

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

CÓDIGO: M-R-HMF-2015

Versión 0.

Documento inicial para consulta.

Comentarios a: calidad-agua@magrama.es en asunto indicar: *Observaciones sobre el Protocolo de hidromorfología*



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

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.



MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Edita:

© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:
<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

NIPO: 280-15-159-X



ÍNDICE

1.- CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA	3
1.1.- APLICABILIDAD.....	3
1.2.- OBJETIVO	3
1.3.- NORMATIVA DE REFERENCIA	4
1.4.- MATERIALES Y FUENTES DE INFORMACIÓN	4
1.4.1.- TRABAJO DE GABINETE	4
1.4.2.- TRABAJO DE CAMPO	5
1.5.- SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL TRAMO DE MUESTREO	6
1.6.- FRECUENCIA Y ÉPOCA DE CARACTERIZACIÓN.....	7
2.- CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO	8
2.1.- RÉGIMEN HIDROLÓGICO DE CAUDALES LÍQUIDOS	8
2.1.1.- OBTENCIÓN DE DATOS HIDROLÓGICOS BÁSICOS.....	8
2.2.- CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA.....	11
2.2.1.- RELACIÓN HÍDRICA ENTRE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y LOS RÍOS	11
2.2.2.- CONCLUSIONES A LA CARACTERIZACIÓN DE LA CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA.....	15
2.3.- POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO	15
2.3.1.- POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES LÍQUIDOS	17
2.3.2.- POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES SÓLIDOS	20
3.- CAPÍTULO III: CARACTERIZACIÓN DE LA CONTINUIDAD DEL RÍO	25
3.1.- CARACTERIZACIÓN DE LOS OBSTÁCULOS Y DE SUS CONDICIONES DE PASO.....	26
3.1.1.- EFECTO DE BARRERA EN ASCENSO	28
3.1.2.- EFECTO DE BARRERA DEL PASO EN DESCENSO	29
3.2.- EFECTO BARRERA DE CADA OBSTÁCULO PARA LAS DISTINTAS ESPECIES PISCÍCOLAS.....	29
3.3.- ÍNDICE DE COMPARTIMENTACIÓN DE LA MASA DE AGUA (IC).....	32
3.4.- ÍNDICE DE CONTINUIDAD LONGITUDINAL DE LA MASA DE AGUA (ICL)	32
4.- CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE	34
4.1.- VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA DEL CAUCE	34
4.1.1.- TIPO DE FONDO DE VALLE	34
4.1.2.- TIPOS MORFOLÓGICOS EN PLANTA.....	35
4.1.3.- TRAMOS MODIFICADOS POR ACCIONES DIRECTAS EN EL CAUCE.....	37
4.1.4.- CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LOS CAMBIOS DE TIPO MORFOLÓGICO EN LAS ÚLTIMAS DÉCADAS	37
4.1.5.- OTRAS ACTUACIONES HUMANAS QUE GENERAN ALTERACIONES EN LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA DEL CAUCE	38
4.2.- ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO	39
4.2.1.- TIPO DE SUSTRATO	39
4.2.2.- TIPO DE SEDIMENTO	40
4.2.3.- TIPO DE ESTRUCTURA LONGITUDINAL	42
4.2.4.- FORMAS NATURALES DEL LECHO	43
4.2.5.- MOVILIDAD DE SEDIMENTOS	44
4.2.6.- SÍNTOMAS DE DINÁMICA VERTICAL ACELERADA.....	45
4.2.7.- ACTUACIONES HUMANAS QUE GENERAN ALTERACIONES EN LA ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO.....	45
4.3.- ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA.....	45
4.3.1.- RÍOS CON RIBERA DEFINIDA	47
4.3.2.- RÍOS SIN RIBERA DEFINIDA.....	50
5.- CAPÍTULO V: CARACTERIZACIÓN GLOBAL	52



ANEXOS

ANEXO I: TABLAS DE CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA DE TRABAJO DE GABINETE.58

ANEXO II: TABLAS DE CARACTERIZACIÓN DEL EFECTO BARRERA Y CONTINUIDAD LONGITUDINAL DE LAS MASAS DE AGUA CATEGORÍA RÍOS EN TRABAJO DE CAMPO 67

ANEXO III: TABLAS DE CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA EN TRABAJO DE CAMPO: TRAMO DE MUESTREO..... 71

ANEXO IV: PROCEDIMIENTO DETALLADO PARA EL CÁLCULO DE LA RELACIÓN RÍO Y ACUÍFERO. 76

ANEXO V: METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA PARA EL ESTUDIO DETALLADO DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES ... 91

ANEXO VI: VALORES KI PARA CALCULAR EL EFECTO DE BARRERA DE OBSTÁCULOS.... 94

ANEXO VII: FORMULAS COMPLEMENTARIAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS MORFOLÓGICOS EN PLANTA 97



1.- CAPITULO I: INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA

1.1.- APLICABILIDAD

Este protocolo de muestreo 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 e incluye la toma de datos en gabinete y campo. Comprende los siguientes elementos:

- Régimen hidrológico
 - Caudales e hidrodinámica del flujo de las aguas
 - Conexión con masas de agua subterránea
- 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 inicialmente al total de cada una de las masas de agua con estaciones que incluyan elementos de calidad hidromorfológicos, fundamentalmente a través de trabajo de gabinete (cartografía y bases de datos ya existentes), y posteriormente se seleccionan tramos de muestreo en el terreno.

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.

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 que los métodos empleados para controlar cada parámetro serán conformes a las normas internacionales o nacionales que garanticen el suministro de información de calidad y comparabilidad científica equivalentes.



Por lo tanto, 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

La normativa de referencia de este protocolo es la que se enumera a continuación:

- 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.
- Orden MAM/3207/2006 por la que se aprueba la ITC-MMA EECC-1/06 Instrucción técnica complementaria sobre determinaciones químicas y microbiológicas para el análisis de las aguas.
- 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.

Este protocolo se ha redactado teniendo en cuenta las siguientes normas:

- UNE – EN 5667-1: 2007 – Parte 1. Guía para el diseño de programas de muestreo y técnicas de muestreo.
- UNE – EN 14996: 2007 – Guía para el aseguramiento de la calidad de las evaluaciones biológicas y ecológicas en el medio ambiente acuático.
- UNE – EN 14184: 2004. Calidad del agua. Guía para el estudio de los macrófitos acuáticos en cursos de agua.

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).

- 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...
- Ortofotos actuales y antiguas, mapas topográficos y modelos digitales disponibles.
- Sistema de Información de Ocupación del Suelo (SIOSE) o Corine Land Cover.
- Inventario Forestal Nacional y Mapa Forestal de España.

En el anexo I y parte del anexo II, 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.

Equipos y material para la toma de datos:

- Bolígrafo, rotulador permanente, lápiz
- Fichas de campo, PDA, tablet o cualquier soporte digital
- Fundas impermeables para las fichas de campo
- GPS
- Cámara digital
- Cartografía/ortofotografía
- Teléfono móvil
- Vadeador
- Molinete, pértiga, cinta métrica,... (medición puntual de caudales)
- Jalón

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.

El anexo II en parte y el anexo III presentan los datos a recopilar en el trabajo de campo.



1.5.- SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL TRAMO DE MUESTREO

Tal y como se ha comentado con anterioridad, la caracterización de la hidromorfología de la masa de agua se realizará en general, 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 ese estado en más puntos.

No obstante, hay propiedades a estudiar de la masa de agua que no pueden estudiarse en toda la masa, por ejemplo, el sustrato del lecho o el estado del bosque de ribera, por lo que hay que seleccionar un tramo de muestreo representativo de las características de la masa de agua. Esta selección se realizará una vez se haya finalizado el trabajo de gabinete, a partir de los criterios que se marcan a continuación.

El tramo elegido para la caracterización en campo será representativo de la variabilidad física y ambiental existente en la masa de agua, fruto de la caracterización hidromorfológica de gabinete, escogiendo aquel tramo que represente de forma significativa la mayor parte de la masa de agua. En el caso de que hubiese tramos de muy distinta hidromorfología y magnitudes similares, se deberían realizar muestreos independientes, que aseguren una correcta caracterización y la subdivisión de la masa de agua en varios tramos hidromorfológicos.

En la medida de lo posible, el tramo de muestreo en campo sobre el que se realice la caracterización hidromorfológica deberá coincidir además con los puntos de muestreo biológico de los programas de seguimiento del estado de las masas de agua.

A la vista de lo anterior, el tramo para la caracterización en campo se definirá teniendo en cuenta las características siguientes:

- 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 identificación del tramo de muestreo seleccionado se realizará en gabinete, y posteriormente se corroborará en campo. En los ríos de magnitud pequeña y media contará con 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 tramos 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

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.

Se seleccionará el tramo de muestreo a partir de puntos accesibles. El muestreo se realizará tomando las precauciones necesarias y evitando riesgos. El tramo seleccionado, de acuerdo a los criterios definidos en el apartado correspondiente, se delimitará mediante la anotación de las coordenadas UTM del punto de inicio y final.



Teniendo en cuenta las indicaciones previas, la definición del tramo de muestreo se podría realizar mediante la siguiente secuencia de tareas:

- 1.- En gabinete, establecimiento de una anchura activa estimada, y de ésta, derivar la longitud del tramo de muestreo.
- 2.- Identificación en gabinete de los puntos donde se realizan los muestreos fisicoquímicos y biológicos de la masa de agua. Análisis de la representatividad y establecimiento de varias posibles zonas de muestreo para evitar las posibles desviaciones en campo respecto a la abstracción en gabinete.
- 3.- Selección en campo del tramo más representativo, a partir de las zonas definidas en gabinete, verificando que la abstracción realizada en gabinete a partir de la imagen aérea es coherente con lo observado en campo.
- 4.- Corrección de la anchura del cauce activo medida en gabinete, y definición del tramo de muestreo.

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.

En este sentido, se deberá seleccionar el momento del año en el que el caudal sea bajo (pero no cuando el flujo haya cesado), si bien para estimar el efecto de barrera de los azudes existentes deberá intentarse realizarse en la época de migración piscícola y cuando el tipo y estructura de la vegetación existente en el cauce, orillas y riberas pueda registrarse con precisión.

Como norma general, los muestreos se realizarán durante los meses del año hidrológicamente representativos y limitantes en cada una de las masas de agua, siguiendo en todo caso, las recomendaciones anteriormente indicadas.



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:

- 1.- El análisis de los caudales líquidos circulantes.
- 2.- La hidrogeología del terreno en lo relativo a la conexión de las masas de agua superficiales con las masas de agua subterránea.
- 3.- 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 el 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 los siguientes regímenes:

- *Glacial*
- *Nival*
- *Nivo-pluvial*
- *Pluvio-nival*
- *Pluvial oceánico*
- *Pluvial mediterráneo*

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).
- 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.



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.

Para analizar el régimen real, 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)
	CAUMAX	1980/81-2005/06	Caudal medio anual (m^3/s)
			Caudales medios mensuales (m^3/s)
		-	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:	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
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registros ▪ Extrapolación ▪ Simulación 	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 1.- Variables a estimar para la caracterización del régimen de caudales



2.2.- CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

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

2.2.1.- 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, debido a un descenso artificial de los niveles 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 importante.

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 el cauce del río
- Situación relativa de los niveles del río y de los niveles piezométricos del acuífero en la zona contigua al río

Estos factores determinarán cuando 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 determina el tipo de suelos, la litología y la estructura. En particular, la litología influye 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* y *acuíferos fracturados* o por alteración superficial.

En los *acuíferos detríticos* y *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 cársticos* o *con fracturas*, las descargas al río o entradas al acuífero se producen de manera puntual. 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 efluente. 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.

2.2.1.1.- 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.
- *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).

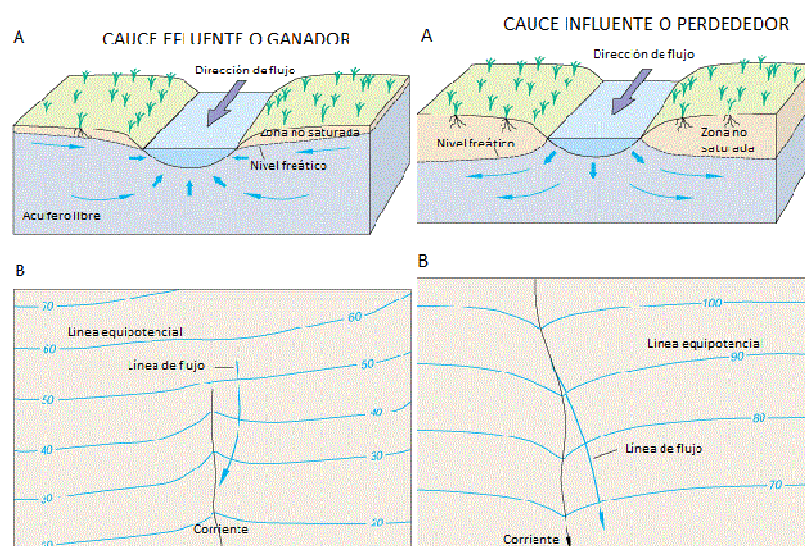


Figura 1.- Sentido de la relación acuífero-río



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

Desde un punto de vista espacial, la relación río-acu 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 diferenciables 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.

2.2.1.3.- 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 u otra se pueden establecer dos situaciones, que hacen referencia a la continuidad o discontinuidad hidráulica de la relación río-acuífero.

A la primera situación de continuidad o discontinuidad de la conexión hidráulica se la ha denominado *directa* y a la segunda *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 descuelgan 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 2.- Tipologías para la caracterización de la interrelación entre las masas de agua subterránea y los ríos



2.2.2.- CONCLUSIONES A LA CARACTERIZACIÓN DE LA CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

En general, en lo referente a la conexión de las aguas superficiales con las aguas subterráneas y la temporalidad de los aportes derivados de dicha conexión, existe el estudio de “*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, (IGME,2011 http://info.igme.es/SIDIMAGENES/146000/838/146838_0000001.PDF)* que han estudiado esta relación, y que puede ser empleado para esta caracterización inicial hidromorfológica. En el anexo I se presenta una metodología alternativa para identificar esta problemática allí donde no sea posible obtener información suficiente o que no se considera actualizada.

De forma global, siguiendo el citado estudio, se establecen los siguientes grados de conexión:

- *Sin conexión*: régimen de caudales independiente de las masas de agua subterránea.
- *Con conexión temporal*: régimen de caudales influenciado temporalmente por los aportes de aguas subterráneas.
- *Con alto grado de conexión*: régimen de caudales claramente influenciado por los aportes de aguas subterráneas.

En relación con su grado de alteración, se establecen estos niveles:

- *Sin alteración, ya sea porque*:
 - No hay conexión significativa
 - Los niveles del acuífero no están alterados significativamente.
 - No hay alteraciones significativas en la morfología del cauce que impidan su conexión.
- *Con alteración parcial*: en la que determinadas partes de la masa de agua o épocas del año existe determinada alteración en la conexión natural.
- *Con alteración significativa*:
 - Los niveles del acuífero están alterados significativamente.
 - Hay alteraciones significativas en la morfología del cauce que impiden su conexión.

2.3.- POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO

La caracterización de las posibles fuentes de alteración del régimen hidrológico complementario a los puntos anteriores 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 se detecten alta presencia de posibles fuentes de alteración del régimen de caudales si se estima necesario, se aplicará la segunda fase para la caracterización detallada de la alteración que sufre el



régimen de caudales y la identificación de las causas de esta alteración. Ambas evaluaciones se realizan en gabinete.

