Actividad 4 de la Encomienda de gestión por el Ministerio de Medio Ambiente (Dirección General del Agua), al Instituto Geológico y Minero de España (IGME), para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas”</i> | http://info.igme.es/SIDIMAGENES/146000/838/146838_0000001.PDF |
| | | Red Oficial de Seguimiento del Estado Cuantitativo: Red Piezométrica | https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/red-oficial-seguimiento/ |
| | Posibles fuentes de alteración del régimen hidrológico | Cuencas y subcuencas hidrográficas | https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/cuencas-y-subcuencas.aspx |
| | | Inventario de Presas y Embalses | https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/seguridad-de-presas-y-embalses/inventario-presas-y-embalses/ |
| | | Aprovechamientos hidroeléctricos: Centrales | https://www.mapama.gob.es/ide/metadatos/srv/spa/metadata.show?id=11823&currTab=simple |

| FUENTES DE INFORMACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DEL PROTOCOLO DE CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA | | | |
|--|---|--|---|
| INDICADOR | ELEMENTO DE CARACTERIZACIÓN | FUENTES DE INFORMACIÓN | LINKS |
| | | Estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas (EDAR) | https://www.mapama.gob.es/ide/metadatos/srv/spa/metadata.show?uuid=f123a2ed-272d-415b-be3e-020ecb487a13 |
| | | Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE) | http://www.siose.es/web/guest/descargar |
| | | Directorio de servicios del área de actividad de Biodiversidad (Erosión de Cauces y Frecuencia de Incendios Forestales) | http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/servidor-cartografico-wms/ |
| | | Planes hidrológicos de cuenca vigentes | https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/planificacion-hidrologica/planes-cuenca/ |
| | | DATAGUA-2008: Inventario de presiones en aguas superficiales (Azudes, dragados en ríos y extracción de áridos) | https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/datagua-2008.aspx |
| CONTINUIDAD DEL RÍO | Obstáculos y condiciones de paso | DATAGUA-2008: Inventario de presiones en aguas superficiales (Azudes y puentes) | https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/datagua-2008.aspx |
| | Efecto barrera para las especies piscícolas | ID-TAX (Peces) | https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/programas-seguimiento/ID-TAX.aspx |
| CONDICIONES MORFOLÓGICAS | Profundidad y anchura del cauce | Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA histórico y actual) | http://pnoa.ign.es/enlaces-relacionados |
| | | Cauces con D.P.H. Cartográfico | https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/dph-cartografico.aspx |
| | | Cauces con D.P.H. Deslindado | https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/dph-deslindado.aspx |
| | | Zona de Flujo Preferente | https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/laminas-zona-flujo-preferente.aspx |
| | | DATAGUA-2008: Inventario de presiones en aguas superficiales (Presas, azudes, canalizaciones y protecciones de márgenes) | https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/datagua-2008.aspx |
| | Estructura de la zona ribereña | Caracterización Española de la Vegetación de Ribera | http://sig.mapama.es/geoportal/ http://ambiental.cedex.es/ |

Tabla 1. -Fuentes de información para la aplicación del Protocolo de caracterización hidromorfológica

En el anexo I se presentan las tablas de datos con la información a completar en el trabajo de gabinete.

1.4.2.- TRABAJO DE CAMPO

Los trabajos de campo se realizarán según los distintos muestreos propuestos específicamente para cada bloque de trabajo: *continuidad de la masa de agua, morfología fluvial y estructura de la zona ribereña*.

El trabajo de campo se realizará fundamentalmente para la identificación de presiones o comprobación de las existentes en las bases de datos, así como para comprobar la validez de la determinación final de los *tramos hidromorfológicos* y de los correspondientes *subtramos de muestreo*.

Como equipo y material de toma de datos se utilizará el material estándar propio de este tipo de trabajo de campo (GPS, cámara digital, cartografía a escala adecuada, vadeador, etc.).

Todo el material utilizado en campo, que entre en contacto con el agua, deberá estar convenientemente limpio y desinfectado para evitar el transporte y la dispersión de propágulos o individuos de especies invasoras, siguiendo los protocolos establecidos por el Organismo de cuenca competente.

Tanto para el trabajo de campo como de gabinete se deberán tomar todas aquellas medidas necesarias para garantizar que los trabajos se desarrollan en unas condiciones adecuadas de seguridad e higiene.

En los anexos II y IV se presentan los datos a recopilar en el trabajo de campo.

1.5.- SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DE LOS TRAMOS HIDROMORFOLÓGICOS Y LOS SUBTRAMOS DE MUESTREO

1.5.1.- TRAMOS HIDROMORFOLÓGICOS

Tal y como se ha comentado con anterioridad, la caracterización de la hidromorfología de la masa de agua se realizará estudiando distintas variables para la masa de agua en su totalidad.

Así por ejemplo, el análisis del régimen hidrológico se realizará en la sección de cierre de la masa de agua, salvo que alguna circunstancia excepcional haga necesario evaluar esa variable en más puntos.

En los casos en los que las masas de agua presenten a lo largo de su recorrido diversas realidades geomorfológicas que dificultan su estudio como una única masa de agua, será necesaria su división en los denominados *tramos hidromorfológicos*.

Estos tramos permiten el estudio detallado de la geomorfología fluvial en aquellas masas que por su longitud, diversidad morfológica o presiones morfológicas existentes, presenten una realidad compleja no extrapolable mediante el análisis de la masa de manera uniforme. En estos casos se dividirá la masa de agua en tantos tramos hidromorfológicos como realidades representativas presente dicha masa. A efectos de simplificar los estudios se aconseja que la masa de agua no sea dividida en más de tres (3) tramos hidromorfológicos. Si tras estudio de la masa de agua se valorase incrementar esta cifra, se recomienda estudiar la viabilidad de dividir la masa de agua.

Los segmentos fluviales con alteraciones significativas en su funcionamiento hidromorfológico solo se considerarán tramos hidromorfológicos diferenciados cuando cuenten con una longitud de cierta magnitud en relación con la longitud total de la masa de agua, considerándose esta longitud mínima de tramo el 5% de la longitud completa de la masa de agua. De esta manera se busca que la

definición de los tramos hidromorfológicos, incluso en caso de fuertes alteraciones (como las asociadas a encauzamientos o canalizaciones), responde a la existencia de cambios relevantes en la totalidad de la dinámica fluvial de la masa de agua.

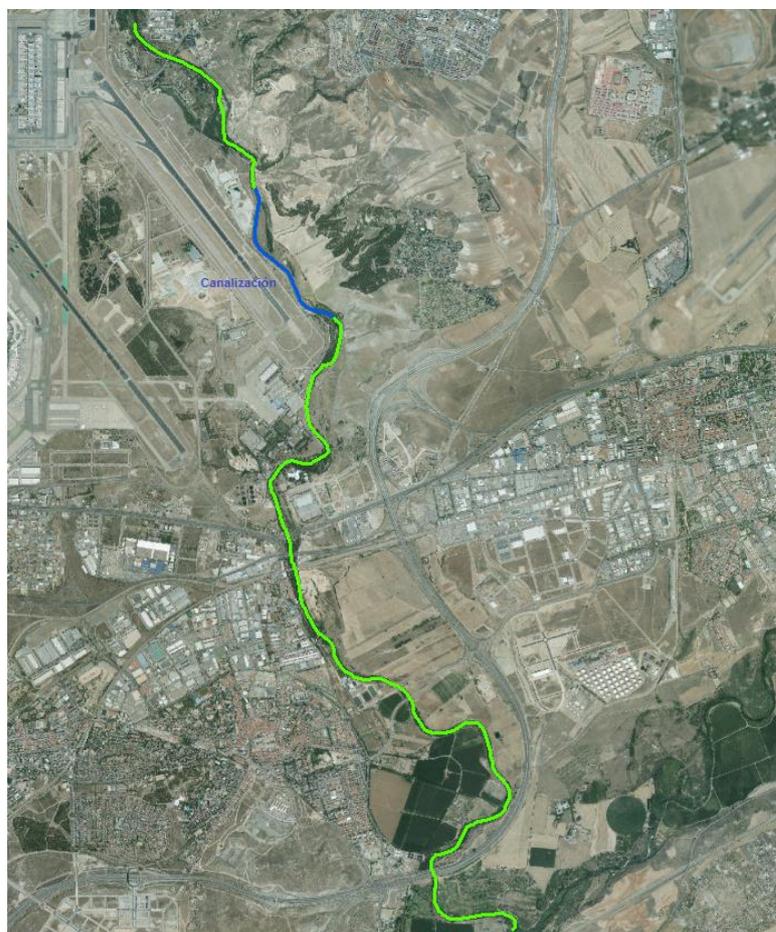
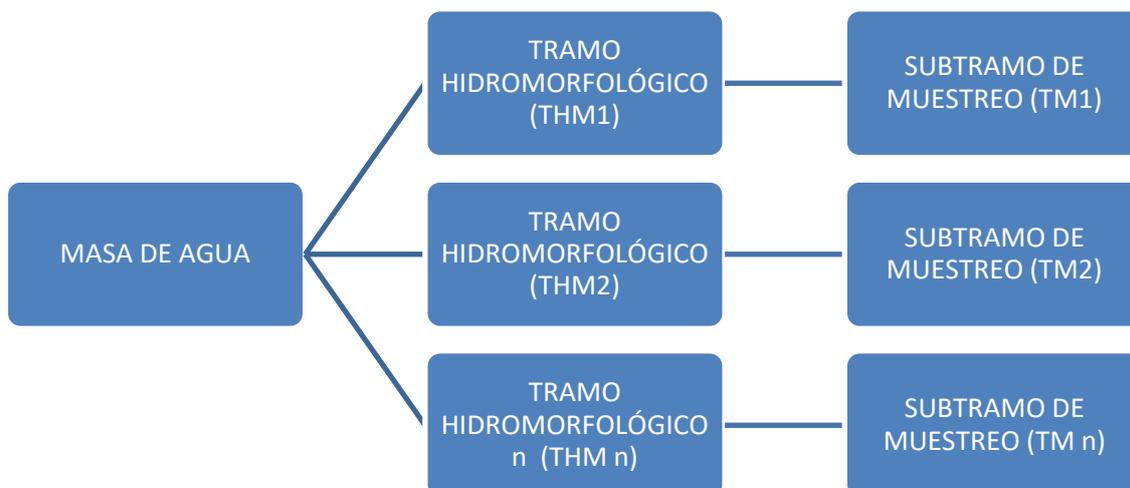


Figura 1- Ejemplo de caso en el que parte (en azul) de un tramo hidromorfológico homogéneo (en verde) de una masa de agua no alcanza una longitud suficiente como para ser considerada por sí misma un tramo independiente.

En cada tramo hidromorfológico en que quede dividido el estudio de la masa de agua, se analizará de manera independiente la caracterización morfológica a que se hace referencia en este protocolo *Variación de la profundidad y anchura del río, Estructura y sustrato del lecho y Estructura de la zona ribereña*.

Con el objetivo de hacer viable el estudio del lecho y de la vegetación de ribera se procederá a la determinación del *subtramo de muestreo* dentro de cada *tramo hidromorfológico*. En cada masa de agua en estudio se realizarán, al menos, tantos subtramos de muestreo como tramos hidromorfológicos haya quedado subdividida dicha masa. Los subtramos de muestreo serán determinados a partir de los trabajos de gabinete y campo, y serán objeto de un estudio detallado que permita el seguimiento y evolución de los mismos a lo largo del tiempo.



| NIVEL DE TRABAJO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROTOCOLO DE CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA | | | |
|---|---------------------------------|--|--|
| NIVEL | INDICADOR | ELEMENTO DE CARACTERIZACIÓN | Tipo de trabajo y nivel espacial |
| CUENCA VERTIENTE | RÉGIMEN HIDROLÓGICO | Régimen hidrológico de caudales líquidos | Trabajo de gabinete. Masa de agua |
| | | Posibles fuentes de alteración del régimen hidrológico | |
| Conexión con masas de agua subterránea y grado de alteración de la misma | | | |
| MASA DE AGUA | CONTINUIDAD DEL RÍO | Caracterización de obstáculos y condiciones de paso | Trabajo de gabinete y de campo. Masa de agua |
| | | Estudio del efecto barrera para las especies piscícolas en la masa de agua | |
| TRAMO HIDROMORFOLÓGICO | CONDICIONES MORFOLÓGICAS | Profundidad y anchura del cauce | Trabajo de gabinete y de campo. Tramo hidromorfológico |
| SUBTRAMO DE MUESTREO | | Estructura y sustrato del lecho | Trabajo de campo. Subtramo de muestreo |
| | | Estructura de la zona ribereña | Trabajo de gabinete y de campo. Subtramo de muestreo |

Tabla 2. -Tipo de los trabajos (campo y/o gabinete) y nivel espacial (Masa de agua/Tramo hidromorfológico/Subtramo de muestreo) para la aplicación del Protocolo de caracterización hidromorfológica

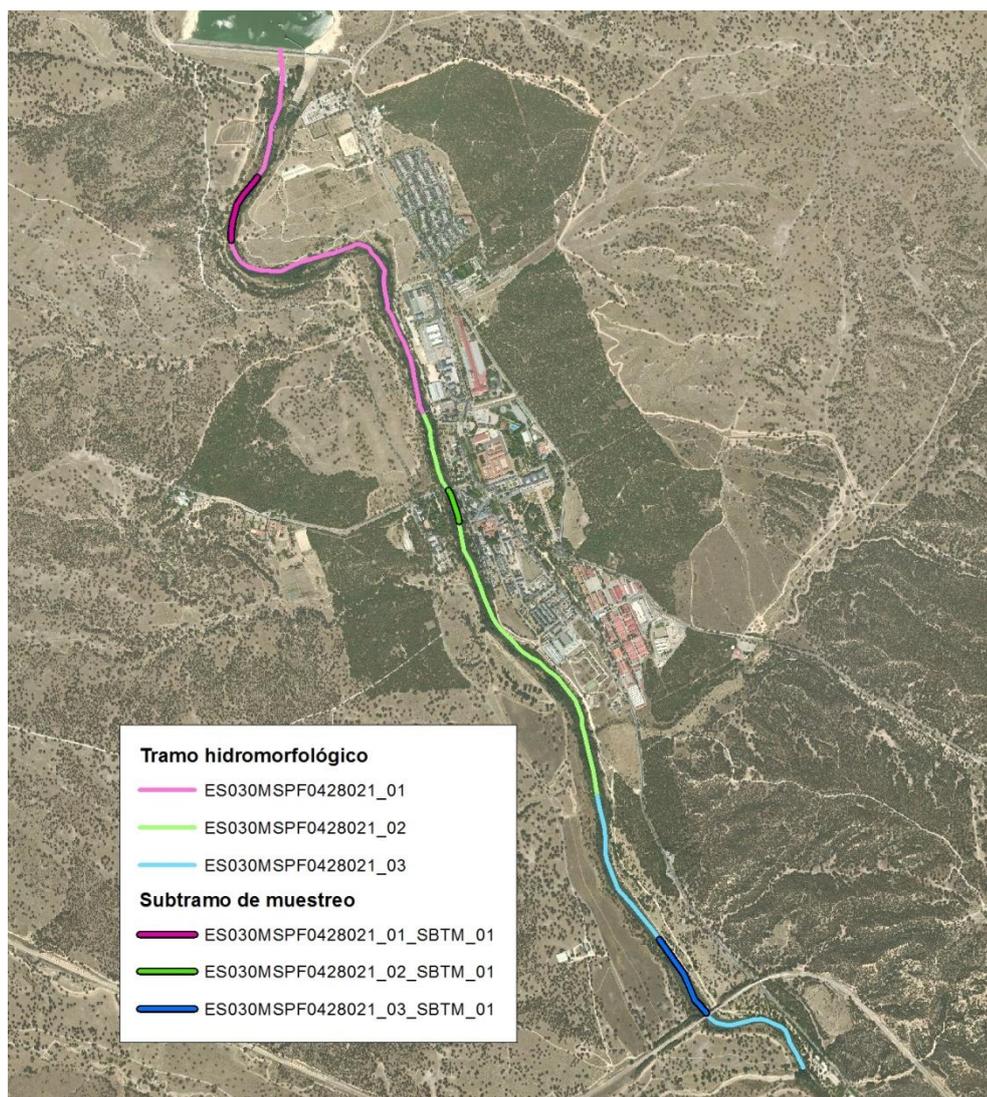


Figura 2.-Determinación cartográfica y atributos GIS de la división en tramos hidromorfológicos y subtramos de muestreo de una masa de agua.

1.5.2.- SUBTRAMO DE MUESTREO

El subtramo de muestreo permite la caracterización detallada de determinadas variables morfológicas del cauce. Para asegurar una correcta representatividad tanto del subtramo como de las redes de control de calidad de las aguas, en la medida de lo posible, el subtramo de muestreo sobre el que se realice la caracterización hidromorfológica deberá estar coordinado con los puntos de muestreo físico-químico y biológico de los programas de seguimiento del estado de las masas de agua.

El subtramo de muestreo deberá ser representativo de la realidad del tramo hidromorfológico al que pertenezca, debiendo cumplir los siguientes requisitos:

- Representativo de las condiciones físicas y ambientales de la masa de agua
- Integrador de los diferentes tipos de hábitats existentes en la masa de agua
- Vinculado a las unidades hidromorfológicas existentes

La longitud del subtramo de muestreo dependerá del tipo morfológico del cauce, en concreto del ancho del *cauce activo*.

El cauce activo se define como aquel en el que se observa una actividad hidromorfológica más marcada; esta actividad se puede entender en términos de abundancia de sedimentos móviles, la ausencia de vegetación leñosa de elevado porte, o también de aspectos como la existencia de cambios marcados en la pendiente transversal, o en el tamaño de los materiales sedimentarios. Si se trata de un río con varios brazos, se sumaría la anchura del cauce activo de cada uno de esos brazos para obtener el valor final. En el caso de existir una isla en el centro del cauce, la isla computaría como parte del cauce activo si está formada por sedimentos de elevada movilidad; en caso de ser una isla consolidada y vegetada, la anchura del cauce activo se contabilizaría, tal y como se ha indicado, como la suma de las anchuras de los brazos activos que quedan a ambos lados de la isla. Si existieran barras laterales formadas por sedimentos de elevada movilidad serán computadas también como parte del cauce activo



Figura 3.-Definición cartográfica y atributos GIS del cauce activo en masa de agua ES030MSPF0420021

En los ríos de magnitud pequeña y media tendrá una longitud del orden de diez (10) veces la anchura del cauce activo. La longitud mínima de diez veces la anchura del cauce activo asegura la idoneidad de los subtramos de muestreo en segmentos de río correspondientes a tramos altos, medios y bajos de los ríos, y ante diferentes formas en planta, sinuosidades, dimensiones, etc. (Magdaleno & Martínez, 2014). En los grandes ejes fluviales, esta longitud se evaluará, caso por caso, en función de la magnitud del tramo a estudiar.

Se seleccionará el subtramo de muestreo a partir de puntos accesibles. En lo posible, y salvo que sea una forma fluvial frecuente en el cauce, se evitará la consideración de zonas del cauce que presenten islas fluviales, para no dificultar la caracterización y valoración de los atributos hidromorfológicos. El muestreo se realizará tomando las precauciones necesarias y evitando riesgos.

El subtramo de muestreo quedará georreferenciado mediante la correspondiente capa SIG para futuras caracterizaciones de manera que se generarán en gabinete las coberturas SIG necesarias para su correcta definición en cuanto a localización, acceso, longitud y anchura, formaciones vegetales, presencia de presiones e impactos, etc.



1.6.- FRECUENCIA Y ÉPOCA DE CARACTERIZACIÓN

Es recomendable que la caracterización hidromorfológica se realice como mínimo una vez cada ciclo del Plan hidrológico de cuenca (PHC) y que se lleve a cabo en la época del año que permita describir las características hidromorfológicas de las masas de agua con fiabilidad.

La época del año óptima para la realización del trabajo de campo dependerá de la variable morfológica a analizar. Así por ejemplo, para caracterizar el lecho del cauce y las formas del lecho, lo recomendable sería seleccionar el momento del año en el que el caudal sea bajo (pero no cuando el flujo haya cesado)

Para analizar la continuidad del río y el efecto barrera de los azudes existentes se deberá intentar realizar en la época de migración piscícola y en cuanto a la vegetación de ribera, cuando el tipo y estructura de la vegetación existente en el cauce, tanto en orillas como en riberas, pueda registrarse con precisión, evitando el invierno.



2.- CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO

El régimen hidrológico es la esencia de la masa de agua, puesto que todos los procesos fluviales van a depender de este régimen. En España, la medida de caudales “líquidos” en ríos tiene una larga tradición, de forma que se dispone de estaciones de aforo que empezaron a caracterizar sistemáticamente el régimen hidrológico desde 1911. Sin embargo, poca información hay acerca de los caudales “sólidos” o transporte de sedimentos, que es una parte esencial en el régimen hidrológico, y que conforman conjuntamente (caudales líquidos y sólidos) el régimen hidrológico de una cuenca.

Por lo tanto, la caracterización del régimen hidrológico de las masas de agua superficiales en este protocolo incluye:

- El análisis de los caudales líquidos circulantes.
- La hidrogeología del terreno en lo relativo a la conexión de las masas de agua superficiales con las masas de agua subterránea y a su posible alteración.
- Una estimación del potencial de alteración hidrológica existente, con atención además a las posibles limitaciones en la generación y transporte de sedimentos de la cuenca, no pudiéndose, por la ausencia de datos ya comentada, caracterizar el régimen de caudales sólidos.

2.1.- RÉGIMEN HIDROLÓGICO DE CAUDALES LÍQUIDOS

En esta fase se procede, en un primer apartado, a la obtención en gabinete de los datos básicos requeridos, para posteriormente caracterizar el régimen hidrológico de caudales líquidos de la masa de agua.

2.1.1.- OBTENCIÓN DE DATOS HIDROLÓGICOS BÁSICOS

El régimen de caudales es la base de la caracterización hidromorfológica de un río, su medida y evolución son esenciales para comprender la estructura y el funcionamiento de la cuenca hidrográfica, y con ello, del conjunto del estado ecológico.

Para la caracterización del régimen hidrológico, la primera fase consiste en la identificación para la masa de agua de los tipos hidrológicos teóricos en función del grado de temporalidad del flujo y del origen de las aportaciones.

En función de la temporalidad del flujo se elegirá entre los regímenes: efímero; intermitente o fuertemente estacional; temporal o estacional; y permanente. La definición de cada uno de estos regímenes, conforme a la IPH (Orden ARM 2656/2008) es la siguiente:

- *Ríos efímeros*: cursos fluviales en los que, en régimen natural, tan sólo fluye agua superficialmente de manera esporádica, en episodios de tormenta, durante un periodo medio inferior a 100 días al año.
- *Ríos intermitentes o fuertemente estacionales*: cursos fluviales que, en régimen natural, presentan una elevada temporalidad, fluyendo agua durante un periodo medio comprendido entre 100 y 300 días al año.

- *Ríos temporales o estacionales*: cursos fluviales que, en régimen natural, presentan una marcada estacionalidad, caracterizada por presentar bajo caudal o permanecer secos en verano, fluyendo agua, al menos, durante un periodo medio de 300 días al año.
- Ríos permanentes: cursos fluviales que en, régimen natural, presentan agua fluyendo, de manera habitual, durante todo el año en su cauce.

En función del origen de las aportaciones se elegirá entre la siguiente tipología de régimen fluvial:

- Montaña: Nival
- Montaña: Nival de transición
- Montaña: Nivo-pluvial
- Montaña: Pluvio-nival
- Atlántica: Pluvial subtropical
- Atlántica: Pluvial y pluvio-nival oceánica
- Mediterránea: Pluvial mediterránea o pluvial subtropical



Figura 4.-Tipo de Régimen Fluvial: Atlas Nacional de España

Para conocer la distribución de las aportaciones a lo largo del año se puede consultar el sistema de información del anuario de aforos.

La segunda fase, consiste en la caracterización del régimen de caudales que deberá realizarse a partir de dos conjuntos de variables:

- Unas teóricas, basadas en el régimen natural del punto de cierre de la masa de agua a partir de los datos disponibles en el Sistema Integrado de Modelización Precipitación Aportación (SIMPA) y el Mapa de Caudales Máximos en Régimen natural (CAUMAX) o bien de modelos hidrológicos propios de los Organismos de cuenca cuando éstos se consideren más precisos que los anteriores.
- Otras reales, medidas con los datos de las estaciones de aforo disponibles en las redes de seguimiento hidrológico de los Organismos de cuenca.

Las variables resúmenes de estas series se compararán en dos horizontes temporales, el primero, los valores medios de las series en todo el período disponible (con las cautelas necesarias), para tener caracterizados los valores tendencia generales entre el régimen natural y el real. En las masas de agua de cabecera en las que el régimen natural coincide con el régimen real y que no tengan estaciones de aforo se registrará únicamente el régimen natural.

En segundo lugar se realizará la comparación del régimen de caudales en los últimos años disponibles para comprobar el funcionamiento del río y de la cuenca en el periodo reciente.

En concreto, del régimen natural, a partir de SIMPA, se recogerán las siguientes variables:

- Caudales medios mensuales (m^3/s) y caudal medio anual (m^3/s) en toda la serie disponible 1940/41-2005/06.
- Caudales medios mensuales (m^3/s) y caudal medio anual (m^3/s) en la serie corta 1980/81-2005/06.

En caso de que, bajo criterio experto, se consideren no significativos los datos SIMPA en el punto de cierre de la masa de agua, ya sea porque los valores obtenidos sean 0 para todos los meses de la serie corta y serie larga u otras causas, se realizará una estimación. Para obtener esta información se tomará el punto más próximo al punto de cierre que cumpla todas las siguientes condiciones:

- que coincida con el punto de cierre de una cuenca
- que esta cuenca contenga a la cuenca de la masa de agua en estudio
- que el punto elegido aporte datos SIMPA diferentes a 0 para ambas series

Sobre estos datos se realizará una corrección mediante el establecimiento de una relación entre el área de cuenca calculada y el área de la cuenca de la masa de agua en estudio.

A partir del mapa de caudales máximos en régimen natural (CAUMAX), se recogerán las siguientes variables:

- Caudales máximos instantáneos en régimen natural (m^3/s) asociados a los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 100 y 500 años.
- Caudal estimado de la máxima crecida ordinaria (m^3/s) y período de retorno asociado.

En el caso de ser cuencas menores a $50 km^2$, los datos CAUMAX se estimarán mediante la aplicación del método racional.

Para los ríos sin capacidad de albergar fauna piscícola y/o vegetación de ribera, siendo mayoritariamente ríos efímeros y temporales, no será necesario realizar las estimaciones del régimen natural si no se dispone de información.

Para analizar el régimen real, se seleccionará la estación de aforos del Organismo de cuenca que mejor caracterice la masa de agua, y, posteriormente se consultarán los datos disponibles de esa estación en el sistema de información del anuario de aforos. En su defecto, se extrapolarán los valores en función del área de las cuencas asociadas, a partir de estaciones de aforo situadas aguas arriba o aguas abajo de la masa de agua. Se recopilarán los valores de las siguientes variables:

- Caudales medio mensuales (m^3/s) y caudal medio anual (m^3/s) en toda la serie disponible en la estación de aforos característica.
- Caudales medio mensuales (m^3/s) y caudal medio anual (m^3/s) en los últimos años comunes con los datos de las estaciones de aforo y el régimen natural, intentando que se aproximen al periodo 1980/81 al 2005/06, para que puedan ser comparados, en la medida de lo posible, con los del régimen natural de la serie corta.
- Caudal máximo instantáneo registrado (m^3/s) en la estación de aforos. En el caso de que solo se disponga de caudales máximos medios diarios, se transformarán a partir de la fórmula de Fuller con los datos disponibles en la memoria técnica de CAUMAX.
- Número de veces que se ha superado la máxima crecida ordinaria desde octubre de 1980.

Con la comparación entre ambas series de caudales, se realizará además una primera valoración cualitativa del grado de alteración hidrológica de la masa de agua, si la hubiese, y de la evolución de los caudales en los últimos años.

| TIPO | FUENTES DE OBTENCIÓN DE DATOS | PERÍODO | VARIABLES A ESTIMAR |
|---------|---|--|--|
| NATURAL | SIMPA | 1940/41-2005/06 | Caudal medio anual (m^3/s) |
| | | | Caudales medios mensuales (m^3/s) |
| | | 1980/81-2005/06 | Caudal medio anual (m^3/s) |
| | | | Caudales medios mensuales (m^3/s) |
| | CAUMAX | - | Caudales máximos instantáneos en régimen natural (m^3/s) asociados a los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 100 y 500 años |
| | | | Caudal estimado de la máxima crecida ordinaria (m^3/s) y período de retorno asociado. |
| REAL | Aforos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Registros ▪ Extrapolación ▪ Simulación | Disponible | Caudal medio anual (m^3/s) |
| | | | Caudales medios mensuales (m^3/s) |
| | | | Caudal máximo instantáneo registrado (m^3/s) en la estación de aforos |
| | | Últimos años comunes a partir de 1980/81 | Caudal medio anual (m^3/s) |
| | | | Caudales medios mensuales (m^3/s) |
| | | | Caudal máximo instantáneo registrado (m^3/s) en la estación de aforos |
| | | | Número de veces que se ha superado la máxima crecida ordinaria desde octubre de 1980 |

Tabla 3. - Variables a estimar para la caracterización del régimen de caudales



Por último, se recogerán los caudales ecológicos calculados en el Plan hidrológico de cuenca que afecten a la cuenca vertiente de la masa de agua en estudio (caudal ecológico máximo, mínimo y tasa de cambio) y se valorará el cumplimiento de los mismos con la información disponible dentro de la normativa vigente.

2.2.- POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO

La caracterización de las posibles fuentes de alteración del régimen hidrológico, se lleva a cabo mediante un proceso de análisis que incluye dos fases con diferente grado de detalle. La primera fase sirve para caracterizar las posibles fuentes de alteración del régimen hidrológico asociado a las masas de agua superficiales. En aquellas masas en las que las fuentes de alteración del régimen de caudales sobrepasen ciertos umbrales se aplicará la segunda fase para la caracterización detallada de estas alteraciones y la identificación de las causas de las mismas. Ambas evaluaciones se realizan en gabinete.

El proceso para la determinación de los indicadores ha sido el siguiente:

- 1.- Seleccionar las acciones antrópicas que en mayor medida son las responsables de las alteraciones más significativas e intensas del régimen de caudales.
- 2.- Seleccionar variables del riesgo de alteración que, vinculadas a las acciones antrópicas determinadas en la fase anterior, puedan medirse a partir de datos fácilmente disponibles en todas las masas de agua.
- 3.- Determinar las fuentes de información y protocolos que permitan cuantificar las variables seleccionadas.
- 4.- Establecer los indicadores de caracterización del potencial de alteración a partir de las variables cuantificadas en la fase anterior.