El proceso es 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: $H > 15 \text{ m}$ ó $10 < H < 15 \text{ m}$ y $V_e > 100.000 \text{ m}^3$</p> <p><i>Siendo H la altura desde la base de la cimentación y V_e el volumen del embalse. (art 358 Reglamento DPH) y/o centrales hidroeléctricas</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>Generación de hidrópicos por turbinado.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modificación de la variabilidad y las tasas de cambio <p>Transporte de sedimentos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modificación en tipología y magnitud. (caudales sólidos)
<p>Impermeabilización por zonas urbanas, periurbanas e industriales.</p>	<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>Retorno de estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR)</p>	<p>Aumento de caudales (alteración en magnitud).</p> <p>Alteración de la estacionalidad.</p> <p>Disminución de la generación de sedimentos.</p>
<p>Riegos (Derivaciones y retornos)</p>	<p>Reducción/aumento de caudales (alteración en magnitud).</p> <p>Alteración de la estacionalidad</p>
<p>Extracciones de áridos, estructuras de retención de sedimentos, azudes, etc....</p>	<p>Reducción de la generación y/o transporte de sedimentos (caudales sólidos)</p>

Tabla 3.- Principales acciones antrópicas que alteran el régimen hidrológico y sus efectos



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

En la tabla 4 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	ΣVoIE (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)
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. 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.	ΣQ(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.	Sc_imperm (km ²)
Sumatorio del vertido anual autorizado por las EDAR ubicadas aguas arriba de la sección de cierre de la masa de agua y que no estén dominadas. Para el sumatorio se tendrán en cuenta los vertidos de más de 10.000 habitantes equivalentes. 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 las EDARs y la gran presa aguas abajo se evaluará su inclusión caso por caso.	ΣVertido anual autorizado EDAR de > 10000 hab-eq (hm ³)
Superficie de regadío en la cuenca.	Sc_regadío (km ²)

Tabla 4.- Variables a considerar en la caracterización de las fuentes de alteración del régimen hidrológico

En la tabla 5 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
A_{pRN} (hm^3)	Dato obtenido a partir de SIMPA (CEDEX)
$\Sigma VoIE$ (hm^3)	Base de datos asociada al geoportal del MAGRAMA, inventario de presas y embalses o bases de datos del organismo de cuenca.
Sc (km^2)	Base de datos asociada al geoportal del MAGRAMA (Geoportal: <i>cuencasmspf.shp</i>) o bases de datos del organismo de cuenca.
$QT10RN$ (m^3/s)	CAUMAX y geoportal del MAGRAMA: Gestión de riesgos de inundación: caudales máximos.
$\Sigma Q(CENTRALES)$ (m^3/s)	Base de datos asociada al geoportal del MAGRAMA: 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.
Q_{mRN} (m^3/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.
$Sc_{imperme}$ (km^2)	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
Σ Vertido anual autorizado EDAR (hm^3) de >10.000 hab-eq	Base de datos asociada al geoportal del MAGRAMA: <i>EDAR_Q2011.shp</i> Base de datos del Organismo de cuenca: Autorizaciones de vertido
$Sc_{regadío}$ (km^2)	Superficie de regadío: Tabla atributos SIOSE. Campo: Atributos; Código: 32 (regadío regado). Para superficie: campo SUPERRF_HA_

Tabla 5.- 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. $\Sigma \text{VolE} / (0,0864 * \text{QT10RN})$	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
Retorno de estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR)	Alteración en magnitud y la estacionalidad de los caudales ordinarios.	Cociente entre el vertido anual autorizado a las EDAR y la aportación anual. $\Sigma \text{Vertido anual autorizado EDAR} / \text{ApRN}$	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. $\text{Sc_regadío} / \text{ApRN}$	Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad potencial de afectar a la magnitud y estacionalidad de los caudales.	ICAH 6

Tabla 6.- Indicadores de la caracterización de posibles fuentes de alteración del régimen hidrológico (caudales líquidos)

La tabla siguiente recoge los umbrales para la valoración cualitativa del potencial de alteración:

INDICADOR DE CARACTERIZACIÓN	POTENCIAL DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO. CAUDALES LÍQUIDOS		
	ALTO	MODERADO	BAJO
ICAH 1: REGULACIÓN $\Sigma \text{VolE} / \text{ApRN}$	>0,5	0,5 – 0,1	<0,1
ICAH 2: LAMINACIÓN $\Sigma \text{VolE} / [0,0864 * \text{Q10}]$	>5	5 - 1	<1
ICAH 3: HIDROPICOS $\Sigma \text{Q(CENTRALES)} / \text{QmRN}$	>0,5	0,5 – 0,1	<0,1
ICAH 4: IMPERMEABILIZACIÓN $\text{Sc_imper} / \text{Sc}$	>0,15	0,15 – 0,05	<0,05
ICAH 5: EDARS $\Sigma \text{Vertido anual EDAR} / \text{ApRN}$	>0,25	0,25 – 0,1	<0,1
ICAH 6: REGADÍOS. $\text{Sc_regadío} / \text{Sc}$	>0,25	0,25 – 0,1	<0,1

Tabla 7.- Umbrales para la valoración cualitativa de los indicadores de caracterización de las fuentes de alteración del régimen hidrológico (caudales líquidos)



2.3.1.1.- Conclusiones a la caracterización de las posibles fuentes de alteración del régimen hidrológico

Como resumen de esta fase, se identificará para cada cuenca las posibles causas de alteración del régimen de caudales de la misma. La tabla siguiente muestra la posible interpretación de los indicadores de riesgo anteriormente calculados.

CONCLUSIONES A LA CARACTERIZACIÓN DE LAS POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO			
AGENTE GENERADOR	INDICADOR	UMBRAL	POSIBLES EFECTOS EN RÉGIMEN DE CAUDALES LÍQUIDOS
Embalses: Alteración de aportaciones	ICAH 1 $\Sigma VoIE / ApRN$	>0,5	Los embalses existentes en la cuenca tienen capacidad potencial para regular más del 50% de las aportaciones naturales correspondientes a la sección de cierre de la masa de agua.
Embalses: Laminación de avenidas	ICAH 2 $\Sigma VoIE / [0,0864 * Q10]$	>5	Los embalses existentes en la cuenca tardarían más de 5 días en llenarse (alta capacidad de laminación) si estuviese circulando de manera constante el Q T10 años.
Hidrópicos	ICAH 3 $\Sigma Q(\text{CENTRALES}) / QmRN$	>0,5	Las centrales hidroeléctricas existentes en la cuenca tienen alta capacidad potencial de generar hidrópicos significativos.
Impermeabiliza ción del suelo	ICAH 4 Sc_imper / Sc	>0,15	La superficie impermeabilizada existente en la cuenca tiene una alta capacidad potencial de incrementar la escorrentía.
Vertidos de EDAR	ICAH 5 $\Sigma \text{Vertido anual EDAR} / ApRN$	>0,25	Los vertidos de las EDAR existentes en la cuenca tienen una alta capacidad potencial de alteración de la magnitud y estacionalidad de los caudales.
Derivaciones y retornos por regadíos	ICAH 6 $Sc_regadío / Sc$	>0,25	Los retornos de regadío existentes en la cuenca tienen una alta capacidad potencial de afectar a la magnitud y estacionalidad de los caudales.

Tabla 8.- Indicadores de caracterización de las posibles fuentes de alteración hidrológica (ICAHs) y posibles efectos: caudales líquidos

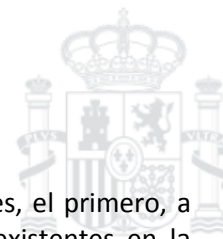
En caso necesario, podrá estudiarse con mayor detalle la alteración hidrológica existente a través del empleo de descriptores de la alteración hidromorfológica (DAH), mediante la comparación de series de caudales en régimen natural y en régimen real implementados en programas informáticos, como, por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

2.3.2.- 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 la masa de agua.

En esta fase, como se ha comentado con anterioridad, al igual que en el apartado anterior, se va a proceder a caracterizar las actuaciones humanas que generan déficit de sedimentos o dificultades en el transporte en la cuenca hidrográfica.

En este apartado se estudian 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 9.- Posibles fuentes de alteración del régimen de caudales sólidos

2.3.2.1.- 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 analizará cualitativamente si la cuenca de la masa de agua no regulada por grandes presas está alguna de las siguientes situaciones:

- La erosión y las pérdidas de suelo generadas por los usos del suelo en la cuenca de la masa de agua su tipología puede ser: alta, media, baja o muy baja.
- El grado de afección por incendios forestales en la cuenca de la masa de agua puede ser: alto, medio, bajo o muy bajo.

2.3.2.2.- 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.

2.3.2.2.1.- 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 2.3.

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.

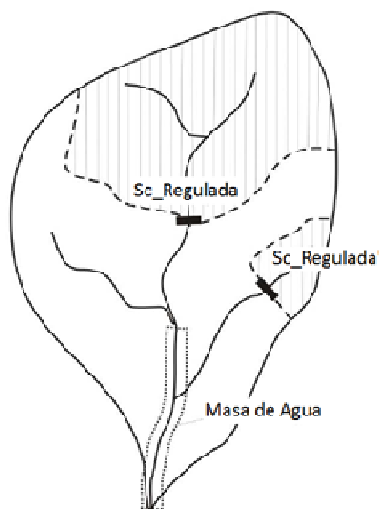


Figura 2.- Croquis de la ubicación de las presas clave y cuenca vertiente en cada una de ellas

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
$S_{c_Regulada}$ (km²)	Superficie regulada por grandes presas en la cuenca en la sección de cierre de la masa de agua (superficie dominada)
% $S_{c_Regulada}$	% de superficie de la cuenca vertiente de la masa de agua cuyos aportes quedan retenidos por las grandes presas situadas aguas arriba

Tabla 10.- Caracterización de las actividades que generan déficit de sedimentos en la cuenca: grandes presas

2.3.2.2.2.- 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, aterrazamientos, 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 o estructuras de retención de sedimentos en afluentes, barrancos, laderas, 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, por la dificultad de hacerlo), se marcará la casilla correspondiente, diferenciando 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, tal como se expresa en la siguiente tabla. Como fuente de consulta se recabará la información disponible en DATAGUA y la consulta de la cartografía 1:25.000 y/o ortofotos.

2.3.2.2.3.- Extracciones de áridos

Las extracciones de áridos y eventuales dragados en el cauce son una clara fuente de pérdida de sedimentos en el cauce. No es objeto de este protocolo la cuantificación de estas extracciones, sí lo es el identificar, con la información fácilmente recopilable, las actividades que en este ámbito se han podido realizar en los últimos años en el tramo. 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.

2.3.2.2.4.- Azudes dentro de la masa de agua

Se definen como azudes las presas que no se consideran grandes presas ya inventariado en la caracterización de la continuidad para las especies piscícolas. Se consideran aquí solamente los obstáculos que tienen capacidad para retener sedimentos y alterar los procesos de transporte, diferenciando cuántos se encuentran ya colmatados, en cuyo caso la mayor parte del transporte ya puede superar el obstáculo, y cuántos pueden todavía retener sedimentos.

La distancia media entre azudes se calculará como el cociente entre la longitud de la masa de agua y el número de azudes. Este valor, en general, coincidirá con el calculado en el punto de continuidad para la vida piscícola (apartado 3.1.3.), si todos los obstáculos son azudes.

Para determinar el número de azudes, tanto colmatados como no colmatados, puede ser suficiente consultar fotografías aéreas y bases de datos, si bien, si se realiza trabajo de campo, tal y como se señala en la parte de análisis de la vida piscícola, es importante comprobar el grado de colmatación.

Por último, se determinará el grado de afección de los azudes en el transporte de sedimentos. Si los azudes ya están colmatados, se supondrá que ya no tiene efecto sobre el actual transporte de sedimentos.



2.3.2.3.- Conclusiones a la caracterización de la alteración del régimen hidrológico: caudales sólidos

Como resumen a este capítulo, se presenta la tabla siguiente, que analiza la caracterización del régimen hidrológico en cuanto a la generación y transporte de sedimentos:

CONCLUSIONES A LA CARACTERIZACIÓN DE LA ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CAUDALES SÓLIDOS				
AGENTE GENERADOR	INDICADOR	UNIDAD	UMBRAL	POSIBLES EFECTOS EN RÉGIMEN DE CAUDALES SÓLIDOS
Usos del suelo en la cuenca	Grado de erosión de la cuenca	Alto/Medio/Bajo/ Muy bajo	Alto	Para valores altos, los usos del suelo en la cuenca pueden estar generando importantes sedimentos que pueden, en su caso, alterar el ecosistema fluvial. Valores medios o bajos serán compatibles con la morfología natural del mismo.
Incendios forestales	Grado de influencia de incendios forestales	Alto/Medio/Bajo/ Muy bajo	Alto	Para valores altos, los incendios forestales pueden estar generando importantes sedimentos que pueden, en su caso, alterar el ecosistema fluvial. Valores medios o bajos serán compatibles con la morfología natural del mismo.
Grandes presas	% de superficie de la cuenca vertiente de la masa de agua cuyos aportes quedan retenidos por las grandes presas situadas aguas arriba	%	30	Para valores superiores, las masas de agua asociadas pueden tener un déficit de sedimentos importantes, ya que la mayor parte de los sedimentos se generan en la cabecera de los cauces, en general, regulada por embalses.
Desconexión en laderas y afluentes en cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua	Grado de desconexión en cuenca no regulada	Alto/Medio/Bajo/ Muy bajo	Alto	Para valores altos, esta desconexión, unida con la regulación de los embalses, puede estar generando importantes déficit de sedimentos que pueden, en su caso, alterar el ecosistema fluvial.
Existencia de retenciones en la cuenca propia de la masa de agua	Grado de desconexión en cuenca propia de la masa de agua	Alto/Medio/Bajo/ Muy bajo	Alto	Para valores altos, esta desconexión, unida con la regulación de los embalses, puede estar generando importantes déficit de sedimentos que pueden, en su caso, alterar el ecosistema fluvial.
Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua	Grado de extracción	Alto/Medio/Bajo/ Muy bajo	Alto	Para valores altos, esta extracción, unida con los factores anteriores, puede estar generando importantes déficit de sedimentos que pueden, en su caso, alterar el ecosistema fluvial.
Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca propia la masa de agua	Grado de extracción	Alto/Medio/Bajo/ Muy bajo	Alto	Para valores altos, esta extracción, unida con los factores anteriores, puede estar generando importantes déficit de sedimentos que pueden, en su caso, alterar el ecosistema fluvial.
Azudes en la masa de agua	Grado de afección de los azudes	Alto/Medio/Bajo/ Muy bajo	Alto	Para valores altos, esta afección, unida con los factores anteriores, puede estar generando importantes déficit de sedimentos que pueden, en su caso, alterar el ecosistema fluvial.

Tabla 11.- Conclusiones a la caracterización de la alteración del régimen hidrológico: caudales sólidos



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 la caracterización de la hidromorfología de una masa de agua superficial categoría río. Esta continuidad, en este protocolo, se caracteriza analizando aquellos elementos artificiales que supongan un obstáculo a los distintos movimientos migratorios a lo largo del cauce, en concreto, de las especies piscícolas.

Para la estimación de continuidad longitudinal de un río será necesario partir de los inventarios de obstáculos (presas, azudes, etc.) realizados por las 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 y su grado de afección a la continuidad fluvial.

En gabinete, por medio de foto aérea y mapas 1:25.000 o de menor escala, se pueden detectar algunos 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 la vegetación de ribera, hacen imposible detectar la presencia de azudes u otros obstáculos transversales. Las obras de paso existentes en numerosas infraestructuras viarias tampoco son detectables mediante foto aérea en buena parte de los casos.

En este protocolo se establece un procedimiento pensado no solo para la caracterización de la continuidad fluvial, sino además, que permita un análisis comparado entre distintas masas de agua.