En la siguiente tabla aparecen detalladas las acciones antrópicas que deben considerarse y las principales alteraciones que pueden inducir en el régimen de caudales.

| PRINCIPALES ACCIONES ANTRÓPICAS QUE ALTERAN EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO Y SUS EFECTOS | |
|--|--|
| ACCIONES ANTRÓPICAS | PRINCIPALES EFECTOS SOBRE EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CAUDALES LIQUIDOS Y SÓLIDOS |
| <p>Grandes presas: <i>H > 15 m ó</i> <i>10 < H < 15 m y Ve > 1.000.000 m³</i></p> <p><i>Siendo H la altura desde la base de la cimentación y Ve el volumen del embalse.</i> <i>(art 358 Reglamento DPH)</i></p> | <p>Regulación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modificación en magnitud, variabilidad y estacionalidad de los caudales ordinarios. <p>Laminación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modificación en magnitud y frecuencia de las avenidas. <p>Transporte de sedimentos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modificación en tipología y magnitud. (caudales sólidos) |
| Centrales hidroeléctricas | <p>Generación de hidrópicos por turbinado:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modificación de la variabilidad y las tasas de cambio <p>Transferencia/trasvase de caudales a otras cuencas</p> |
| Trasvases | <p>En masa de agua donante: Reducción de caudales.</p> <p>En masa de agua receptora: Incremento de caudales.</p> |
| Impermeabilización por zonas urbanas, periurbanas e industriales. | <p>Aumento de la escorrentía (alteración en magnitud y frecuencia de caudales ordinarios y avenidas habituales).</p> <p>Disminución de la generación de sedimentos.</p> |
| <p>Vertidos <i>Estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) de >10.000 hab-eq,</i> <i>Vertidos industriales, de refrigeración y otras aportaciones significativas</i></p> | <p>Aumento de caudales (alteración en magnitud).</p> <p>Alteración de la estacionalidad.</p> <p>Disminución de la generación de sedimentos.</p> |
| Riegos (Derivaciones y retornos) | <p>Reducción/aumento de caudales (alteración en magnitud).</p> <p>Alteración de la estacionalidad</p> |
| Extracciones de áridos, estructuras de retención de sedimentos, azudes, etc. | <p>Reducción de la generación y/o transporte de sedimentos (caudales sólidos)</p> |

Tabla 4. -Principales acciones antrópicas que alteran el régimen hidrológico y sus efectos

2.2.1.- POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES LÍQUIDOS

En la Tabla 5 se presentan las variables que deben considerarse para caracterizar las posibles fuentes de alteración del régimen hidrológico.

| DEFINICIÓN | DENOMINACIÓN |
|--|--|
| Aportación anual, en régimen natural, en la sección de cierre de la masa de agua de la serie corta (1980/81-2005/06). | ApRN (hm ³) |
| Sumatorio del volumen útil de todas las grandes presas ubicadas aguas arriba de la sección de cierre de la masa de agua | Σ VolE (hm ³) |
| Superficie de la cuenca vertiente en la sección de cierre de la masa de agua. | Sc (km ²) |
| Superficie regulada por grandes presas en la cuenca en la sección de cierre de la masa de agua (superficie dominada) | Sc_Regulada (km ²) |
| Detracción anual máxima autorizada para trasvase. | DetTRmax (hm ³) |
| Aportación anual máxima autorizada por trasvase. | ApTRmax (hm ³) |
| Caudal máximo instantáneo, en régimen natural, en la sección de cierre de la masa de agua, para un período de retorno de 10 años. | QT10RN (m ³ /s) |
| Sumatorio de los caudales nominales de las centrales hidroeléctricas (no fluyentes y no dominadas) de la cuenca de la masa. Una central se considera "dominada" cuando aguas abajo tiene una gran presa. Se excluyen los caudales de centrales con grandes presas aguas abajo, porque los posibles hidrópicos que generasen quedarían regulados por la gran presa, sin afectar, por tanto, al régimen en la sección de cierre de la masa de agua. Una central se considera fluyente cuando el azud que deriva tiene un vaso con una capacidad de almacenamiento no significativa, de acuerdo con lo establecido por el Organismo de cuenca Se excluyen los caudales de centrales fluyentes porque al no tener capacidad significativa de almacenamiento, se asume que los hidrópicos que generan no son significativos. En el caso de distancias elevadas entre los azudes de derivación de las centrales y la gran presa aguas abajo se evaluará su inclusión caso por caso. | Σ Q(CENTRALES) (m ³ /s) |
| Q medio anual en régimen natural en la sección de cierre de la serie corta (1980/81-2005/06). | QmRN (m ³ /s) |
| Superficie impermeabilizada en la cuenca. Se entiende por superficie impermeabilizada la ocupada por usos del suelo que limitan significativamente la infiltración. En aquellas cuencas muy urbanizadas se procederá al cálculo de la superficie impermeabilizada de la intercuenca de la masa de agua en estudio. | Sc_imperm (km ²) |
| Sumatorio de los vertidos anuales autorizados para EDAR (más de 10.000 habitantes equivalentes), industriales, de refrigeración u otros retornos significativos ubicados aguas arriba de la sección de cierre de la masa de agua y que no estén dominadas. Se excluyen las dominadas porque se asume que el embalse que las domina –situado aguas abajo y antes de la sección de cierre de la masa de agua-, limita el efecto del vertido tanto en magnitud como en estacionalidad. En el caso de distancias elevadas entre los vertidos y la gran presa aguas abajo se evaluará su inclusión caso por caso. | Σ Vertido anual autorizado (hm ³) |
| Superficie de regadío en la cuenca. | Sc_regadío (km ²) |

Tabla 5- Variables a considerar en la caracterización de las fuentes de alteración del régimen hidrológico

En la Tabla 6 se presentan las posibles fuentes de información que es necesario tener en cuenta para obtener los valores de las variables consideradas para evaluar el riesgo de alteración del régimen hidrológico. Podrán utilizarse otras fuentes de información si se justifica adecuadamente la mejora que supone respecto a las indicadas.

| DENOMINACIÓN | FUENTES DE OBTENCIÓN DE DATOS |
|---|---|
| ApRN (hm³) | Dato obtenido a partir de SIMPA (CEDEX) o bien de modelos o fuentes de información equivalentes al mismo y propias del Organismo de cuenca. |
| ΣVoIE (hm³) | Base de datos asociada al geoportal del MAPAMA, inventario de presas y embalses o bases de datos del Organismo de cuenca. |
| DetTRmax (hm³) ApTRmax (hm³) | Normativa que regule el trasvase. En el caso de un trasvase consecuencia de una explotación hidroeléctrica que tome agua en una masa y la retorne en otra, esta variable puede estimarse a partir del sumatorio los caudales nominales autorizados de la central. |
| Sc (km²) | Base de datos asociada al geoportal del MAPAMA (Geoportal: <i>cuencasmpf.shp</i>) o bases de datos del Organismo de cuenca. |
| QT10RN (m³/s) | CAUMAX y geoportal del MAPAMA: Gestión de riesgos de inundación: caudales máximos. |
| ΣQ(CENTRALES) (m³/s) | Base de datos asociada al geoportal del MAPAMA: inventario de aprovechamientos hidroeléctricos (Descargar Excel en: Descargas SIA; Datos por entidad; Aprovechamientos Hidroeléctricos; Archivo Excel. En caso de no figurar el dato del caudal nominal se considera necesario contar con los datos de salto bruto y potencia para poder estimarlo: $Q (m^3/s) = Potencia (kW) / (8 * salto(m))$ Bases de datos del Organismo de cuenca. |
| QmRN (m³/s) | Estimado a partir de SIMPA : Aportación media anual de la serie corta -1980 y siguientes- (hm ³ /año) * 0,03171 [(año/s)*(m ³ /hm ³)] Estimaciones con otro modelo acreditado por el Organismo de cuenca. |
| Sc_imperm (km²) | Superficie impermeabilizada: Tabla de atributos SIOSE. Campo: ID_COBER_1; Código: 101, 104 y 111(*). Para superficie: campo SUPERRF_HA_ (* Las coberturas seleccionadas son las que utiliza SIOSE para el "suelo sellado" en las consultas predefinidas de SIOSEDESKTOP |
| ΣVertido anual autorizado (hm³) | Base de datos asociada al geoportal del MAPAMA: <i>EDAR_Q2011.shp</i> Base de datos del Organismo de cuenca: Autorizaciones de vertido |
| Sc_regadío (km²) | Superficie de regadío: Tabla atributos SIOSE. Campo: Atributos; Código: 32 (regadío regado). Para superficie: campo SUPERRF_HA_ |

Tabla 6- Fuentes de información para los valores de las variables para caracterizar el potencial de alteración del régimen hidrológico (caudales líquidos)

A partir de las variables definidas se calculan unos *Indicadores de Caracterización de las fuentes de Alteración Hidrológica (ICAHs)* que permiten identificar de forma genérica las posibles causas de las eventuales alteraciones en su régimen de caudales líquidos, como consecuencia de las alteraciones del régimen hidrológico.

Estos indicadores cuantifican, a partir de las variables consideradas anteriormente, el potencial de la masa de agua de sufrir alteraciones en su régimen de caudales. Se formulan como un cociente entre la variable vinculada con la posible fuente de alteración y otra relacionada con el estado natural. Todos toman un valor 0 cuando el potencial de alteración es nulo, aumentando a medida que crece el potencial.

En la tabla siguiente se describen estas variables.

| ACCIÓN | ALTERACIÓN | INDICADORES DE CARACTERIZACIÓN | | |
|--|---|--|---|--------|
| | | DEFINICIÓN | INTERPRETACIÓN | CÓDIGO |
| Presas | Regulación: alteración de magnitud, variabilidad y estacionalidad | Cociente entre el volumen total de los embalses de la cuenca y la aportación anual. $\Sigma \text{VolE} / \text{ApRN}$ | Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad potencial de regulación. | ICAH 1 |
| | Laminación: Alteración en magnitud y frecuencia de las avenidas. | Cociente entre el volumen total de los embalses de la cuenca y el volumen que se generaría si Q10 estuviese circulando durante un día completo. $\Sigma \text{VolE} / (0,0864^{1*} \text{QT10RN})$ <small>1 Coeficiente de transformación a días</small> | Ese cociente puede interpretarse como el número de días que tardarían en llenarse todos los embalses de la cuenca si estuviese circulando de manera constante el Q10. Valores altos informan de una alta capacidad potencial para alterar las avenidas. | ICAH 2 |
| | Hidrópicos: Alteración de la variabilidad y las tasas de cambio. | Cociente entre los caudales autorizados a las centrales hidroeléctricas y el caudal medio diario anual en la masa. $\Sigma \text{Q(CENTRALES)} / \text{QmRN}$ | Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad potencial de generar hidrópicos significativos. | ICAH 3 |
| Impermeabilización por zonas urbanas, periurbanas e industriales. | Alteración en magnitud y frecuencia de caudales ordinarios y avenidas habituales. | Cociente entre la superficie impermeable en la cuenca y la superficie que vierte a la sección de cierre de la masa de agua. $\text{Sc_imper} / \text{Sc}$ | Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad potencial de incrementar la escorrentía. | ICAH 4 |
| Vertidos | Alteración en magnitud y la estacionalidad de los caudales ordinarios. | Cociente entre el vertido anual autorizado y la aportación anual. $\Sigma \text{Vertido anual autorizado} / \text{ApRN}$ | Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad potencial de alteración de la magnitud y estacionalidad de los caudales. | ICAH 5 |
| Riegos (Derivaciones y retornos) | Alteración en magnitud y la estacionalidad de los caudales ordinarios. | Cociente entre la superficie de regadío en la cuenca y la superficie que vierte a la sección de cierre de la masa de agua. $\text{Sc_regadío} / \text{Sc}$ | Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad potencial de afectar a la magnitud y estacionalidad de los caudales. | ICAH 6 |

Tabla 7- Indicadores de la caracterización de posibles fuentes de alteración del régimen hidrológico (caudales líquidos)

En caso necesario podrá estudiarse con mayor detalle la alteración hidrológica existente a través del empleo de descriptores de la alteración hidromorfológica (DAH), mediante la comparación de series de caudales en régimen natural y en régimen real implementados en programas informáticos, como, por ejemplo, IAHRIS. En el apéndice I de este protocolo se detalla la metodología complementaria.

2.2.2.- POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES SÓLIDOS

Como se comentó al inicio del capítulo, la generación y transporte de sedimentos vienen determinados por la dinámica fluvial (condiciones hidrológicas) y la geomorfología del cauce (tipo de material, pendiente longitudinal, vegetación, etc.). La alteración de cualquiera de estos factores supone la pérdida del equilibrio del río y, por tanto, la modificación de los procesos de erosión/sedimentación que en él se producen.

Este transporte es el instrumento natural que el río utiliza para reequilibrar su dinámica, por lo que su continuidad a lo largo del río es uno de los factores de mayor importancia en la hidromorfología fluvial.

La generación y la continuidad en el transporte de sedimentos vendrán determinadas por la presencia de infraestructuras en la cuenca y el cauce y por la tipología de los mismos (granulometría/tamaño, disposición y movilidad).

La continuidad en el transporte de sedimentos se caracteriza a partir de dos niveles, el primero, a través del funcionamiento de la cuenca, mediante el análisis de las actividades existentes en la cuenca hidrográfica (trabajo de gabinete), para posteriormente, ya en la fase de caracterización del tramo fluvial, caracterizar el grado de movilidad de los sedimentos en el subtramo de muestreo de la masa de agua.

Para la caracterización de las actuaciones humanas que generan déficit de sedimento o dificultades en el transporte en la cuenca hidrográfica, se estudiarán un conjunto de variables, todas ellas trabajadas en gabinete (fotografías aéreas, cartografía, bases de datos, etc.), que intentan caracterizar las actuaciones humanas en la cuenca de la masa de agua en estudio que puedan generar excesos o déficits de sedimentos, así como las actuaciones dentro de la masa de agua que puedan alterar su transporte:

| POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES SÓLIDOS | |
|---|--|
| Fuentes de generación de sedimentos | Usos del suelo en la cuenca: grado de erosión general de la cuenca |
| | Incendios forestales en la cuenca |
| Fuentes de generación de déficit de sedimentos | Grandes presas en la cuenca |
| | Retención o desconexión de sedimentos en laderas y afluentes |
| | Extracciones de áridos y dragados |
| | Azudes y otros obstáculos en la masa de agua |

Tabla 8- Posibles fuentes de alteración del régimen de caudales sólidos

2.2.2.1.- Fuentes de generación de sedimentos

A partir de la información disponible en el Inventario Nacional de Erosión de Suelos y de las estadísticas disponibles de incendios forestales en los últimos años, se analizarán cualitativamente estos factores de generación de sedimentos, de acuerdo con:

- La erosión y las pérdidas de suelo generadas en la cuenca de la masa de agua no regulada por embalses, a partir del riesgo de erosión en cauce del Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES). Se entiende que esta variable sirve para reflejar la erosionabilidad de la cuenca correspondiente a la masa de agua analizada, de acuerdo con las categorías establecidas por el Inventario para esta variable: muy alto, alto, medio y bajo.

A criterio de experto, podrá, en su caso, clasificarse con otra categoría si las circunstancias locales así lo indican. Igualmente, se podrá asignar a una masa de agua la categoría moderada o alta, si independientemente de la información anterior, los signos en campo o la experiencia de la gestión de la masa de agua así lo indican. Igualmente, en el caso de que no haya aún información disponible del INES, se tomarán los valores que se detecten a partir de la experiencia o criterio de experto.

- El grado de afección por incendios forestales en la cuenca de la masa de agua será en función de la superficie forestal quemada en los últimos años. Las categorías de alto se podrán asignar, si los signos de campo, la magnitud de alguno de los incendios acaecidos inventariados o aquellos que por su reciente ocurrencia aún no han sido inventariados o la experiencia de la gestión de la masa de agua así lo indican. Para asignar las categorías de moderado, bajo o muy bajo, se utilizarán categorías del Mapa de frecuencia de incendios forestales (2001 a 2014) por término municipal del MAPAMA. En general, se tomará como afección moderada cuando en los términos municipales de la cuenca de la masa de agua, existan varios municipios con más de 100 incendios. Se considerará bajo cuando el número de incendios este comprendido, como regla general, entre 100 y 25, y muy baja cuando sea menos de 25 incendios.

2.2.2.2.- Fuentes de generación de déficits de sedimentos

A continuación se estudian las fuentes de generación de déficits de sedimentos en la cuenca e incluso, el déficit de sedimentos que puede producirse por las alteraciones en el transporte dentro de la masa de agua.

2.2.2.2.1.- Grandes presas

Para establecer el criterio de *gran presa* se considera lo así establecido en el Artículo 358 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, y serán las mismas ya consideradas en la caracterización del régimen de caudales líquidos, en el apartado 2.2.

Se considera que una gran presa retiene todos los sedimentos producidos en la cuenca aguas arriba, por lo tanto, la variable esencial en este proceso es la superficie de la cuenca regulada por grandes presas aguas arriba del punto de cierre de la masa de agua, que en principio, no aportará sedimentos.

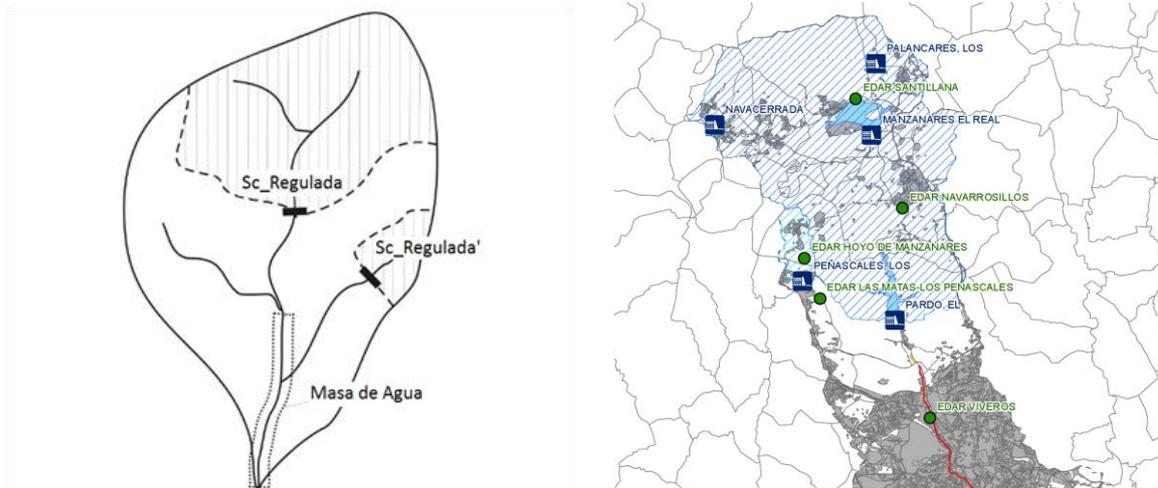


Figura 5.- Croquis de la Superficie regulada por grandes presas en la cuenca vertiente a una masa de agua

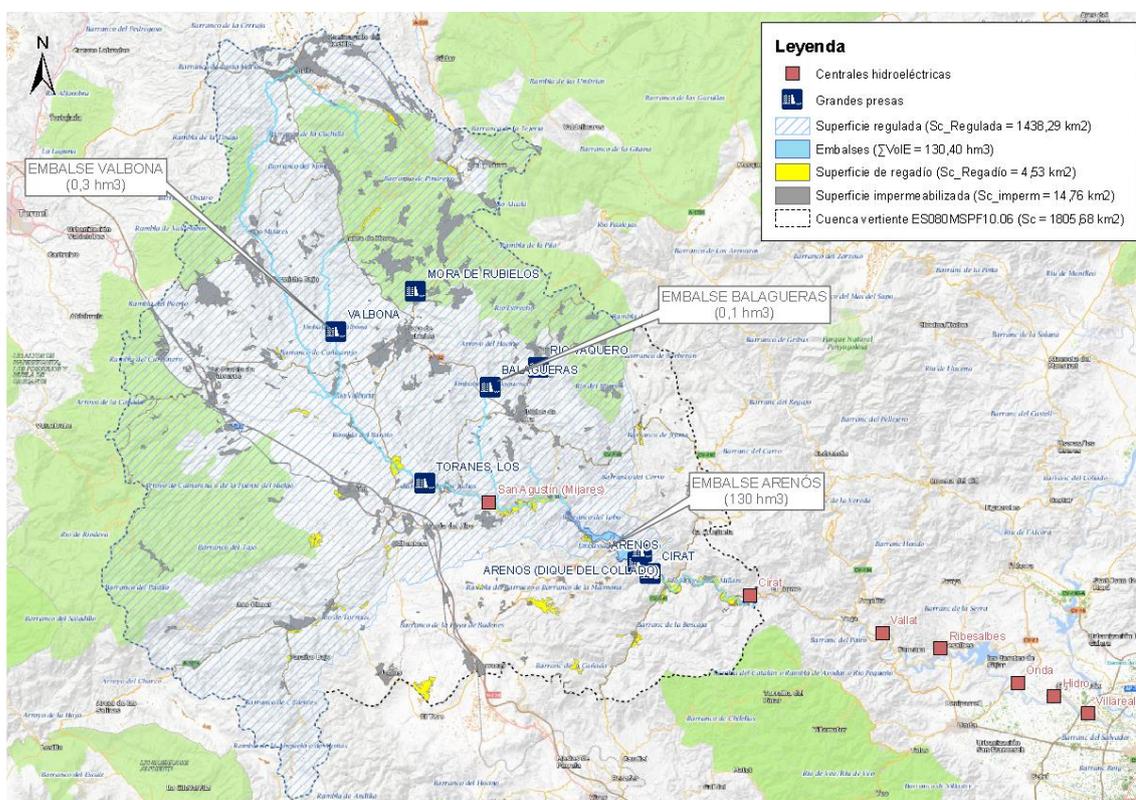


Figura 6- Ejemplo: cuenca vertiente y superficie regulada aguas arriba de masa de agua

Se calculará la superficie de la cuenca vertiente hasta el final de la masa de agua (S_c), así como la superficie vertiente hasta la presa (o presas) situada aguas arriba más próxima a ese punto final de la masa de agua ($S_{c_Regulada}$). Eventualmente podría haber alguna presa en algún afluente que vierta a la masa de agua aguas abajo de la presa, en cuyo caso habría que sumar la superficie vertiente hasta esa presa en el afluente ($S_{c_Regulada}'$). El porcentaje se calculará como:

$$\frac{S_{c_Regulada} + \sum S_{c_Regulada}'}{S_c} \cdot 100$$

| ACTIVIDADES QUE GENERAN DÉFICIT DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA: GRANDES PRESAS | |
|---|---|
| DENOMINACIÓN | DEFINICIÓN |
| ScRegulada (km²) | Superficie regulada por grandes presas en la cuenca en la sección de cierre de la masa de agua (superficie dominada) |
| % ScRegulada | % de superficie de la cuenca vertiente de la masa de agua cuyos aportes quedan retenidos por las grandes presas situadas aguas arriba |

Tabla 9- Caracterización de las actividades que generan déficit de sedimentos en la cuenca: grandes presas

2.2.2.2.2.- Retención o desconexión de sedimentos en laderas y afluentes

Se considerarán, de forma cualitativa, las acciones que pueden reducir aportes sedimentarios en la cuenca no regulada hasta el punto de cierre de la masa de agua, y en especial, en las laderas y terrenos adyacentes a la misma. Aunque hay muchas acciones que pueden producir déficits sedimentarios (urbanización, repoblaciones forestales, terrazas, cambios de usos del suelo, etc.), se seleccionan solo dos significativos:

- La existencia de pequeñas presas (no incluidas en el artículo 358 del RDPH), azudes, diques de corrección hidrológico-forestal o estructuras de retención de sedimentos en afluentes, barrancos o laderas (albarradas), etc., que pueden tener un efecto destacable reduciendo el aporte sedimentario, o incluso, limitando la única fuente de aporte sedimentario en las cuencas muy reguladas por grandes presas.
- La identificación de situaciones de desconexión entre el cauce y las laderas o las terrazas superiores, situaciones en las que sedimentos y materiales procedentes de esas zonas no pueden llegar al cauce. Es muy frecuente que esta imposibilidad esté provocada por vías de comunicación o canales que siguen longitudinalmente el valle.

Si se identifica alguna de estas situaciones (sin necesidad de contabilizar sus dimensiones e importancia), se diferencia entre las que se registran en la cuenca aguas arriba de la masa de agua y las que se localizan en la cuenca propia de la masa de agua. Como fuente de consulta se recabará la información disponible en DATAGUA y la consulta de la cartografía 1:25.000 y/o ortofotos.

2.2.2.2.3.- Extracciones de áridos

Las extracciones de áridos y eventuales dragados en el cauce y su ribera son una clara fuente de pérdida de sedimentos fluviales. No es objeto de este protocolo la cuantificación de estas extracciones, pero sí su identificación a través de la información disponible y la determinación en campo de esta actividad en la masa de agua en estudio. Como fuente de consulta se recabará la información disponible en DATAGUA y la información disponible en los Organismos de cuenca.

En este sentido, se caracterizará la existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua, y en la cuenca propia de la masa de agua en estudio, que servirá posteriormente para poder caracterizar y comprender la estructura y sustrato del lecho en la misma.

Con tal fin, y con respecto a las extracciones de áridos en los cauces de la cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua, se entenderá que existe un grado de extracción:

- “Alto” cuando la actividad extractiva afecte perimetralmente (en una o en ambos márgenes) a una elevada longitud de los cauces identificables en la cuenca no regulada, o el volumen de la actividad sea tal que haya dado lugar a desequilibrios geomorfológicos notables en la red drenaje de la cuenca.
- “Moderado” correspondería a una afección directa sobre un porcentaje limitado de los cauces de la cuenca no regulada, o bien a algún desequilibrio geomorfológico aislado en la red de drenaje.
- “Bajo” se identificaría cuando la actividad extractiva afecta solo de manera muy puntual a la longitud de los cauces de la cuenca.
- “Muy Bajo” se asociaría a la (práctica o) total inexistencia de actividades extractivas y de desequilibrios geomorfológicos asociados a ellas.

En relación con las extracciones de áridos en la cuenca propia de la masa de agua, se usarían los mismos criterios especificados para el caso de la cuenca no regulada.

2.2.2.2.4.- Retención de sedimentos en azudes y otros obstáculos transversales dentro de la masa de agua

Se definen como azudes las presas que no se consideran grandes presas ya inventariadas en la caracterización del régimen hidrológico. Se consideran aquí solamente los azudes y otros obstáculos que tienen capacidad para retener sedimentos y alterar los procesos de transporte.

La distancia media entre azudes se calculará como el cociente entre la longitud de la masa de agua y el número total de azudes y otros obstáculos que retengan sedimentos presentes en la masa de agua. Este valor, en general, coincidirá con el calculado en el punto de continuidad para la vida piscícola (apartado CAPÍTULO III: CARACTERIZACIÓN DE LA CONTINUIDAD DEL RÍO3.-), si todos los obstáculos estudiados son azudes que tienen influencia sobre la migración piscícola.

Para determinar el número y estado de estos azudes, inicialmente se consultará fotografías aéreas y bases de datos, y se complementará con el trabajo de campo necesario para el análisis de la continuidad del río y de variación de la anchura y profundidad del cauce, estimando la longitud del remanso asociado a cada uno de los obstáculos.

2.2.2.3.- Resumen de la caracterización de la alteración del régimen hidrológico: caudales sólidos

La caracterización del régimen hidrológico en cuanto a la generación y transporte de sedimentos quedaría descrita, según lo desarrollado anteriormente, por los siguientes indicadores:

| CARACTERIZACIÓN DE LA ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CAUDALES SÓLIDOS | |
|--|---|
| AGENTE GENERADOR | INDICADOR |
| <i>Usos del suelo en la cuenca</i> | Grado de erosión de la cuenca |
| <i>Incendios forestales</i> | Grado de influencia de incendios forestales |
| <i>Grandes presas</i> | % de superficie de la cuenca vertiente de la masa de agua cuyos aportes quedan retenidos por las grandes presas situadas aguas arriba |
| <i>Desconexión en laderas y afluentes en cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua</i> | Grado de desconexión en cuenca no regulada |
| <i>Existencia de retenciones en la cuenca propia de la masa de agua</i> | Grado de desconexión en la cuenca propia de la masa de agua |
| <i>Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua</i> | Grado de extracción |
| <i>Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca propia de la masa de agua</i> | Grado de extracción |
| <i>Azudes y otros obstáculos al transporte en la masa de agua</i> | % Σ longitud remansada / longitud de la masa de agua |

Tabla 10.-Caracterización de la alteración del régimen hidrológico: caudales sólidos

2.3.- RÍOS TEMPORALES O EFÍMEROS SIN CAPACIDAD DE ALBERGAR FAUNA PISCÍCOLA Y/O VEGETACIÓN DE RIBERA

Dada las particularidades de esta tipología de ríos, su caracterización con respecto al caudal e hidrodinámica ha sido ajustada para reflejar las principales alteraciones sufridas por los mismos.

2.3.1.- CARACTERIZACIÓN DE LAS POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CAUDALES LÍQUIDOS

| CARACTERIZACIÓN DE LAS POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CAUDALES LÍQUIDOS | |
|---|---|
| AGENTE GENERADOR | INDICADOR |
| <i>Grandes presas</i> | % de superficie de la cuenca vertiente de la masa de agua cuyos aportes quedan retenidos por las grandes presas situadas aguas arriba |
| <i>Impermeabilización del suelo</i> | ICAH 4 Sc_imper / Sc |
| <i>Vertidos</i> | ICAH 5 Incidencia de vertidos en la cuenca |
| <i>Derivaciones y retornos por regadíos</i> | ICAH 6 Sc_regadío/ Sc |

Tabla 11.-Indicadores de caracterización de las posibles fuentes de alteración hidrológica (ICAHs) y posibles efectos: caudales líquidos para ríos sin capacidad de albergar fauna piscícola y/o vegetación de ribera

2.3.2.- CARACTERIZACIÓN DE LAS POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CAUDALES SÓLIDOS

| CARACTERIZACIÓN DE LA ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CAUDALES SÓLIDOS | |
|--|---|
| AGENTE GENERADOR | INDICADOR |
| <i>Usos del suelo en la cuenca</i> | Grado de erosión de la cuenca |
| <i>Incendios forestales</i> | Grado de influencia de incendios forestales |
| <i>Grandes presas</i> | % de superficie de la cuenca vertiente de la masa de agua cuyos aportes quedan retenidos por las grandes presas situadas aguas arriba |
| <i>Desconexión en laderas y afluentes en cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua</i> | Grado de desconexión en cuenca no regulada |
| <i>Existencia de retenciones en la cuenca propia de la masa de agua</i> | Grado de desconexión en la cuenca propia de la masa de agua |
| <i>Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua</i> | Grado de extracción |
| <i>Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca propia de la masa de agua</i> | Grado de extracción |

Tabla 12.-Conclusiones a la caracterización de la alteración del régimen hidrológico: caudales sólidos para ríos sin capacidad de albergar fauna piscícola y/o vegetación de ribera

2.4.- CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

A continuación se presentan los principios de la relación hídrica de las masas de agua subterráneas (MASb) y las masas de agua superficiales (ríos), para posteriormente proceder a la caracterización general de la conexión entre ambas y de su posible alteración.

2.4.1.- RELACIÓN HÍDRICA ENTRE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y LOS RÍOS

La Directiva Marco establece como indicador, adicionalmente al régimen de caudales, la conexión resultante de la masa de agua superficial con las aguas subterráneas, estando una masa de agua en muy buen estado, cuando estas condiciones están total o casi totalmente inalteradas.

La relación entre el río y el acuífero es compleja, y la alteración puede ser debida a dos principales factores. Por causas naturales y/o antrópicas que pueden producir una disminución del caudal aportado por los manantiales y/o un descenso de los niveles piezométricos de los acuíferos que elimine la conexión natural existente, o bien a partir de la impermeabilización del lecho y márgenes del río, lo cual a su vez modificará la morfología fluvial y estará analizado en el capítulo correspondiente.

La relación Masa de Agua Subterránea– Río, puede determinar en muchos casos la configuración hidromorfológica del curso fluvial en tramos donde esta relación es significativa o determinante, y en la que los caudales o volúmenes de intercambio de agua entre ambas masas pueden llegar a ser importantes.

Para conocer la aportación de agua subterránea a un río y viceversa es indispensable determinar el tipo de conexión hidráulica que hay entre ambos. Esta conexión vendrá controlada por diversos factores:

- El tipo de acuífero
- Situación del acuífero respecto al cauce del río
- Situación relativa de los niveles del río y del nivel piezométrico del acuífero en la zona contigua al río

Estos factores determinarán cuándo un río es ganador o efluente (aumenta su caudal por aportaciones subterráneas), o perdedor o influente respecto al acuífero (recarga al acuífero y por lo tanto su caudal disminuye a lo largo del río).

La relación Masa de Agua Subterránea-Río no sólo puede ser variable a lo largo del curso del río sino que también, en muchos casos, puede presentar variaciones a lo largo del año. En este caso, en los periodos húmedos y épocas de crecida del río, el curso de agua superficial probablemente presente un nivel de lámina de agua superior al del acuífero y proceda a la recarga del mismo, mientras que en los periodos más secos en los que el río fluye con poco caudal, probablemente la mayor parte de éste sea aportado desde el acuífero. Estas variaciones anuales en el comportamiento del río se atribuyen a causas naturales pero la influencia antrópica también puede forzar que se pase de una situación a otra (extracciones de aguas subterráneas, etc.).

El régimen de un río depende de varios factores interdependientes entre sí. Entre estos factores cabe enumerar las precipitaciones, la temperatura, el relieve, la vegetación, la edafología y la geología. Concretamente, ésta última condiciona la naturaleza de los suelos, la litología y la estructura. En particular, la litología y sus procesos (alteración, disolución, fracturación, etc.) influyen

definitivamente en la existencia de acuíferos dentro de la cuenca y a su vez, el tipo de flujo está influenciado por la litología y la estructura del acuífero. Como se ha comentado, el tipo de flujo determinará la tipología de interacciones con el agua superficial. Desde el punto de vista litológico, en términos generales se pueden diferenciar *acuíferos detríticos*, *acuíferos carbonatados*, *acuíferos fracturados* y acuíferos formados por alteración superficial.

En los *acuíferos detríticos (que incluyen los aluviales)* la interacción se producirá a lo largo de toda la superficie de contacto generándose descargas de tipo difuso, mientras que para el caso de los *acuíferos kársticos y/o con fracturas*, la interacción con el río se producirá también de manera más localizada... Como consecuencia, en una zona donde el flujo se produzca a través de los poros y donde el río sea efluente, el caudal de éste irá aumentando paulatinamente durante su curso, si no hay detracciones, o disminuyendo si es influente. En cambio, en una zona con fracturas, y especialmente en una zona cárstica, el caudal del río puede variar mucho y de una manera drástica a lo largo de su recorrido a causa de la interacción con las aguas subterráneas y al funcionamiento hidrodinámico de estos acuíferos

2.4.1.1.- Sentido de la relación Masa de Agua Subterránea-Río

El sentido de la relación acuífero-río hace referencia a una pérdida o ganancia de agua entre una formación geológica permeable (en este caso se considera una Masa de Agua Subterránea) y un río (Masa de Agua Superficial de categoría Río). Ésta se suele analizar tanto en función de datos piezométricos, como hidrométricos y foronómicos, entre otros. Inicialmente se pueden distinguir, de manera simplificada, tres tipos de situaciones: cauce efluente, cauce influente y cauce con relación variable.

- *Cauce efluente o ganador:* Es aquel que recibe aportes de agua subterránea desde una o varias formaciones geológicas permeables. Se incluye el incremento de volumen asociado a drenajes puntuales de un manantial o grupo de manantiales a cauce, propio de acuíferos carbonatados desconectados físicamente del río.
- *Cauce influente o perdedor:* Es aquel que cede parcial o totalmente su caudal a favor de una o varias formaciones geológicas permeables.
- *Cauce con relación variable:* Corresponde a aquel cauce que presenta un régimen de pérdida-ganancia de agua variable en el tiempo. Esta circunstancia se produce cuando el nivel freático o piezométrico del acuífero fluctúa por encima o por debajo de la lámina de agua que existe en un determinado momento en el cauce del río, debido fundamentalmente a causas estacionales, aunque también puede ser debido a causas antrópicas (explotación de acuíferos).

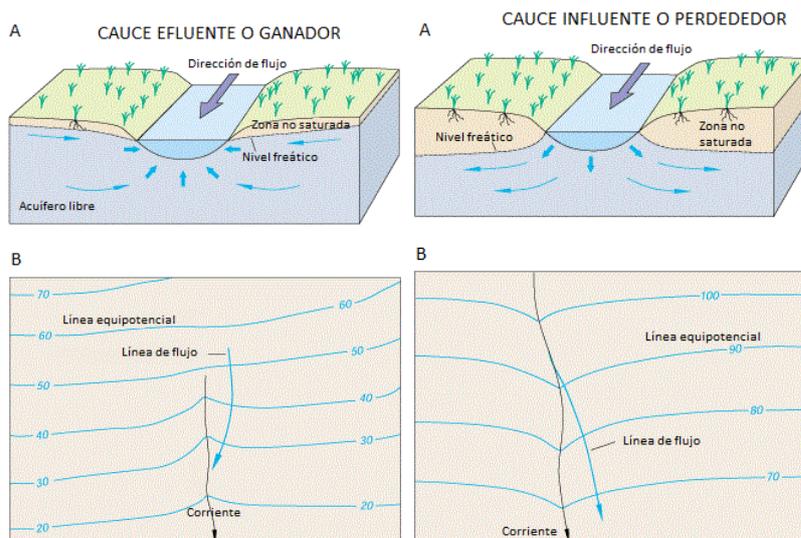


Figura 7.- Sentido de la relación acuífero-río

2.4.1.2.- Distribución espacial de la relación Masa de Agua Subterránea-Río

Desde un punto de vista espacial, la relación río-MASb se puede establecer de acuerdo a las siguientes tipologías:

- **Puntual:** La relación de ganancia o pérdida se produce de forma localizada y visible en lugares y puntos concretos de un determinado tramo de un río. Se pueden diferenciar los siguientes subtipos principales:
- **Punto único:** La descarga o pérdida de agua se produce de forma visible en un único lugar.
- **Puntual agrupada:** La descarga o pérdida de agua tiene lugar a través de varios puntos de agua perfectamente diferenciados entre sí. Estos puntos se pueden situar según una estructura más o menos lineal y paralela al cauce principal, que descargan agua subterránea a varios cursos secundarios, que confluyen en uno principal.
- **Difusa:** La relación de ganancia o pérdida se produce a lo largo de un tramo más o menos largo del cauce de un río, sin que se pueda identificar una descarga o un sumidero concreto.
- **Mixta:** Cuando se producen ambos tipos de conexión espacial a lo largo de una masa de agua.

2.4.1.3.- Tipologías de la interrelación Masa de Agua Subterránea-Río

Las diferentes tipologías de conexión entre aguas subterráneas y cursos superficiales deben tener en cuenta, entre otros factores, el estudio de la situación relativa que existe entre el nivel de agua en el río y la superficie piezométrica de los acuíferos que están interconectados con el curso fluvial. Dependiendo de la posición que ocupe uno y otra se pueden establecer dos situaciones: *conexión directa* y *conexión indirecta*.

Esta última se produce cuando el nivel del acuífero desciende por debajo de la cota del lecho del río y ambos quedan desconectados hidráulicamente entre sí, dando lugar a una infiltración constante de agua (efecto ducha).

A continuación, se muestran las diferentes tipologías que se pueden establecer para caracterizar la interrelación que se presenta entre aguas superficiales y subterráneas en lo que respecta a cursos fluviales de cualquier orden (IGME-DGA, 2012. *Las aguas subterráneas en la planificación hidrológica*).

| DISTRIBUCIÓN ESPACIAL | CONTINUIDAD O DISCONTINUIDAD DE LA CONEXIÓN HIDRÁULICA | | SENTIDO (PÉRDIDAS/GANANCIAS) | DESCRIPCIÓN |
|-----------------------|---|-----------|--|---|
| Difusa | Directa | | Ganador | El río gana, pierde, o mantiene una relación variable a lo largo de un tramo concreto del mismo y de un determinado intervalo de tiempo, sin que exista desconexión hidráulica entre el río y el acuífero, y sin que se pueda identificar el punto o los puntos de recarga o descarga al acuífero. |
| | | | Perdedor | |
| | | | Variable | |
| | Indirecta, con efecto ducha en acuíferos de tipo granular | | Perdedor | El río atraviesa una formación geológica permeable, pero su curso se encuentra descolgado respecto de la superficie piezométrica del acuífero, dando lugar a lo largo de un tramo de su cauce a una pérdida de agua, que se denomina "efecto ducha". |
| | | | Variable | La posición de la superficie piezométrica con respecto a la lámina de agua del río se comporta tanto de efluente como de influente. Cuando el río es ganador, la conexión hidráulica es siempre de tipo directo, cuando es perdedor, la conexión puede pasar a indirecta en el instante en que la superficie piezométrica desciende por debajo de la cota en que se descuelgan el río y el acuífero. En ese momento aparece el denominado efecto ducha. |
| | Indirecta, con efecto ducha en acuíferos de tipo kárstico | | Perdedor | El río, que discurre sobre una formación geológica permeable karstificada, que se sitúa a mayor cota topográfica que la superficie piezométrica del acuífero, presenta en su cauce, multitud de grietas, fracturas y oquedades a través de las que se produce una recarga de agua al acuífero de tipo ducha, sin que se identifique a lo largo del tramo un lugar concreto donde se produzca una pérdida predominante. |
| | | Variable | El río, que presenta una fisiografía como la descrita en el apartado anterior, presenta un régimen variable de ganancia o pérdida a lo largo de un tramo más o menos grande. Cuando se comporta como efluente, la conexión hidráulica es de tipo directo, aunque la descarga de agua no se produce de forma totalmente continua; cuando se comporta como influente, la conexión hidráulica es de tipo indirecto, ya que la superficie piezométrica del acuífero se descuelga físicamente del río y se sitúa por debajo de la cota del lecho del mismo. | |
| Puntual | Punto único | Directa | Ganador | El cauce es receptor de una descarga subterránea a favor de un único manantial, independientemente de que éste drene directamente al cauce principal o a un tributario del mismo. |
| | | Indirecta | Perdedor | El acuífero es receptor de una recarga a favor de un único sumidero, bien localizado directamente en el cauce principal o bien en un tributario del mismo. |
| | Agrupada | Directa | Ganador | El cauce es receptor de una descarga de agua subterránea a favor de un grupo de manantiales, independientemente de que éstos drenen directamente al cauce principal o a uno o varios de sus tributarios. |
| | | Indirecta | Perdedor | El acuífero es receptor de una recarga a favor de varios sumideros, bien localizados directamente en el cauce principal o bien en tributarios del mismo. |

Tabla 13-Tipologías para la caracterización de la interrelación entre las masas de agua subterránea y los ríos

3.- CAPÍTULO III: CARACTERIZACIÓN DE LA CONTINUIDAD DEL RÍO

La continuidad del río es otro de los aspectos esenciales incluidos en la Directiva Marco del Agua en lo referente a la caracterización de la hidromorfología de una masa de agua superficial categoría río.

En masas de agua con presencia de especies piscícolas, esta continuidad se caracteriza analizando aquellos elementos artificiales que supongan un obstáculo a los distintos movimientos migratorios a lo largo del cauce, en especial, de las especies piscícolas.

En este protocolo se establece el procedimiento de caracterización en aquellas masas de agua con presencia real o potencial de especies piscícolas, pensado no solo para la caracterización de la continuidad fluvial, sino además, para el análisis comparado entre distintas masas de agua y la posible priorización de actuaciones.

En caso de que se estudie una masa de agua sin especies piscícolas, de manera regular y continuada, la continuidad caracterizará a través de la existencia de obstáculos a la movilidad del sedimento por la presencia de azudes y otros obstáculos transversales ubicados en la propia masa de agua, así como en los afluentes directos que no formen parte de ella.

Las fases del proceso son:

1. Recopilación de información e inventario inicial de obstáculos.
2. Caracterización de cada obstáculo.
3. Estudio detallado de cada obstáculo y determinación de:
 - a. El efecto barrera que produce cada obstáculo, estudiándose para los distintos grupos de especies piscícolas y para las migraciones en ascenso y descenso. Este efecto barrera se caracteriza mediante el cálculo del *índice de franqueabilidad* que varía entre cero (0), cuando el obstáculo impide que cualquier especie pueda atravesarlo en cualquier condición de caudal, y diez (10), cuando cualquier especie lo puede pasar en cualquier condición de caudal.
 - b. La longitud de cauce que se conseguiría conectar en la masa de agua si se realizasen actuaciones de mejora de la franqueabilidad (escalas, pasos, demoliciones, etc.) sobre el obstáculo considerado.
4. Cálculo del *Índice de compartimentación* (IC) de la masa de agua, que relaciona la longitud de la masa de agua con el número de obstáculos existentes en ella y el índice de franqueabilidad, de forma que a mayor valor del IC mayor grado de compartimentación existe en la masa de agua.
5. Cálculo del *Coficiente de prioridad de las especies piscícolas en la masa de agua* ($\sum Ki$), como elemento esencial para caracterizar las especies presentes en la masa de agua. Cuando toma valores altos significa que la masa de agua tiene una comunidad piscícola compleja y/o con especies piscícolas con altos requerimientos de movilidad.
6. Cálculo del *Índice de conectividad longitudinal* (ICL), como producto de las dos variables anteriores. Valores altos indican ríos muy compartimentados con una alta afección a la comunidad de peces presente. Valores muy bajos indican que no hay problemas de continuidad porque estos afectan poco a la comunidad de peces presente: un río sin obstáculos tendrá un ICL de 0, independientemente de qué especies lo habiten.

7. Cálculo de la *Longitud de cauce permeabilizada* (L) con la ejecución de pequeñas obras de restauración (escalas, rampas, demolición de azudes de pequeña entidad, etc.): Una vez caracterizados los obstáculos transversales y calculado el efecto barrera se determinará, en aquellos obstáculos susceptibles de ser permeables mediante pequeñas actuaciones de restauración, la longitud de la masa de agua conectada o permeabilizada con esta mejora

3.1.- RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN E INVENTARIO DE OBSTÁCULOS

Para la estimación de continuidad longitudinal de un río será necesario partir de los inventarios de obstáculos (presas, azudes, etc.) realizados por los Organismos de cuenca y la base de datos de DATAGUA, de forma que esta información, apoyada en la ortofotografía actual y con trabajo de campo allí donde no haya información suficiente o sea necesario completar la existente, permitirá disponer de forma rápida de la información de los obstáculos artificiales existentes.

En gabinete, por medio de foto aérea y mapas 1:25.000 o de menor escala, se pueden detectar la mayor parte de los obstáculos transversales, aunque este trabajo tendrá que ser completado, en la medida de lo posible, en campo, ya que hay numerosos cursos de agua que por sus características, especialmente por la vegetación de ribera, hacen imposible detectar la presencia de azudes u otros obstáculos transversales a partir de estas fuentes topográficas. Las obras de paso existentes en numerosas infraestructuras viarias tampoco son detectables mediante foto aérea en buena parte de los casos, constituyendo en múltiples ocasiones un obstáculo para los movimientos piscícolas.

3.2.- CARACTERIZACIÓN DE LOS OBSTÁCULOS Y DE SUS CONDICIONES DE PASO

Una vez obtenido el inventario de obstáculos será necesario caracterizarlos previamente al cálculo del índice de franqueabilidad de cada uno de ellos, mediante trabajo de campo, en el cual, deberá ser necesario en muchos casos disponer de vadeadores, cuerdas, etc. que proporcionen seguridad a la hora de realizar estas mediciones. Será necesario proceder a caracterizar geoméricamente el obstáculo, para lo cual, será necesario emplear cintas métricas, distanciómetros, clinómetros, jalones y escalas graduadas, a la vez que para medir la velocidad del agua será necesario disponer de un molinete o similar.

La primera acción en campo será la clasificación de su tipología mediante el análisis de las siguientes características:

3.2.1.- TIPO DE OBSTÁCULO

- *Salto vertical*: aquel con una pendiente del paramento aguas abajo muy alta, que deberá ser superada por los peces mediante saltos.
- *Paso entubado*: aquel que dispone de caños o tubos por los que deberían circular los peces.
- *Paso sobre paramento*: aquel que tiene una pendiente del paramento aguas abajo tal que los peces intentarán superar nadando por ella. Los vados serán considerados paso sobre paramento.
- *Obstáculos mixtos*: combinación de elementos anteriores. Para la evaluación de este tipo de obstáculos, se caracterizará por separado cada uno de los elementos que lo conforman (salto vertical, paso entubado, etc.).



Figura 8: Ejemplo de obstáculos (de arriba a abajo y de izquierda a derecha): salto vertical, paso entubado mixto, paso sobre paramentos, obstáculo mixto

3.2.2.- DIMENSIONES FÍSICAS DE LOS OBSTÁCULOS Y ESTIMACIÓN DEL CAUDAL CIRCULANTE.

En función del tipo de obstáculo será necesario caracterizar las siguientes variables:

| VARIABLES PARA LOS DISTINTOS TIPOS DE OBSTÁCULOS | |
|--|--|
| SALTO VERTICAL | Altura del obstáculo (H) |
| | Altura del salto (S) |
| | Profundidad de la poza a pie del azud (P) |
| | Anchura en coronación (W) |
| | Altura de la lámina en coronación (A) |
| PASO ENTUBADO | Velocidad de la corriente (V) |
| | Diámetro del paso (D) |
| | Altura de la lámina en el paso (A) |
| | Longitud del paso (L) |
| PASO SOBRE PARAMENTO | Altura del obstáculo (H) |
| | Altura del salto (S) |
| | Profundidad de la poza a pie del azud (P) |
| | Distancia a coronación (DC) |
| | Anchura en coronación (W) |
| | Altura de la lámina sobre el paramento (A) |
| | Pendiente del paramento (%) |
| | Velocidad de la corriente sobre el paramento (V) |

Tabla 14.-Variables para los distintos tipos de obstáculos

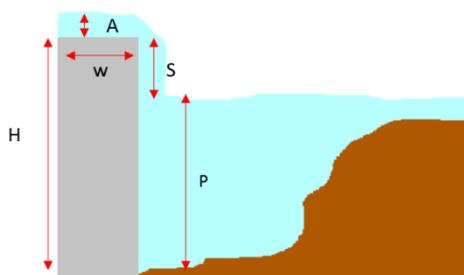


Figura 9.-Variables para obstáculos de salto vertical

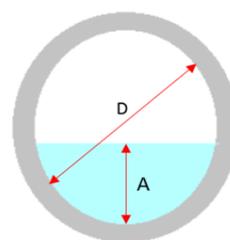


Figura 10.-Variables para obstáculos tipo paso entubado

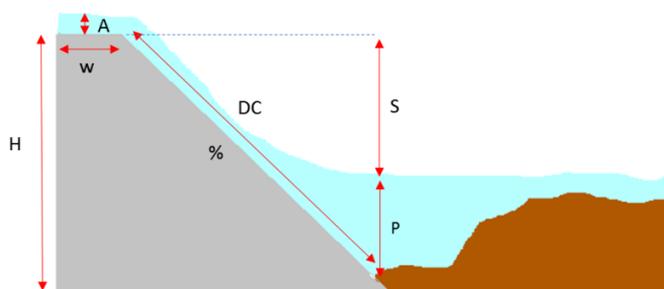


Figura 11.-Variables para obstáculos tipo paso sobre paramento

En caso de obstáculos mixtos, habrán de tomarse las variables correspondientes a todos los tipos básicos que incluya el obstáculo en cuestión.

Los vados serán considerados como pasos sobre paramento cuya variable principal a tener en cuenta será la anchura del paramento, que se considerará como distancia a coronación (DC). En el caso de que produzca un salto vertical u otras discontinuidades, el obstáculo será considerado como mixto.

La determinación de la franqueabilidad del obstáculo se lleva a cabo mediante variables que son dependientes del caudal circulante, y que, en la medida de lo posible, serán tomadas en la época de la migración piscícola. No obstante, la alta variabilidad de caudales existente en nuestros ríos hace que sea complejo realizar la caracterización del paso piscícola en los momentos de migración piscícola. Por ello, durante el muestreo se deberá realizar una estimación del caudal circulante en ese momento y compararlo con los caudales medios mensuales ya caracterizados en el primer punto de este protocolo. La medición del caudal deberá efectuarse en cada obstáculo que se esté valorando. Con este dato, se deberá estimar el funcionamiento de la barrera para otros meses y situaciones hidrológicas.

El dato de caudal se estimará, bien a partir las lecturas que den estaciones de aforo disponibles en el río en las proximidades o bien, a partir de la estimación de la velocidad de la corriente en el paso y la medida de la sección, o la aplicación de las ecuaciones básicas de la hidráulica en el caso de obstáculos tipo vertedero.

Además habrá que valorarse la existencia de determinadas características en el obstáculo que faciliten o no el paso sobre el mismo, tanto en ascenso como en descenso que se verán en el punto siguiente.

Igualmente este apartado concluirá con una breve descripción del azud, si está en uso o abandonado, y una colección de fotografías, y en especial, alguna de ellas desde aguas abajo.

3.3.- ESTUDIO DEL EFECTO BARRERA DE CADA OBSTÁCULO PARA LOS DISTINTOS GRUPOS DE PECES

3.3.1.- AGRUPACIÓN DE LA FAUNA PISCÍCOLA

De acuerdo con las capacidades y necesidades de las distintas especies piscícolas existentes en la península ibérica, se ha procedido a agrupar las especies en los siguientes grupos:

- *Grupo 1:* corresponde a las características de especies con alta capacidad de natación y salto (salmónidos)
- *Grupo 2:* corresponde a las características de especies con moderada capacidad de natación y salto (ciprínidos reófilos como bogas y barbos y especies similares)
- *Grupo 3:* corresponde a las características de especies con baja capacidad de natación y salto (ciprínidos pequeños como bermejuelas o gobios y especies similares)
- *Grupo 4:* Anguilas.

La metodología aquí expuesta se aplicará de forma general siempre a los tres grupos iniciales de especies piscícolas indicados anteriormente, independientemente de si están o no presentes actualmente en la masa de agua. El grupo 4, debido a sus especiales características, se evaluará únicamente en aquellas masas de agua de interés para la conservación de la anguila.

En el anexo III de este protocolo se presenta para cada especie el grupo al que pertenece.

3.3.2.- ESTUDIO DEL EFECTO BARRERA DEL OBSTÁCULO EN ASCENSO

El ascenso de la fauna piscícola es la migración más conocida y estudiada, en la que las distintas especies piscícolas ascienden río arriba para buscar los frezaderos y reproducirse. Esta migración debe además conseguir realizarse en una época adecuada del año y sincronizada entre machos y hembras, de forma que es una tarea compleja y esencial para las distintas especies piscícolas.

El estudio del efecto barrera en ascenso se realiza en cuatro fases:

- Comparación de las dimensiones del obstáculo y las capacidades de los distintos grupos de peces y cálculo de un índice de franqueabilidad inicial del obstáculo.
- Corrección del primer índice de franqueabilidad a partir de las características específicas del obstáculo.
- Estudio de la funcionalidad de los dispositivos de paso existentes en el obstáculo, si existen.
- Determinación del índice de franqueabilidad final, como el máximo entre el índice de franqueabilidad del obstáculo y el índice de franqueabilidad del dispositivo de paso si existe.

3.3.2.1.- Cálculo del índice de franqueabilidad inicial en ascenso.

Para determinar el índice de franqueabilidad inicial en ascenso de cada obstáculo inventariado será necesario comprobar, en una primera fase, y para cada grupo de peces indicado anteriormente, si algún valor de los parámetros medidos en campo en el momento del muestreo supera o no los valores *limitantes* indicados en la siguiente tabla:

| EFECTO DE BARRERA EN ASCENSO: UMBRALES O VALORES LIMITANTES POR TIPO DE OBSTÁCULO Y GRUPO DE ESPECIES PISCÍCOLAS | | | | |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Umbrales o valores limitantes (en m o m/s) | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4 |
| <i>Salto verticales</i> | | | | |
| Altura del salto (S), en m | ≤1 | ≤0,5 | ≤0,2 | 0 |
| Profundidad de la poza a pie del azud (P), en m | ≥1,25h | ≥1,4h | ≥1,4h | Indiferente |
| Anchura en coronación (W), en m | ≤0,5 | ≤0,5 | ≤0,5 | ≤0,5 |
| Altura de la lámina de agua en coronación (A), en m | ≥0,15 | ≥0,1 | ≥0,1 | ≥0,01 |
| <i>Pasos entubados</i> | | | | |
| Velocidad de la corriente (v), en m/s | ≤2,4 | ≤1,7 | ≤0,5 | ≤1,7 |
| Altura de la lámina en el paso (A), en m | ≥0,1 | ≥0,1 | ≥0,1 | ≥0,01 |
| <i>Pasos sobre el paramento</i> | | | | |
| Pendiente (%) | ≤30% | ≤20% | ≤20% | ≤45% |
| Velocidad de la corriente (V), en m/s | ≤2,4 | ≤1,5 | ≤0,5 | ≤2 |
| Calado sobre el paramento (A), en m | ≥0,1 | ≥0,1 | ≥0,1 | ≥0,01 |
| Distancia a coronación (DC), en m | ≤5 | ≤5 | ≤3 | ≤5 |
| Profundidad de la poza a pie del azud (P), en m | ≥1,25h | ≥1,4h | ≥1,4h | Indiferente |
| Anchura en coronación (w), en m | ≤0,5 | ≤0,5 | ≤0,5 | ≤0,5 |

Tabla 15.-Umbrales o valores limitantes del efecto barrera en ascenso por grupo de especies piscícolas.

En caso de obstáculos mixtos se evaluará como el obstáculo más restrictivo de los que lo conforman.

Comparando las medidas tomadas en campo con la tabla anterior, el caudal circulante en el momento del muestreo y los caudales medios mensuales, la franqueabilidad del paso se deberá clasificar en las siguientes cuatro categorías:

- *Franqueable en cualquier condición de caudal:* los valores medidos en campo, junto con los datos de caudales medios mensuales disponibles, hacen que sea previsible que el obstáculo no vaya a suponer ningún problema al paso en ascenso en cualquier mes de un año medio.
- *Franqueable en las condiciones de caudal en época de migración:* a la vista de los valores medidos en campo, junto con los datos de caudales medios mensuales disponibles, hacen que sea previsible que el obstáculo sea franqueable en la época habitual de migración de las especies del grupo. Es previsible que en un año medio, en condiciones de caudales altos y/o bajos no sea franqueable.
- *Franqueable únicamente en alguna condición de caudal:* a la vista de los valores medidos en campo, junto con los datos de caudales medios mensuales disponibles, hacen que sea previsible que el obstáculo sea únicamente franqueable en algún mes del año, que puede o no coincidir con la época de migración. Es previsible que en un año medio, lo habitual es que sea no franqueable, salvo en determinadas ocasiones.
- *No franqueable en cualquier condición de caudal:* no es previsible que el obstáculo sea franqueable independientemente del caudal que circule por el cauce.

A continuación se asignará a cada uno de los tres grupos iniciales su índice de franqueabilidad en ascenso inicial.

| INDICE DE FRANQUEABILIDAD INICIAL EN ASCENSO DEL OBSTÁCULO | | | | |
|---|-------------------|----------------|----------------|--------------------|
| Franqueabilidad del obstáculo | Puntuación | | | |
| | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4 (*) |
| Franqueable en cualquier condición de caudal | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Franqueable en las condiciones de caudal en época de migración | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Franqueable únicamente en alguna condición de caudal | 4 | 4 | 4 | 4 |
| No franqueable en cualquier condición de caudal | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 16.-Índice de Franqueabilidad inicial en función caudal circulante.

Los tres primeros grupos se evaluarán siempre, mientras que el grupo 4, solo en los casos que sean tramos de cauce donde la anguila tenga especial relevancia. En el caso del grupo 4, en el caso de que el obstáculo se pueda franquear por las márgenes, tomará también el valor de 4.

3.3.2.2.- Corrección del índice de franqueabilidad inicial a partir de las características específicas del obstáculo.

A continuación se procederá a calcular una corrección del índice calculado anteriormente en función de las características de las condiciones de paso del obstáculo en estudio.

Estas condiciones a valorar para para la migración en ascenso sobre el obstáculo (no sobre la posible estructura específica de ascenso existente) son:

- *Acceso al obstáculo,* es decir, si el pez puede llegar con facilidad a la zona de paso o si esta se puede quedar en seco o con caudales circulantes que dificulten la natación.