Las fases del proceso, una vez recopilados los datos, son:

- 1.- Caracterización de cada obstáculo y de sus condiciones de paso en ascenso y en descenso.
- 2.- Estudio del efecto de barrera de cada obstáculo para las distintas especies piscícolas, mediante el cálculo del índice de efecto de barrera de cada obstáculo (que varía entre cero, cuando permite el paso de todas las especies en cualquier condición de caudal, hasta 10, cuando ninguna especie lo puede pasar).
- 3.- 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 su efecto de barrera, de forma que a mayor valor del índice mayor grado de compartimentación.
- 4.- Cálculo del coeficiente de prioridad de las especies piscícolas ($\sum Ki$), como elemento esencial para caracterizar las especies presentes o potencialmente presentes en la masa de agua, y que cuando toma valores altos significa que tiene una comunidad compleja con especies con altos requerimientos de movilidad.
- 5.- 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, pero ésta puede tener una gran relevancia: un río sin obstáculos tendrá un ICL de 0, independientemente de que especies lo habiten.

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

Una vez obtenido el inventario de obstáculos será necesario determinar el efecto de barrera de cada uno de ellos mediante el análisis de las siguientes características:

- *Tipo de obstáculo:*
 - o Salto vertical.
 - o Paso entubado.
 - o Vado sin paso entubado.
 - o Paso sobre paramento.
 - o Obstáculos mixtos.



**Figura 3.- Ejemplos de tipos de obstáculos:
Salto vertical**



**Figura 4.- Ejemplos de tipos de obstáculos:
Paso entubado.**



**Figura 5.- Ejemplos de tipos de obstáculos:
Paso sobre paramento.**



Figura 6.- Ejemplos de tipos de obstáculos: Vado

- Medidas de los obstáculos. En función del tipo de obstáculo será necesario caracterizar las siguientes variables:

VARIABLES PARA LOS DISTINTOS TIPOS DE OBSTÁCULOS	
SALTO VERTICAL	Altura del salto (h)
	Profundidad de la poza de remonte (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)
PASO SOBRE PARAMENTO	Longitud de paramento (L/DC)
	Altura (DLC)
	Anchura en coronación (AC)
	Longitud en coronación (L)
	Pendiente (%)
	Velocidad de la corriente (V)
	Calado en coronación (ALC)
	Calado en paramento (ALP)
	Profundidad de poza a pie de azud
OBSTÁCULO MIXTO	Longitud (L)
	Pendiente (%)
	Velocidad de la corriente (V)
	Calado sobre el paramento (C)

Tabla 12.- Variables para los distintos tipos de obstáculos

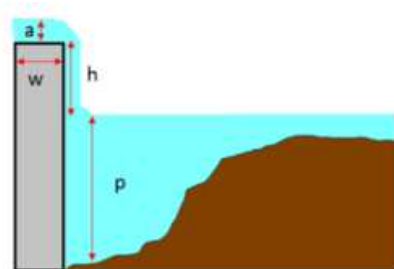


Figura 7.- Variables para obstáculos de salto vertical

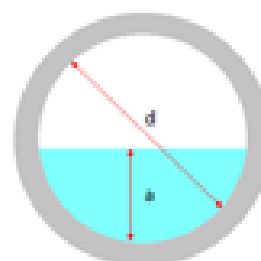


Figura 8.- Variables para obstáculos tipo paso entubado

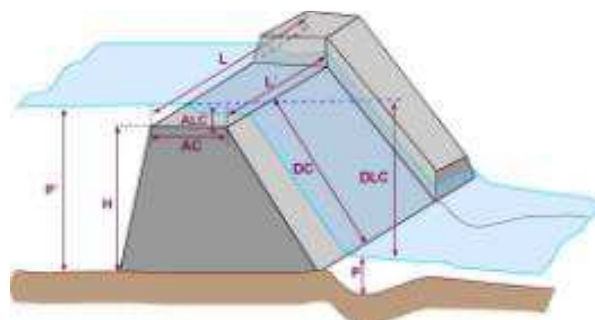
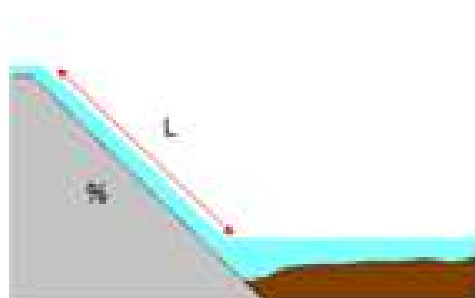


Figura 9.- Variables para obstáculos tipo paso sobre paramento



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

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, y si estas están en funcionamiento en cualquier situación o en solo determinadas condiciones de caudal.

3.1.1.- EFECTO DE BARRERA EN ASCENSO

Las condiciones a valorar para el ascenso son:

- *Dificultad de 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.
- *Ausencia de llamada*, es decir, si el pez puede o no identificar el paso 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, especialmente 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.
- *Estructuras de ascenso o escalas*: La existencia de dispositivos de paso funcionales en el obstáculo. En este caso se señalará el tipo y las medidas anteriormente citadas se tomarán sobre el mismo.

Por otra parte, los tipos de estructuras de ascenso que facilitan la migración ascensional de las especies piscícolas pueden ser:

- Estanques sucesivos
- Rampas
- Ralentizador
- Canal lateral
- Pre-presas
- Otros

La posibilidad de acceso, llamada y presencia de turbulencias se referirán a la zona más favorable para el paso, especialmente cuando exista un sistema de remonte.



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

- El paso debe ser practicable tanto en su entrada como en su salida.
- Debe existir un caudal de llamada claro, manteniendo las velocidades adecuadas en la entrada, especialmente en el caso de las escalas.
- No deben existir turbulencias importantes en el paso, especialmente en el caso de las escalas.
- La entrada al paso no debe estar descolgada del cauce, especialmente en escalas y ralentizadores.
- 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)
- Será necesario incluir en las observaciones una descripción detallada del sistema de paso y cualquier información que se considere relevante.

3.1.2.- EFECTO DE BARRERA DEL PASO EN 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 (canales artificiales, 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.

3.2.- EFECTO BARRERA DE CADA OBSTÁCULO PARA LAS DISTINTAS ESPECIES PISCÍCOLAS

Una vez caracterizadas las condiciones de paso en ascenso y en descenso en cada uno de los obstáculos transversales al cauce se evaluará la dificultad de paso o *efecto de barrera* que estas características determinan para cada uno de los siguientes grupos de peces considerados:

- *Grupo 1*: corresponde a las características de especies con alta capacidad de natación y salto (p.ej: salmónidos)



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

El efecto de barrera de los obstáculos transversales determinará la continuidad piscícola de la masa de agua frente a los movimientos migratorios propios de cada especie.

Para determinar el efecto de barrera de cada obstáculo inventariado será necesario comprobar, para cada grupo de peces indicado anteriormente, si algún valor de los parámetros medidos en campo supera o no los valores limitantes indicados en la siguiente tabla (para cada tipo de obstáculo: saltos verticales, pasos entubados, pasos sobre paramento).

EFFECTO DE BARRERA: VALORES LIMITANTES POR GRUPO DE ESPECIES PISCÍCOLAS				
Valores limitantes (en m o m/s)	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Saltos verticales				
Altura máxima del salto	1	0,5	0,2	
Profundidad mínima de la poza de remonte	1,25h	1,4h	1,4h	Indiferente
Anchura máxima en coronación	0,5	0,5	0,5	0,5
Altura mínima de la lámina de agua en coronación	0,15	0,1	0,1	0,01
Pasos entubados				
Velocidad de la corriente	2,4	1,7	0,5	1,7
Altura mínima de la lámina en el paso	0,1	0,1	0,1	0,01
Pasos sobre el paramento				
Pendiente máxima	30%	20%	20%	45%
Velocidad máxima de la corriente	2,4	1,5	0,5	2
Calado mínimo sobre el paramento	0,1	0,1	0,1	0,01

Tabla 13.- Valores limitantes por grupo de especies piscícolas

Si las medidas tomadas en campo no superan ninguno de los máximos ni están por debajo de los mínimos superan alguno de estos valores en cualquier condición de caudal, el obstáculo es franqueable para ese grupo. Si lo hace solo en determinadas condiciones de caudal el obstáculo no será franqueable dependiendo de las condiciones del mismo.

A continuación se procederá a calcular el valor global del grado de efecto de barrera, que se obtendrá de la suma de la puntuación de cada grupo. Para ello se analizará el efecto de barrera en función de:

1. La incidencia del caudal circulante (A)
2. Las características de las condiciones de paso (B)

En base a los datos del inventario de campo y a los valores limitantes al efecto de barrera por cada grupo de especies piscícolas, se determina el grado de efecto de barrera del obstáculo en ascenso (A), en función de la repercusión del caudal circulante según la siguiente tabla.



EFFECTO DE BARRERA EN FUNCIÓN DEL CAUDAL CIRCULANTE				
Grado de efecto de barrera en ascenso (A)	Puntuación			
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Franqueable en cualquier condición de caudal	0	0	0	0
Franqueable dependiendo de las condiciones de caudal	1,5	1,5	1,5	1,5
No franqueable en cualquier condición de caudal	2,5	2,5	2,5	2,5

Tabla 14.- Efecto barrera en función del caudal circulante

El grado de efecto de barrera total (A) se determina como la suma de los valores obtenidos para cada grupo de peces.

Una vez obtenida esta puntuación parcial se valora el efecto de barrera en función de las características de las condiciones de paso del obstáculo y su permeabilidad en ascenso y descenso (B), según la siguiente tabla.

EFFECTO DE BARRERA EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS CONDICIONES DE PASO (B) EN ASCENSO Y DESCENSO	
Efecto barrera en ascenso	Valor
Accesibilidad: dificultad de acceso a pie de presa	+ 0,5
Efecto llamada: ausencia de llamada	+ 0,5
Turbulencias: presencia de turbulencias importantes	+ 0,5
Rugosidad del paramento: Superficie rugosa o irregular (pendientes inferiores a 45%)	- 0,5
Descansaderos: Cambios de pendiente u obstáculos formando descansos	- 0,5
Estructuras de acceso o escalas: escalas funcionales, cauces artificiales, etc.	- 1
Efecto barrera en descenso	Valor
Dificultad de identificación del paso (ausencia de un gradiente claro de velocidad en la zona embalsada)	+ 1
Paso por turbinas, molinos, etc. o caídas superiores a 10 m.	+ 1
Canal de derivación sin mecanismos que impidan la entrada de peces	+ 1
Canal de derivación con mecanismos que impidan la entrada de peces	+ 0,5
Los peces pueden migrar a través del obstáculo o existen estructuras de descenso	- 0,5

Tabla 15.- Efecto barrera en función de las características de las condiciones de paso (B) en ascenso y en descenso

Los valores obtenidos del grado de efecto de barrera en ascenso y descenso (B) se sumarán al valor del efecto de barrera en función del caudal (A).

De esta manera se obtiene el *Índice de efecto de barrera (IF)* mediante la suma de las puntuaciones obtenidas para el bloque A y B. Valores bajos de este índice indican que el obstáculo no es una barrera para la mayor parte de las especies, mientras que toma el valor máximo de 10, cuando el obstáculo es una barrera para todas las especies.

Para el estudio de la continuidad de una masa de agua se ha de determinar el efecto de barrera de todos y cada uno de los obstáculos existentes en la misma y aguas arriba de esta.

De esta manera se podrá determinar finalmente el índice de compartimentación de la masa de agua en estudio.



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

Para analizar el grado de compartimentación o fragmentación de un curso fluvial, una cuenca, una masa de agua o un tramo determinado, se calcula el citado *Índice de compartimentación (IC)*.

Este índice relaciona el índice de efecto de barrera medio ($\sum IF/N$) del tramo analizado con la distancia media entre obstáculos (LT/N). A mayor valor del índice mayor grado de compartimentación.

$$IC = \frac{\frac{\sum IF}{N}}{\frac{L_T}{N}} = \frac{\sum IF}{L_T}$$

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

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

La continuidad longitudinal de un curso fluvial o una cuenca vendrá determinada por la fragmentación de la cuenca 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 *Coefficiente 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 VI).

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

Donde:

- *N o Naturalidad*: 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 16.- Valores de la naturalidad en función del origen de la especie

- *Mov o Movilidad*: 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 17.- Valores de movilidad para las especies



- *Vn o Vulnerabilidad*: en función de las categorías establecidas en la lista roja de la UICN.

VULNERABILIDAD	
<i>Especies en peligro</i>	2
<i>Especies vulnerables</i>	1,5
<i>Especies sin catalogar</i>	1

Tabla 18.- Valores de vulnerabilidad en función de las categorías establecidas en la lista roja de la UICN

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

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 el tramo/masa de agua.

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, pero ésta puede tener una gran relevancia: un río sin obstáculos tendrá un ICL de 0, independientemente de que especies lo habiten.



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

A continuación, se va a proceder a caracterizar las condiciones morfológicas del cauce de la masa de agua en estudio. En general, la primera parte será realizada a través de un trabajo de gabinete complementada con el trabajo de campo en el tramo de muestreo. En masas de agua muy grandes o heterogéneas, es probable que deba dividirse en varias submasas de agua con características morfológicas más homogéneas. De acuerdo con la DMA, las condiciones morfológicas a estudiar se dividen en los siguientes grupos:

- 1.- *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.
- 2.- *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.
- 3.- *Estructura de la zona ribereña*, considerando en este epígrafe la caracterización del bosque de ribera asociado.

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, y por lo tanto, en general, a partir de la información disponible en gabinete, que en caso necesario, puede ser necesario comprobar en campo.

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 apenas una superficie mayor 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 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. Las otras dos posibilidades se refieren a un valle no confinado, en cuyo caso puede presentar una llanura de inundación estrecha o discontinua, muchas veces desarrollada solo en una de las orillas del río, o bien una 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 10.- Tipos de fondo de valle

4.1.2.- TIPOS MORFOLÓGICOS EN PLANTA

Es una variable de caracterización fundamental que debe ser identificada en fotografía aérea actual e histórica. En primer lugar se completarán los tipos naturales, diseñados por el propio río a partir de fotos históricas y conceptos y formulas teóricas (Anexo VII) basadas en la pendiente y el caudal dominante que puede ser estimado a partir de CAUMAX como máxima crecida ordinaria), y 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 identificar el tipo de 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. 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, pastoreo, etc. muy diferentes a las actuales, por lo que deben tomarse con prudencia.

El índice de sinuosidad se calcula sobre la fotografía aérea, existiendo varios métodos, aunque el más sencillo es dividir la longitud del cauce entre la longitud del fondo de valle, conformada ésta por una sucesión quebrada de líneas rectas.

- *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.
- *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.

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 tramos.

Por último, se calculará el grado de diversidad natural en la masa de agua, el cual es un parámetro meramente explicativo y comparativo que 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. No obstante, solo se contabilizará el número de tipos naturales diferentes con porcentajes significativos.