- *Paso en obstáculos entubados*: se considerará como una dificultad añadida al paso de los peces aquellos obstáculos entubados con una longitud superior a los 10 m.
- *Efecto llamada*, es decir, si el pez puede o no identificar el paso del obstáculo de manera inequívoca por el caudal circulante.
- *Turbulencias*: presencia de turbulencias importantes que dificulten a los peces encontrar el paso o superarlo.
- *Rugosidad de paramento*: si la superficie del paso en los pasos sobre paramento es rugosa, facilitando que los peces que reptan sobre el paso puedan encontrar apoyos.
- *Descansaderos*: existencia de cambios en la pendiente u obstáculos que actúen como zonas de descanso durante el ascenso.

La posibilidad de acceso, llamada y presencia de turbulencias se referirán a la zona más favorable para el paso. Como se ha comentado con anterioridad, estas condiciones se estudiarán sobre el obstáculo existente, no sobre las posibles estructuras de ascenso o escalas existentes. En relación con las estructuras de ascenso o escalas, si existen, se caracterizarán conforme a lo establecido en el apartado siguiente.

A partir de estas condiciones existentes, se procederá a corregir el índice de franqueabilidad anteriormente calculado, salvo que el obstáculo sea infranqueable independientemente del caudal, con los siguientes coeficientes:

| CORRECCIONES AL ÍNDICE DE FRANQUEABILIDAD INICIAL EN ASCENSO | | | | |
|--|---|----------------|----------------|----------------|
| Características de las condiciones de paso | Corrección a la puntuación inicial | | | |
| | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4 |
| Dificultad de acceso a pie de barrera | -1 | -1 | -1 | -1 |
| Dificultad de paso en obstáculos entubados | -1 | -1 | -1 | -1 |
| Ausencia de llamada en la zona de posible franqueo | -1 | -1 | -1 | -1 |
| Presencia de turbulencias importantes | -1 | -1 | -1 | -1 |
| Superficie rugosa o irregular (pendientes inferiores a 45%) | +1 | +1 | +1 | +1 |
| Presencia de descansaderos, cambios de pendiente u obstáculos formando descansos | +1 | +1 | +1 | +1 |

Tabla 17.-Correcciones al Índice de Franqueabilidad inicial en función de las características del paso.

En el caso de que el valor tras la corrección fuese superior a 10 se asumirá como 10. Igualmente sucederá en el caso de que sea menor de 0.

El valor global del índice de franqueabilidad inicial en ascenso del obstáculo será la media de los valores de los tres grupos de peces considerados, o de los cuatro, en el caso de que se tenga en cuenta el grupo 4.

3.3.2.3.- Estudio de la funcionalidad en ascenso de los dispositivos de paso existentes en el obstáculo

En aquellos casos en los que existan estructuras artificiales para la permeabilización de los obstáculos transversales, tales como escalas (ralentizadores o estanques sucesivos), rampas, canales laterales, cauces artificiales, pre-presas, etc. se procederá a la caracterización de su funcionalidad y su estado de conservación.

Durante el trabajo de campo, será necesario incluir en las observaciones una descripción detallada del sistema de paso y cualquier información que se considere relevante.

Los criterios de valoración de la funcionalidad de los sistemas de paso son los siguientes:

- Accesibilidad a la estructura de remonte: el paso debe ser practicable tanto en su entrada como en su salida en la transición del río a la entrada y salida de la estructura. Se valorará la accesibilidad física de los peces a la estructura de remonte, independientemente del caudal circulante, de manera que no existan obstáculos (sedimentos, restos de madera y arrastres, etc.) que dificulten la entrada a la escala o cauce artificial desde el río. La entrada al paso no debe estar descolgada del cauce, especialmente en escalas y ralentizadores.
- Debe existir un efecto llamada a pie de la estructura de remonte que facilite la concentración de las especies piscícolas en el punto adecuado para la toma o remonte por dicha estructura o escala, de forma que exista un caudal de llamada claro, manteniendo las velocidades adecuadas en la entrada, especialmente en el caso de las escalas.
- Existencia o ausencia de poza de remonte que facilite el acceso de las especies piscícolas a la estructura. Deberá valorarse la existencia o no de dicha poza en el momento de la visita a campo, teniendo en cuenta la época de migración de las especies piscícolas principales.
- Los estanques, en el caso de las escalas, o las pozas de descanso, en las rampas de escollera, deben tener un tamaño adecuado (longitud mínima: longitud del pez x 3, anchura mínima: longitud del pez x 2).
- Deberá analizarse la potencia hidráulica del flujo de agua en la transición río-escala o cauce artificial.
- Se valorarán las condiciones hidráulicas en dicho punto con el objetivo de establecer si hacen posible o no el remonte de las especies piscícolas.
- Continuidad del flujo hidráulico en la estructura de remonte: se procederá a la revisión del funcionamiento hidráulico dentro de la estructura de remonte visionando la continuidad del flujo en todo su recorrido, la presencia de turbulencias o flujos rápidos y apuntando las posibles incidencias/deficiencias que pudieran dificultar o impedir el remonte de los peces.
- Presencia de obstáculos en la escala o cauce artificial que dificulten o impidan la migración a través de estos (presencia de maderas o sedimentos, discontinuidades por mal estado de la escala, etc.).
- Accesibilidad en la salida de la estructura de remonte: transición estructura-río. Se revisará el funcionamiento de la escala en el punto de salida de la misma, aguas arriba, observándose su buena transición en lo relativo a velocidades, calados y posibles obstrucciones en la citada estructura.

De la observación de estas variables dependerá el funcionamiento real de las estructuras de remonte, de manera que la sola presencia de las mismas no asegura la permeabilidad de los obstáculos transversales sobre los que se construyeron.

A partir de ese análisis se establecerá el Índice de franqueabilidad del dispositivo obtenido para cada uno de los grupos de peces establecidos, de acuerdo con la siguiente tabla.

| INDICE DE FRANQUEABILIDAD EN ASCENSO DEL DISPOSITIVO DE PASO | | | | |
|--|-------------------|----------------|----------------|-----------------|
| Franqueabilidad previsible del dispositivo de paso | Puntuación | | | |
| | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4* |
| En general es franqueable en cualquier condición de caudal | 10 | 10 | 10 | 10 |
| En general es franqueable en las condiciones de caudal en época de migración | 8 | 8 | 8 | 8 |
| En general es franqueable únicamente en alguna condición de caudal | 4 | 4 | 4 | 4 |
| No permite el paso por falta de mantenimiento | 2 | 2 | 2 | 2 |
| No permite el paso por el diseño del paso | 0 | 0 | 0 | 0 |
| No existe dispositivo | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 18.-Índice de Franqueabilidad del dispositivo de paso del obstáculo. *El grupo 4 solo se aplicará en los cauces de especial relevancia para la anguila.

3.3.2.4.- Determinación del índice de franqueabilidad final del obstáculo en ascenso

Una vez determinada la franqueabilidad del obstáculo en sí, y del dispositivo de paso de fauna si existe, se procederá a asignar un Índice de franqueabilidad final al obstáculo.

En este caso, el valor de franqueabilidad del obstáculo será el máximo de los dos valores anteriormente calculados. Por ejemplo, un obstáculo infranqueable pero que tuviese un dispositivo de paso que permitiese en cualquier condición de caudal el paso de la fauna piscícola tendría un índice de franqueabilidad de 10.

En determinados casos, sobre todo en las rampas, es difícil distinguir entre obstáculo y el paso de la fauna piscícola. En estos casos, se considerará el paso como parte del obstáculo y se valorará conforme a los dos primeros puntos.

Por último, el valor global del índice de franqueabilidad en ascenso del obstáculo será la media de los valores de los tres grupos de peces considerados, o la media de los valores de los cuatro, en el caso de que se tenga en cuenta el grupo 4.

Valores próximos a 10 del índice de franqueabilidad final en ascenso significan que el obstáculo es franqueable para la mayor parte de los peces en la mayor parte del año. Valores próximos a cero significan que el obstáculo es infranqueable para la mayor parte de los peces en cualquier época del año.

3.3.3.- ESTUDIO DEL EFECTO BARRERA DEL OBSTÁCULO EN DESCENSO

Los movimientos en descenso de la fauna piscícola son esenciales para cumplir con los ciclos biológicos y con el intercambio genético de las distintas especies.

Conviene distinguir los distintos movimientos en descenso que de forma general realizan todas las especies piscícolas presentes de la Península Ibérica. Estos son:

- *Movimientos post reproductivos*: se trata de los movimientos de bajada que realizan las especies anádromas (salmón, reo, lamprea, sáballo, saboga, esturión) y potamodromas (trucha común, ciprínidos en general, etc.) una vez finalizada la freza o puesta aguas arriba, a excepción de las especies catádromas, como la anguila, cuyos movimientos en descenso responden a su ciclo reproductivo marino. Estos movimientos en descenso se realizan de

manera paulatina y suelen durar entre tres y cuatro meses en función de la especie y las condiciones de caudal.

- *Movimientos por las condiciones de caudal:* se trata de movimientos en descenso motivados por las condiciones extraordinarias del caudal, es decir, por las avenidas o crecidas del río, o bien por los estiajes muy marcados. Este tipo de movimientos se producen de manera rápida, como consecuencia de estos caudales extraordinarios o la ausencia de caudales mínimos de supervivencia, y se encuentran ligados a las condiciones hidrológicas naturales y de regulación impuestas en cada cauce. Afectan a muchas especies de la Península Ibérica como consecuencia del régimen hidrológico de nuestros ríos, principalmente en la vertiente mediterránea, donde se suceden épocas muy marcadas de lluvias que dan lugar a grandes caudales y estiajes prolongados. Afectan de manera diferente a las distintas clases de edad dentro de una misma especie, siendo más sensibles a las condiciones de caudal el alevinaje (0+) y los individuos de clase de edad joven (1+), ya que ofrecen menos resistencia a los elevados caudales. Por el contrario, las clases de edad adulto son más sensibles a los caudales de estiaje, desplazándose en mayor medida en descenso por la falta de un caudal mínimo de supervivencia.
- *Movimientos habituales propios de la especie:* se trata de los movimientos en descenso propios de la biología de cada especie piscícola como consecuencia de la necesidad de búsqueda de alimento o refugio dentro de la masa de agua. Responden a la biología de la especie a lo largo del año y dependen de factores climatológicos y ecológicos, tales como la temperatura del agua, exposición solar, caudal circulante, disponibilidad de alimento, etc. Afectan a todo el conjunto de especies piscícolas, incluidas las anfíromas o especies que se mueven entre el medio fluvial y marino sin fines reproductivos.

El mecanismo del estudio del efecto barrera en descenso es similar al del ascenso, con las particularidades de las características propias del descenso. En descenso se prestará atención a:

- *Formación de embalse:* si el obstáculo forma embalse aguas arriba del mismo.
- *Presencia o ausencia de canal de derivación:* si existe canal de derivación.
- *Presencia o ausencia de rejillas:* si existen estructuras, como rejillas u otros dispositivos, que impidan la entrada de los peces en el canal de derivación.
- *Presencia de obstáculos:* si para superar el obstáculo los peces se ven forzados a pasar por turbinas, molinos o a caídas superiores a 10 m de altura.
- *Presencia de estructuras de paso o escalas:* si existen estructuras que faciliten la migración en descenso (escalas, canales artificiales, rampas etc.).

Además se incluirá una breve descripción del azud, si está en uso o abandonado, y, si es posible, una fotografía desde aguas abajo.

Estas características de los obstáculos transversales al cauce determinarán el efecto de barrera de las especies piscícolas durante los movimientos migratorios propios de cada especie.

3.3.3.1.- Cálculo del índice de franqueabilidad inicial en descenso.

Igual que para el ascenso, para determinar el índice de franqueabilidad inicial en descenso de cada obstáculo inventariado será necesario comprobar, en una primera fase, y para cada grupo de peces indicado anteriormente, si algún valor de los parámetros medidos en campo en el momento del muestreo supera o no los *valores limitantes* indicados en la siguiente tabla.

| EFFECTO DE BARRERA EN DESCENSO: VALORES LIMITANTES POR GRUPO DE ESPECIES PISCÍCOLAS | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| Valores limitantes (en m) | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4* |
| <i>Salto verticales</i> | | | | |
| Altura del salto (h), en m | ≤3 | ≤2 | ≤2 | ≤3 |
| Profundidad de la poza a pie del azud (P), en m | ≥0,5 | ≥0,5 | ≥0,5 | ≥0,5 |
| Altura de la lámina de agua en coronación (a), en m | ≥0,1 | ≥0,05 | ≥0,05 | ≥0,01 |
| <i>Pasos entubados</i> | | | | |
| Altura de la lámina en el paso (a), en m | ≥0,1 | ≥0,05 | ≥0,05 | ≥0,01 |
| <i>Pasos sobre el paramento</i> | | | | |
| Calado sobre el paramento (a), en m | ≥0,1 | ≥0,05 | ≥0,05 | ≥0,01 |
| Profundidad de la poza a pie del azud (P), en m | ≥0,2 | ≥0,2 | ≥0,1 | ≥0,1 |

Tabla 19.-Valores limitantes efecto barrera en descenso por grupo de especies piscícolas. *El grupo 4 solo se aplicará en los cauces de especial relevancia para la anguila.

En caso de obstáculos mixtos se cogerán las variables que correspondan a cada caso concreto, habitualmente la altura máxima del salto y el calado mínimo sobre el paramento o tubo.

Comparando las medidas tomadas en campo con la tabla anterior, el caudal circulante en el momento del muestreo y los caudales medios mensuales, la franqueabilidad del paso se deberá clasificar en las siguientes cuatro categorías:

- *Franqueable en cualquier condición de caudal:* los valores medidos en campo, junto con los datos de caudales medios mensuales disponibles, hacen que sea previsible que el obstáculo no vaya a suponer ningún problema al paso en descenso en cualquier mes de un año medio.
- *Franqueable en las condiciones de caudal en época de migración:* a la vista de los valores medidos en campo, junto con los datos de caudales medios mensuales disponibles, hacen que sea previsible que el obstáculo sea franqueable en descenso en la época habitual de migración de las especies del grupo. Es previsible que en un año medio, en condiciones de caudales altos y/o bajos no sea franqueable.
- *Franqueable únicamente en alguna condición de caudal:* a la vista de los valores medidos en campo, junto con los datos de caudales medios mensuales disponibles, hacen que sea previsible que el obstáculo sea únicamente franqueable en algún mes del año, que puede o no coincidir con la época de migración. Es previsible que en un año medio, lo habitual es que sea no franqueable, salvo en determinadas ocasiones.
- *No franqueable en cualquier condición de caudal:* no es previsible que el obstáculo sea franqueable independientemente del caudal que circule por el cauce.

A continuación se asignará a cada uno de los tres grupos iniciales su índice de franqueabilidad en descenso inicial.

| INDICE DE FRANQUEABILIDAD INICIAL EN DESCENSO DEL OBSTÁCULO | | | | |
|--|-------------------|----------------|----------------|-----------------|
| Franqueabilidad del obstáculo | Puntuación | | | |
| | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4* |
| Franqueable en cualquier condición de caudal | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Franqueable en las condiciones de caudal en época de migración | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Franqueable únicamente en alguna condición de caudal | 4 | 4 | 4 | 4 |
| No franqueable en cualquier condición de caudal | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 20-Índice de Franqueabilidad inicial en descenso en función caudal circulante. *El grupo 4 solo se aplicará en los cauces de especial relevancia para la anguila.

Los tres primeros grupos se evaluarán siempre, mientras que el grupo 4, solo en los casos que sean tramos de cauce donde la anguila tenga especial relevancia. Igualmente, para el grupo 4, si la migración en descenso se pudiese realizar por los márgenes se tomará el valor de 4.

3.3.3.2.- Corrección del índice de franqueabilidad inicial en descenso a partir de las características específicas del obstáculo.

A continuación se procederá a calcular una corrección del índice calculado anteriormente en función de las características de las condiciones de paso.

Es importante considerar en descenso, para cada uno de los obstáculos en estudio, la presencia de tomas o canales de derivación para aprovechamiento de las aguas para riego, molinos, centrales hidroeléctricas, etc. En concreto, se deberá valorar la presencia o ausencia de rejillas a la entrada de los mismos que impidan la entrada de las especies piscícolas presentes. Además se deberá valorar la luz de la rejilla en lo referente tanto al paso de las distintas especies, por su tamaño, como al paso para una misma especie en función de su clase de edad. Como criterio orientativo se considerarán los siguientes umbrales de paso en las rejillas en función de la luz o espacio entre rejillas:

- Luz inferior a los 5 cm: impide el paso a todas las especies e individuos por clases de edad de los grupos 1, 2, 3 y 4.
- Luz superior a los 5 cm permite el paso en descenso a todas las especies y clases de edad del grupo 3, así como el paso de individuos alevines y juveniles del resto de grupos de peces (grupos 1, 2 y 4).
- Luces superiores a los 10 cm permiten el paso a todas las especies y clases de edad de los grupos 1, 2, 3 y 4, salvo grandes reproductores.
- Luces superiores a los 20 cm permiten el paso de todas las especies y clases de edad de todos los grupos de peces.

En descenso se deberá prestar atención a:

- *Formación de embalse y dificultad de ubicación de la zona de descenso:* si el obstáculo forma embalse aguas arriba del mismo dificultará la identificación de la zona de descenso, contribuyendo a dificultar el descenso de los peces.
- *Paso en obstáculos entubados:* se considerará como una dificultad añadida al paso de los peces aquellos obstáculos entubados con una longitud superior a los 10 m.

- **Presencia de toma o canal de derivación:** si existe canal de derivación o toma de agua, éste provocará un efecto llamada que producirá la confusión de la fauna piscícola. En estas situaciones se deberán tener en cuenta las siguientes situaciones:
 - **Presencia de toma o canal de derivación con rejillas en el entorno del obstáculo:** si el obstáculo dispone de tomas (que pueden producir flujo de caudal que produzca la confusión de la fauna piscícola) con rejilla u otros dispositivos que impidan la entrada de los peces en el canal de derivación, previo a la entrada a molinos, turbinas, tomas de riego, saltos mayores de 10m, etc.
 - **Presencia de toma o canal de derivación sin rejillas en el entorno del obstáculo:** si el obstáculo dispone de tomas (que pueden producir flujo de caudal que produzcan la confusión de la fauna piscícola) sin rejillas u otros dispositivos que impidan la entrada de los peces en el canal de derivación, previo a la entrada a molinos, turbinas, tomas de riego, saltos mayores de 10m, etc.

Como se ha comentado con anterioridad, estas condiciones se estudiarán sobre el obstáculo existente, no sobre las posibles estructuras de paso o escalas, cuya caracterización se realizará conforme a lo establecido en el apartado siguiente.

A partir de estas condiciones existentes, se procederá a corregir el índice de franqueabilidad anteriormente calculado, salvo que el obstáculo sea infranqueable independientemente del caudal, con los siguientes coeficientes:

| CORRECCIONES AL ÍNDICE DE FRANQUEABILIDAD INICIAL EN DESCENSO | | | | |
|---|---|----------------|----------------|-----------------|
| Características de las condiciones de paso | Corrección a la puntuación inicial | | | |
| | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4* |
| Formación de embalse o dificultad de identificación del paso (ausencia de un gradiente claro de velocidad en la zona embalsada) | -2 | -2 | -2 | -2 |
| Dificultad de paso en obstáculos entubados | -1 | -1 | -1 | -1 |
| Presencia de canal de derivación con rejillas previa a entrada a molino, turbina, toma de riego, saltos mayores de 10m...(Considerando los umbrales de luz de paso para cada grupo) | -1 | -1 | -1 | -1 |
| Presencia de canal de derivación sin rejillas previa a entrada a molino, turbina, toma de riego, saltos mayores de 10m... | -2 | -2 | -2 | -2 |

Tabla 21.-Correcciones al Índice de franqueabilidad en descenso inicial en función de las características del paso. *El grupo 4 solo se aplicará en los cauces de especial relevancia para la anguila.

En el caso de que el valor tras la corrección fuese superior a 10 se asumirá como 10. Igualmente sucederá en el caso de que sea menor de 0.

El valor global del índice de franqueabilidad inicial en descenso del obstáculo será la media de los valores de los tres grupos de peces considerados, o de los cuatro, en el caso de que se tenga en cuenta el grupo 4

3.3.3.3.- Estudio de la funcionalidad en descenso de los dispositivos de paso existentes en el obstáculo.

Para los dispositivos de paso de peces evaluados ya en ascenso, se procederá igualmente a la caracterización de su funcionalidad en descenso.

Conviene destacar la escasa funcionalidad que tienen en descenso muchos de los dispositivos o escalas existentes en los ríos, principalmente las escalas de arquetas y los ralentizadores, cuyo diseño hidráulico dificulta el movimiento en descenso. Esto se debe a la forma en que se suelen producir dichos movimientos, de manera paulatina y aprovechando caudales medios y bajos. Sin embargo, dentro de estas escalas se encuentran a veces con flujos turbulentos y/o velocidades elevadas que dificultan en gran medida el descenso de los peces.

Teniendo esto en cuenta, los criterios a considerar en cuanto a la valoración de la funcionalidad en descenso de los sistemas de paso son los siguientes:

- Accesibilidad a la estructura: el paso debe ser practicable tanto en su entrada como en su salida en la transición del río a la entrada y salida de la estructura. Se valorará la accesibilidad física de los peces a la estructura, independientemente del caudal circulante, de manera que no existan obstáculos (sedimentos, restos de madera y arrastres, etc.) que dificulten la entrada a la escala o cauce artificial desde el río.
- Debe existir un efecto llamada que permita la concentración de las especies piscícolas en el punto adecuado para el descenso por dicha estructura.
- En general, debido a su diseño, se considera que no permiten el descenso de los peces las escalas de ralentizadores.
- Presencia de obstáculos en la escala o cauce artificial que dificulten o impidan la migración a través de estos (presencia de maderas o sedimentos, discontinuidades por mal estado de la escala, etc.).

De la observación de estas variables dependerá el funcionamiento real de las estructuras en descenso, de manera que la sola presencia de las mismas no asegura la permeabilidad de los obstáculos transversales sobre los que se construyeron.

A partir de ese análisis se establecerá el *Índice de franqueabilidad del dispositivo* en descenso obtenido para cada uno de los grupos de peces establecidos, de acuerdo con la siguiente tabla.

| INDICE DE FRANQUEABILIDAD EN DESCENSO DEL DISPOSITIVO DE PASO | | | | |
|---|-------------------|----------------|----------------|-----------------|
| Franqueabilidad previsible del dispositivo de paso | Puntuación | | | |
| | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4* |
| En general permite el descenso en cualquier condición de caudal | 10 | 10 | 10 | 10 |
| En general permite el descenso en las condiciones de caudal en época de migración | 8 | 8 | 8 | 8 |
| En general permite el descenso únicamente en alguna condición de caudal | 4 | 4 | 4 | 4 |
| No permite el descenso por falta de mantenimiento | 2 | 2 | 2 | 2 |
| No permite el descenso por el diseño del paso | 0 | 0 | 0 | 0 |
| No existe dispositivo | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 22-Índice de franqueabilidad en descenso del dispositivo de paso del obstáculo. * El grupo 4 solo se aplicará en los cauces de especial relevancia para la anguila.

3.3.3.4.- Determinación del índice de franqueabilidad final del obstáculo en descenso.

Una vez determinada la franqueabilidad en descenso del obstáculo en sí, y del dispositivo de paso si existe, se procederá a asignar un índice de franqueabilidad final al obstáculo en descenso.

En este caso, el valor de franqueabilidad del obstáculo en descenso será el máximo de los dos valores anteriormente calculados. Por ejemplo, un obstáculo podría ser franqueable en descenso por el paramento aguas abajo, y no por una escala de ralentizadores, tendría un índice de franqueabilidad en descenso de 10.

En determinados casos, sobre todo en las rampas, es difícil distinguir entre obstáculo y el paso de la fauna piscícola. En estos casos, se considerará el paso como parte del obstáculo y se valorará conforme a los dos primeros puntos.

Por último, el valor de global del índice de franqueabilidad en descenso del obstáculo será la media de los valores de los tres grupos de peces considerados, o la media de los valores de los cuatro, en el caso de que se tenga en cuenta el grupo 4.

Valores próximos a 10 del índice de franqueabilidad final en descenso significan que por él pueden descender la mayor parte de los peces en la mayor parte del año. Valores próximos a cero significan que el obstáculo es una barrera para el descenso de los peces en cualquier época del año.

3.3.4.- EFECTO BARRERA COMBINADO DEL OBSTÁCULO EN ASCENSO Y DESCENSO.

Una vez caracterizado cada obstáculo en ascenso y descenso, el índice de franqueabilidad global se calculará a través de la combinación de los índices de franqueabilidad calculados con anterioridad.

Si bien la importancia del ascenso y descenso de la fauna piscícola puede ser la misma, se ha considerado, para la aplicación de este protocolo, distintos pesos en función del grupo piscícola, de su carácter migrador y de la necesidad de realizar desplazamientos, según se expone en la tabla siguiente.

Es importante considerar que en las especies cuyo ciclo reproductivo concluye en la cabecera de los ríos (especies catádrovas y potádrovas), es más importante el ascenso que el descenso. Lo contrario sucede en las especies catádrovas (como la anguila), cuyo ciclo reproductivo finaliza en el mar.

| PESOS PARA LA COMBINACIÓN DE LA IMPORTANCIA DEL ASCENSO Y DESCENSO | | | | |
|---|-------------------|----------------|----------------|-----------------|
| Relación entre la importancia del ascenso y descenso | Puntuación | | | |
| | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4* |
| Migración en ascenso | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Migración en descenso | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |

Tabla 23.-Pesos para la ponderación entre el índice de franqueabilidad en ascenso y descenso. *El grupo 4 solo se aplicará en los cauces de especial relevancia para la anguila.

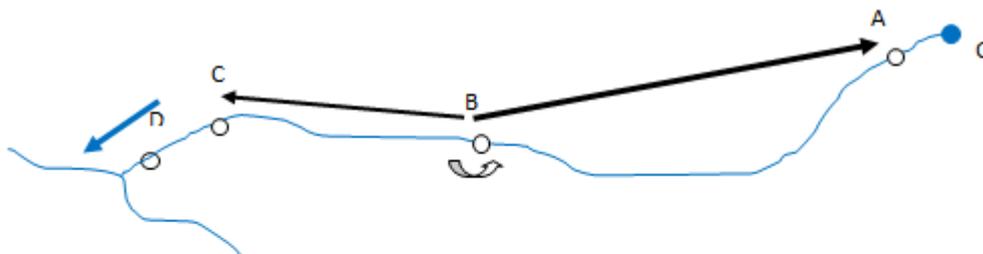
El valor final de índice de franqueabilidad global del obstáculo para cada grupo será la suma de cada índice de franqueabilidad en ascenso y descenso multiplicado por su correspondiente peso. El valor final del índice para el obstáculo, será la media de los valores finales de cada grupo.

3.3.5.- DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE LA MASA DE AGUA POTENCIALMENTE CONECTADA CON LA PERMEABILIZACIÓN DEL OBSTÁCULO.

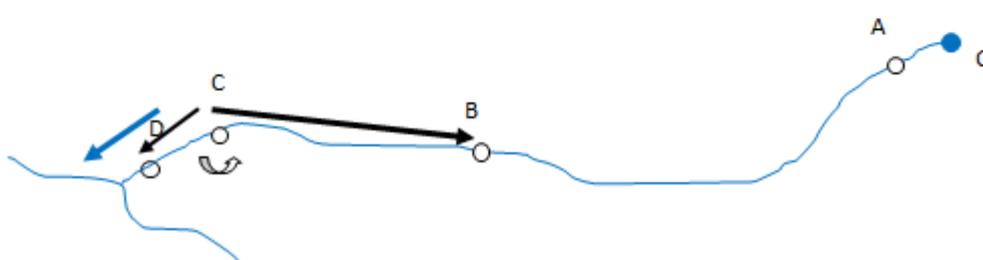
Finalmente, con el fin de priorizar posibles actuaciones, para aquellos obstáculos que no tengan un índice de franqueabilidad global de 10, se procederá a la determinación de la longitud de la masa de agua susceptible de ser conectada con la mejora de la franqueabilidad del azud, a través de la mejora o creación de nuevas escalas de peces, reducción de la cota o altura de coronación, eliminación o demolición del obstáculo, etc.

Para ello se sumarán los tramos conectados según los criterios siguientes, suponiendo una masa de agua con cuatro obstáculos (A, B, C y D):

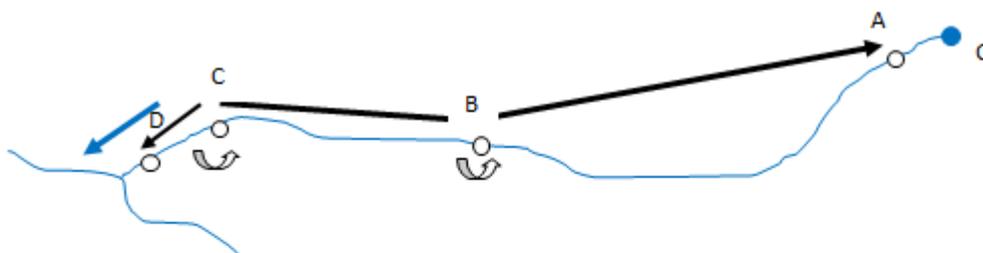
Caso 1. Eliminación o permeabilización del obstáculo B. Longitud permeabilizada en ascenso= B-A, longitud permeabilizada en descenso= C-B, longitud permeabilizada total= C-A



Caso 2. Eliminación o permeabilización del obstáculo C. Longitud permeabilizada en ascenso= C-B, longitud permeabilizada en descenso= D-C, longitud permeabilizada total= D-B



Caso 3. Eliminación o permeabilización de los obstáculos B y C. Longitud permeabilizada total= D-A



Caso 4. Eliminación o permeabilización del obstáculo A. Longitud permeabilizada en ascenso= A-O, longitud permeabilizada en descenso= B-A, longitud permeabilizada total= B-O

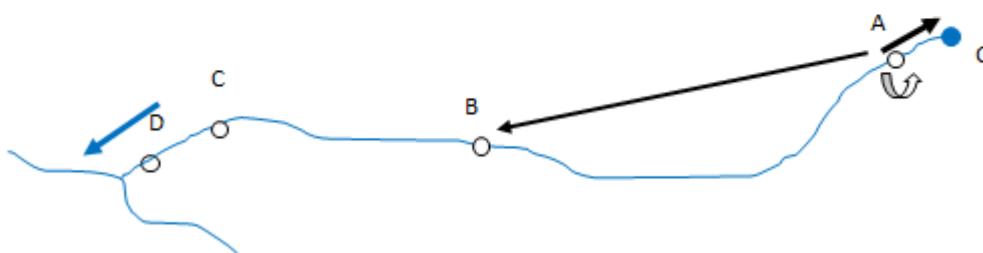


Figura 12. Segmento de masa de agua susceptible de ser reconectada según la posición del obstáculo.