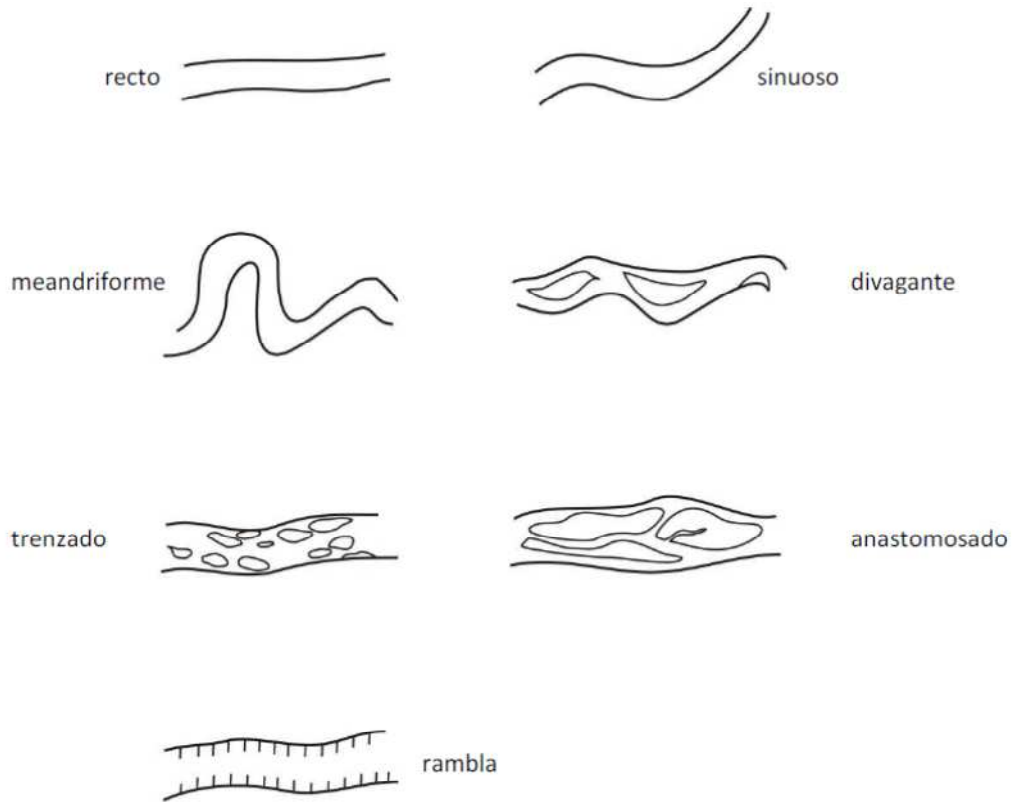
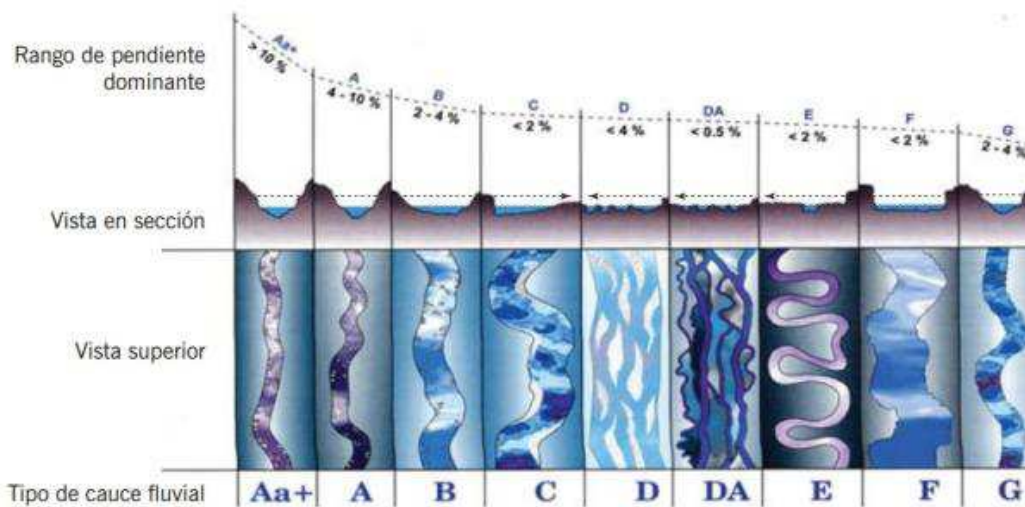


Figura 11.- Tipos morfológicos en planta



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

Figura 12.- Tipos morfológicos en planta según Rosgen (1996)



4.1.3.- TRAMOS MODIFICADOS POR ACCIONES DIRECTAS EN EL CAUCE

Una vez definido tipos morfológicos en planta, tanto para el trazado natural como actual del curso fluvial, cabe la posibilidad de que existan en la masa de agua sectores con el cauce claramente modificados, debiéndose identificar los tramos afectados por cualesquiera de estas acciones. Estos tipos modificados pueden ser resultado de las acciones:

- *Desviado*: creación de un cauce nuevo.
- *Acortado*: cortas artificiales de meandros o actuaciones de reducción de curvatura.
- *Simplificado*: reducción de brazos y eliminación de islas, generalmente estableciendo un cauce único.
- *Canalizado*: obra de encauzamiento que fija totalmente las márgenes.

Se contabilizará la longitud de tramos modificados en la masa de agua, calculando el porcentaje de la misma respecto de la longitud total de la masa.

4.1.4.- CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LOS CAMBIOS DE TIPO MORFOLÓGICO EN LAS ÚLTIMAS DÉCADAS

A continuación se analizarán las posibles causas de los posibles cambios morfológicos basados en acciones directas y/o indirectas. En los estadillos se marcará un “no” si no ha habido cambios significativos y el cauce, por tanto, conserva un tipo natural igual al que tenía en el pasado. Si se observan cambios se marca “sí” y se señala el tipo de cambio, por ejemplo “trenzado a sinuoso” o “meandriforme a canalizado”. Además, se informa de la posible causa principal de ese cambio. El evaluador puede optar por cuatro causas:

- *Embalses*: si los hay aguas arriba es muy probable que hayan provocado procesos de simplificación y estrechamiento del cauce.
- *Cambios en la cuenca*: urbanización, cambios de usos del suelo, etc., que también pueden generar procesos de simplificación geomorfológica
- *Acción directa sobre el cauce* identificada en apartado anterior.
- *No identificada*, si el evaluador no observa ninguna causa clara, pudiendo tratarse de un cambio de origen natural o relacionado con factores como el cambio climático.

Los cambios más frecuentes que pueden esperarse dentro de los tipos naturales son:

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

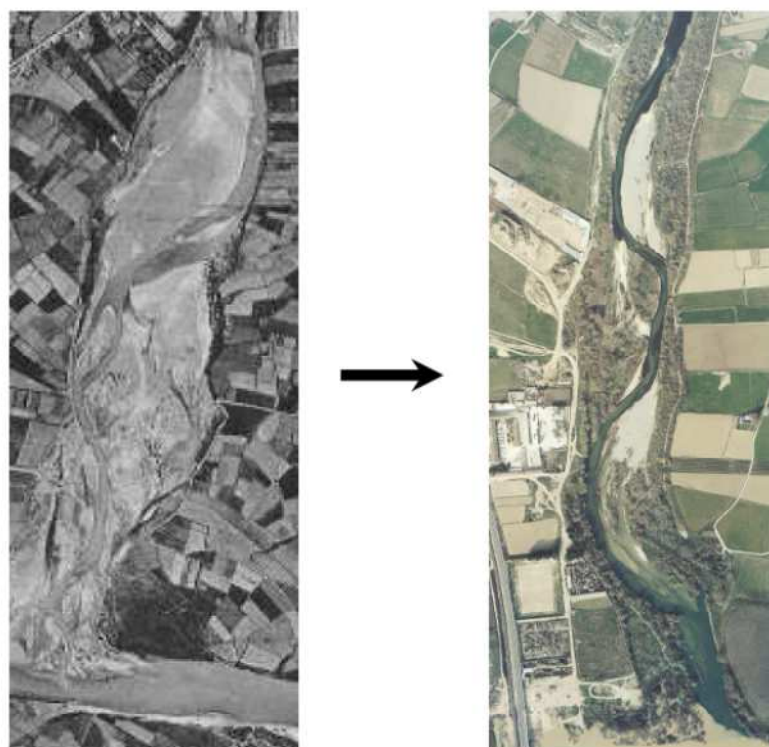


Figura 13.- Ejemplo de cambio de tipo morfológico en planta

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, (fotografías aéreas, cartografía, bases de datos, etc.) y solamente las que se circunscriben al cauce deben ser corroboradas, en la medida de lo posible, posteriormente en campo.

4.1.5.1.- Grado de ocupación de la llanura de inundación por elementos impermeables

En las masas o tramos en los que los valles permitan la existencia de llanura de inundación se hará una aproximación del grado de ocupación de la misma por elementos impermeables. La anchura de la llanura de inundación se estimará en función de la geomorfología del valle y de la información sobre cartografía de zonas inundables disponible en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables y las distintas web de los Organismos de cuenca.

En general, se puede considerar que los procesos que generan mayor alteración son los de urbanización e impermeabilización, por lo que se estimará la longitud de las márgenes del río urbanizadas y posteriormente se calculará el *% de longitud de la margen afectada*.

En segundo lugar se comprobará si hay vías de comunicación importantes dentro de la llanura de inundación a lo largo de la margen del río estudiada que puedan además modificar el patrón de comportamiento durante una inundación, así como diques, motas u otros rellenos artificiales en la llanura de inundación.



4.1.5.2.- Estabilización de márgenes (muros, escolleras, gaviones...) y diques o motas en la ribera del cauce.

En este se analiza la presencia de elementos que rigidizar las márgenes y riberas o que directamente las ocupan, limitando la anchura del cauce e impidiendo el desarrollo de procesos fluviales y de la vegetación de ribera. En este apartado no se señalarán las actuaciones que ya se hayan considerado a la hora de identificar los tramos modificados por acciones directas en el cauce en el apartado anterior.

Limitamos ese epígrafe, por tanto, a dos tipos de obras principales: las *estabilizaciones de márgenes* (escolleras, muros, gaviones...) y las obras para la *defensa de las zonas inundables* (diques o motas).

Las primeras se adosan a la orilla y las segundas pueden estar adosadas a las primeras o bien más alejadas del cauce. Solo se considerarán las motas o diques situados en las riberas del cauce, ya que las existentes en el resto de llanura de inundación se deben incluir en el epígrafe anterior, relativo a la ocupación o alteración de la llanura de inundación. Se medirá el *% de longitud de la masa de agua de cada una de las dos tipologías*.

4.1.5.3.- Remansos por azudes y otros elementos y estructuras

Uno de los efectos más importantes sobre la variación de la profundidad y anchura de un cauce es la presencia de azudes que realizan remansos significativos, modificando en muchos casos de forma importante tanto la anchura como la profundidad de la masa de agua. Para valorar esta afección, se procederá a estimar la longitud de cada remanso asociado al azud identificado en el estudio de la continuidad longitudinal, y a partir de la ortofoto aérea y la altura del azud, estimar la variación en la anchura del río y de su profundidad.

A continuación, se procede a acumular estas variables en todos los azudes de la masa de agua, obteniéndose la información global sobre el grado de afección de la masa de agua.

4.2.- ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO

A continuación se caracteriza, de acuerdo con la Directiva Marco del Agua, la estructura y el sustrato del lecho de la masa de agua, elementos esenciales en el ecosistema fluvial y que permiten el desarrollo de una gran parte de los ciclos biológicos asociados al cauce.

Esta fase del trabajo se realiza sobre el tramo de muestreo seleccionado, no sobre el total de la masa de agua, siendo en esencia, un trabajo por lo tanto de campo.

4.2.1.- TIPO DE SUSTRATO

Se observa en campo en el tramo de muestreo. Es una diferenciación muy importante de señalar, ya que en un curso aluvial todo el lecho y las orillas están conformados por sedimentos del río, mientras en el curso en roca puede haber algunos sedimentos, pero el cauce está labrado en lecho rocoso, sea este de roca dura o bien blanda pero cohesiva. Se ha incluido la posibilidad de un tipo intermedio o mixto en casos en los que la capa aluvial sea débil y localmente aparezcan juntas formas del cauce con y sin sedimentos. El tipo de sustrato se debe elegir en el tramo de muestreo.

4.2.2.- TIPO DE SEDIMENTO

4.2.2.1.- Tamaño dominante del sedimento

Se observa en campo en el tramo de muestreo. No es necesario tomar muestras ni medir con precisión los sedimentos, simplemente se realiza 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.

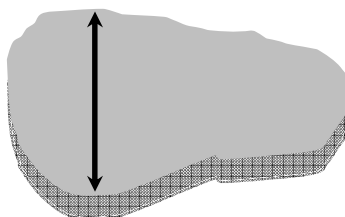


Figura 14.- Tamaño dominante del sedimento

Las posibles respuestas (solo indicar el porcentaje de las categorías más importantes para cada tramo de muestreo) son las siguientes:

ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO: TAMAÑO DOMINANTE DEL SEDIMENTO	
Sin sedimento	si el cauce es en roca no se observarán sedimentos superficiales
Bloques	más de 25,6 cm
Cantos	de 6,4 cm a 25,6 cm
Gravas	de 2 mm a 64 mm
Arenas	de 0,063 mm a 2 mm
Limos y arcillas	menos de 0,063 mm

Tabla 19.- Tamaño dominante del sedimento

4.2.2.2.- Clasificación de sedimentos

La clasificación de los sedimentos en el tramo de muestreo nos informa notablemente sobre el funcionamiento del cauce y si el régimen de caudales existente es capaz de movilizarlo y con ello, de mantener el lecho del mismo en unas condiciones morfológicas adecuadas.

Para definir la clasificación de los sedimentos se comprobarán tres indicadores de fácil visualización:

- *Imbricación*, que 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 15.- Imbricación en un lecho de gravas

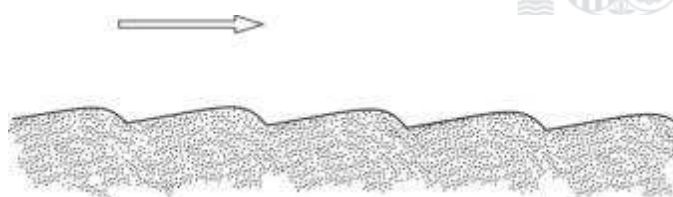


Figura 16.- Imbricación (Ripples) en el lecho arenoso

- *Acorazamiento*, ya que 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.

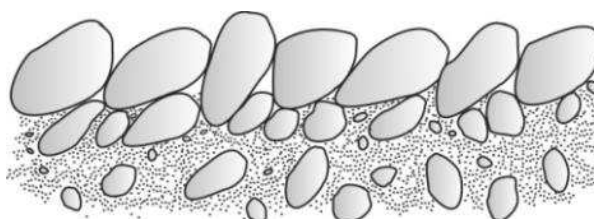


Figura 17.- Ejemplo de acorazamiento excesivo

- *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 parámetro es importante muestrear en aguas bajas y comprobar también la morfología en fotografía aérea.



Figura 18.- Barras bien formadas - Río Aragón



Si el material sedimentario dominante es arena o fino no pueden observarse los dos primeros indicadores, por lo que 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.

Las posibles respuestas para la clasificación de los sedimentos son las siguientes:

- *Efectiva*: los sedimentos se encuentran imbricados, hay un acorazamiento moderado y las barras se encuentran bien formadas.
- *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.
- *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 en el área 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 deberá optar por una tipología principal de las que aparecen en la tabla, pudiéndose incluir, otra tipología en el caso de que no haya solo una estructura en el tramo de estudio, especificándose sus características. En el caso de que la estructura longitudinal en el muestreo sea fruto de las alteraciones identificadas, deberá marcarse además la casilla de modificada.

En cada tramo de muestreo se debe elegir la tipología principal de estructura longitudinal. En el caso de que se detecte otra tipología, marcar la adicionalmente. Indicar también si la estructura longitudinal esta modificada por alteraciones antropogénicas o no.