Por lo tanto, se deben medir los km de río desde el obstáculo eliminado o permeabilizado hasta el siguiente obstáculo existente aguas arriba, o hasta el nacimiento si no existiese ningún otro obstáculo, para determinar la longitud permeabilizada en ascenso.

También se deben medir los km de río desde el obstáculo eliminado o permeabilizado hasta el siguiente obstáculo existente aguas abajo para determinar la longitud permeabilizada en descenso. Finalmente la suma de ambas longitudes dará la permeabilización total del obstáculo. Se medirá siempre sobre la corriente principal, sin considerar los afluentes.

3.4.- ÍNDICE DE COMPARTIMENTACIÓN DE LA MASA DE AGUA (IC)

Para analizar el grado de compartimentación o fragmentación de un curso fluvial, una cuenca o, en este protocolo, sobre una masa de agua, se calcula el denominado *Índice de compartimentación (IC)*.

Este índice relaciona el *Índice de efecto de franqueabilidad global medio* de las barreras ($\sum IF/N$) del tramo analizado con la distancia media entre obstáculos (L_T/N). A mayor valor del índice mayor grado de compartimentación.

$$IC = \frac{\frac{\sum(10 - IF)}{N}}{\frac{L_T}{N}} = \frac{\sum(10 - IF)}{L_T}$$

L_T = Longitud de la masa de agua considerada (km)
 N = Número obstáculos transversales existentes
 $\sum IF$ = Suma de los índices de franqueabilidad de los obstáculos existentes.

3.5.- ÍNDICE DE CONTINUIDAD LONGITUDINAL DE LA MASA DE AGUA (ICL)

La continuidad longitudinal la masa de agua vendrá determinada por su fragmentación y el grado de impacto que esta produzca sobre la comunidad de peces existente, por lo que es necesario introducir un nuevo parámetro que evalúe este grado de afectación a través del denominado *Coficiente de prioridad para las especies presentes (ki)*.

Este factor ha sido desarrollado a partir del propuesto por Pini Prato (2007) para ríos italianos, y modificado para que se adapte a las características de la ictiofauna ibérica (Anexo III).

$$ki = N \times (M_{ov} + V_n)^2$$

Dónde:

- N , representa la *Naturalidad* de la especie: prioriza a las especies autóctonas de la cuenca frente a las introducidas y las invasoras.

| NATURALIDAD | |
|--|-----|
| <i>Especies endémicas o autóctonas</i> | 1 |
| <i>Especies introducidas</i> | 0.5 |
| <i>Especies invasoras</i> | 0 |

Tabla 24.-Valores de la naturalidad en función del origen de la especie

- M_{ov} , representa la *Movilidad* de la especie: capacidad de realizar migraciones.

| MOVILIDAD | |
|---|---|
| <i>Especies diádromas</i> | 5 |
| <i>Especies con fuertes exigencias migratorias</i> | 4 |
| <i>Especies sin grandes exigencias migratorias</i> | 3 |
| <i>Especies con movimientos migratorios reducidos o sedentarias</i> | 2 |
| <i>Especies euralinas</i> | 1 |

Tabla 25.-Valores de movilidad para las especies

- V_n , representa la *Vulnerabilidad* de la especie: en función de las categorías establecidas en la lista roja de la UICN.

| VULNERABILIDAD | |
|---------------------------------------|------|
| <i>Especies en peligro crítico</i> | 2,00 |
| <i>Especies en peligro</i> | 1,75 |
| <i>Especies vulnerables</i> | 1,50 |
| <i>Especies casi amenazadas</i> | 1,25 |
| <i>Especies en preocupación menor</i> | 1,00 |

Tabla 26.-Valores de vulnerabilidad en función de las categorías establecidas en la lista roja de la UICN

La asignación del valor de k_i para las distintas especies presentes en España es sencilla. En el anexo III se incluye la tabla con los valores de k_i para las especies que actualmente figuran en TAXAGUA.

Por otro lado, para la evaluación de la continuidad piscícola, también podrán ser consideradas aquellas especies incluidas en los planes de recuperación, conservación y gestión de especies, que dependiendo del caso, resulten interesantes.

El índice de continuidad longitudinal (ICL) por tanto, se construye a partir de la siguiente expresión:

$$ICL = IC \times \sum k_i$$

IC= Índice de compartimentación
 $\sum k_i$ = Suma de los coeficientes de prioridad de las especies presentes en la masa de agua.

Valores altos indican ríos en los que es prioritario actuar porque están muy compartimentados o porque contienen especies de alto valor y/o necesidades de movilidad. Valores muy bajos indican que no es prioritario actuar porque no hay obstáculos (o son permeables a las especies) o las especies no necesitan que mejore esta situación (especies con bajas necesidades de movilidad o alóctonas).

3.6.- RÍOS TEMPORALES O EFÍMEROS SIN CAPACIDAD DE ALBERGAR FAUNA PISCÍCOLA Y/O VEGETACIÓN DE RIBERA

En el caso de ríos que no albergan poblaciones piscícolas, el interés sobre la continuidad se centra en la capacidad de movilidad de los sedimentos a lo largo de la masa de agua.

Por ello se tomará como valor de referencia el número de obstáculos no colmatados por kilómetro de tramo hidromorfológico, para caracterizar la continuidad al transporte de sedimento.

Los obstáculos no colmatados tienen la capacidad de almacenar sedimentos cuando cuentan con agua fluyente, a diferencia de los obstáculos colmatados.

4.- CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE

La caracterización de las condiciones morfológicas de una masa de agua se realizará sobre todos los tramos hidromorfológicos en que haya quedado subdividida dicha masa, en su caso, a partir de los trabajos de gabinete y campo.

Es muy frecuente en las masas de agua con grandes longitudes encontrar distintos tramos donde las condiciones morfológicas varían a lo largo de su recorrido, bien por cambios geológicos, hidrológicos o de relieve. Esto da lugar a diferentes formas del cauce y de su llanura de inundación asociada, por lo que es complicado realizar un estudio hidromorfológico en el conjunto de la masa sin proceder previamente a diferenciar entre los citados tramos.

De acuerdo con la DMA las condiciones morfológicas a estudiar se dividen en los siguientes apartados:

- *Variación de la profundidad y anchura del río*, entendido estos aspectos a partir de la caracterización de la morfología fluvial, su geometría en planta y las características de la sección transversal de cauce.
- *Estructura y sustrato del lecho del río*, entendiendo estos aspectos a partir de la caracterización del lecho del río, como elemento esencial para el soporte de la vida en el cauce.
- *Estructura de la zona ribereña*, considerando en este epígrafe la caracterización del bosque de ribera asociado.

En cada uno de los tramos hidromorfológicos se realizará, al menos, un subtramo de muestreo para la caracterización de todos aquellos parámetros en campo que permitan la comprensión de las condiciones morfológicas del cauce.

4.1.- VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA DEL CAUCE

En este epígrafe se analizan las variables que definen la geomorfología del trazado en planta del cauce y la morfología de sus secciones transversales.

Esta fase del trabajo se realiza sobre la totalidad de la masa de agua, en cada uno de los tramos hidromorfológicos en que haya quedado subdividida, a partir de la información disponible en gabinete y de la caracterización realizada en los subtramos de muestreo.

4.1.1.- TIPO DE FONDO DE VALLE

La morfología del valle, y en especial la topografía de su fondo, condiciona los procesos fluviales. Es especialmente destacable la capacidad de desbordamiento o no. Un fondo de valle confinado o encajado limita la inundabilidad, de manera que el incremento de caudal implicará una elevación del nivel y de la velocidad, cubriendo una superficie apenas mayor a la habitual en las orillas. Sin embargo, si el fondo de valle es amplio, con llanura de inundación, se producirá el desbordamiento del cauce menor y con ello la ocupación de una zona más o menos extensa de ese cauce mayor o llanura de inundación, que no es sino una herramienta del río para autorregular su exceso de caudal y reducir su energía hacia aguas abajo.

En este apartado se realiza una caracterización muy general a partir de identificación simple en gabinete de fotografía aérea, que puede apoyarse en cartografía topográfica y geológica (en los mapas geológicos aparecen con mancha de Cuaternario los fondos de valle aluviales extensos).

El fondo de valle se define como

- Confinado cuando es estrecho, delimitado por las laderas y carente de llanura de inundación.
- No confinado, si presenta llanura de inundación. En este caso se pueden presentar dos formas
 - Con llanura de inundación estrecha o discontinua, muchas veces desarrollada solo en una de las orillas del río,
 - Con llanura de inundación amplia.

Es preciso determinar una de estas tres posibilidades para cada tramo y si la masa de agua es compleja se registrará una sucesión de tipos de fondo de valle de arriba a abajo.



Figura 13.-Tipos morfológicos de fondo de valle: (I) valle confinado, (II) valle con llanura estrecha y discontinua y (III) valle con llanura de inundación amplia

4.1.2.- TIPOS MORFOLÓGICOS EN PLANTA

La definición del tipo morfológico en planta se hará para la totalidad de la masa de agua, en base a los diferentes tramos hidromorfológicos de que se compone. Por regla general se identificará sólo un tipo morfológico por tramo y solo en caso de que haya alteraciones localizadas y muy relevantes del tipo morfológico se podrá establecer la distinción de varios tipos morfológicos dentro del mismo tramo hidromorfológico.

La variable de caracterización del tipo morfológico en planta de la masa de agua deberá caracterizarse tanto en la situación actual o alterada como en la situación inicial de “no alteración”. Para ello se partirá de la ortofotografía actual e histórica para analizar el cambio del tipo morfológico debido a las presiones existentes en la masa de agua.

En primer lugar se completarán los tipos naturales o referencia, entendiendo estos como los diseñados por el propio río, a partir de fotos históricas y conceptos y fórmulas teóricas (Apéndice II) basadas en la pendiente y el caudal dominante que puede ser estimado a partir de CAUMAX como

máxima crecida ordinaria. Una fotografía aérea muy útil como referencia es la realizada en los años 1956-57, existente para la totalidad del territorio estatal, que en general muestra un estado anterior al de las grandes transformaciones en las cuencas fluviales, pero a su vez con unas características de erosión, cobertura forestal, régimen de caudales, pastoreo, etc. muy diferentes a las actuales, por lo que debe tomarse con prudencia y no considerarse por defecto como referencia.

Posteriormente se calculará el tipo morfológico actual, a partir de las ortofotos actuales, atendiendo a clasificaciones clásicas en geomorfología fluvial, que combinan básicamente los criterios de sinuosidad y complejidad del cauce.

Los tipos morfológicos en planta actuales pueden ser diferentes a los que registraban hace unas décadas y es probable que esas diferencias estén inducidas por acciones humanas. Por tanto, es necesario comparar el cauce actual con el que había en el pasado, identificando sectores donde ha podido haber cambios de tipo morfológico, por ejemplo un cauce trezado que haya pasado a ser sinuoso.

El índice de sinuosidad ($I_{sinuosidad}$) se calcula sobre la fotografía aérea mediante y se trata del cociente entre la longitud real del eje central del cauce (L_{real}) en el momento de la medición y la longitud más corta existente entre sus puntos de inicio y fin (L_{i-f}).

$$I_{sinuosidad} = \frac{L_{real}}{L_{i-f}}$$

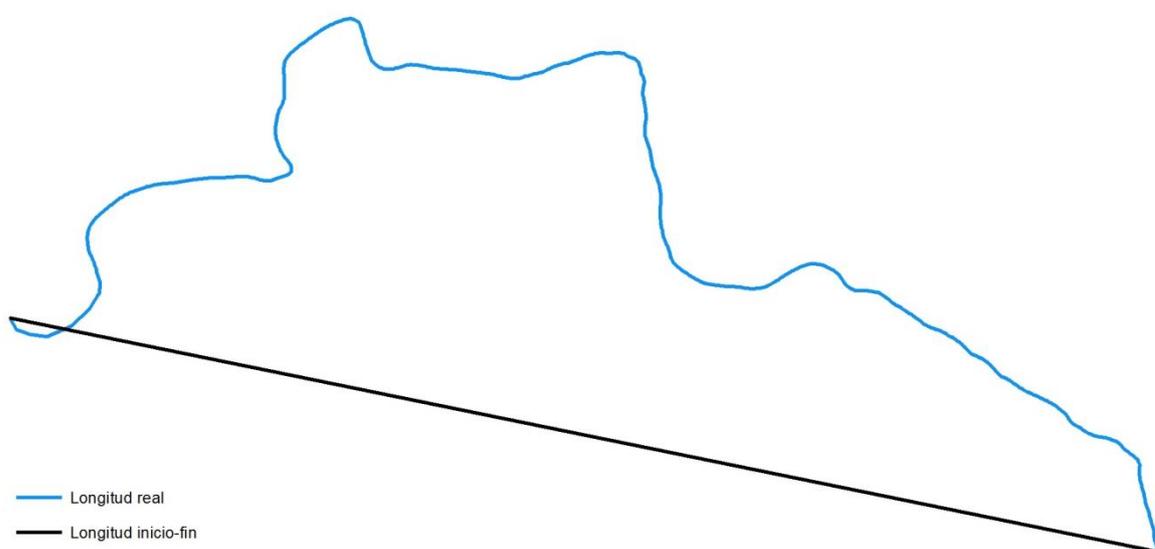


Figura 14.-Cálculo del Índice de sinuosidad

El índice de sinuosidad sirve como referencia para diferenciar los ríos rectos, sinuosos y meandriformes, no siendo de aplicación en el resto de los tipos mencionados:

- *Recto*: cauce único con índice de sinuosidad inferior a 1,1.
- *Sinuoso*: cauce único con índice de sinuosidad entre 1,1 y 1,3.
- *Meandriforme*: cauce único con índice de sinuosidad superior a 1,3.
- *Divagante*: con sinuosidades o meandros pero abundante material grueso en barras y alguna subdivisión del cauce.
- *Trenzado*: de gravas, con división en subcauces móviles que se entrecruzan y que cambian frecuentemente de posición.
- *Anastomosado*: de alta montaña en nuestra latitud, con sinuosidades e islas fijas.
- *Rambla*: con un cauce seco de caracteres próximos al trezado pero característico de zonas áridas.

Los umbrales propuestos pueden modificarse levemente, si se observa la existencia de otros atributos morfológicos que indiquen con claridad la vinculación de la masa o tramo con un determinado tipo morfológico. Como se ha comentado con anterioridad, en la medida de lo posible se tratará la masa de agua como una única tipología, salvo que se aprecien cambios muy importantes que aconseje dividir la masa en tipologías diferentes.

Por último, se calculará el grado de diversidad natural en la masa de agua contabilizando el número de tipos naturales diferentes dentro del tramo con porcentajes significativos. Este parámetro es meramente explicativo y comparativo e informa de la geodiversidad o diversidad geomorfológica de cada masa de agua. Es posible encontrar masas de agua con una gran diversidad o heterogeneidad de tipos morfológicos a lo largo de su trazado. Esta circunstancia puede darse incluso en tramos de menor tamaño en los que se ha podido dividir la masa de agua para su análisis.

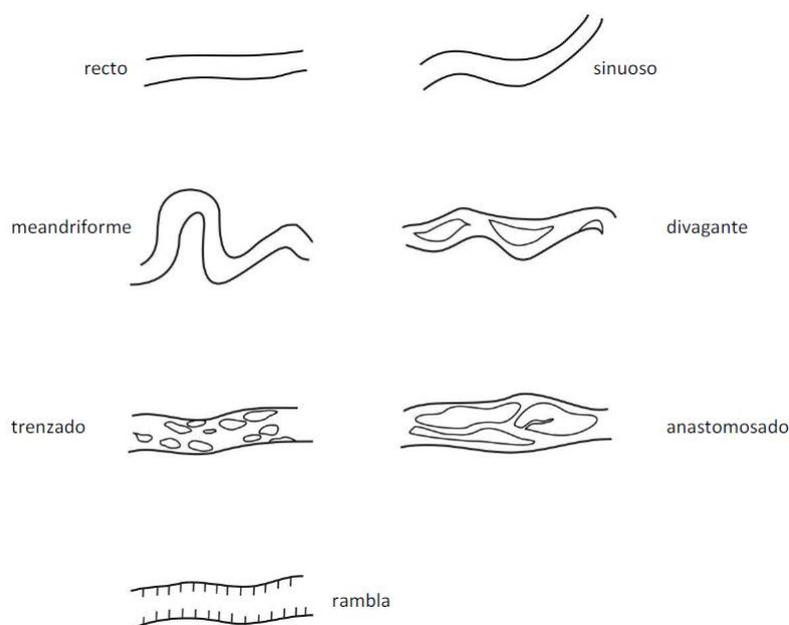


Figura 15.-Tipos morfológicos en planta

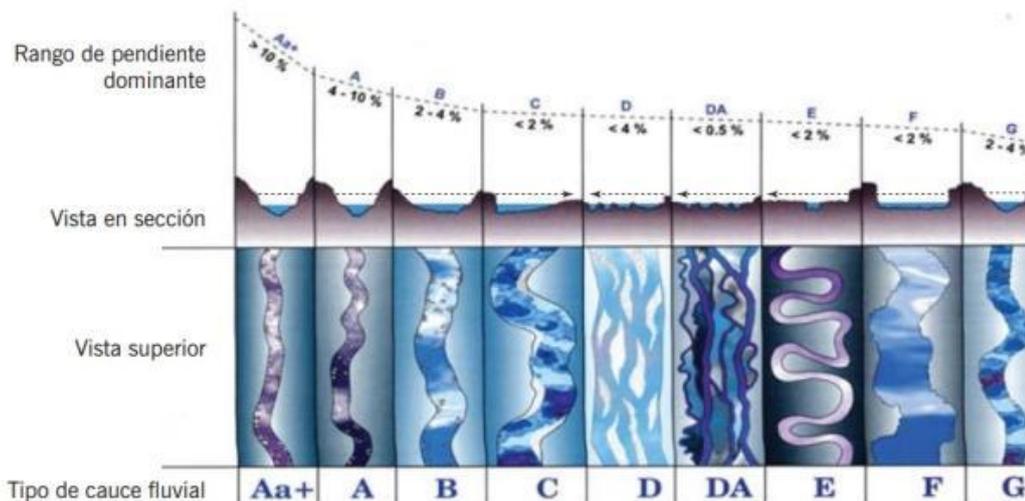


Figura 16.- Tipo morfológicos en planta: (I) recto, (II) sinuoso, (III) meandriforme



Figura 17. Tipo morfológicos en planta de arriba abajo y de izquierda a derecha: divagante, anastomosado, trenzado, rambla

Para la caracterización de los tipos morfológicos en ríos no alterados se utilizará la clasificación de Rosgen (1996) conforme a la siguiente figura:



Nota: Se muestran las vistas longitudinal, en sección y superior.
Fuente: Adaptado de Rosgen (1996).

Figura 18.-Tipos morfológicos en planta para tramos no alterados según Rosgen (1996)

Esta clasificación define los tipos morfológicos en función de la morfología del cauce en planta, la forma de la sección transversal tipo y la pendiente longitudinal del tramo hidromorfológico. Para la determinación de la pendiente longitudinal se considerará la longitud total del tramo en estudio y la diferencia de cota existente entre los puntos aguas arriba y aguas abajo de los mismos. En el caso de cauces ramificados se deberá considerar como representativa la pendiente del cauce principal o en su defecto el de mayor longitud.

Si el tramo morfológico se encuentra afectado por alteraciones importantes no deberá clasificarse según Rosgen ya que esta categoría es para cauces no alterados.

4.1.3.- CARACTERIZACIÓN INICIAL DE LOS CAMBIOS DE TIPO MORFOLÓGICO EN LAS ÚLTIMAS DÉCADAS

Sobre los tramos hidromorfológicos presentes en la masa de agua, tanto en la situación de no alteración o natural como en la actual o modificada se procederá a caracterizar el posible origen de los cambios detectados en los últimos años. Estos cambios morfológicos responden a las distintas presiones existentes sobre las masas de agua y son la consecuencia de las alteraciones hidrológicas y morfológicas de las variables que determinan la dinámica fluvial.

En caso de haber identificado cambios en el tipo morfológico se deberá definir el origen o causa de los mismos como:

- Existencia de regulación aguas arriba: la presencia de embalses modifica los volúmenes de aportación y lamina las avenidas. Esto conlleva procesos de simplificación y estrechamiento de los cauces.
- Cambios de los usos de suelo en la cuenca vertiente: los cambios de los usos del suelo modifican las condiciones de infiltración/escorrentía a partir de las precipitaciones. Esto altera la hidrología superficial y en consecuencia los volúmenes y caudales circulantes por el cauce receptor, lo que origina procesos de simplificación geomorfológica.

- Acciones directas sobre el cauce: cambios antrópicos sobre el trazado, sección transversal o pendiente longitudinal de un cauce (desvíos, canalizaciones, acortamientos, etc.).
- Otras causas: si los cambios observados no responden a ninguna causa fácilmente identificable, ya sea de origen natural o antrópico.

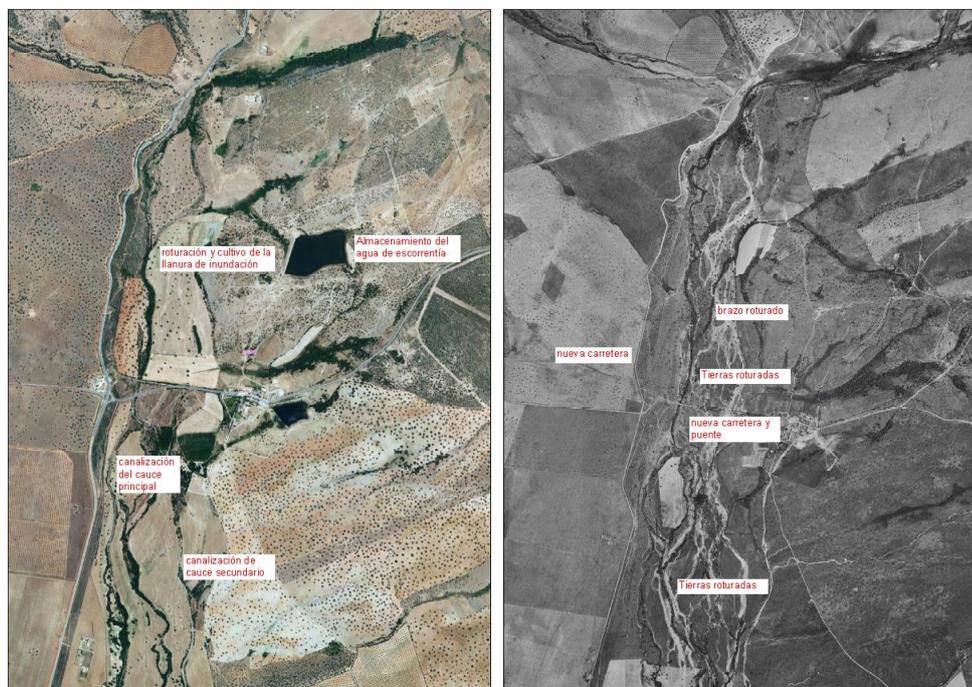


Figura 19.-Análisis de los cambios de la morfología fluvial en una masa de agua

Debido a estas presiones se observan los cambios de tipo morfológico, siendo los más frecuentes:

- De trenzado a divagante, a sinuoso o a meandriforme
- De divagante a meandriforme o a sinuoso
- De meandriforme a sinuoso.



Figura 20.-Ejemplo de cambio de tipo morfológico en planta: divagante a sinuoso.

4.1.4.- IDENTIFICACIÓN DE TRAMOS MODIFICADOS POR ACCIONES DIRECTAS EN EL CAUCE

Una vez definido tipos morfológicos en planta y caracterizados inicialmente, tanto para el trazado en situación de no alteración y en el estado actual del curso fluvial, como se ha estudiado anteriormente, cabe la posibilidad de que existan en la masa de agua tramos con el cauce claramente modificado, debiéndose identificar estos tramos afectados por cualesquiera de las acciones que a continuación se detallan:

- *Desviado*: creación de un cauce nuevo. Se incluyen todas las acciones realizadas sobre el cauce original que suponen un cambio total o parcial de su trazado en planta.
- *Acortado*: cortas artificiales de meandros o actuaciones de reducción de curvatura. Se incluyen todas las acciones realizadas sobre el cauce original que suponen una reducción en la longitud del mismo, siempre que no supongan un desvío o cambio del trazado en planta.
- *Estrechado*: reducción artificial de la anchura del cauce activo, por eliminación de brazos, barras/islas activas, o por el desarrollo de intervenciones con capacidad para reducir la anchura.
- *Canalizado*: obra de encauzamiento que fija totalmente las márgenes. Se incluyen todas las acciones llevadas a cabo sobre el cauce que supongan su canalización mediante la regularización de su trazado, sección transversal o pendiente, con el objetivo de encauzar el río. La canalización puede ser en tierras, sobre el material original del cauce, o bien mediante la aportación de materiales externos (piedra, escollera, hormigón, etc.).
- *Cubierto*: cauce artificialmente enterrado en una longitud superior a los 200 metros, cuyas secciones pueden presentar diferente geometría (circular, abovedada, etc.), que se ubica (en su totalidad o sensiblemente) sobre el trazado del cauce original y al que reemplaza desde el punto de vista de la conducción del flujo líquido y sólido. Está construido a partir de materiales como el hormigón, el acero, el aluminio o el plástico de alta densidad.

Se contabilizará la longitud de tramos modificados en cada uno de los tramos hidromorfológicos de la masa de agua en estudio, calculando el porcentaje alterado en cada tramo hidromorfológico respecto de la longitud del mismo.

4.1.5.- OTRAS ACTUACIONES HUMANAS QUE GENERAN ALTERACIONES EN LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA DEL CAUCE

En este apartado se analizan las actuaciones humanas adicionales a las anteriores, que pueden alterar las condiciones morfológicas de la masa de agua. En general, deben trabajarse en una primera fase en gabinete, (ortofotos actuales e históricas, cartografía, bases de datos, etc.) y solamente las que se circunscriben al cauce deben ser corroboradas posteriormente en campo, en la medida de lo posible.

4.1.5.1.- Grado de ocupación del espacio fluvial por elementos impermeables

Se realizará una aproximación del grado de ocupación del espacio fluvial adyacente al cauce (asimilado en su caso a la llanura de inundación) por elementos impermeables. El tamaño de la llanura de inundación, considerando ésta como la zona inundable de periodo de retorno de 500 años, es, en algunos cauces, de unas dimensiones enormes en zonas sin relación real con el cauce.

Por este motivo, en aquellos ríos en los que exista información cartográfica del dominio público hidráulico (DPH), este espacio fluvial se podrá, o bien estimar a partir de la geomorfología del valle, o bien simplificar su cálculo, tomando como ancho del espacio fluvial el máximo de estos valores:

- la zona de policía asociada (franja de 100 m a cada lado del cauce a partir de la línea que delimita el DPH).
- la zona de flujo preferente definida en la cartografía de zonas inundables disponible en el SNCZI y en las distintas web de los Organismos de cuenca.

En el caso de que en el tramo hidromorfológico no se disponga información sobre la superficie del DPH, se estimará el ancho del cauce activo y a partir de él, se considerará como ancho del espacio fluvial los cien metros (100 m) de zona de policía estimada en cada margen a partir del ancho del cauce activo. Esta anchura se podrá estimar a partir de criterios geomorfológicos, mediante la zona de flujo preferente.

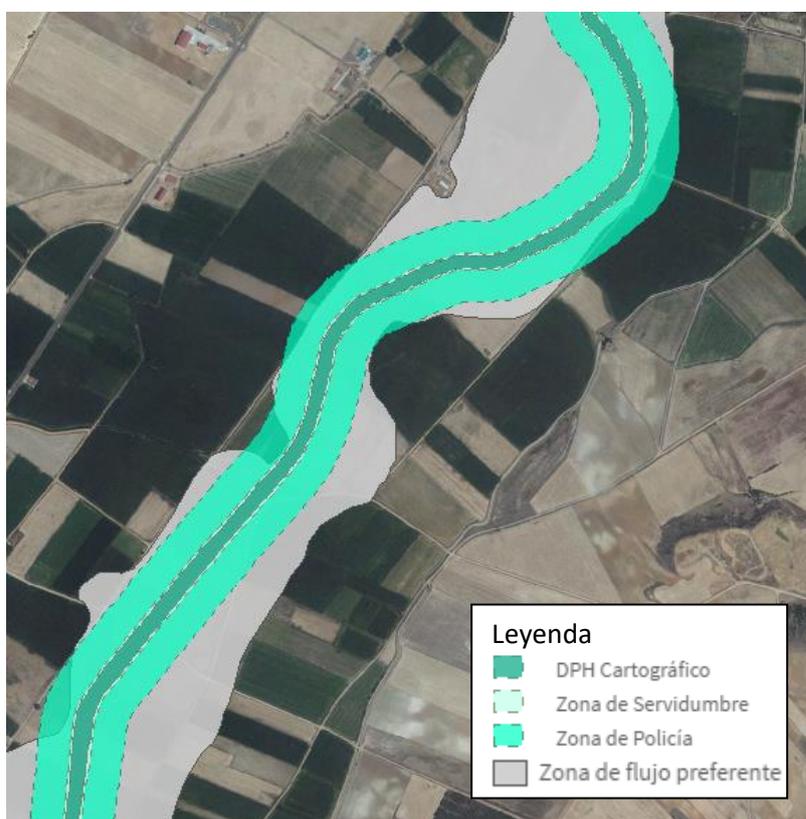


Figura 21.-DPH cartográfico, zona de servidumbre, zona de policía y zona de flujo preferente tomado del visor del SNCZI.

Se puede considerar que los procesos que generan mayor impermeabilización del espacio fluvial son los derivados de la urbanización y la construcción de vías de comunicación. La información de la superficie impermeabilizada se obtendrá del SIOSE con la misma metodología a la que se ha hecho referencia en el apartado 2.2.1.-(Posibles fuentes de alteración del régimen de caudales líquidos).

Finalmente, se determinará el % de la superficie impermeabilizada en cada uno de los tramos hidromorfológicos en que se haya dividido la masa de agua en estudio.

4.1.5.2.- Obras de estabilización de márgenes (muros, escolleras, gaviones) y de protección o defensa de zonas inundables (recrecimientos del terreno, diques o motas)

Para el cálculo de estas variables se tendrán en cuenta las obras realizadas sobre el cauce y su zona inundable para la *estabilización de las márgenes* (escolleras, muros, gaviones...) y la protección frente a avenidas o *defensa de las zonas inundables* (rellenos o recrecimiento del terreno en sus márgenes, diques o motas).

Las *obras de estabilización de márgenes* (mediante escolleras, muros o gaviones) se construyen para evitar las erosiones y deslizamientos naturales de los taludes y orillas como consecuencia de las crecidas ordinarias del río. Además de estabilizar los taludes, estas obras suponen un aumento de la rigidez de las márgenes y riberas afectadas frente a los movimientos propios de la dinámica natural del río, limitando la anchura del cauce e impidiendo el desarrollo de procesos fluviales y la continuidad de las formaciones vegetales de ribera. En este apartado se tendrán también cuenta las actuaciones ya consideradas en los tramos modificados por acciones directas sobre el cauce del apartado anterior, en caso de cumplir los criterios.

Las *obras de protección de zonas inundables* pueden situarse tanto en las márgenes del cauce activo como en la llanura de inundación del río. Se trata de obras que responden a la necesidad de proteger a la población o a bienes materiales de los efectos de posibles crecidas o inundaciones. Para ello se suelen construir diques o motas normalmente mediante tierras con el objetivo de recrecer la cota del terreno en las márgenes del río y evitar así la inundación de los terrenos colindantes al cauce. En la medida de lo posible, se debe considerar también como obra de defensa frente a inundaciones todos aquellos rellenos o recrecimientos del terreno realizados en las zonas urbanas o periurbanas, que han sido realizadas como consecuencia del crecimiento urbanístico, y que en muchas ocasiones han supuesto la ocupación de la llanura de inundación del río.

Como elemento esencial para esta caracterización se calculará la distancia media entre la base de la mota u obra de protección a la orilla del cauce activo, e igualmente el cociente entre esa distancia y el ancho del cauce activo. La medición de esa distancia media se realizará a partir de la definición de la distancia existente entre la orilla del cauce activo y el pie del talud interno de la obra de protección (o el eje central de dicha obra, si no fuera posible apreciar la ubicación del talud o del pie de este), en un rango de entre 5 y 10 transectos perpendiculares al eje central del cauce. Cuanto más larga sea la obra de protección o más variaciones se encuentren en su posición relativa con respecto al cauce, se recomienda efectuar un mayor número de transectos.

Las obras de estabilización de márgenes o protección de la zona inundable deberán medirse en longitud por ambas márgenes, calculándose el *% de longitud del tramo hidromorfológico afectada por la presencia de este tipo de obras*.



Figura 22.-Determinación cartográfica y atributos SIG de obras de protección frente a inundaciones.

4.1.5.3.- Remansos generados por azudes u otras estructuras en el cauce

Uno de los efectos más importantes sobre la variación de la profundidad y anchura de un cauce es la presencia de azudes u obstáculos transversales que generan remansos significativos.

Para valorar esta afección, se procederá a estimar la longitud del remanso asociado a cada obstáculo identificado en el estudio de la continuidad longitudinal y de aquellos otros elementos que puedan producir remansos. La determinación de la longitud de remanso y la variación anchura/profundidad del río, como consecuencia del mismo, se apoyará tanto en la ortofoto aérea como en la visita a campo.

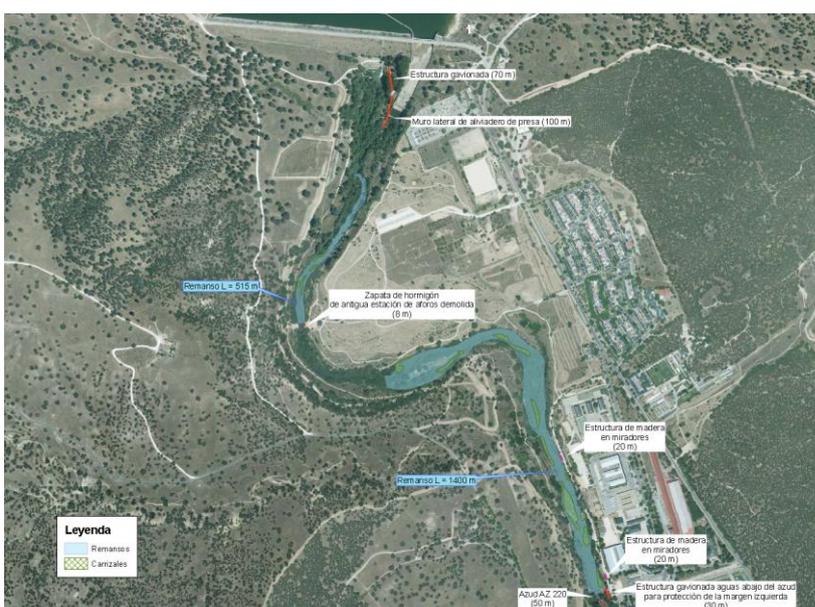


Figura 23.-Cartografía de las zonas de remanso generadas por obstáculos transversales en una masa de agua

Finalmente se procederá a la determinación de la longitud total de remanso en la masa de agua mediante la suma de los remansos existentes generados por azudes u otros obstáculos transversales. Se considerará también, en su caso, el posible remanso generado en la masa en estudio por la presencia de un obstáculo situado aguas abajo de la sección de cierre de la misma.

4.1.5.4.- Síntomas de dinámica vertical acelerada

Como complemento al estudio en gabinete de la *alteración del régimen hidrológico*, tanto en caudales líquidos como sólidos, se analizarán en los tramos hidromorfológicos de la masa de agua los movimientos verticales del río (dinámica vertical) que pueden ser nulos o escasos, o bien puede definirse por dos procesos opuestos, el de incisión o encajamiento del lecho y el de acreción o elevación del lecho por acumulación de sedimentos.

Es normal que un cauce confinado con pendiente alta asista a un proceso natural progresivo de incisión. También es normal que en un cauce de llanura con muy poca pendiente los sedimentos se acumulen y eleven ligeramente algunas zonas de depósito. La mayor parte de los cursos fluviales asisten a una situación de equilibrio, con zonas de incisión y otras de acumulación y con procesos muy lentos, apenas perceptibles a escala temporal humana. El problema surge cuando esta dinámica vertical resulta acelerada, es decir, se manifiesta muy rápidamente acompañada de síntomas evidentes: acumulaciones excesivas o extensas por acreción y descalzamiento de las márgenes o desnudez de las raíces vegetales por incisión.

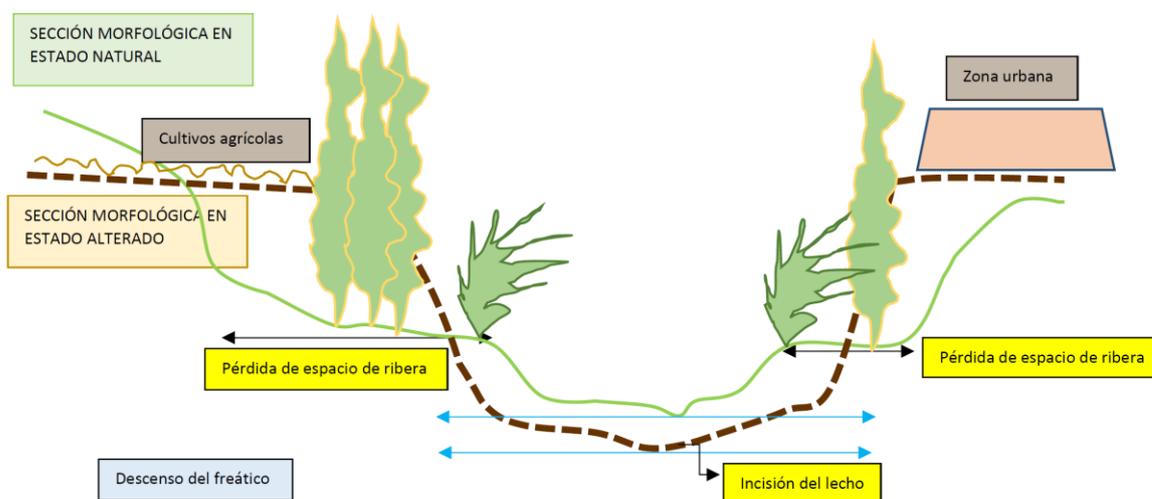


Figura 24.-Efecto de incisión en el lecho como consecuencia del estrechamiento del cauce por ocupación de las márgenes del río

Dada la laboriosidad de las metodologías de trabajo para cuantificar los procesos de incisión y acreción no pueden ponerse en práctica para el presente protocolo. En ambos procesos es difícil identificar las causas solo a partir de la observación del síntoma. No obstante, en la mayoría de los casos, si la incisión o la acreción son muy acusadas o con aspecto de ser muy rápidas, se deberán a factores antrópicos.

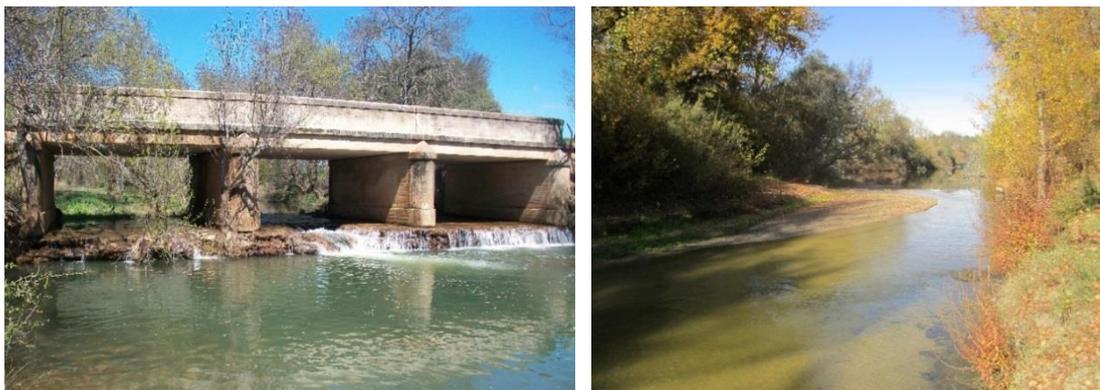


Figura 25.-Determinación en campo de los fenómenos de incisión (socavación del lecho) y acreción (elevación de la cota del lecho por sedimentación), como consecuencia de la alteración de los caudales líquidos y sólidos

Es conveniente detectar estos posibles síntomas en los diferentes tramos hidromorfológicos de la masa de agua. Como parámetro esencial para tener en cuenta un posible indicador de incisión y de conectividad transversal se estimará la diferencia de altura entre el nivel de las márgenes en el que se produce inicialmente un cambio significativo de pendiente, y el nivel del cauce de aguas bajas. La diferencia de altura se estimará en ambas márgenes del río, y se calculará la media entre ambos datos. Finalmente, se valorará de forma global para el conjunto del tramo hidromorfológico, el grado de incisión o dinámica vertical acelerada

4.1.5.5.- Ríos temporales o efímeros sin capacidad de albergar fauna piscícola y/o vegetación de ribera

En el caso de los ríos sin capacidad de albergar fauna piscícola y/o vegetación de ribera, se caracterizarán de la misma manera a excepción de los remansos generados por azudes u otras estructuras en el cauce, que no serán tenidos en cuenta por no considerarse relevantes.

4.2.- ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO

La estructura y sustrato del lecho son elementos esenciales en el ecosistema fluvial, puesto que de ellos depende el desarrollo de una gran parte de los ciclos biológicos asociados al cauce.

Esta se caracterizará de acuerdo con la DMA, a través de los trabajos de campo realizados en cada uno de los subtramos correspondientes a los tramos hidromorfológicos en que ha quedado dividida la masa de agua en estudio.

4.2.1.- TIPO DE SUSTRATO

El sustrato del lecho se clasificará según los siguientes tipos:

- En roca: el cauce está labrado en lecho rocoso aunque puede haber algunos sedimentos.
- Coluvial: el lecho y las orillas están dominados por material procedente de las laderas cercanas por acción de la gravedad.
- Aluvial: todo el lecho y las orillas están conformados por sedimentos del río.
- Mixto: Combinación de alguno de los anteriores.

4.2.2.- TIPO DE SEDIMENTO

4.2.2.1.- Tamaño dominante del sedimento

En la caracterización de este protocolo no se ha considerado necesario tomar muestras ni medir con precisión los sedimentos, simplemente se propone la realización una rápida inspección visual tratando de señalar cuál es el tamaño dominante en los sedimentos superficiales del lecho y de las posibles barras o depósitos. Es importante señalar que el tamaño se estima sobre el mayor eje transversal del elemento (el que cabría o no por un tamiz), de acuerdo con el siguiente croquis.

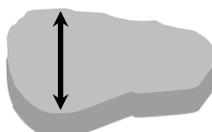


Figura 26.-Dimensión a considerar para caracterizar el tamaño dominante del sedimento

En el caso de que se detectase en el lecho la presencia de lodos procedentes de problemas presentes o pasados de calidad de las aguas, también se procederá a señalar e identificar en esta caracterización.

De acuerdo con lo anterior, las categorías de los sedimentos pueden ser las siguientes:

| ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO: TAMAÑO DOMINANTE DEL SEDIMENTO | | |
|--|----------------------|--|
| SIN SEDIMENTO | | si el cauce es en roca no se observarán sedimentos superficiales |
| ROCOSO | Bloques | más de 25,6 cm |
| GRUESO | Cantos | de 6,4 cm a 25,6 cm |
| | Gravas | de 2 mm a 64 mm |
| FINO | Arenas | de 0,063 mm a 2 mm |
| | Limos y arcillas | menos de 0,063 mm |
| LODO | Lodos antropogénicos | Lodos procedentes de problemas de calidad de las aguas |

Tabla 27.-Tipos y tamaño dominante del sedimento



Figura 27.- Tamaño de sedimentos: (I) Sustratos duros; (II) Arenas y otros sedimentos finos

4.2.2.2.- Clasificación de sedimentos

La clasificación de los sedimentos en el subtramo de muestreo proporciona mucha información acerca del funcionamiento del cauce y su dinámica fluvial, es decir, de si el régimen de caudales existente en el río es o no capaz de movilizar un determinado rango de sedimentos y/o los sedimentos existentes o barras responden o no a unas condiciones morfológicas adecuadas.

Para caracterizar los sedimentos se comprobarán tres indicadores de fácil visualización:

- *Imbricación*: se da cuando cada partícula o clasto se encuentra bien colocada, inclinada y sobre otra como las tejas de un tejado, en la dirección de la corriente. Indica una buena clasificación de sedimentos y por lo tanto, un buen trabajo fluvial. Si la imbricación es tenue o inexistente puede ser síntoma de escasez de caudales generadores o de alteraciones antrópicas.



Figura 28.- Imbricación en el lecho de gravas y cantos

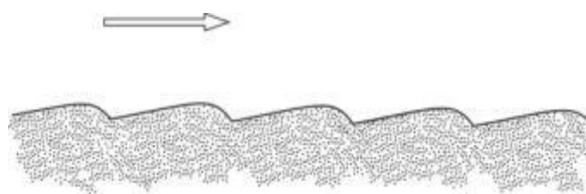


Figura 29.- Imbricación (ripples) en el lecho arenoso

- *Acorazamiento*: normalmente el material sedimentario en superficie (coraza) es de mayor tamaño que el que hay inmediatamente debajo, debido a los propios procesos de movilización condicionados por el caudal y las condiciones de flujo. Si esa coraza superior es muy marcada, con partículas de tamaño mucho mayor (más de 3 ó 4 veces mayor) que lo que está depositado debajo, el acorazamiento se considera excesivo. También puede ser que el acorazamiento sea débil o inexistente. La situación que marca una mayor salud en los sedimentos fluviales es un acorazamiento moderado, de entre 1,5 a 3 veces mayores los clastos de la coraza que el material inferior.

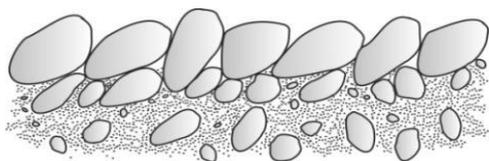


Figura 30.-Acorazamiento excesivo

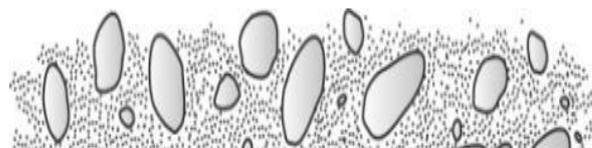


Figura 31.- Acorazamiento débil

- **Formación de barras:** observando si están bien formadas (completas, con formas nítidas, generalmente apuntadas hacia aguas abajo, con huellas de que las crecidas las han elevado o reconstruido) o bien son incipientes o mal estructuradas. Para este indicador es importante poder reconocer el río en aguas bajas y comprobar también la morfología en fotografía aérea.



Figura 32.-Barras bien formadas



Figura 33.- Barras incipientes, mal estructuradas

Si el material sedimentario dominante es arena o finos, por su propia definición no existe el acorazamiento y la imbricación se sustituye por la posible presencia de formas del lecho sedimentarias que muestren una adecuada construcción de los depósitos, tales como los ripples o dunas. En estos casos se prestará especial atención a la formación de depósitos, es decir, a que el material esté bien distribuido, con aspecto de naturalidad en el lecho y en los depósitos laterales.

Como conclusión final, se procederá a establecer las siguientes categorías para la clasificación de los sedimentos del subtramo:

- *Clasificación efectiva:* los sedimentos se encuentran imbricados, hay un acorazamiento moderado y las barras se encuentran bien formadas.
- *Clasificación limitada:* falla alguno de los indicadores, no se observa imbricación clara o el acorazamiento es muy alto o muy bajo o las barras son incipientes. Si el sedimento es arena o fino no habrá una buena construcción de depósitos.
- *Clasificación nula:* fallan todos los aspectos. No se registra imbricación, no hay acorazamiento o este es excesivo y no hay depósitos sedimentarios claros.

4.2.3.- TIPO DE ESTRUCTURA LONGITUDINAL

Es la secuencia de elementos del fondo del cauce, en el sentido de la pendiente dominante a visualizar en el subtramo de muestreo. En grandes ríos es factible ver en fotografía aérea esta estructura, pero en la mayor parte de los cursos fluviales será necesario registrarla directamente en campo, siendo muy fácil de identificar. Se deberán seleccionar las tipologías principales de las que aparecen en el listado adjunto, especificándose sus características. En caso de que la estructura longitudinal del subtramo de muestreo sea fruto de las alteraciones humanas deberá señalarse este aspecto.

Se caracterizará el tipo de estructura longitudinal eligiendo entre los siguientes tipos:

ESTRUCTURA LONGITUDINAL:

- Poza/marmita de gigante
- Salto/poza
- Rápido/poza
- Rápido/remanso
- Rápido continuo
- Grada
- Rampa
- Tabla
- Otra (especificar)

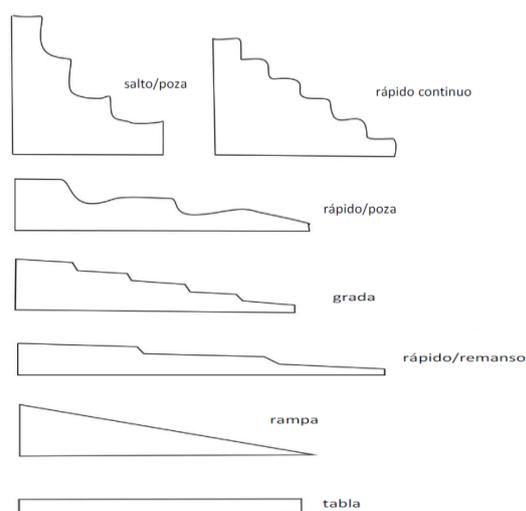


Figura 34.- Tipo de estructuras longitudinales

Como ayuda o consulta se presenta a continuación la información relativa a las unidades geomorfológicas definidas en el cauce activo por el proyecto REFORM (*Restoring rivers for effective catchment management*).



Figura 35.-Tipos naturales de estructura longitudinal: (I) Salto/poza, (II) Rápido/poza, (III) Rápido/remanso, (IV) Rápido continuo, (V) Grada, (VI) Rampa y (VII)

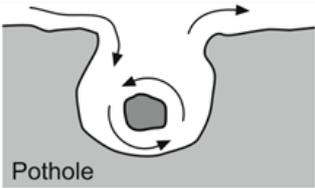
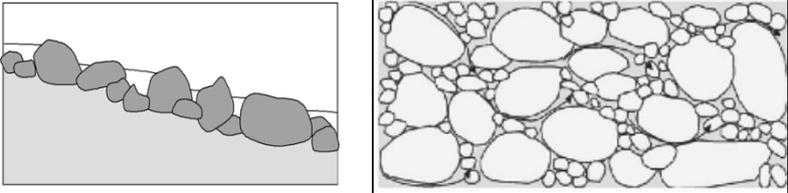
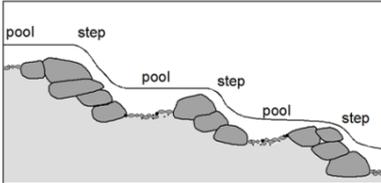
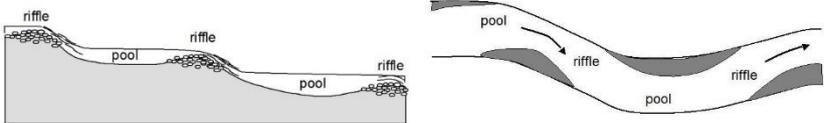
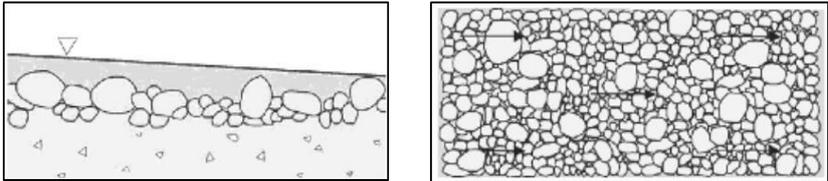
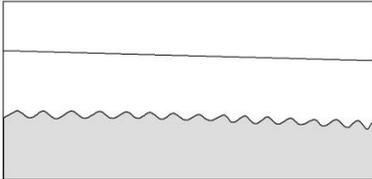
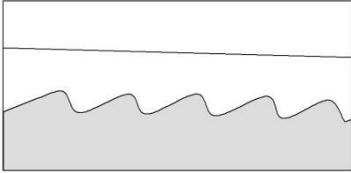
| Unidad geomorfológica | Esquema |
|--|--|
| <p>Poza o Marmita de gigante (pothole)</p> |  <p>Pothole</p> <p>Bache (perfil)</p> |
| <p>Salto de agua (Cascade)</p> |  <p>Salto de agua (perfil y planta)</p> |
| <p>Salto-poza (Step-pool)</p> |  <p>Step – pool (perfil)</p> |
| <p>Rápidos y pozas (Riffle-pool)</p> |  <p>Riffle – pool (perfil y planta)</p> <p>Rápidos y pozas (perfil y planta)</p> |
| <p>Rápido continuo (Run / glide)</p> |  <p>Run / glide (perfil y planta)</p> |
| <p>Rampa (Ripple)</p> |  <p>Ripple (perfil)</p> |
| <p>Tabla (Dunas)</p> |  <p>Dunas (perfil)</p> |

Figura 36.-Unidades geomorfológicas en el cauce activo (REFORM): lecho del río

4.2.4.- FORMAS Y DEPÓSITOS EMERGENTES EN EL LECHO

Las formas y depósitos emergentes del lecho responden al funcionamiento de la cuenca y del tramo de río, fruto de la combinación del régimen de caudales y del transporte de sedimentos con la pendiente del cauce y la morfología fluvial. Su caracterización se ha dejado abierta, debido a la enorme diversidad de tipologías posibles que pueden conformar un complejo mosaico. En cursos fluviales principales, utilizando la fotografía aérea y modelos digitales del terreno de alta precisión, se pueden identificar la mayor parte de estos depósitos, pero es recomendable (imprescindible en ríos pequeños) un recorrido por el subtramo de muestreo para comprobar y localizar morfologías menores.

La presencia de los diversos depósitos del lecho se caracterizará según los siguientes tipos:

- Barra en el cauce: barra longitudinal, barra transversal, barra diagonal, barra compleja
- Barra marginal: barra lateral, barra de meandro
- Isla
- Canal secundario
- Canal de crecida
- Surco
- Brazo ciego
- Cauce abandonado
- Otra (especificar)
- Sin formas naturales

En un mismo tramo de río pueden aparecer varias de estas formas o depósitos del lecho, por lo que habrá que detallar en el subtramo de muestreo todas las tipologías presentes para la correcta comprensión de la dinámica fluvial.

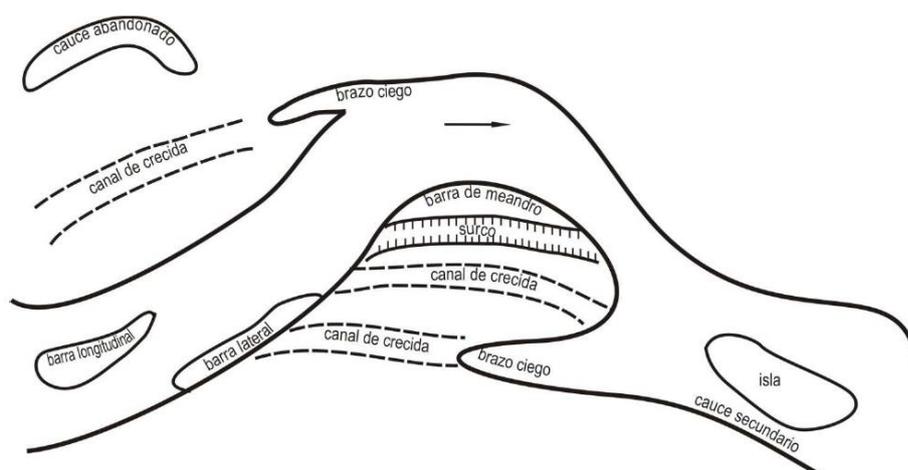


Figura 37.-Formas o depósitos de sedimentos emergentes del lecho

Como apoyo, se presenta a continuación, la tipología de depósitos de sedimentos emergentes especificadas en el proyecto REFORM.

| Unidad geomorfológica | Esquema | |
|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| BARRA EN MEDIO DEL CAUCE | | |
| | Barra longitudinal (planta) | Barra transversal (planta) |
| | | |
| | Barra diagonal (planta) | Barra compleja (planta) |
| ISLA | | |
| BARRA EN MARGENES (marginal bar) | | |
| | Barra lateral (planta) | Barra de meandro (planta) |
| | | |
| | Counter - point bar (planta) | Scroll on point bar (planta) |

Figura 38.-Unidades geomorfológicas en el cauce activo (REFORM): depósitos de sedimentos emergentes

4.2.5.- MOVILIDAD DE SEDIMENTOS

La movilidad de los sedimentos es un aspecto básico en la morfología fluvial. Para definirla se comprobarán de forma rápida en el subtramo de muestreo cuatro indicadores:

- Si el sedimento del propio lecho mojado o de las barras de las orillas está suelto y es fácilmente removible manualmente, o bien está compactado o encostrado.
- Si el material sedimentario aparece cubierto de una pátina o capa de finos, que puede ser síntoma de problemas de inactividad en los procesos hidromorfológicos.
- El grado de colonización vegetal de las barras o depósitos sedimentarios. La vegetación dentro del cauce suele indicar escasez de crecidas y caudales. La colonización vegetal reduce o impide la movilización de sedimentos, por lo que puede generar déficits aguas abajo y llegar a provocar procesos de incisión.
- La presencia de madera muerta transportada (troncos, ramas y otros restos) y/o arribazones, son buenos indicadores de dinámica geomorfológica y efectividad de transporte de las crecidas, además de intervenir en los procesos de sedimentación generando efectos trampa, sombra o pantalla.

Por supuesto, si debido a la tipología del cauce no hay sedimentos depositados no se completará este apartado.

La movilidad de los sedimentos está íntimamente relacionada con el funcionamiento de la cuenca hidrográfica y en especial, con el régimen de caudales. Cuencas con importante regulación, donde la generación de sedimentos estará alterada, así como su régimen de caudales, especialmente en avenidas, tendrán pocos sedimentos y estarán muy fijados por la vegetación riparia, tanto macrófitos como vegetación leñosa.

Como conclusión de este apartado, la movilidad de sedimentos se clasificará en estas tres categorías:

- *Movilidad efectiva*: el sedimento está suelto y es fácilmente movable, no está cubierto por una capa de finos, no hay colonización vegetal o ésta es muy débil, hay madera muerta transportada y/o arribazones integrados con los sedimentos.
- *Movilidad limitada*: el sedimento muestra algunos síntomas de compactación o asiste a una colonización vegetal moderada.
- *Movilidad nula*: el sedimento está encostrado superficialmente o bien cubierto de una capa continua de material fino o está totalmente colonizado por vegetación.

4.2.6.- ACTUACIONES HUMANAS QUE GENERAN ALTERACIONES DIRECTAS EN LA ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO

Para la caracterización de este apartado se identificarán en campo variables ya trabajadas a lo largo de este protocolo y en general, trabajadas en gabinete (fotografías aéreas, bases de datos, etc.) y que pueden ser comprobadas en el subtramo de muestreo. Fundamentalmente se comprobará la presencia de actuaciones humanas que generan alteraciones en el fondo del cauce de la masa de agua y que tienen efectos tanto en la variación de la anchura y profundidad del cauce como en la estructura y sustrato del lecho.

- *Remociones, extracciones de áridos y dragados*, que pueden dañar considerablemente el fondo del lecho y sus morfologías.
- *Azudes y otras estructuras de fondo*, que pueden alterar también la estructura y sustrato del lecho.

4.2.7.- OTROS MICROHÁBITATS DIFERENCIABLES

En el subtramo de muestreo se analizarán detalladamente los distintos microhábitats adicionales que se puedan diferenciar. Los mismos serán clave para la presencia y/o colonización de distintos taxones.

Se diferenciarán los siguientes tres grandes microhábitats fluviales, teniendo en cuenta que pueden darse distintas combinaciones de ellos en un mismo tramo.

- *Detritos vegetales o restos vegetales muertos*: presencia de hojarasca, fragmentos de troncos, ramas de distinto calibre y otros restos vegetales que han permanecido sumergidos durante un tiempo relativamente largo y que pueden formar, en su caso, diques naturales.
- *Orillas vegetadas*: en este epígrafe se considera la estructura de la orilla sumergida del cauce y su capacidad de acogida de determinados taxones, generando refugio, proporcionando sombra y alimento, etc. Se establecerá la superficie vegetada por ambas márgenes considerando como tal toda la vegetación o vuelo o sistema radical que ocupe en planta el cauce activo de la masa de agua.
- *Macrófitos*: se tendrá en cuenta la presencia en el cauce del tramo de estudio de macrófitos, teniendo en cuenta que son estacionales y pueden no estar presentes en todos los cauces, particularmente en los tramos altos. En caso de encontrar macrófitos alóctonos y/o que tienen la consideración de invasores se dejará registrado.