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

- Salto/poza
- Rápido/poza
- Rápido/remanso
- Rápido continuo
- Grada
- Rampa
- Tabla
- Otra (especificar)

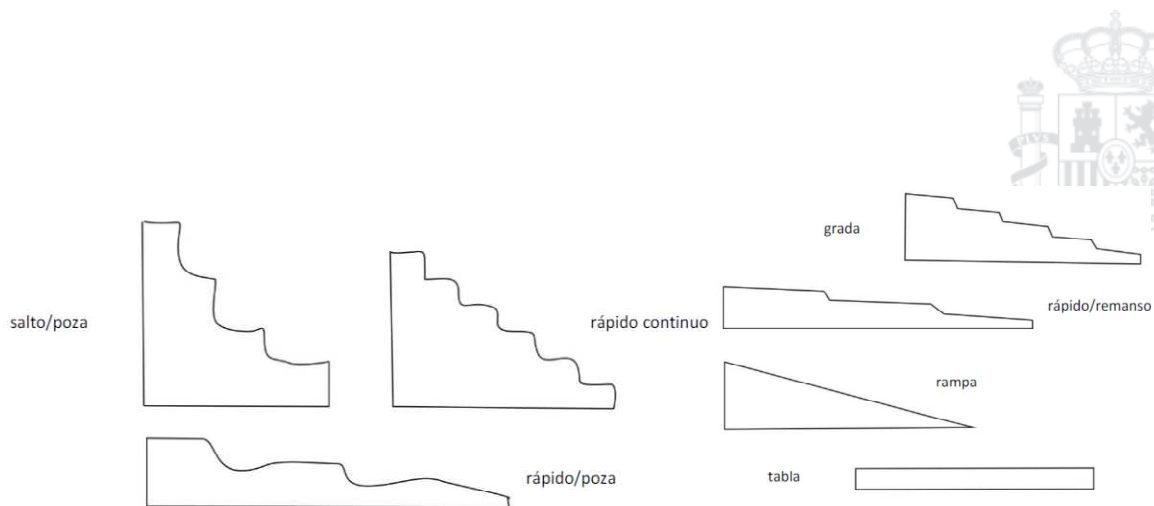


Figura 19.- Tipos naturales de estructura longitudinal

4.2.4.- FORMAS NATURALES DEL LECHO

Las formas 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, recogidas en la ficha y en el croquis gráfico, que pueden conformar un complejo mosaico. En cursos fluviales principales en fotografía aérea se pueden identificar la mayor parte de estas formas, pero es recomendable (imprescindible en ríos pequeños) un recorrido por el área de muestreo para comprobarlas y localizar morfologías menores. La identificación de formas se realizará sobre la misma área en la que se aplique el protocolo de la vegetación de ribera.

La presencia de diversas formas del lecho se caracterizará en la tabla... eligiendo entre los siguientes tipos:

- Barra lateral
- Barra de meandro
- Barra longitudinal
- Isla
- Canal secundario
- Isla
- Canal secundario
- Canal de crecida
- Surco
- Brazo ciego
- Cauce abandonado
- Otra (especificar)
- Sin formas naturales

De los tipos anteriores pueden elegirse varias opciones. La identificación de formas se realizará en el tramo de estudio. Si no se detectan formas naturales, marcar la casilla específica.

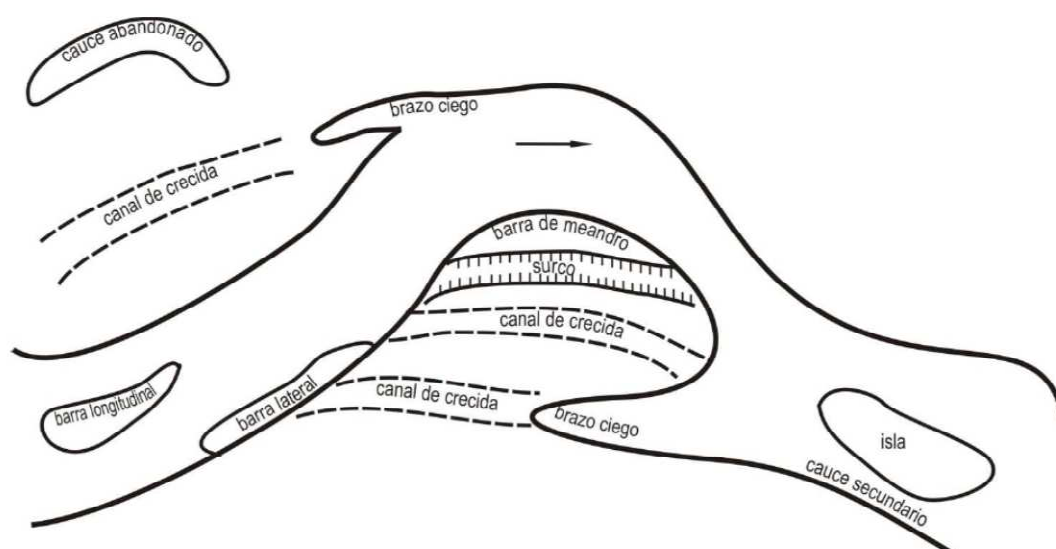


Figura 20.- Formas naturales del lecho

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 cuatro indicadores:

- 1.- 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.
- 2.- Si el material sedimentario aparece cubierto de una pátina o capa de finos, que puede ser síntoma de problemas de inactividad en los procesos hidrogeomorfológicos
- 3.- 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.
- 4.- 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 último, si no hay sedimentos depositados, es decir, si en el apartado “tamaño dominante del sedimento” se marcó “sin sedimento”, lógicamente no se completa este apartado.

Las posibles respuestas para la caracterización de la movilidad de sedimentos son las siguientes:

- *Efectiva*: el sedimento está suelto y es fácilmente movilizable, 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.
- *Limitada*: el sedimento muestra algunos síntomas de compactación o asiste a una colonización vegetal moderada.
- *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.- SÍNTOMAS DE DINÁMICA VERTICAL ACELERADA

Como complemento al estudio en gabinete de la alteración del régimen hidrológico, tanto en caudales líquidos como sólidos, se analizan ahora en el tramo de estudio 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.

Es preciso observar estos posibles síntomas en campo en el tramo de muestreo. Lo normal es que en una misma zona de muestreo si hay incisión no haya acreción, o viceversa. Las metodologías de trabajo para cuantificar ambos procesos son laboriosas y largas en el tiempo, por lo que 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.

El observador marcará exclusivamente si no hay síntomas o si encuentra indicios claros de un proceso o del otro. Se debe elegir una sola respuesta en cada punto de muestreo, que deberá tener cierta correlación con el análisis realizado en el régimen hidrológico.

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

En este apartado se adjuntan 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 campo, sobre actuaciones humanas que generan alteraciones en el fondo del cauce en la masa de agua, que tienen efectos tanto en la variación de la anchura y profundidad del cauce como en la estructura y sustrato del lecho. Se indican en este punto para hacer hincapié en los efectos sinérgicos que producen.

- *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 de los lechos.

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):
 - o *Conectividad ecológica longitudinal*, que indique la conexión de la vegetación leñosa a lo largo del corredor ribereño.
 - o *Conectividad ecológica transversal*, que evalúe la conexión de la vegetación leñosa a lo largo del eje perpendicular al cauce fluvial.



- o *Conexión entre estratos*, que permita analizar las relaciones entre los diferentes pisos de la formación, en relación con sus implicaciones ecológicas.
- o *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):
 - o *Naturalidad*, en relación con el peso relativo de las especies autóctonas y alóctonas en el tramo de muestreo.
 - o *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.
 - o *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):
 - o *Funcionalidad de las riberas*, en cuanto a la proporción de ribera funcional respecto a ribera topográfica.
 - o *Limitación de la conexión transversal por estructuras artificiales*.
 - o *Limitación de la permeabilidad y alteración de los materiales del sustrato ribereño por actividades humanas*.

4.3.1.- RÍOS CON RIBERA DEFINIDA

4.3.1.1.- Estructura de la vegetación

En el tramo de muestreo, una de las primeras actuaciones a realizar es la identificación de las dos categorías de riberas: *ribera topográfica* y *ribera funcional*. La *ribera funcional* coincidiría con el espacio que efectivamente alberga actualmente bosque de ribera. La *ribera topográfica*, como espacio potencial de ribera, que englobaría los terrenos que se extienden 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 el ancho de la llanura de inundación realizado en apartados anteriores en especial cuando se estudió en el punto 4.1.5.1 el grado de ocupación de la llanura de inundación.

Así, la *ribera topográfica* se caracterizará porque a pesar de no estar funcionado 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.

En los ríos con ribera definida la estructura de la vegetación se valorará a partir de los tres criterios siguientes:

- *Conectividad ecológica longitudinal*: Evaluación del porcentaje de conexión longitudinal de la vegetación leñosa autóctona mediante la realización de una primera estimación a partir de la ortofoto, que se verá corroborada por el recorrido longitudinal de las riberas a lo largo del tramo de muestreo. La conectividad longitudinal se evaluará mediante la valoración del grado de tangencia/solape de las copas (o vuelo) de la vegetación sobre el perímetro del cauce activo, sin considerar el resto de la ribera y con el porcentaje de cauce que está sombreado por la vegetación de ribera.
- *Conectividad ecológica transversal*: Evaluación del porcentaje de ribera topográfica ocupada por bosque de ribera (ribera funcional). Su estimación se realizará mediante la realización de varios transectos perpendiculares al cauce, distribuidos de manera homogénea a lo largo del tramo de muestreo, y en ambas márgenes. Al igual que en el caso anterior, se considerará también el grado de tangencia/solape de las copas (o vuelo) de la vegetación ribereña.
- *Conexión entre estratos*: Evaluación de la conexión entre estratos de vegetación autóctona (leñosa y no leñosa) a lo largo de varios transectos perpendiculares al cauce utilizados en la evaluación de la conectividad transversal, también en ambas riberas. 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
 - *Conectada*: La vegetación leñosa y no leñosa se conectan en la mayor parte de los transectos
 - *Moderada*: La vegetación leñosa y no leñosa se conectan en varios puntos de los transectos
 - *Escasa*: La vegetación leñosa y no leñosa se conectan de forma esporádica
 - *Inconexa*: No hay conexión entre los distintos estratos de la vegetación

En los resultados de los transectos transversales se usará la moda (valor más frecuente); y el promedio en el caso de la integración de los resultados de las dos márgenes.

4.3.1.2.- Composición específica

- *Naturalidad*: 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.



- *Clases de edad:* Evaluación del equilibrio de clases de edad de la vegetación ribereña autóctona, incluyendo regenerado joven (retoños o renuevos), ejemplares jóvenes, maduros y extramaduros. Se clasifica en 5 categorías:
 - *Muy alta:* Están representadas todas las clases de edad, incluyendo regenerado joven y árboles extramaduros.
 - *Alta:* Están representadas la mayor parte de las clases de edad, incluyendo regenerado joven y árboles extramaduros.
 - *Media:* Están representadas la mayor parte de las clases de edad, incluyendo regenerado joven y árboles extramaduros.
 - *Baja:* Están representadas pocas clases de edad, en general árboles adultos y extramaduros.
 - *Muy baja:* Están representada una única clase de edad, en general árboles adultos.
- *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.

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.

4.3.1.3.- Dimensiones de la zona ribereña y calidad del hábitat

Las dimensiones de la zona ribereña y la calidad del hábitat ya han sido en parte estudiadas tanto en el punto sobre conectividad ecológica transversal como a la hora de estimar el grado de ocupación de las zonas inundables. A continuación se establecen los criterios para la caracterización de este aspecto:

- *Funcionalidad de las riberas:* Evaluación del porcentaje de ribera funcional en ambos márgenes del río, frente a la dimensión completa de la ribera topográfica, como consecuencia de la existencia de infraestructuras o usos humanos. Aspecto que ya ha sido estudiado a la hora de caracterizar la conectividad ecológica transversal.
- *Limitación de la conexión transversal por estructuras artificiales:* Evaluación del porcentaje de la ribera funcional (ambos márgenes) que cuenta con limitaciones en su conexión transversal con el resto de la ribera topográfica 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.
- *Limitación de la permeabilidad y alteración de los materiales de la ribera funcional por actividades humanas:* Evaluación del porcentaje de superficie de la ribera funcional que sufren 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 SIN RIBERA DEFINIDA

Integran esta categoría los cauces en que, debido a las condiciones hidrometeorológicas e hidromorfológicas del sistema fluvial, no es posible el desarrollo de una ribera bien definida ni de un bosque de ribera estable o por no tener caudal todos los años, o, teniéndolo, es tan escaso que no llega a la categoría de intermitente. 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 no son el único caso, que correspondería a todos los cauces efímeros en general.

Existen criterios basados en el régimen hidrológico para caracterizar a los cauces 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 Topográfica Nacional a escala 1:25.000.

Por la habitual indefinición del cauce activo, en este tipo de cauces el tramo de muestreo habrá de seleccionarse en base a la representatividad respecto al conjunto de la masa de agua. Por las especiales características de este tipo de cauces, que se reflejan en una baja cobertura de la vegetación de ribera, resulta posible su definición en gabinete buscando la mencionada representatividad. Se estimará también la anchura de la ribera topográfica que se caracterizará a partir de la realización de varios transectos perpendiculares al cauce, distribuidos de manera homogénea a lo largo del tramo de muestreo.

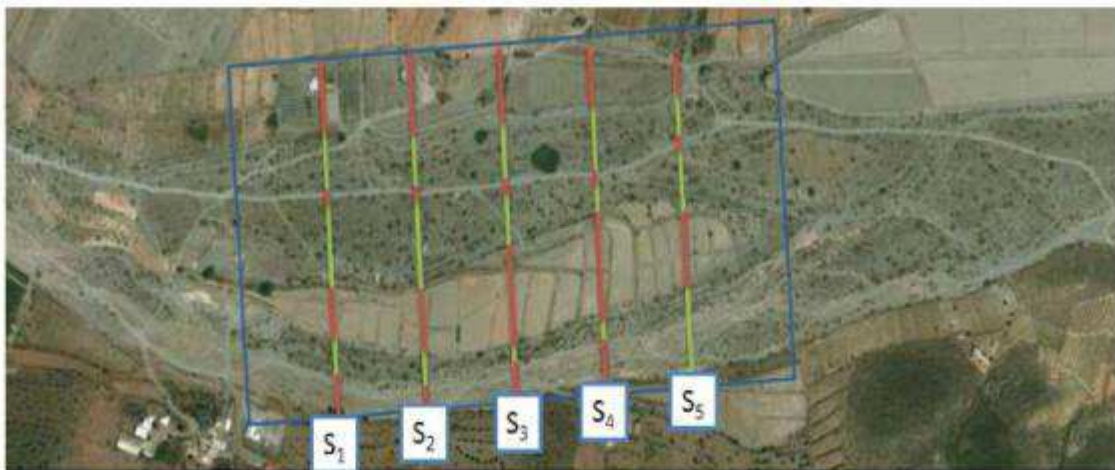


Figura 21.- Transectos para la caracterización de un río sin ribera definida

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

- *Ambiental*: y entonces el tramo 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 de la estructura de la zona ribereña se realizará a partir de las presiones que limitan la calidad de la zona ribereña (si existe) y de la vegetación ligada al cauce.

- *Sobre la estructura:* Grado de alteración de la ribera topográfica por la existencia de vías de comunicación longitudinales y transversales, estructuras artificiales o usos humanos del suelo (agropecuarios, agroforestales, urbanísticos,...), que limiten o alteren la estructura y dinámica vegetal. Se hará una interpretación cualitativa en las siguientes categorías:
 - Muy alta: Ribera topográfica alterada en la mayor parte de su superficie por elementos impermeables o usos humanos.
 - Alta: Ribera topográfica alterada en gran parte de su superficie por elementos impermeables o usos humanos.
 - Media: Ribera topográfica alterada entorno a un 50 % de su superficie por elementos impermeables o usos humanos.
 - Baja: Ribera topográfica alterada en porcentajes pequeños de su superficie por elementos impermeables o usos humanos.
 - Muy baja: Ribera topográfica apenas sin zonas impermeables o usos humanos que limiten el desarrollo de la vegetación espontánea.
- *Sobre la composición:* Grado de afección por presencia relativa de especies alóctonas en la ribera topográfica: evaluación del porcentaje de la longitud ocupado por vegetación autóctona.
- *Sobre la calidad y dimensiones del hábitat ribereño:* Grado de funcionalidad de los hábitats ribereños, frente a la dimensión completa de la ribera topográfica, como consecuencia de la existencia de infraestructuras o usos humanos: evaluación del porcentaje de alteración a lo largo de perpendiculares al cauce, distribuidos de manera homogénea a lo largo del tramo de muestreo. Este aspecto, dada la singularidad de estos espacios, se valora de forma conjunta con la estructura de la zona ribereña.