Se deberá estimar la ocupación del cauce de aguas bajas en el subtramo de muestreo que alberga cada una de estos microhábitats.



Figura 39.-Microhábitats diferenciables: (I) Detritos vegetales; (II) Orillas vegetadas; (III y IV) Macrófitos

4.3.- ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA

El funcionamiento de las riberas responde al carácter abierto, dinámico y complejo de los sistemas fluviales. Diversos factores intrínsecos y extrínsecos influyen en la configuración y comportamiento espacio-temporal de las riberas, aunque probablemente es el régimen de caudales del río uno de los factores que con mayor intensidad modela todos esos atributos. Los diferentes caudales líquidos que el río conduce a lo largo del año, junto a sedimentos, nutrientes, propágulos y restos vegetales condicionan las características de los terrenos ribereños, su capacidad para acoger diferentes hábitats, su interés para el aprovechamiento humano, y los servicios ambientales que proveen.

Junto al régimen de caudales, existen otros factores que también influyen en sus características físicas y ambientales. Entre ellos, cabe destacar: las dimensiones y forma del valle en que se localizan, el tamaño y pendiente del cauce, las condiciones hidrometeorológicas de la zona, los usos del suelo dominantes en la cuenca vertiente, y las alteraciones de origen humano.

En particular, la continuidad longitudinal del río juega un papel relevante en el funcionamiento de las riberas, puesto que asegura la existencia de flujos longitudinales de energía, nutrientes y propágulos desde la cabecera hasta la desembocadura del río, que condicionan la productividad y comportamiento ecológico en las áreas ribereñas, así como a la capacidad de regeneración o recuperación frente a perturbaciones de su vegetación. Por esta razón, resulta esencial evaluar la fragmentación longitudinal de los espacios de ribera, ya que un elevado nivel de fragmentación podría comprometer su calidad, y las funciones y servicios ambientales que proporcionan. Pero al tiempo, es igualmente necesario asegurar la comunicación periódica del cauce con sus riberas y las zonas inundables aledañas. Esta conexión periódica aporta un intercambio múltiple de materiales vegetales y sustancias orgánicas e inorgánicas.

Sin embargo, las riberas no solo dependen para su funcionamiento de la llegada de materiales desde tramos más altos y desde las márgenes del río. El propio espacio ribereño es capaz de aportar al sistema fluvial una gran productividad ecológica, gracias a su carácter de ecotono, y a la abundancia y calidad de los procesos que se desarrollan en ella, muchos de ellos asociados a las condiciones microclimáticas de humedad y temperatura que la caracterizan. Por ello, otros aspectos esenciales en la dinámica ribereña son la complejidad interna de las formaciones vegetales de ribera y su composición específica.

La gran diversidad de procesos que influyen en el funcionamiento de las áreas ribereñas y la propia heterogeneidad hidromorfológica de los ambientes de ribera implican que el funcionamiento de las riberas fluviales deba entenderse como un mosaico de elevada complejidad espacio-temporal (física y ecológica, estructural y funcional). Es por ello que la propuesta metodológica que se presenta a continuación ha sido desarrollada sobre las siguientes bases conceptuales:

- Estructurada de manera sencilla, pero con capacidad para integrar todas las tipologías ribereñas.
- Diseñada con base ecológica, para asociar la calidad de la zona ribereña a la calidad de los hábitats físicos.
- Diseñada con base hidromorfológica, de manera que sirva para evaluar procesos esenciales en la dinámica ribereña.
- Coherente con los mecanismos de evaluación de la calidad de las zonas ribereñas aplicados en el ámbito nacional e internacional.

Tras el análisis de los métodos e indicadores de evaluación utilizados en el ámbito nacional e internacional, y con objeto de dar respuesta a los atributos anteriormente enunciados, se propone la selección de las siguientes componentes:

- **Estructura de la vegetación** (Munné et al., 1998; Winward, 2000; Magdaleno et al., 2010, 2014):
 - *Conectividad ecológica longitudinal, que indique la conexión de la vegetación leñosa a lo largo del corredor ribereño.*
 - *Conectividad ecológica transversal, que evalúe la conexión de la vegetación leñosa a lo largo del eje perpendicular al cauce fluvial.*
 - *Conexión entre estratos, que permita analizar las relaciones entre los diferentes pisos de la formación, en relación con sus implicaciones ecológicas.*
 - *Vinculación con vegetación climatófila natural, que permita conocer el papel relativo de la ribera como parte de la estructura de conexiones ecológicas territoriales.*

- **Composición específica** (Gutiérrez et al., 2001):
 - *Naturalidad, en relación con el peso relativo de las especies autóctonas y alóctonas en el subtramo de muestreo.*
 - *Pisos/clases de edad (con atención al regenerado), atendiendo al equilibrio de edades, que asegure la funcionalidad ecológica de la formación vegetal y su adecuada proyección temporal.*
 - *Especies indicadoras de etapas regresivas, que aun siendo especies autóctonas, puedan estar indicando la existencia de problemas de deterioro de la estructura de la zona ribereña.*

- **Dimensiones de la zona ribereña y calidad del hábitat**, como valoración de la funcionalidad general de la ribera (Petersen, 1992; Bjorkland et al., 2001; Ward et al., 2003; Jansen et al., 2004; González del Tánago et al., 2006):
 - *Funcionalidad de las riberas, en cuanto a la proporción de ribera funcional respecto a ribera topográfica actual.*
 - *Limitación de la conexión transversal por estructuras artificiales.*
 - *Limitación de la permeabilidad y alteración de los materiales del sustrato ribereño por actividades humanas.*

4.3.1.- RÍOS CON RIBERA DEFINIDA

Se consideran ríos con ribera definida a aquellas tipologías fluviales que habitualmente tiene asociada una banda de vegetación asociada a la dinámica fluvial, normalmente, en cauces que, continuos o discontinuos, tienen cierta azonalidad y que permite, en mayor o menor medida, la existencia de una vegetación ligada a los aportes adicionales de agua que la vegetación climatófila natural de los terrenos adyacentes.

4.3.1.1.- Dimensiones de la zona ribereña y estructura de la vegetación

En el subtramo de muestreo, una de las primeras actuaciones a realizar es la identificación de las dos categorías de riberas: *ribera topográfica actual* y *ribera funcional*.

- La *ribera topográfica actual*, es el espacio potencial de ribera, que engloba los terrenos que, con la morfología del terreno actual podrían tener una conexión con el medio fluvial de forma que su vegetación tuviese un carácter azonal. En condiciones naturales, estos terrenos se extenderían hasta la zona en contacto con la vegetación climatófila natural y/o los terrenos ajenos a la dinámica fluvial. En general, guardará la adecuada correspondencia con la estimación del tipo de valle y para su determinación se emplearán ortofotos y modelos digitales del terreno que permitan seleccionar el ancho del subtramo de muestreo con una clara componente fluvial.
- La *ribera funcional* es el espacio que alberga actualmente vegetación natural asociada a la ribera del río, es decir, todos aquellos hábitats ribereños propios de la masa de agua en estudio, tanto los leñosos como los no leñosos, que de forma natural se encuentren ligados al cauce y su zona inundable.

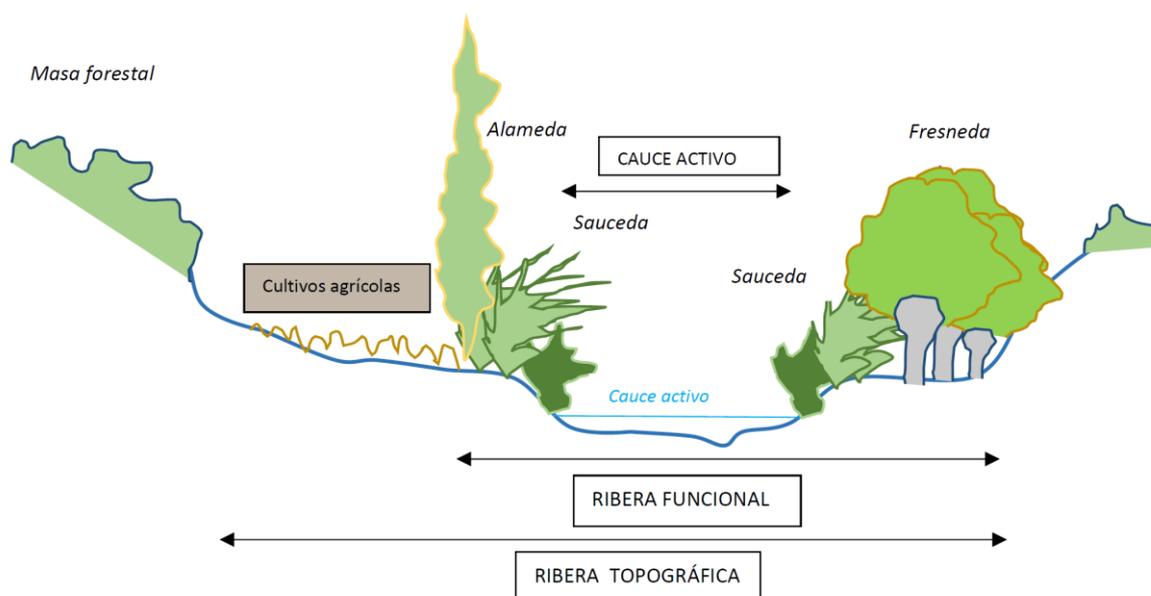


Figura 40.-Cauce activo, ribera funcional y ribera topográfica actual

Así, la *ribera topográfica actual* se caracterizará porque a pesar de no estar funcionando como ribera, presenta signos de exposición a la dinámica fluvial, que podrían identificarse sobre el terreno por una combinación de los siguientes indicadores:

- *Fisiografía del terreno*: cota respecto al cauce activo.
- Presencia de especies vegetales freatófitas.
- *Aspectos que revelen vinculación a través del subálveo con la corriente principal*, por ejemplo, presencia de praderas en una matriz de otros cultivos intolerantes respecto al freatismo.
- *Presencia de elementos indicadores de dinámica fluvial*: por ejemplo, acumulaciones de sedimentos minerales o restos vegetales, trazas de erosión, presencia de canales secundarios o marginales que sólo son funcionales en avenidas.



Figura 41.-Subtramo de muestreo: Cauce activo y ribera funcional en el Río Milagro (Ciudad Real)

Una vez definidas estas dos zonas, la estructura de la vegetación se valorará a partir de los tres criterios siguientes:

- *Conectividad ecológica longitudinal*: Cálculo del porcentaje de longitud del cauce activo con vegetación leñosa de ribera. Se evaluará en el subtramo de muestreo por ambas márgenes mediante la valoración del grado de tangencia/solape de las copas (o vuelo) de la vegetación ribereña. Una primera estimación se realizará a partir de la ortofoto, que se verá corroborada por el recorrido de las riberas a lo largo del subtramo de muestreo.
- *Sombreado del cauce activo*: Cálculo del porcentaje de superficie de cauce activo que está sombreado por la vegetación de ribera. En caso de cauces activos muy anchos el porcentaje de sombreado será bajo de manera natural y se indicará de esa manera, ya que la funcionalidad de la vegetación como filtro de luz, calor y otros factores estará más limitada.
Conectividad ecológica transversal: Cálculo del porcentaje de la superficie de la ribera topográfica actual ocupada por hábitats naturales. Su estimación se realizará inicialmente en gabinete a partir de la ortofoto y será corroborada posteriormente mediante el trabajo de campo en el subtramo de muestreo.
- *Conexión entre estratos*: Evaluación de la conexión entre estratos de vegetación autóctona (leñosa y no leñosa). La conexión se evaluará mediante la valoración del grado de contacto entre los diferentes estratos de vegetación (vegetación arbórea, arborescente, arbustiva, de carácter no leñoso, etc.) y se incluirá, para cada margen, y de forma global, en los siguientes categorías:

- *Imbricada: La vegetación leñosa y no leñosa forman un conjunto continuo y enlazado. O bien, que no contando con imbricación, la falta de mayor conexión entre estratos se deba a causas naturales (competencia por recursos, tipo de sustrato, características de la ribera, etc.).*
- *Conectada: La vegetación leñosa y no leñosa se conectan en la mayor parte del subtramo.*
- *Moderada: La vegetación leñosa y no leñosa se conectan en varios puntos del subtramo.*
- *Escasa: La vegetación leñosa y no leñosa se conectan de forma esporádica*

En el caso de que se detecte vegetación muerta durante el análisis de la conectividad, esta no será considerada como un elemento que genere conectividad ecológica.

4.3.1.2.- Composición específica

- *Naturalidad: Cálculo del porcentaje de la superficie de la ribera funcional ocupada por vegetación ribereña autóctona. Para la valoración de esta métrica, se deben identificar los taxones alóctonos, y descontar de la superficie de la ribera funcional la superficie que ocupan los taxones alóctonos. La existencia de vegetación autóctona muerta o en mal estado fitosanitario se registrará durante los análisis, y no se penalizará negativamente desde el punto de vista de la naturalidad de la vegetación.*
- *Pisos/clases de edad: Evaluación del equilibrio de pisos/clases de edad de la vegetación ribereña leñosa autóctona, incluyendo regenerado joven (retoños o renuevos), ejemplares jóvenes, adultos/maduros y extramaduros. Se clasifica en 4 categorías:*
 - *Alta: Están representados todos los pisos/clases de edad. O bien, siendo limitada la diversidad de pisos/clases de edad, que ello se deba a causas naturales (como la falta de luz, el tipo de sustrato, el tipo de valle, etc.).*
 - *Moderada: Está representada la mayor parte de los pisos/clases de edad.*
 - *Baja: Están representadas pocos pisos/clases de edad, en general árboles adultos y extramaduros.*
 - *Muy baja: Está representado un único piso/clase de edad, en general árboles extramaduros.*
- *Indicadores de etapas regresivas: En este punto se procede a la evaluación del porcentaje de la superficie de la zona ribereña ocupada por vegetación indicadora de etapas regresivas en la formación vegetal (especies nitrófilas, ruderales, arvenses,...), bien sea de carácter autóctono o alóctono y árboles muertos.*

La presencia en las riberas de vegetación autóctona puede ser indicativa de etapas regresivas cuando se trata de vegetación no estrictamente ribereña. Esta vegetación no estrictamente ribereña, no obstante, cumple funciones valiosas para el ecosistema fluvial.

- Por último, debido a su importancia, se procederá a identificar los *hábitats presentes de la Directiva 92/43/CEE*, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.

4.3.1.3.- Calidad del hábitat

Las dimensiones de la zona ribereña y la calidad del hábitat ya han sido en parte estudiadas parcialmente en el punto sobre conectividad ecológica transversal. A continuación se establecen los criterios para la caracterización de este aspecto:

- *Limitación de la conexión transversal por estructuras artificiales:* Cálculo del porcentaje de la ribera funcional que cuenta con limitaciones en su conexión transversal con el resto de la ribera topográfica actual como resultado de la existencia de estructuras artificiales o de alteraciones en la morfología ribereña asociadas a usos humanos, tales como diques o motas, infraestructuras de transporte, cerramientos, etc. que impiden la conexión en las distintas zonas de la ribera topográfica actual.
- *Limitación de la permeabilidad y alteración de los materiales de la ribera funcional por actividades humanas:* Cálculo del porcentaje de superficie de la ribera funcional que sufre limitaciones en su permeabilidad y alteraciones en los materiales del sustrato como consecuencia del desarrollo de actividades humanas, tales como compactación o disgregación, vertidos o rellenos con escombros, etc.

4.3.2.- RÍOS TEMPORALES O EFÍMEROS SIN CAPACIDAD DE ALBERGAR FAUNA PISCÍCOLA Y/O VEGETACIÓN DE RIBERA

Integran esta categoría los cauces que debido a las condiciones hidrometeorológicas e hidromorfológicas del sistema fluvial, no desarrollan un bosque de ribera estable, por su particular dinámica de caudales. El régimen aleatorio y torrencial sin embargo define una zona geomorfológicamente activa fácilmente identificable respecto al entorno, y siempre muy superior a la que evacua el flujo normal, si este existe.

Las ramblas y algunos cauces trenzados y anastomosados entre otras tipologías, se pueden adecuar perfectamente a esta definición, pero también correspondería a muchos cauces intermitentes y efímeros.

Existen criterios basados en el régimen hidrológico para caracterizar a los cauces intermitentes y efímeros, pero dado que no será habitual contar con aforos, no se considera operativo incluirlos. Como complemento, y para contar con criterio no experto, se podría usar el Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000.

Por la habitual indefinición del cauce activo, en este tipo de cauces el subtramo de muestreo habrá de seleccionarse en base a la representatividad respecto al conjunto de la masa de agua. Por sus especiales características, que se reflejan en una baja cobertura de la vegetación edafo-higrófila, resulta posible su definición en gabinete buscando la mencionada representatividad.

El ancho de la superficie del subtramo de muestreo se utilizará en una primera aproximación el espacio fluvial calculado en el punto 4.1.5.1, que se complementará con un estudio de detalle en función de la topografía de la zona y de los modelos digitales existentes, tomando el espacio que es inundable con recurrencias frecuentes.



La valoración de los atributos de valoración se realizará de manera global para todo el subtramo de muestreo a partir de ortofotos y recorridos en campo.

La representatividad se valorará por la manifestación de pautas de carácter:

- *Ambiental*: y entonces el subtramo de muestreo deberá recoger una secuencia del patrón ambiental.
- *Geomorfológico*: análogamente mediante una secuencia del patrón geomorfológico. Por ejemplo, la zona entre dos barras en la misma margen, o una secuencia completa entre curvaturas de la zona de cauce más activo.

La caracterización en ríos sin ribera definida se realizará a partir de las presiones que limitan la calidad del espacio fluvial (cauce+márgenes) y de la vegetación ligada a dicho espacio fluvial.

- *Sobre la estructura*: Grado (%) de ocupación del espacio fluvial por la existencia de vías de comunicación, estructuras artificiales o usos humanos del suelo que limiten o alteren la estructura y dinámica fluvial.
- *Sobre la composición*: Grado de afección por presencia relativa de especies alóctonas en el espacio fluvial a través del cálculo del porcentaje (%) de la superficie del espacio fluvial ocupada por vegetación alóctona.



ANEXOS



**ANEXO I: TABLAS DE CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA
DE TRABAJO DE GABINETE**



TABLAS DE CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO DE TRABAJO DE GABINETE

A continuación se presentan las tablas a rellenar correspondientes al CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO:

2.1. CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO DE CAUDALES LÍQUIDOS

2.1.1 OBTENCIÓN DE DATOS HIDROLÓGICOS BÁSICOS

| RÉGIMEN DE TEMPORALIDAD DE FLUJO | |
|--|--------------------------|
| <i>Río efímero</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Río intermitente o fuertemente estacional</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Río temporal o estacional</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Río permanente</i> | <input type="checkbox"/> |

| RÉGIMEN SEGÚN EL ORIGEN DE LAS APORTACIONES | |
|---|--------------------------|
| <i>Montaña: Nival</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Montaña: Nival de transición</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Montaña: Nivo-pluvial</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Montaña: Pluvio-nival</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Atlántica: Pluvial subtropical</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Atlántica: Pluvial y pluvionival oceánico</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Mediterránea: Pluvial mediterráneo o pluvial subtropical</i> | <input type="checkbox"/> |



| ESTACIÓN DE AFOROS | | | | | | | |
|---|--|--|--|---|--------------------|---------------------|---------------------|
| Código de la estación de aforos | | | | | | | |
| Nombre de la estación de aforos | | | | | | | |
| Periodo disponible | | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| Periodo de los últimos años desde 1980 | | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| CAUDALES MEDIOS ANUALES | | | | | | | |
| Caudal medio anual (m³/s) para el periodo 1940/41-2005/06 (SIMPA) | | | | | | | |
| Caudal medio anual (m³/s) para el periodo 1980/81-2005/06 (SIMPA) | | | | | | | |
| Caudal medio anual (m³/s) para el periodo disponible en la estación de aforos | | Caudal: | | | Periodo: | | |
| Caudal medio anual (m³/s) para los últimos años comunes a partir de 1980/81 | | Caudal: | | | Periodo: | | |
| CAUDALES MEDIOS MENSUALES | | | | | | | |
| Mes | Caudales medios mensuales (m³/s) para el periodo 1940/41-2005/06 (SIMPA) | Caudales medios mensuales (m³/s) para el periodo 1980/81-2005/06 (SIMPA) | Caudales medios mensuales para el periodo disponible en la estación de aforos (m³/s) | Caudales medios mensuales en los últimos años comunes a partir de 1980/1981 (m³/s) (Aforos) | | | |
| Octubre | | | | | | | |
| Noviembre | | | | | | | |
| Diciembre | | | | | | | |
| Enero | | | | | | | |
| Febrero | | | | | | | |
| Marzo | | | | | | | |
| Abril | | | | | | | |
| Mayo | | | | | | | |
| Junio | | | | | | | |
| Julio | | | | | | | |
| Agosto | | | | | | | |
| Septiembre | | | | | | | |
| CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN RÉGIMEN NATURAL en m³/s (CAUMAX) | | | | | | | |
| Máxima crecida ordinaria (CAUMAX) | | T = 2 años | T = 5 años | T = 10 años | T = 25 años | T = 100 años | T = 500 años |
| Caudal | T | | | | | | |
| | | | | | | | |
| CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS REGISTRADOS (AFOROS) | | | | | | | |
| Caudal máximo instantáneo registrado (m³/s) para el periodo disponible | | | | | | | |
| Caudal máximo instantáneo registrado (m³/s) para los últimos años comunes a partir de 1980/81 | | | | | | | |
| Número de veces que se ha superado la máxima crecida ordinaria desde octubre de 1980 | | | | | | | |



2.2. POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO

2.2.1 POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES LÍQUIDOS

| DENOMINACIÓN | VALOR OBTENIDO |
|---|-----------------------|
| <i>ApRN (hm³)</i> | |
| <i>∑VoIE (hm³)</i> | |
| <i>Sc (km²)</i> | |
| <i>Sc_regulada (km²)</i> | |
| <i>ApTRmax (hm³) o DetTRmax (hm³)</i> | |
| <i>QT10RN (m³/s)</i> | |
| <i>∑Q(CENTRALES) (m³/s)</i> | |
| <i>QmRN (m³/s)</i> | |
| <i>Sc_imperm (km²)</i> | |
| <i>∑Vertido anual autorizado (hm³)</i> | |
| <i>Sc_regadío (km²)</i> | |



2.2.2. POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES SÓLIDOS

| ACTIVIDADES QUE GENERAN EXCESO DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA: USOS DEL SUELO E INCENDIOS FORESTALES | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| <i>Los usos del suelo en la cuenca y su tipología generan erosión y pérdidas de suelo</i> | <i>Muy Baja</i> | <i>Baja</i> | <i>Moderada</i> | <i>Alta</i> | Describir, de forma genérica, la erosión existente en la cuenca de la masa de agua |
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <i>El grado de afección por incendios forestales en la cuenca de la masa de agua</i> | <i>Muy Bajo</i> | <i>Bajo</i> | <i>Moderado</i> | <i>Alto</i> | Describir, de forma genérica, los posibles efectos que los incendios forestales en la cuenca de la masa de agua pueden tener sobre la generación de los sedimentos en la cuenca. |
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| ACTIVIDADES QUE GENERAN DÉFICIT DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA: RETENCIÓN O DESCONEXIÓN DE SEDIMENTOS EN LADERAS Y AFLUENTES | | | | | |
| <i>Existencia de retenciones en la cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua</i> | <i>Muy Bajo</i> | <i>Bajo</i> | <i>Moderado</i> | <i>Alto</i> | Describir, de forma genérica, posibles retenciones o desconexiones en afluentes en la cuenca no regulada hasta el inicio de la masa de agua. |
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <i>Existencia de retenciones en la cuenca propia de la masa de agua</i> | <i>Muy Bajo</i> | <i>Bajo</i> | <i>Moderado</i> | <i>Alto</i> | Describir, de forma genérica, posibles retenciones o desconexiones, en los afluentes existentes en la cuenca de la masa de agua |
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| ACTIVIDADES QUE GENERAN DÉFICIT DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA: EXTRACCIONES DE ÁRIDOS | | | | | |
| <i>Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua</i> | <i>Muy Bajo</i> | <i>Bajo</i> | <i>Moderado</i> | <i>Alto</i> | Describir, de forma genérica, las posibles extracciones de áridos, solo para los cauces de la cuenca no regulada hasta el inicio de la masa de agua. |
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <i>Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca propia la masa de agua</i> | <i>Muy Bajo</i> | <i>Bajo</i> | <i>Moderado</i> | <i>Alto</i> | Describir, de forma genérica, las posibles extracciones de áridos, en los cauces de la cuenca propia de la masa de agua. |
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| ACTIVIDADES QUE GENERAN DÉFICIT DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA: OBSTACULOS DENTRO DE LA MASA DE AGUA | | | | | |
| <i>Número total de obstáculos</i> | | | | | |
| <i>Distancia media entre obstáculos (km)</i> | | | | | |
| <i>ΣLongitud del remanso / Longitud de la masa (%)</i> | | | | | |



2.3 RÍOS TEMPORALES O EFÍMEROS SIN CAPACIDAD DE ALBERGAR FAUNA PISCÍCOLA Y/O VEGETACIÓN DE RIBERA

2.3.1 POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES LÍQUIDOS

| POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES LÍQUIDOS | | | | | |
|---|------------------|--|------------------|--|--------------------------------|
| DENOMINACIÓN | VALOR OBTENIDO | | | | |
| <i>Sc (km²)</i> | | | | | |
| <i>Sc_regulada (km²)</i> | | | | | |
| $\Sigma Q(\text{CENTRALES}) (m^3/s)$ | | | | | |
| <i>Sc_imperm (km²)</i> | | | | | |
| <i>Número de vertidos</i> | | | | | <i>De los cuales depurados</i> |
| <i>Habitantes equivalentes por vertido</i> | <i>Vertido 1</i> | | <i>Vertido 2</i> | | <i>Vertido 3</i> |
| <i>Sc_regadío (km²)</i> | | | | | |

2.3.1 POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES SÓLIDOS

| POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES SÓLIDOS | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| ACTIVIDADES QUE GENERAN EXCESO DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA: USOS DEL SUELO E INCENDIOS FORESTALES | | | | | |
| <i>Los usos del suelo en la cuenca y su tipología generan erosión y pérdidas de suelo</i> | <i>Muy Baja</i> | <i>Baja</i> | <i>Moderada</i> | <i>Alta</i> | Describir, de forma genérica, la erosión existente en la cuenca de la masa de agua |
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <i>El grado de afección por incendios forestales en la cuenca de la masa de agua</i> | <i>Muy Bajo</i> | <i>Bajo</i> | <i>Moderado</i> | <i>Alto</i> | Describir, de forma genérica, los posibles efectos que los incendios forestales en la cuenca de la masa de agua pueden tener sobre la generación de los sedimentos en la cuenca. |
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| ACTIVIDADES QUE GENERAN DÉFICIT DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA: RETENCIÓN O DESCONEXIÓN DE SEDIMENTOS EN LADERAS Y AFLUENTES | | | | | |
| <i>Existencia de retenciones en la cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua</i> | <i>Muy Bajo</i> | <i>Bajo</i> | <i>Moderado</i> | <i>Alto</i> | Describir, de forma genérica, posibles retenciones o desconexiones en afluentes en la cuenca no regulada hasta el inicio de la masa de agua. |
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <i>Existencia de retenciones en la cuenca propia de la masa de agua</i> | <i>Muy Bajo</i> | <i>Bajo</i> | <i>Moderado</i> | <i>Alto</i> | Describir, de forma genérica, posibles retenciones o desconexiones, en los afluentes existentes en la cuenca de la masa de agua |
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |



| ACTIVIDADES QUE GENERAN DÉFICIT DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA: EXTRACCIONES DE ÁRIDOS | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| <i>Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua</i> | <i>Muy Bajo</i> | <i>Bajo</i> | <i>Moderado</i> | <i>Alto</i> | Describir, de forma genérica, las posibles extracciones de áridos, solo para los cauces de la cuenca no regulada hasta el inicio de la masa de agua. |
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <i>Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca propia la masa de agua</i> | <i>Muy Bajo</i> | <i>Bajo</i> | <i>Moderado</i> | <i>Alto</i> | Describir, de forma genérica, las posibles extracciones de áridos, en los cauces de la cuenca propia de la masa de agua. |
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |

2.4 CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y GRADO DE ALTERACIÓN DE LA MISMA

| CONCLUSIONES A LA CARACTERIZACIÓN DE LA CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y SU GRADO DE ALTERACIÓN | |
|--|--------------------------|
| <i>Nombre de la Masa de Agua Subterránea</i> | |
| <i>Código de la Masa de Agua Subterránea</i> | |
| GRADO DE CONEXIÓN | |
| <i>Sin conexión o con conexión poco significativa</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Con conexión temporal</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Con conexión significativa</i> | <input type="checkbox"/> |
| CARACTERIZACIÓN DE LA CONEXIÓN | |
| <i>Distribución espacial</i> | |
| <i>Continuidad o discontinuidad de la conexión hidráulica</i> | |
| <i>Sentido (pérdidas/ganancias)</i> | |



TABLAS DE CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE

A continuación se presentan las tablas a rellenar correspondientes al CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE:

4.1. VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA DEL CAUCE

4.1.1. TIPO DE FONDO DE VALLE

| VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA: TIPOS DE FONDO DE VALLE | |
|--|--------------------------|
| Confinado | <input type="checkbox"/> |
| Con llanura de inundación estrecha y discontinua | <input type="checkbox"/> |
| Con llanura de inundación amplia | <input type="checkbox"/> |

4.1.2. TIPOS MORFOLÓGICOS EN PLANTA

| VARIABLES CARACTERÍSTICAS | | | | | |
|---|-----------------------------|---------------|--------------------------|--|---------------------------------------|
| VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA: TIPOS MORFOLÓGICOS EN PLANTA | | | | | |
| TIPOS MORFOLÓGICOS | Estado natural o referencia | | Estado actual | | |
| | Presencia | Observaciones | Presencia | Longitud del tramo hidromorfológico (km) | Porcentaje del tramo hidromorfológico |
| Recto | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | |
| Sinuoso | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | |
| Meandriforme | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | |
| Divagante | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | |
| Trenzado | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | |
| Anastomosado | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | |
| Rambla | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | |
| Otro (especificar) | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | | |
| Nº de tipos morfológicos en el tramo hidromorfológico | | | | | |
| TIPOLOGÍA GENERAL ROSGEN (1996) | | | | | |

*Tipología general Rosgen únicamente aplicará para aquellos casos en los que los cambios en el tiempo se hayan producido de manera natural.