Como en el caso anterior, los resultados de los transectos transversales se integraran para el tramo de estudio por medio de la moda (valor más frecuente).



5.- CAPÍTULO V: CARACTERIZACIÓN GLOBAL

Como resumen final se presenta a continuación una ficha resumen global de la caracterización hidromorfológica de la masa de agua resultado de todos los análisis realizados a lo largo de este protocolo.

CARACTERIZACIÓN GLOBAL DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO DE CAUDALES LÍQUIDOS	
RÉGIMEN DE TEMPORALIDAD DE FLUJO	
RÉGIMEN SEGÚN EL ORIGEN DE LAS APORTACIONES	

CAUDALES MEDIOS ANUALES en m³/s		
Caudal medio anual para el periodo 1940/41-2005/06 (SIMPA)		
Caudal medio anual para el periodo 1980/81-2005/06 (SIMPA)		
Caudal medio anual para el periodo disponible en la estación de aforos	Caudal:	Periodo:
Caudal medio anual para los últimos años comunes a partir de 1980/81	Caudal:	Periodo:

CONCLUSIONES A LA CARACTERIZACIÓN DE LA CONEXIÓN ENTRE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y LOS RÍOS	
GRADO DE CONEXIÓN	
GRADO DE ALTERACIÓN	

CONCLUSIONES A LA CARACTERIZACIÓN DE LAS POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CAUDALES LÍQUIDOS		
PRINCIPALES ACCIONES ANTRÓPICAS	INDICADOR	VALOR OBTENIDO

CONCLUSIONES A LA CARACTERIZACIÓN DE LAS POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CAUDALES SÓLIDOS		
PRINCIPALES ACCIONES ANTRÓPICAS	INDICADOR	VALOR OBTENIDO

CONCLUSIONES GENERALES

Tabla 20.- Caracterización global del régimen hidrológico de caudales líquidos



CARACTERIZACIÓN GLOBAL DE LA CONTINUIDAD DE LA MASA DE AGUA	
<i>Nº de obstáculos en la masa de agua</i>	
<i>Índice de efecto de barrera medio de los obstáculos</i>	
<i>Distancia media entre obstáculos (km)</i>	
<i>Índice de compartimentación de la masa de agua</i>	
<i>Coficiente de prioridad de las especies presentes</i>	
<i>Índice de continuidad longitudinal de la masa de agua</i>	

CONCLUSIONES GENERALES

Tabla 21.- Caracterización global de la continuidad de la masa de agua



CARACTERIZACIÓN GLOBAL DE LA VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA					
TIPO DE FONDO DE VALLE					
TIPOS MORFOLÓGICOS PRINCIPALES EN PLANTA					
ESTADO NATURAL			ESTADO ACTUAL		
<i>Tipo</i>	<i>Longitud de la masa de agua (km)</i>	<i>Porcentaje de longitud la masa de agua (%)</i>	<i>Tipo</i>	<i>Longitud de la masa de agua (km)</i>	<i>Porcentaje de longitud la masa de agua (%)</i>
CAMBIO DE TIPO MORFOLÓGICO EN PLANTA					
No	<input type="checkbox"/>	Causas			
Sí	<input type="checkbox"/>				
OTRAS ACTUACIONES ANTRÓPICAS QUE GENERAN ALTERACIONES EN LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA DEL CAUCE					
	Longitud total afectada (km)		Porcentaje total de longitud afectada (%)		
<i>Ocupación de la llanura de inundación</i>					
<i>Masa de agua con escolleras, muros y/o gaviones</i>					
<i>Masa de agua con diques o motas en las riberas del cauce</i>					
<i>Remansos de los azudes en la masa de agua</i>					
<i>Diferencia media entre los calados en los remansos y los calados naturales del río, ponderada con la longitud de cada remanso (m)</i>			<i>Diferencia media entre la anchura media en los remansos y la anchura media del río, ponderada con la longitud de cada remanso (m)</i>		
CONCLUSIONES GENERALES					

Tabla 22.- Caracterización global de la variación de la profundidad y anchura



CARACTERIZACIÓN GLOBAL DE LA ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO		
TIPO DE SUSTRATO		
TIPO DE SEDIMENTO		
<i>Tamaño dominante del sedimento</i>		
<i>Clasificación de los sedimentos</i>		
TIPOS PRINCIPALES DE ESTRUCTURA LONGITUDINAL		
<i>Tipo 1</i>		
<i>Tipo 2</i>		
<i>Modificada</i>	SÍ <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
PRESENCIA DE DIVERSAS FORMAS DEL LECHO		
<i>Forma 1</i>		
<i>Forma 2</i>		
MOVILIDAD DE SEDIMENTOS		
SÍNTOMAS DE DINÁMICA VERTICAL ACELERADA		
<i>Altura media de los taludes del cauce (m)</i>		
<i>Accesibilidad de las orillas al cauce</i>	Nula/Baja/Media/Alta	
<i>Grado de conexión transversal del cauce</i>	Nula/Baja/Media/Alta	
CONCLUSIONES GENERALES		

Tabla 23.- Caracterización global de la estructura y sustrato del lecho



CARACTERIZACIÓN GLOBAL DE LA ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA		
ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA		
	Valor global del tramo de estudio	
<i>Conectividad ecológica longitudinal (%)</i>		
<i>Porcentaje del cauce sombreado por la vegetación de ribera (%)</i>		
<i>Conectividad ecológica transversal (moda de los transectos) (%)</i>		
<i>Categoría de conexión entre estratos (moda de los transectos)</i>		
COMPOSICIÓN ESPECÍFICA		
	Valor global del tramo de estudio	
<i>Formación dominante en la vegetación ribereña</i>		
<i>Naturalidad: porcentaje de la ribera funcional con especies autóctonas (%)</i>		
<i>Categoría de diversidad de clases de edad, incluyendo regenerado (salvo por condiciones naturales)</i>		
<i>Porcentaje de superficie de la ribera funcional con especies indicadoras de etapas regresivas (%)</i>		
ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA: DIMENSIONES DE LA ZONA DE RIBERA Y CALIDAD DEL HÁBITAT		
	Valor global del tramo de estudio	
<i>Porcentaje de la ribera funcional con limitaciones en su conexión transversal con la ribera topográfica por estructuras artificiales (%)</i>		
<i>Porcentaje de la ribera funcional con alteración de los materiales del sustrato por actividades humanas (%)</i>		
CONCLUSIONES A LA CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA EN RÍOS SIN RIBERA DEFINIDA		
<i>Estructura de la vegetación de ribera y calidad del hábitat y dimensiones de la zona ribereña</i>	Grado de afección en la ribera topográfica por la existencia de vías de comunicación longitudinales y transversales, estructuras artificiales o usos humanos del suelo	
<i>Composición específica de la vegetación de ribera</i>	Grado de afección por presencia relativa en la ribera topográfica de especies alóctonas	
CONCLUSIONES GENERALES		

Tabla 24.- Caracterización global de la estructura de la zona ribereña

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>Glacial</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Nival</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Nivo-pluvial</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Pluvio-nival</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Pluvial oceánico</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Pluvial mediterráneo</i>	<input type="checkbox"/>

CONCLUSIONES A LA CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO DE CAUDALES LÍQUIDOS			
RÉGIMEN DE TEMPORALIDAD DE FLUJO			
RÉGIMEN SEGÚN EL ORIGEN DE LAS APORTACIONES			
CAUDALES MEDIOS ANUALES			Coefficiente de variación
<i>Caudal medio anual (m^3/s) para el periodo 1940/41-2005/06 (SIMPA)</i>			
<i>Caudal medio anual (m^3/s) para el periodo 1980/81-2005/06 (SIMPA)</i>			
<i>Caudal medio anual (m^3/s) para el periodo disponible en la estación de aforos</i>	Caudal:	Periodo:	
<i>Caudal medio anual (m^3/s) para los últimos años comunes a partir de 1980/81</i>	Caudal:	Periodo:	-

CAUDALES MEDIOS MENSUALES				
Mes	Caudales medios mensuales (m^3/s) para el periodo 1940/41-2005/06 (SIMPA)	Caudales medios mensuales (m^3/s) para el periodo 1980/81-2005/06 (SIMPA)	Caudales medios mensuales para el periodo disponible en la estación de aforos (m^3/s)	Caudales medios mensuales en los últimos años comunes a partir de 1980/1981 (m^3/s) (Aforos)
Octubre				
Noviembre				
Diciembre				
Enero				
Febrero				
Marzo				
Abril				
Mayo				
Junio				
Julio				
Agosto				
Septiembre				
Código estación de aforo seleccionada				

CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN RÉGIMEN NATURAL en m^3/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 (m^3/s) para el periodo disponible	
Caudal máximo instantáneo registrado (m^3/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. CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

2.2.2 CONCLUSIONES A LA CARACTERIZACIÓN DE LA CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

CONCLUSIONES A LA CARACTERIZACIÓN DE LA CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA		
GRADO DE CONEXIÓN		
<i>Sin conexión</i>		<input type="checkbox"/>
<i>Con conexión temporal</i>		<input type="checkbox"/>
<i>Con alto grado de conexión</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>		
GRADO DE ALTERACIÓN		
<i>Sin alteración</i>	No hay conexión significativa	<input type="checkbox"/>
	Los niveles del acuífero no están alterados significativamente	<input type="checkbox"/>
	No hay alteraciones significativas en la morfología del cauce que impidan su conexión	<input type="checkbox"/>
<i>Con alteración parcial</i>	En determinadas partes de la masa de agua o épocas del año existe determinada alteración en la conexión natural	<input type="checkbox"/>
<i>Con alteración significativa</i>	Los niveles del acuífero están alterados significativamente	<input type="checkbox"/>
	Hay alteraciones significativas en la morfología del cauce que impiden su conexión	<input type="checkbox"/>

2.3. Posibles fuentes de alteración del régimen hidrológico

2.3.1 POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES LÍQUIDOS

DENOMINACIÓN	VALOR OBTENIDO
$ApRN (hm^3)$	
$\sum VoIE (hm^3)$	
$Sc (km^2)$	
$QT10RN (m^3/s)$	
$\sum Q(CENTRALES) (m^3/s)$	
$QmRN (m^3/s)$	
$Sc_impermeable (km^2)$	
$\sum Vertido\ anual\ autorizado\ EDAR (hm^3) de > 10.000\ hab-eq$	
$Sc_regadío (km^2)$	

2.3.2. POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES SÓLIDOS

2.3.2.1 Fuentes de generación de sedimentos

ACTIVIDADES QUE GENERAN EXCESO DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA: USOS DEL SUELO E INCENDIOS FORESTALES					
<i>Los usos del suelo en la cuenca agua y su tipología generan erosión y pérdidas de suelo</i>	<i>Alta</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>	<i>Muy baja</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>Alta</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>	<i>Muy baja</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"/>	

2.3.2.1 Fuentes de generación de déficits sedimentos

2.3.2.2.1 Grandes presas

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

2.3.2.2.2. Retención o desconexión de sedimentos en laderas y afluentes

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>Alta</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>	<i>Nula</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>Alta</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>	<i>Nula</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"/>	

2.3.2.2.3. Extracciones de áridos

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>	Alta	Media	Baja	Nula	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>	Alta	Media	Baja	Nula	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"/>	

2.3.2.2.4. Azudes dentro de la masa de agua

ACTIVIDADES QUE GENERAN DÉFICIT DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA: AZUDES DENTRO DE LA MASA DE AGUA					
<i>Distancia media entre azudes (km)</i>					
<i>Nº de azudes colmatados</i>					
<i>Nº de azudes no colmatados</i>					
<i>Grado de afección de los azudes en el transporte de sedimentos</i>	Alta	Media	Baja	Nulo	Describir, de forma genérica, la afección global en el transporte de sedimentos. Si los azudes ya están colmatados, se supondrá que ya no tiene efecto sobre el actual transporte de sedimentos.
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

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

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

4.1.2. TIPOS MORFOLÓGICOS EN PLANTA

<i>VARIABLES CARACTERISTICAS</i>					
<i>PENDIENTE DEL CAUCE (m/m)</i>		<i>CAUDAL CRECIDA ORDINARIA (m³/s)</i>			
<i>VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA: TIPOS MORFOLÓGICOS EN PLANTA</i>					
<i>TIPOS MORFOLÓGICOS</i>		<i>Estado natural o referencia</i>		<i>Estado actual</i>	
		<i>Longitud de la masa de agua (km)</i>	<i>Porcentaje de longitud la masa de agua.</i>	<i>Longitud de la masa de agua (km)</i>	<i>Porcentaje de longitud la masa de agua.</i>
<i>Recto</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Sinuoso</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Meandriforme</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Divagante</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Trenzado</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Anastomosado</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Rambla</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Otro (especificar)</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Nº de tipos morfológicos en planta en la masa de agua</i>					
<i>TIPOLOGÍA GENERAL ROSGEN (1996)</i>					

4.1.3. 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 de la masa de agua (%)</i>
<i>Desviado</i>		
<i>Acortado</i>		
<i>Simplificado</i>		
<i>Canalizado</i>		
<i>Modificación total</i>		

4.1.4. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LOS CAMBIOS DE TIPO MORFOLÓGICO EN LAS ÚLTIMAS DÉCADAS

VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA: CAMBIO DE TIPO MORFOLÓGICO EN PLANTA			
<i>NO</i>			<input type="checkbox"/>
<i>SI</i>	<i>Causas</i>	<i>Regulación por embalses</i>	<input type="checkbox"/>
		<i>Cambios en cuenca</i>	<input type="checkbox"/>
		<i>Acción directa</i>	<input type="checkbox"/>
		<i>No identificada</i>	<input type="checkbox"/>

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

4.1.5.2. Grado de ocupación de la llanura de inundación por elementos impermeables

OTRAS ACTUACIONES ANTRÓPICAS: OCUPACIÓN DE LA LLANURA DE INUNDACIÓN			
	<i>Margen izquierda</i>	<i>Margen derecha</i>	<i>Valor global del tramo de estudio</i>
<i>Longitud de la margen del río urbanizada en la llanura de inundación (km)</i>			
<i>Porcentaje de longitud de la margen urbanizada (%)</i>			
<i>Longitud de la margen del río con vías de comunicación en la llanura de inundación (km)</i>			
<i>Porcentaje de longitud de la margen del río con vías de comunicación en la llanura de inundación (%)</i>			
<i>Longitud de otros elementos (rellenos, terraplenes, motas, etc.) en la llanura de inundación (km)</i>			
<i>Porcentaje de longitud de otros elementos (rellenos, terraplenes, motas, etc.) en la llanura de inundación (%)</i>			
<i>Longitud total afectada (km)</i>			
<i>Porcentaje total de longitud afectada (%)</i>			

4.1.5.2. Estabilización de márgenes (muros, escolleras, gaviones...) y diques o motas en la ribera del cauce

OTRAS ACTUACIONES ANTRÓPICAS: ESTABILIZACIÓN DE MÁRGENES Y DIQUES O MOTAS EN LAS RIBERAS			
	Margen izquierda	Margen derecha	Valor global del tramo de estudio
Longitud de la masa con escolleras, muros y/o gaviones (km)			
Porcentaje de longitud la masa de agua urbanizada (%)			
Longitud de la masa de agua con diques o motas en las riberas del cauce (km)			
Porcentaje de longitud la masa de agua con diques o motas en las riberas del cauce (%)			

4.1.5.3. Remansos por azudes y otros elementos y estructuras

OTRAS ACTUACIONES ANTRÓPICAS: IMPACTO PRODUCIDO POR UN AZUD	
Longitud del remanso del azud (m)	
Calado medio del cauce en el remanso del azud (m)	
Calado natural del río antes del azud (m)	
Diferencia entre el calado medio en el remanso y el calado natural del río (m)	
Anchura media del cauce en el remanso del azud (m)	
Anchura media del cauce antes del azud (m)	
Diferencia entre la anchura media en el remanso y la anchura natural del río (m)	

A continuación, se procede a acumular estas variables en todos los azudes de la masa de agua, obteniéndose la información global sobre el grado de afección de la masa de agua.

CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO PRODUCIDO POR LOS AZUDES EN LA MASA DE AGUA	
Longitud de los remansos de los azudes en la masa de agua (km)	
Porcentaje de la masa de agua afectada por remansos del azud (%)	
Diferencia media (m) entre los calados en los remansos y los calados naturales del río, ponderada con la longitud de cada remanso.	
Diferencia media (m) entre la anchura media en los remansos y la anchura media del río, ponderada con la longitud de cada remanso.	

OTRAS ACTUACIONES ANTRÓPICAS: OTRAS ESTRUCTURAS	
Número de otros elementos transversales que afectan al anchura y/o profundidad de la masa de agua	
Número de otros elementos por kilómetro	

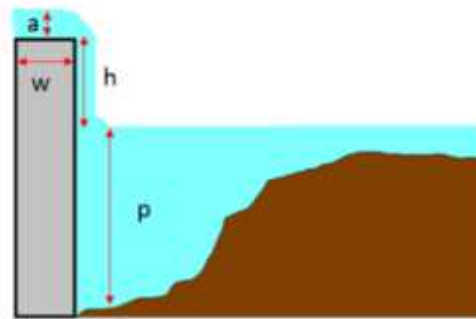
**ANEXO II: TABLAS DE CARACTERIZACIÓN DEL EFECTO BARRERA Y CONTINUIDAD
LONGITUDINAL DE LAS MASAS DE AGUA CATEGORÍA RÍOS EN TRABAJO DE CAMPO**

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:

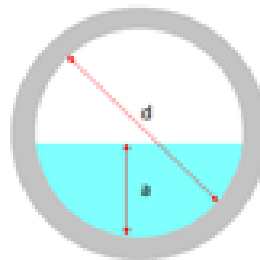
3.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS OBSTÁCULOS Y DE SUS CONDICIONES DE PASO

SALTO VERTICAL	
<i>Altura del salto (h)</i>	
<i>Profundidad de la poza de remonte (p)</i>	
<i>Anchura en coronación (w)</i>	
<i>Altura de la lámina en coronación (a)</i>	



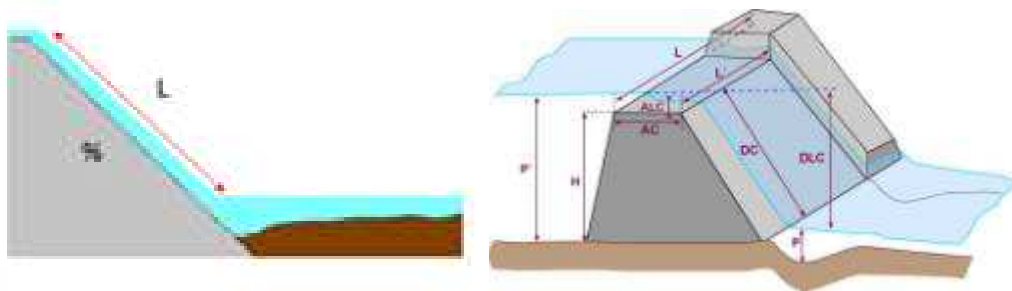
Variables para obstáculos de salto vertical

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>	



Variables para obstáculos tipo paso entubado

PASO SOBRE PARAMENTO	
Longitud de paramento (L/DC)	
Altura (DLC)	
Anchura en coronación (AC)	
Longitud en coronación (L)	
Pendiente (%)	
Velocidad de la corriente (V)	
Calado en coronación (ALC)	
Calado en paramento (ALP)	
Profundidad de poza a pie de azud	



Variables para obstáculos tipo paso sobre paramento

OBSTÁCULOS MIXTOS	
Longitud (L)	
Pendiente (%)	
Velocidad de la corriente (V)	
Calado sobre el paramento (C)	

3.1.1. EFECTO DE BARRERA EN ASCENSO

CONDICIONES A VALORAR PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL EFECTO DE BARRERA EN ASCENSO			
EN ASCENSO	SI	NO	DEPENDIENDO DE LAS CONDICIONES DE CAUDAL
Dificultad de acceso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ausencia de llamada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Turbulencias importantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rugosidad del paramento: superficie del paso rugosa o irregular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Descansaderos: Presencia de cambios de pendiente u obstáculos formando descansos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estructuras de ascenso o escalas: escala funcional, cauces artificiales o cualquier otro sistema de remonte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ESTRUCTURAS DE ASCENSO	
<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"/>

3.1.2. EFECTO DE BARRERA DEL PASO EN DESCENSO

En descenso se prestará atención a:

CONDICIONES A VALORAR PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL EFECTO DE BARRERA EN DESCENSO			
EN DESCENSO	SI	NO	DEPENDIENDO DE LAS CONDICIONES DE CAUDAL
<i>Forma embalse</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Dificultad de identificación del paso (ausencia de un gradiente claro de velocidad en la zona embalsada)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Paso por turbinas, molinos, etc. o caídas superiores a 10 m.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<i>Canal de derivación sin mecanismos que impidan la entrada de peces</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<i>Canal de derivación con mecanismos que impidan la entrada de peces</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<i>Los peces pueden migrar a través del obstáculo o existen estructuras de descenso</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

3.3. CONCLUSIONES A LA CARACTERIZACIÓN DE LA CONTINUIDAD DE LA MASA DE AGUA.

Como resumen de este apartado, se presenta la tabla siguiente, que permite caracterizar la continuidad de la masa de agua.

CARACTERIZACIÓN DE LA CONTINUIDAD DE LA MASA DE AGUA	COMENTARIOS
<i>Nº de obstáculos en la masa de agua</i>	-
<i>Índice de efecto de barrera medio de los obstáculos</i>	-
<i>Distancia media entre obstáculos (km)</i>	-
<i>Índice de compartimentación de la masa de agua</i>	A mayor valor del índice mayor grado de compartimentación o fragmentación del curso fluvial.
<i>Coficiente de prioridad de las especies presentes</i>	Valores altos significan que tiene una comunidad compleja con especies con altos requerimientos de movilidad.
<i>Índice de continuidad longitudinal de la masa de agua</i>	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.

ANEXO III: TABLAS DE CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA EN TRABAJO DE CAMPO: TRAMO DE MUESTREO.

TABLAS DE CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA EN TRABAJO DE CAMPO

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

SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL TRAMO DE MUESTREO

SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL TRAMO DE MUESTREO	
<i>Nombre de la Masa de Agua</i>	
<i>Nombre del tramo</i>	
<i>Localización del tramo</i>	
<i>Coordenadas UTM punto de inicio</i>	
<i>Coordenadas UTM punto de fin</i>	

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>Aluvial</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Mixto</i>	<input type="checkbox"/>

4.2.2. TIPO DE SEDIMENTO

4.2.2.1. Tamaño dominante del sedimento

ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO: TAMAÑO DOMINANTE DEL SEDIMENTO		
<i>Sin sedimento</i>	<input type="checkbox"/>	si el cauce es en roca no se observarán sedimentos superficiales
<i>Bloques</i>	<input type="checkbox"/>	más de 25,6 cm
<i>Cantos</i>	<input type="checkbox"/>	de 6,4 cm a 25,6 cm
<i>Gravas</i>	<input type="checkbox"/>	de 2 mm a 64 mm
<i>Arenas</i>	<input type="checkbox"/>	de 0,063 mm a 2 mm
<i>Limos y arcillas</i>	<input type="checkbox"/>	menos de 0,063 mm

4.2.2.1. Clasificación de sedimentos

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>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>	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>

4.2.4. FORMAS NATURALES DEL LECHO

ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO: PRESENCIA DE DIVERSAS FORMAS DEL LECHO	
<i>Barra lateral</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Barra de meandro</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Barra longitudinal</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		
Efectiva	<input type="checkbox"/>	El sedimento está suelto y es fácilmente movilizable, 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.
Limitada	<input type="checkbox"/>	El sedimento muestra algunos síntomas de compactación o asiste a una colonización vegetal moderada.
Nula	<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. SÍNTOMAS DE DINÁMICA VERTICAL ACELERADA

ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO: SÍNTOMAS DE DINÁMICA VERTICAL ACELERADA	
<i>No hay síntomas</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Altura media de los taludes del cauce (m)</i>	
<i>Accesibilidad de las orillas al cauce</i>	Nula/Baja/Media/Alta
<i>Grado de conexión transversal del cauce</i>	Nula/Baja/Media/Alta
<i>Hay síntomas de incisión</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Hay síntomas de acreción</i>	<input type="checkbox"/>

4.2.7. 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"/>

4.3. ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA

4.3.1. RÍOS CON RIBERA DEFINIDA

4.3.1.1. ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN

ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA: ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA			
<i>Anchura cauce activo (m)</i>	<i>Longitud del tramo de muestreo (m)</i>		
	Margen derecha	Margen izquierda	Valor global del tramo de estudio
<i>Conectividad ecológica longitudinal (%)</i>			
<i>Porcentaje del cauce sombreado por la vegetación de ribera (%)</i>			
<i>Ancho medio (m) de la ribera topográfica (relativa al valle)</i>			
<i>Ancho medio (m) de la ribera funcional (relativa a la ribera realmente existente)</i>			
<i>Conectividad ecológica transversal (moda de los transectos) (%)</i>			
<i>Categoría de conexión entre estratos (moda de los transectos)</i>			

4.3.1.2. COMPOSICIÓN ESPECÍFICA

ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA: COMPOSICIÓN ESPECÍFICA			
<i>Formación dominante en la vegetación ribereña</i>			
<i>Formación potencial de la vegetación ribereña</i>			
<i>Especies alóctonas presentes</i>			
	<i>Margen derecha</i>	<i>Margen izquierda</i>	<i>Valor global del tramo de estudio</i>
<i>Naturalidad: porcentaje de la ribera funcional con especies autóctonas (%)</i>			
<i>Categoría de diversidad de clases de edad, incluyendo regenerado (salvo por condiciones naturales)</i>			
<i>Porcentaje de superficie de la ribera funcional (%) con especies indicadoras de etapas regresivas</i>			

4.3.1.3. DIMENSIONES DE LA ZONA RIBEREÑA Y CALIDAD DEL HÁBITAT

ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA: DIMENSIONES DE LA ZONA DE RIBERA Y CALIDAD DEL HÁBITAT			
	<i>Margen derecha</i>	<i>Margen izquierda</i>	<i>Valor global del tramo de estudio</i>
<i>Porcentaje (%) de la ribera funcional con limitaciones en su conexión transversal con la ribera topográfica por estructuras artificiales</i>			
<i>Porcentaje (%) de la ribera funcional con alteración de los materiales del sustrato por actividades humanas</i>			

4.3.2. RÍOS SIN RIBERA DEFINIDA

ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA EN RÍOS SIN RIBERA DEFINIDA						
<i>Anchura cauce activo (m)</i>		<i>Longitud del tramo de muestreo (m)</i>				
<i>Ancho medio (m) de la ribera topográfica (relativa al valle)</i>						
<i>Estructura de la vegetación de ribera y calidad del hábitat y dimensiones de la zona ribereña</i>	Grado de afección en la ribera topográfica por la existencia de vías de comunicación longitudinales y transversales, estructuras artificiales o usos humanos del suelo	<i>Muy baja <30%</i>	<i>Baja 30-50%</i>	<i>Moderada 50-70%</i>	<i>Alta 70-90%</i>	<i>Muy alta >90%</i>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Composición específica de la vegetación de ribera</i>	Grado de afección por presencia relativa en la ribera topográfica de especies alóctonas	<i>Muy baja < 30%</i>	<i>Baja 30-50%</i>	<i>Moderada 50-70%</i>	<i>Alta 70-90%</i>	<i>Muy alta >90%</i>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ANEXO IV: PROCEDIMIENTO DETALLADO PARA EL CÁLCULO DE LA RELACIÓN RÍO Y ACUÍFERO.

CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEAS (MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA): MÉTODOS DE EVALUACIÓN E ÍNDICES DE CONEXIÓN MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA – RÍO

La determinación y evaluación del estado de la conexión de la masa de agua de categoría Río se realizará a través de dos procedimientos paralelos y complementarios:

- a. Determinación y caracterización cualitativa de la relación Masa de Agua Subterránea – Río: Existencia/inexistencia y caracterización de la relación hidráulica Masa de Agua Subterránea -
- b. Índice I_{CAR} Conectividad Acuífero – Río: Índice cuantitativo ponderado de la relación Masa de Agua Subterránea – Río.

Determinación y caracterización cualitativa de la relación Masa de Agua Subterránea – Río

El objetivo del presente método de evaluación cualitativa es la determinación de la existencia o inexistencia de relaciones hidráulicas e interdependencia entre Masa de Agua Subterránea – Río (en toda la masa o en alguno de sus tramos), así como la caracterización de dicha relación (tipo, régimen temporal, funcionamiento: efluente, influente, mixto, efecto ducha, tramos no conectados, etc). Ésta se realiza fundamentalmente mediante el análisis de la geología e hidrogeología del sustrato del río, la realización de aforos diferenciales de campo o en su defecto mediante el análisis de datos foronómicos históricos (SAIH, estaciones, etc), así como del análisis espacio-temporal de la piezometría de la Masa de Agua Subterránea subyacente. Se trata de realizar una descripción y una elaboración de un modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico con especial importancia a la relación del acuífero y del Río, y de analizar su posible variación temporal, interpretando el significado de dicha variación (mejora o empeoramiento de la relación acuífero-río).

Para ello, primeramente se cruzará la información geográfica relativa a la Masa de Agua Subterránea y el trazado del río, estableciéndose a priori que si existe coincidencia, existirá relación entre ambas, para posteriormente caracterizar la misma e identificar los tramos conectados y no conectados dentro de la Masa de Agua Subterránea. El estudio de referencia para este tipo de análisis es

En general, se podrán analizar los siguientes parámetros:

Existencia de la relación hidráulica Masa de Agua Subterránea – Río

Para determinar la existencia o inexistencia de la relación hidráulica Masa de Agua Subterránea – Río, se analizarán, al menos, las siguientes variables:

- Presencia de Masa de Agua Subterránea.
- Trazado del cauce.
- Naturaleza del sustrato: Calcáreo, Detrítico, Granítico / metamórfico.
- Permeabilidad del sustrato.
- Hidrometría, foronomía, aforos diferenciales.
- Existencia de manantiales asociados.

Para el análisis de este parámetro, se tendrán en cuenta los siguientes criterios generales:

Se considerará que existe relación hidráulica preliminar Masa de Agua Subterránea – Río cuando haya coincidencia geográfica Masa de Agua Subterránea – Río, es decir, el Río transcurre sobre la Masa de Agua Subterránea total o parcialmente. Para la determinación se utilizarán preferentemente herramientas SIG.

Se considerará la no existencia preliminar Masa de Agua Subterránea – Río cuando no haya coincidencia geográfica entre Masa de Agua Subterránea – Río, a excepción de puntos en los que existan manantiales con aporte de agua al Río, siempre que el manantial se sitúe a menos de 100 metros de éste.- De esta manera se podrá considerar la existencia de relación indirecta Masa de Agua Subterránea – Río, aun cuando éste no atraviese dicha Masa de Agua Subterránea (la Masa de Agua Subterránea aporta agua al río a través de manantiales).

Una vez establecida la coincidencia geográfica Masa de Agua Subterránea – Río, se considerará no existencia de relación en los tramos en los que la Masa de Agua Subterránea presente baja permeabilidad ($k < 10^{-1}$ m/d). Para permeabilidades medias y altas ($k > 10^{-1}$ m/d) se considerará existencia de relación Masa de Agua Subterránea – Río. De este modo, para un mismo río pueden existir tramos con relación y tramos sin relación, dentro de una misma Masa de Agua Subterránea.