4.1.3. CARACTERIZACIÓN INICIAL DE LOS CAMBIOS DE TIPO MORFOLÓGICO EN LAS ÚLTIMAS DÉCADAS

| VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA: CAMBIO DE TIPO MORFOLÓGICO EN PLANTA | | | |
|--|---------------|--|--------------------------|
| NO | | <input type="checkbox"/> | |
| SI | Causas | <i>Regulación aguas arriba</i> | <input type="checkbox"/> |
| | | <i>Cambios en los usos del suelo en cuenca</i> | <input type="checkbox"/> |
| | | <i>Acción directa sobre el cauce</i> | <input type="checkbox"/> |
| | | <i>Otras causas</i> | <input type="checkbox"/> |

4.1.4. TRAMOS MODIFICADOS POR ACCIONES DIRECTAS EN EL CAUCE

| VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA: TRAMOS MODIFICADOS POR ACCIONES DIRECTAS | | |
|--|---|--|
| <i>Tipo de modificación</i> | <i>Longitud total del tramo modificado (km)</i> | <i>Porcentaje sobre la longitud del tramo hidromorfológico (%)</i> |
| <i>Desviado</i> | | |
| <i>Acortado</i> | | |
| <i>Estrechado</i> | | |
| <i>Canalizado</i> | | |
| <i>Cubierto</i> | | |
| <i>Modificación total</i> | | |



4.1.5. OTRAS ACTUACIONES HUMANAS QUE GENERAN ALTERACIONES EN LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA DEL CAUCE

| OTRAS ACTUACIONES ANTRÓPICAS: IMPERMEABILIZACIONES | | | |
|--|--|---------------------------------|-----------------------------------|
| | Valor global del tramo de estudio | | |
| <i>Superficie de la Zona fluvial adyacente al cauce del tramo hidromorfológico (ha)</i> | | | |
| <i>Superficie impermeabilizada en la Zona fluvial adyacente al cauce del tramo hidromorfológico (ha)</i> | | | |
| <i>Porcentaje de superficie impermeabilizada en la Zona fluvial adyacente al cauce del tramo hidromorfológico (%)</i> | | | |
| OTRAS ACTUACIONES ANTRÓPICAS: IMPACTO PRODUCIDO POR OBRAS LONGITUDINALES | | | |
| | Margen izquierda | Margen derecha | Valor global del tramo de estudio |
| <i>Longitud total de obras de estabilización de márgenes (escolleras, muros o gaviones) en el tramo hidromorfológico (km)</i> | | | |
| <i>Porcentaje de la longitud del tramo hidromorfológico con obras de estabilización de márgenes (%)</i> | | | |
| <i>Longitud total de motas, diques y rellenos del terreno en las márgenes y/o en la Zona de Policía del tramo hidromorfológico (km)</i> | | | |
| <i>Porcentaje de la longitud del tramo hidromorfológico con motas, diques y rellenos del terreno en las márgenes y/o en la Zona de Policía (%)</i> | | | |
| <i>Distancia media (d) desde la orilla del cauce activo a la que se encuentran las obras de protección frente a inundaciones (motas, recrecimientos o rellenos, terraplenes, etc...)</i> | | | |
| <i>Cociente entre la distancia media (d) y la anchura media del cauce activo</i> | | | |
| OTRAS ACTUACIONES ANTRÓPICAS: IMPACTO PRODUCIDO POR AZUDES U OTRAS ESTRUCTURAS EN EL CAUCE | | | |
| <i>Número de azudes u otros obstáculos considerados</i> | | | |
| <i>ΣLongitud de los remansos asociados (m)</i> | | | |
| <i>Porcentaje de la longitud del tramo hidromorfológico remansado por los obstáculos transversales existentes (%)</i> | | | |
| OTRAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS: SÍNTOMAS DE DINÁMICA VERTICAL ACELERADA | | | |
| | Margen derecha | Margen izquierda | Valor global del tramo de estudio |
| <i>Diferencia de altura entre el nivel de las márgenes en el que se produce inicialmente un cambio significativo de pendiente y el nivel del cauce de aguas bajas (m)</i> | | | |
| <i>¿Existen síntomas de incisión?</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Grado de accesibilidad de las orillas y conexión transversal</i> | Alta/Moderado/ Bajo/Muy bajo | Alta/Moderado/ Bajo/Muy bajo | Alta/Moderado/ Bajo/Muy bajo |
| OTRAS ACTUACIONES ANTRÓPICAS: OTRAS ESTRUCTURAS | | | |
| <i>Número de otros elementos transversales que afectan la anchura y/o profundidad de la masa de agua</i> | | | |
| <i>Número de otros elementos por kilómetro</i> | | | |



**ANEXO II: TABLAS DE CARACTERIZACIÓN DEL EFECTO BARRERA Y CONTINUIDAD
LONGITUDINAL EN TRABAJO DE CAMPO**

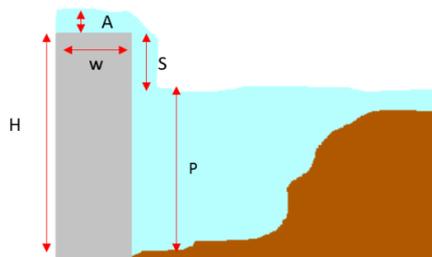
TABLAS DE CARACTERIZACIÓN DE LA CONTINUIDAD DEL RÍO EN TRABAJO DE CAMPO

A continuación se presentan las tablas a rellenar correspondientes al CAPÍTULO III: CARACTERIZACIÓN DE LA CONTINUIDAD DEL RÍO:

| INFORMACIÓN GENERAL | |
|---|--|
| <i>Fecha de muestreo</i> | |
| <i>Caudal circulante en el momento de muestreo (m^3/s)</i> | |
| <i>Observaciones</i> | |

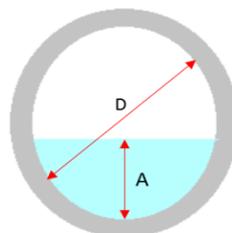
3.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS OBSTÁCULOS Y DE SUS CONDICIONES DE PASO

| SALTO VERTICAL | |
|--|--|
| <i>Altura del obstáculo (H)</i> | |
| <i>Altura del salto (S)</i> | |
| <i>Profundidad de la poza a pie del azud (P)</i> | |
| <i>Anchura en coronación (W)</i> | |
| <i>Altura de la lámina en coronación (A)</i> | |



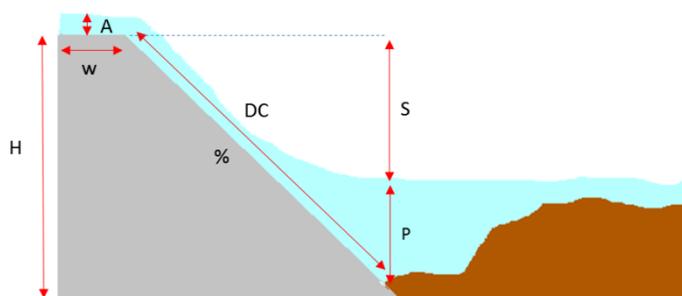
Variables para obstáculos de salto vertical

| PASO ENTUBADO | |
|---|--|
| <i>Velocidad de la corriente (V)</i> | |
| <i>Diámetro del paso (D)</i> | |
| <i>Altura de la lámina en el paso (A)</i> | |
| <i>Longitud del paso (L)</i> | |



Variables para obstáculos tipo paso entubado

| PASO SOBRE PARAMENTO | |
|--|--|
| Altura del obstáculo (H) | |
| Altura del salto (S) | |
| Profundidad de la poza a pie del azud (P) | |
| Distancia a coronación (DC) | |
| Anchura en coronación (W) | |
| Altura de la lámina sobre el paramento (A) | |
| Pendiente del paramento (%) | |
| Velocidad de la corriente sobre el paramento (V) | |



Variables para obstáculos tipo paso sobre paramento

3.3.2 ESTUDIO DEL EFECTO BARRERA DEL OBSTÁCULO EN ASCENSO

En ascenso se prestará atención a:

| CORRECCIONES AL ÍNDICE DE FRANQUEABILIDAD EN ASCENSO | | |
|--|--------------------------|--------------------------|
| CARACTERÍSTICAS DE LAS CONDICIONES DE PASO | SI | NO |
| Dificultad de acceso a pie de barrera | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Dificultad de paso en obstáculos entubados | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Efecto llamada en la zona de posible franqueo | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Presencia de turbulencias importantes | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Superficie rugosa o irregular (pendientes inferiores a 45%) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Presencia de descansaderos, cambios de pendiente u obstáculos formando descansos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ESTRUCTURAS DE PASO PARA ASCENSO | | |
| Estanques sucesivos | <input type="checkbox"/> | |
| Rampas | <input type="checkbox"/> | |
| Ralentizador | <input type="checkbox"/> | |
| Canal lateral | <input type="checkbox"/> | |
| Pre-presas | <input type="checkbox"/> | |
| Otros | <input type="checkbox"/> | |
| Conclusiones | | |



3.3.3 ESTUDIO DEL EFECTO BARRERA DEL OBSTÁCULO EN DESCENSO

En descenso se prestará atención a:

| CORRECCIONES AL ÍNDICE DE FRANQUEABILIDAD INICIAL EN DESCENSO | | |
|--|--------------------------|--------------------------|
| CARACTERÍSTICAS DE LAS CONDICIONES DE PASO | SI | NO |
| <i>Formación de embalse o dificultad de identificación del paso (ausencia de un gradiente claro de velocidad en la zona embalsada)</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Dificultad de paso en obstáculos entubados</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Presencia de canal de derivación o toma de agua</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Presencia de rejilla (con luz adecuada para impedir el paso de las especies piscícolas presentes)</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Paso por turbinas, molinos, saltos mayores de 10m, etc.</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ESTRUCTURAS DE PASO PARA DESCENSO | | |
| <i>Estanques sucesivos</i> | <input type="checkbox"/> | |
| <i>Rampas</i> | <input type="checkbox"/> | |
| <i>Ralentizador</i> | <input type="checkbox"/> | |
| <i>Canal lateral</i> | <input type="checkbox"/> | |
| <i>Pre-presas</i> | <input type="checkbox"/> | |
| <i>Otros</i> | <input type="checkbox"/> | |

3.3.4 EFECTO BARRERA COMBINADO DEL OBSTÁCULO

| EFECTO BARRERA PARA CADA OBSTÁCULO | |
|--|--|
| <i>Índice de franqueabilidad en ascenso</i> | |
| <i>Índice de franqueabilidad en descenso</i> | |
| <i>Índice de franqueabilidad global</i> | |

| CARACTERIZACIÓN DE LA CONTINUIDAD DE LA MASA DE AGUA | | |
|--|--------------|---|
| PARÁMETRO | VALOR | OBSERVACIONES |
| <i>Nº de obstáculos en la masa de agua</i> | | - |
| <i>Índice de franqueabilidad medio de los obstáculos</i> | | - |
| <i>Distancia media entre obstáculos (km)</i> | | - |
| <i>Σ Coeficiente de prioridad de las especies presentes (Ki)</i> | | Valores altos significan que tiene una comunidad compleja con especies con altos requerimientos de movilidad. |
| <i>Longitud de cauce permeabilizada (L)</i> | | |

3.6 RÍOS TEMPORALES O EFÍMEROS SIN CAPACIDAD DE ALBERGAR FAUNA PISCÍCOLA Y/O VEGETACIÓN DE RIBERA

| ACTIVIDADES QUE GENERAN DÉFICIT DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA: OBSTACULOS DENTRO DE LA MASA DE AGUA | |
|---|--|
| <i>Número total de obstáculos no colmatados en la cuenca no dominada</i> | |



ANEXO III: VALORES KI PARA CALCULAR EL EFECTO DE BARRERA DE OBSTÁCULOS



| id-taxon (TAXAGUA) | Taxón | IUCN | N | Mov | Vn (IUCN) | ki |
|-------------------------------|--|-------------|----------|------------|------------------|-----------|
| 36348 | <i>Achondrostoma arcasii</i> | VU | 1 | 3 | 1,5 | 20,25 |
| 36360 | <i>Achondrostoma occidentale</i> | VU | 1 | 2 | 1,5 | 12,25 |
| 36361 | <i>Achondrostoma oligolepis</i> | VU | 1 | 2 | 1,5 | 12,25 |
| 39047 | <i>Achondrostoma salmantinum</i> | EN | 1 | 3 | 1,75 | 22,56 |
| 9559 | <i>Acipenser sturio</i> | CR | 1 | 5 | 2 | 49,00 |
| 9509 | <i>Alburnus alburnus</i> | ND | 0 | 2 | 1 | 0,00 |
| 9562 | <i>Alosa alosa</i> | VU | 1 | 5 | 1,5 | 42,25 |
| 9563 | <i>Alosa fallax</i> | VU | 1 | 5 | 1,5 | 42,25 |
| 9567 | <i>Ameiurus melas</i> | ND | 0 | 2 | 1 | 0,00 |
| 9569 | <i>Anaocypris hispanica</i> | EN | 1 | 3 | 1,75 | 22,56 |
| 9525 | <i>Anguilla anguilla</i> | EN | 1 | 5 | 1,75 | 45,56 |
| 9796 | <i>Aphanius baeticus</i> | CR | 1 | 2 | 2 | 16,00 |
| 9572 | <i>Aphanius fasciatus</i> | ND | 0,5 | 2 | 1 | 4,50 |
| 9573 | <i>Aphanius iberus</i> | EN | 1 | 2 | 1,75 | 14,06 |
| 9577 | <i>Atherina boyeri</i> | VU | 1 | 1 | 1,5 | 6,25 |
| 36356 | <i>Australoheros facetus</i> | ND | 0 | 2 | 1 | 0,00 |
| 41863 | <i>Barbatula barbatula</i> | ND | 0,5 | 2 | 1 | 4,50 |
| 36343 | <i>Barbatula quignardi</i> | VU | 1 | 2 | 1,5 | 12,25 |
| 9514 | <i>Barbus haasi</i> | VU | 1 | 3 | 1,5 | 20,25 |
| 9709 | <i>Barbus meridionalis</i> | VU | 1 | 4 | 1,5 | 30,25 |
| 36350 | <i>Blicca bjoerkna</i> | ND | 0,5 | 2 | 1 | 4,50 |
| 9469 | <i>Carassius auratus</i> | ND | 0,5 | 2 | 1 | 4,50 |
| 9536 | <i>Chelon labrosus</i> | ND | 1 | 1 | 1 | 4,00 |
| 9473 | <i>Cobitis calderoni</i> | EN | 1 | 2 | 1,75 | 14,06 |
| 9721 | <i>Cobitis paludica</i> | VU | 1 | 2 | 1,5 | 12,25 |
| 9722 | <i>Cobitis vettonica</i> | EN | 1 | 2 | 1,75 | 14,06 |
| 37541 | <i>Cottus aturi</i> | CR | 1 | 2 | 2 | 16,00 |
| 9723 | <i>Cottus hispaniolensis</i> | CR | 1 | 2 | 2 | 16,00 |
| 9475 | <i>Cyprinus carpio</i> | ND | 0 | 2 | 1 | 0,00 |
| 97649 | <i>Dicentrarchus labrax</i> | ND | 1 | 1 | 1 | 4,00 |
| 9479 | <i>Esox lucius</i> | ND | 0 | 3 | 1 | 0,00 |
| 9730 | <i>Fundulus heteroclitus</i> | ND | 0 | 2 | 1 | 0,00 |
| 9513 | <i>Gambusia holbrooki</i> | ND | 0 | 2 | 1 | 0,00 |
| 34762 | <i>Gasterosteus aculeatus</i> | EN | 1 | 2 | 1,75 | 14,06 |
| 9732 | <i>Gobio lozanoi</i> | LC | 1 | 3 | 1 | 16,00 |
| | <i>Gobio occitaniae</i> | ND | 1 | 3 | 1 | 16,00 |
| 9737 | <i>Hucho hucho</i> | ND | 0 | 4 | 1 | 0,00 |
| 9787 | <i>Iberochondrostoma almaçai</i> | VU | 1 | 3 | 1,5 | 20,25 |
| 9717 | <i>Iberochondrostoma lemmingii</i> | VU | 1 | 3 | 1,5 | 20,25 |
| 9788 | <i>Iberochondrostoma lusitanicum</i> | VU | 1 | 2 | 1,5 | 12,25 |
| 39066 | <i>Iberochondrostoma olisiponensis</i> | EN | 1 | 3 | 1,75 | 22,56 |
| 9789 | <i>Iberochondrostoma oretanum</i> | CR | 1 | 3 | 2 | 25,00 |



| id-taxon (TAXAGUA) | Taxón | IUCN | N | Mov | Vn (UICN) | ki |
|-------------------------------|--------------------------------------|-------------|----------|------------|------------------|-----------|
| 9739 | <i>Ictalurus punctatus</i> | ND | 0 | 3 | 1 | 0,00 |
| 9741 | <i>Lampetra fluviatilis</i> | EN | 1 | 3 | 1,75 | 22,56 |
| 9742 | <i>Lampetra planeri</i> | CR | 1 | 2 | 2 | 16,00 |
| 9486 | <i>Lepomis gibbosus</i> | ND | 0 | 3 | 1 | 0,00 |
| 9746 | <i>Liza aurata</i> | ND | 1 | 1 | 1 | 4,00 |
| 4990 | <i>Liza ramada</i> | ND | 1 | 1 | 1 | 4,00 |
| 9578 | <i>Luciobarbus bocagei</i> | VU | 1 | 4 | 1,5 | 30,25 |
| 9707 | <i>Luciobarbus comizo</i> | VU | 1 | 4 | 1,5 | 30,25 |
| 9467 | <i>Luciobarbus graellsii</i> | VU | 1 | 4 | 1,5 | 30,25 |
| 9708 | <i>Luciobarbus guiraonis</i> | NT | 1 | 4 | 1,25 | 27,56 |
| 9710 | <i>Luciobarbus microcephalus</i> | VU | 1 | 4 | 1,5 | 30,25 |
| 9711 | <i>Luciobarbus sclateri</i> | NT | 1 | 4 | 1,25 | 27,56 |
| 9492 | <i>Micropterus salmoides</i> | ND | 0 | 2 | 1 | 0,00 |
| | <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> | ND | 0 | 2 | 1 | 0,00 |
| 9751 | <i>Mugil cephalus</i> | ND | 1 | 1 | 1 | 4,00 |
| 9752 | <i>Oncorhynchus kisutch</i> | ND | 0,5 | 4 | 1 | 12,50 |
| 9496 | <i>Oncorhynchus mykiss</i> | ND | 0 | 4 | 1 | 0,00 |
| 36351 | <i>Parachondrostoma arrigonis</i> | CR | 1 | 4 | 2 | 36,00 |
| 36345 | <i>Parachondrostoma miegii</i> | VU | 1 | 4 | 1,5 | 30,25 |
| 36352 | <i>Parachondrostoma turiense</i> | EN | 1 | 4 | 1,75 | 33,06 |
| 9755 | <i>Perca fluviatilis</i> | ND | 0 | 3 | 1 | 0,00 |
| 9521 | <i>Petromyzon marinus</i> | VU | 1 | 5 | 1,5 | 42,25 |
| 36346 | <i>Phoxinus phoxinus</i> | LC | 1 | 3 | 1 | 16,00 |
| | <i>Platichthys flesus</i> | LC | 1 | 1 | 1 | 4,00 |
| 9757 | <i>Poecilia reticulata</i> | ND | 0,5 | 2 | 1 | 4,50 |
| 9715 | <i>Pseudochondrostoma duriense</i> | VU | 1 | 4 | 1,5 | 30,25 |
| 9790 | <i>Pseudochondrostoma polylepis</i> | VU | 1 | 4 | 1,5 | 30,25 |
| 9720 | <i>Pseudochondrostoma willkommii</i> | VU | 1 | 3 | 1,5 | 20,25 |
| 37765 | <i>Pseudorasbora parva</i> | ND | 0 | 2 | 1 | 0,00 |
| 9761 | <i>Rutilus rutilus</i> | ND | 0 | 2 | 1 | 0,00 |
| 9502 | <i>Salaria fluviatilis</i> | EN | 1 | 2 | 1,75 | 14,06 |
| 9504 | <i>Salmo salar</i> | EN | 1 | 5 | 1,75 | 45,56 |
| 9505 | <i>Salmo trutta</i> | VU | 1 | 4 | 1,5 | 30,25 |
| 9763 | <i>Salvelinus fontinalis</i> | ND | 0 | 3 | 1 | 0,00 |
| 9766 | <i>Sander lucioperca</i> | ND | 0 | 4 | 1 | 0,00 |
| 9768 | <i>Scardinius erythrophthalmus</i> | ND | 0 | 2 | 1 | 0,00 |
| 9771 | <i>Silurus glanis</i> | ND | 0 | 2 | 1 | 0,00 |
| 36358 | <i>Squalius alburnoides</i> | NT | 1 | 3 | 1,25 | 18,06 |
| 9791 | <i>Squalius aradensis</i> | VU | 1 | 2 | 1,5 | 12,25 |
| 34775 | <i>Squalius carolitertii</i> | EN | 1 | 4 | 1,75 | 33,06 |
| 39068 | <i>Squalius castellanus</i> | CR | 1 | 4 | 2 | 36,00 |
| 34776 | <i>Squalius cephalus</i> | | 1 | 4 | 1 | 25,00 |



| id-taxon (TAXAGUA) | Taxón | IUCN | N | Mov | Vn (UICN) | ki |
|---------------------------|-----------------------------|-------------|----------|------------|------------------|-----------|
| 9792 | <i>Squalius laietanus</i> | VU | 1 | 4 | 1,5 | 30,25 |
| 9793 | <i>Squalius malacitanus</i> | EN | 1 | 3 | 1,75 | 22,56 |
| 36359 | <i>Squalius palaciosi</i> | CR | 1 | 3 | 2 | 25,00 |
| 9516 | <i>Squalius pyrenaicus</i> | VU | 1 | 4 | 1,5 | 30,25 |
| 9794 | <i>Squalius torgalensis</i> | VU | 1 | 2 | 1,75 | 14,06 |
| 9795 | <i>Squalius valentinus</i> | NT | 1 | 3 | 1,25 | 18,06 |
| 9775 | <i>Syngnathus abaster</i> | LC | 1 | 1 | 1 | 4,00 |
| 9507 | <i>Tinca tinca</i> | LC | 1 | 2 | 1 | 9,00 |
| 9778 | <i>Valencia hispanica</i> | CR | 1 | 2 | 2 | 16,00 |

| Naturalidad (N) | | |
|----------------------------|--------------------|------|
| Autóctona | | 1 |
| Introducida | | 0,5 |
| Invasora | | 0 |
| Movilidad (Mov) | | |
| Diádromos | | 5 |
| Potádromos 1 | | 4 |
| Potádromos 2 | | 3 |
| Sedentarios | | 2 |
| Eurahalinas | | 1 |
| Vulnerabilidad (Vn) | | |
| CR | En peligro crítico | 2 |
| EN | En peligro | 1,75 |
| VU | Vulnerable | 1,5 |
| NT | Casi amenazado | 1,25 |
| LC | Preocupación menor | 1 |
| ND | No definido | 1 |

Fuente: Doadrio et al.: Ictiofauna continental española. Bases para su seguimiento. MARM, 2011.



ANEXO IV: TABLAS DE CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA EN TRABAJO DE CAMPO: SUBTRAMO DE MUESTREO.



TABLAS DE CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA EN TRABAJO DE CAMPO:

SUBTRAMO DE MUESTREO

A continuación se presentan la tabla a rellenar en campo correspondientes al CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE:

4.2. ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO

4.2.1. TIPO DE SUSTRATO

| ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO: TIPO DE SUSTRATO | |
|--|--------------------------|
| <i>En roca</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Coluvial</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Aluvial</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Mixto</i> | <input type="checkbox"/> |

4.2.2. TIPO DE SEDIMENTO

| 4.2.2.1. ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO: TAMAÑO DOMINANTE DEL SEDIMENTO | | | | |
|---|--------------------------|--|--------------------------|--------------------------|
| | <i>DOMINANCIA</i> | <i>ABUNDANCIA</i> | <i>PRESENCIA</i> | <i>AUSENCIA</i> |
| <i>Rocoso</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Grueso</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Fino</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Lodos</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| CLASIFICACIÓN DE LOS SEDIMENTOS | | | | |
| <i>Efectiva</i> | <input type="checkbox"/> | Los sedimentos se encuentran imbricados, hay un acorazamiento moderado y las barras se encuentran bien formadas. | | |
| <i>Limitada</i> | <input type="checkbox"/> | Falla alguno de los indicadores: no se observa imbricación clara o el acorazamiento es muy alto o muy bajo o las barras son incipientes. Si el sedimento es arena o fino no habrá una buena construcción de depósitos. | | |
| <i>Nula</i> | <input type="checkbox"/> | Fallan todos los aspectos: no se registra imbricación, no hay acorazamiento o este es excesivo y no hay depósitos sedimentarios claros. | | |



4.2.3. TIPO DE ESTRUCTURA LONGITUDINAL

| | | | | | |
|--------------------------------|--|----|----|--------------------------|--------------------------|
| <i>Poza/marmita de gigante</i> | <input type="checkbox"/> | | | | |
| <i>Salto/poza</i> | <input type="checkbox"/> | | | | |
| <i>Rápido/poza</i> | <input type="checkbox"/> | | | | |
| <i>Rápido/remanso</i> | <input type="checkbox"/> | | | | |
| <i>Rápido continuo</i> | <input type="checkbox"/> | | | | |
| <i>Grada</i> | <input type="checkbox"/> | | | | |
| <i>Rampa</i> | <input type="checkbox"/> | | | | |
| <i>Tabla</i> | <input type="checkbox"/> | | | | |
| <i>Otra (especificar)</i> | <input type="checkbox"/> | | | | |
| <i>Modificada</i> | <table border="1"><tr><td>SI</td><td>NO</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table> | SI | NO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| SI | NO | | | | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | |

4.2.4. FORMAS Y DEPÓSITOS EMERGENTES EN EL LECHO

| ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO: PRESENCIA DE DIVERSAS FORMAS DEL LECHO | |
|--|--------------------------|
| <i>Barra en el cauce</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Barra marginal</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Isla</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Canal secundario</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Canal de crecida</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Surco</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Brazo ciego</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Cauce abandonado</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Otra (especificar)</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Sin formas naturales</i> | <input type="checkbox"/> |

4.2.5. MOVILIDAD DE SEDIMENTOS

| ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO: MOVILIDAD DE SEDIMENTOS | | |
|---|--------------------------|--|
| <i>Efectiva</i> | <input type="checkbox"/> | El sedimento está suelto y es fácilmente movable, no está cubierto por una capa de finos, no hay colonización vegetal o ésta es muy débil, hay madera muerta transportada y/o arribazones integrados con los sedimentos. |
| <i>Limitada</i> | <input type="checkbox"/> | El sedimento muestra algunos síntomas de compactación o asiste a una colonización vegetal moderada. |
| <i>Nula</i> | <input type="checkbox"/> | El sedimento está encostrado superficialmente o bien cubierto de una capa continua de material fino o está totalmente colonizado por vegetación. |

4.2.6. ACTUACIONES HUMANAS QUE GENERAN ALTERACIONES EN LA ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO

| ACTUACIONES HUMANAS QUE GENERAN ALTERACIONES EN LA ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO | |
|---|--------------------------|
| <i>Remociones, extracciones de áridos y dragados</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Azudes y otras estructuras de fondo</i> | <input type="checkbox"/> |



4.2.7. OTROS MICROHÁBITATS DIFERENCIABLES

| MICROHABITATS DIFERENCIABLES | | | | |
|---|---|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| HÁBITATS | Estimación de ocupación en el tramo de muestreo | | | |
| | DOMINANCIA | ABUNDANCIA | PRESENCIA | AUSENCIA |
| Detritos vegetales o restos vegetales muertos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Orillas vegetadas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Macrófitos sumergidos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Macrófitos alóctonos | <input type="checkbox"/> Sí | | <input type="checkbox"/> No | |

4.3. ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA

4.3.1. RÍOS CON RIBERA DEFINIDA

| ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA: ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| | Margen derecha | Margen izquierda | Valor global del tramo de estudio |
| Conectividad ecológica longitudinal (%) | | | |
| Porcentaje de la superficie del cauce sombreado por la vegetación de ribera (%) | | | |
| Superficie de la ribera topográfica actual (ha) | | | |
| Superficie de la ribera funcional (ha) | | | |
| Conectividad ecológica transversal (%) | | | |
| Categoría de conexión entre estratos | | | |
| ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA: COMPOSICIÓN ESPECÍFICA | | | |
| | Margen derecha | Margen izquierda | Valor global del tramo de estudio |
| Formación dominante en la vegetación ribereña | | | |
| Formación potencial de la vegetación ribereña | | | |
| Especies alóctonas presentes | | | |
| Especies acompañantes | | | |
| Naturalidad: porcentaje de la ribera funcional con especies autóctonas (%) | | | |
| Categoría de diversidad de pisos/clases de edad, incluyendo regenerado (salvo por condiciones naturales) | | | |
| Porcentaje de superficie de la ribera funcional (%) con especies indicadoras de etapas regresivas | | | |
| Presencia de árboles muertos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Hábitats presentes de la Directiva 92/43/CEE, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres | | | |
| ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA: DIMENSIONES DE LA ZONA DE RIBERA Y CALIDAD DEL HÁBITAT | | | |
| | Margen derecha | Margen izquierda | Valor global del tramo de estudio |
| Porcentaje de la ribera funcional con limitaciones en su conexión transversal con la ribera topográfica por estructuras artificiales (%) | | | |
| Porcentaje de la ribera funcional con alteración de los materiales del sustrato por actividades humanas (%) | | | |



4.3.2. RÍOS TEMPORALES O EFÍMEROS SIN CAPACIDAD DE ALBERGAR FAUNA PISCÍCOLA Y/O VEGETACIÓN DE RIBERA

| ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA EN RÍOS SIN RIBERA DEFINIDA | |
|--|--|
| <i>Porcentaje de ocupación del espacio fluvial por la existencia de vías de comunicación, estructuras artificiales o usos humanos del suelo que limiten o alteren la estructura y dinámica fluvial (%)</i> | |
| <i>Porcentaje de la superficie del espacio fluvial ocupada por vegetación alóctona (%)</i> | |