Si el sustrato sobre el que transcurre el Río es de carácter granítico, metamórfico o similar, se considerará a priori que no existe relación, salvo en Masa de Agua Subterránea que en su totalidad tengan esta litología, y así se hayan definido (por ejemplo la Masa de Agua Subterránea 041.0.13 Los Pedroches, en el Organismo de cuenca hidrográfica del Guadiana).

Si se dispone de información suficiente, se analizarán datos foronómicos del Río, determinándose la existencia de tramos con relación con Masa de Agua Subterránea, pudiendo ser ésta relación tanto positiva como negativa. Se deberán seleccionar cuidadosamente las estaciones de aforo de tal modo que no se reciban interferencias de aportaciones superficiales procedentes de afluentes del Río, o en su defecto, se considerarán dichos aportes en el balance. Si se considera conveniente y/o necesario, se podrá proceder a la realización de campañas de aforos diferenciales de campo.

Posición relativa cota nivel piezométrico – cota lámina de agua del río

Para caracterizar el tipo de relación hidráulica Masa de Agua Subterránea – Río se analizará la piezometría del acuífero subyacente al curso de agua superficial, siempre que ésta esté disponible, contemplando, al menos, las siguientes variables:

- Cota de la lámina de agua del Río
- Cota del lecho del río
- Nivel piezométrico del acuífero en las inmediaciones del Río.
- Configuración piezométrica en las inmediaciones del Río (tramos ganadores / perdedores / descolgados, etc).

Para el análisis de este parámetro, se tendrán en cuenta los siguientes criterios generales:

- Si se dispone de piezómetros o puntos de agua próximos, o de información piezométrica procedente de inventarios, catálogos, estudios hidrogeológicos (MAGRAMA, IGME, Organismos de cuenca, estudios propios, etc), así como de trabajos de campo específicos, se analizará la piezometría de la Masa de Agua Subterránea en relación con el Río considerado.

- Si no se encuentran ya disponibles, se elaborarán mapas de isopiezas y se determinarán los gradientes hidráulicos, las líneas de isopotencial hidráulico (isopiezas) y las trayectorias estimadas de flujo subterráneo en las inmediaciones del Río, estableciéndose el tipo de relación y el régimen hidrogeológico dominante (afluencia, influencia, variable, nula, directa, indirecta, *perched*, *efecto ducha*, flujos profundos, etc). Se prestará especial atención a las cotas relativas de la lámina de agua del río, su lecho, y la del nivel piezométrico de la Masa de Agua Subterránea, interpolándose ésta, si es necesario.

Manantiales asociados

Si se dispone de información suficiente, se analizarán y establecerán las siguientes variables relativas a manantiales asociados directa o indirectamente al Río:

- Posición y distancia a cauce.
- Situación relativa Río/Masa de Agua Subterránea/Manantial.
- Tipo y clasificación del manantial: origen, formación permeable asociada, uso, etc.
- Régimen hidrológico: permanencia, temporalidad, estacionalidad.
- Caudal y foronomía.

Se tendrán en cuenta los siguientes criterios generales:

- La existencia de manantiales y surgencias de agua que alimenten cursos superficiales implica una conexión Masa de Agua Subterránea – Río, aún en el caso particular en el que el mencionado cauce no transcurra directamente sobre la Masa de Agua Subterránea, pero sí presente continuidad hídrica con ésta a través del agua surgente (cuando el agua del manantial fluya hacia el Río).
- Se considerará que existe relación directa cuando el manantial y el Río se encuentren situados sobre la Masa de Agua Subterránea, y relación indirecta en el caso de que aunque el trazado del Río no atraviese la Masa de Agua Subterránea, el manantial se sitúe a menos de 100 metros del Río y las aguas surgentes fluyan hacia éste.

Índice ICAR Conectividad Acuífero - Río. Índice cuantitativo ponderado de la relación Masa de Agua Subterránea – Río.

El índice CAR cuantifica ponderadamente la relación acuífero río, y establece un valor numérico a dicha conectividad en base a diferentes criterios hidrogeológicos. El valor del índice I_{CAR} en sí mismo no aporta información relevante tomándolo de manera aislada, sino que el índice es cuando se realizan sucesivas valoraciones en diferentes momentos en el tiempo en el que la variación de dicho índice nos informará acerca de una variación de la conectividad acuífero-río. Así, el análisis temporal del índice, siendo riguroso en la aplicación de los valores y parámetros del índice entre las diferentes fechas, permite detectar variaciones significativas en dichas relaciones, pudiéndose identificar tendencias a la mejoría o empeoramiento en dicha conectividad.

El índice I_{CAR} es aplicable tan solo a Masa de Agua Subterránea en régimen libre, es decir, a acuíferos libres, en ningún caso a no confinados ni semiconfinados. En el caso de acuíferos multicapa, el índice I_{CAR} se aplicará a la unidad superior no confinada y a su piezometría y el análisis se referirá por lo tanto a su relación con el Río suprayacente y siempre con ciertas reservas y precauciones, no siendo aplicable a acuíferos profundos o de comportamiento hidrogeológico complejo.

Así, el índice I_{CAR} se define de la siguiente manera:

$$I_{CAR} = E \times K \times (A + M + G) \times \Delta C$$

siendo:

E = Superposición Masa de Agua Subterránea /Río

K = Permeabilidad de la Masa de Agua Subterránea (o del tramo de análisis considerado)

A = Presencia de aluvial

M = Presencia de manantiales

G = Gradiente hidráulico ponderado

ΔC = Valor ponderado del Espesor de Zona No Saturada a 2000 m del cauce.

A continuación se describen los diferentes parámetros que componen el índice I_{CAR} , y su modo de aplicación y cálculo.

E = Superposición Masa de Agua Subterránea /Río

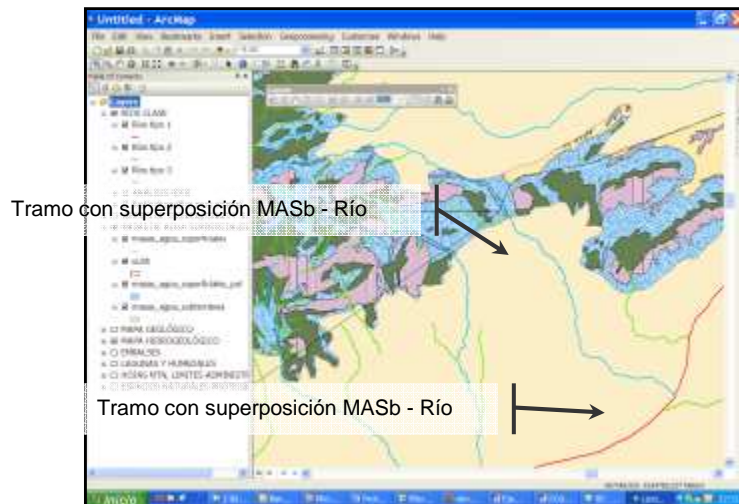
El primer elemento para determinar la existencia o inexistencia de conectividad es comprobar si el Río atraviesa una Masa de Agua Subterránea total o parcialmente. Siempre que la Masa de Agua Subterránea subyazca al Río en al menos algún punto, podrá considerarse a priori que existe cierta conectividad, es decir, habrá o podrá haber un intercambio de agua en algún sentido, entre el Río y la Masa de Agua Subterránea.

Para determinar si existe superposición geográfica de Masa de Agua Subterránea y Río, se verificará preferentemente mediante herramientas SIG.

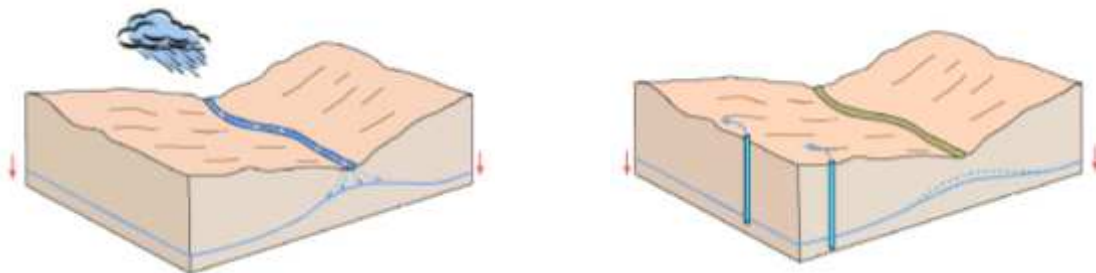
Los valores que puede adoptar el parámetro E son los siguientes:

<i>SUPERPOSICIÓN Masa de Agua Subterránea/RÍO</i>	
E = 1	Masa de Agua Subterránea y Río se superponen en algún tramo
E = 0	Masa de Agua Subterránea y Río no se superponen en ningún tramo

De este modo, siempre que haya superposición entre Masa de Agua Subterránea y Río, el valor E será de 1, mientras que si no hay superposición, el valor de E será 0; este hecho producirá que el índice I_{CAR} sea de 0 siempre que no haya ningún tipo de superposición entre la Masa de Agua Subterránea y el río, es decir, no existirá conectividad alguna entre ambas masas.



En aquellos ríos donde no exista caudal permanente de agua en el cauce pero sí acuífero subyacente, habiendo superposición, se considera que existe una desconexión hidráulica río / acuífero, es decir, un efecto ducha. Este hecho no afecta a la asignación del valor de E.



Río influente o perdedor sin conexión hidráulica permanente con el acuífero, su curso se encuentra descolgado respecto de la superficie piezométrica, dando lugar a lo largo de un tramo de su cauce a una pérdida de agua, denominado "efecto ducha"

El río atraviesa una formación geológica permeable, pero no lleva agua en ese tramo, y 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, denominado "efecto ducha"

El valor de E se considerará constante en el tiempo en las sucesivas evaluaciones y cálculos del índice I_{CAR} , es decir, no podrá variar en el tiempo.

K = permeabilidad del sustrato

La permeabilidad o conductividad hidráulica de un material geológico expresa la facilidad que éste presenta para que el agua circule a través de él. Depende tanto de las características del medio (especialmente del tamaño medio de los poros) como de las propiedades del fluido en cuestión que lo atraviesa, en este caso, agua. La permeabilidad tiene dimensiones de velocidad [LT^{-1}], aunque no es una velocidad, expresándose preferentemente en m/día.

La permeabilidad del acuífero subyacente al Río en el tramo de coincidencia de ambos determina, entre otros factores, el caudal de intercambio entre éstos, y es relevante también para la configuración hidromorfológica de aquél en relación con la Masa de Agua Subterránea.

Para la asignación del factor K (permeabilidad) a introducir en el índice I_{CAR} , se deberá estimar una permeabilidad media representativa del sustrato para todo el tramo de la Masa de Agua Subterránea en contacto con el Río, en función básicamente de su litología.

Preferentemente se utilizarán estudios de carácter local e información disponible en cada Organismo de cuenca u otras fuentes especializadas para obtener datos acerca de la permeabilidad del sustrato, y se asignará un valor de la permeabilidad media del mismo.

Una vez establecida la permeabilidad media característica de la Masa de Agua Subterránea se aplicará la siguiente tabla para obtener el valor del parámetro K:

K = permeabilidad:

PERMEABILIDAD DEL SUSTRATO (K)	
K = 0	$k < 10^{-1}$ m/d
K = 1	10^{-1} m/d $< k < 10$ m/d
K = 2	$k > 10$ m/d

En caso de no disponibilidad de datos acerca de la permeabilidad del sustrato, se podrán emplearán tablas disponibles en la bibliografía especializada, en función de la litología predominante de la Masa de Agua Subterránea o del sustrato en contacto con el Río. Si no se dispusiera de información acerca de la litología del sustrato, se podrá obtener del navegador cartográfico del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), disponible en <http://cuarzo.igme.es/geoveo2/>, que es un portal WEB del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) que permite navegar y visualizar la cartografía geológica a distintas escalas en toda la extensión territorial española. También se podrá descargar cartografía desde la dirección <http://cuarzo.igme.es/sigeco/default.htm>.

También se podrá emplear de modo orientativo el siguiente gráfico, que asocia a cada tipo de litología, una permeabilidad característica:



Si no se dispone de información acerca de la litología de detalle, se podrá utilizar la información disponible en el Mapa Geológico de España MAGNA del IGME (<http://info.igme.es/cartografia/magna50.asp>).

Como norma general, y en caso de duda, a las siguientes litologías predominantes se le podrán asignar los siguientes valores de K:

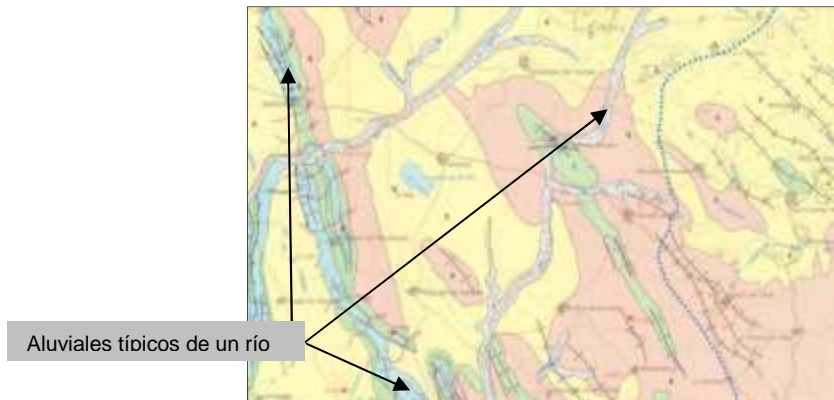
VALORES DE K EN FUNCIÓN DE LA LITOLOGÍA	
Litología predominante	Valor de K
<i>Gravas limpias</i>	2
<i>Gravas arenosas</i>	2
<i>Gravas limoarcillosas</i>	2
<i>Depósitos aluviales asociados al cauce del río</i>	2
<i>Arenas limpias</i>	1
<i>Arenas arcillosas o limoarcillosas</i>	1
<i>Limo arenoso y/o con gravas dispersas</i>	1
<i>Limos</i>	0
<i>Limo arcilloso</i>	0
<i>Arcillas, limos y otros materiales de baja permeabilidad</i>	0
<i>Materiales carbonatados de alta permeabilidad y karstificados: calizas, dolomías, etc.</i>	2
<i>Margas y/o margas arcillosas o limoarcillosas</i>	0
<i>Rocas cristalinas fracturadas y/o alteradas: granitos, gneises, pizarras, basaltos, esquistos, etc</i>	1
<i>Rocas cristalinas fracturadas no alteradas: granitos, gneises, pizarras, basaltos, esquistos, etc</i>	0

En cualquier caso, preponderará el criterio experto para la asignación del valor de K. Asimismo, en todos los casos, el valor de K asignado inicialmente se mantendrá constante en las sucesivas valoraciones y estimaciones del índice I_{CAR} , es decir, no podrá en ningún caso variar en el tiempo.

A = Presencia de aluvial

Los depósitos aluviales están constituidos por sedimentos que se acumulan fundamentalmente a partir de transporte y depósito de los ríos. Así, un depósito aluvial es un cuerpo de sedimentos detríticos que han sido transportados y sedimentados por un río. Los depósitos aluviales suelen tener una composición poco homogénea, y contienen habitualmente diferentes tipos de sedimentos: gravas, arenas, limos/arcillas (conglomerados, areniscas, limolitas/lutitas).

Un sedimento aluvial es un sedimento transportado y depositado por el agua, es decir aquel sedimento que fue transportado y luego depositado al disminuir la velocidad de una corriente. Incluye material fino como limo y arcilla y material grueso como arena y grava. En general es un sedimento muy poroso y compresible, sobre todo si es rico en arcilla, y es permeable si está compuesto principalmente de limos, arenas y/o gravas. Los sedimentos aluviales son sencillos de identificar si se dispone de la cartografía geológica adecuada.



La presente tabla muestra los dos valores posibles del parámetro A: presencia/ausencia de aluvial:

A = presencia de aluvial:

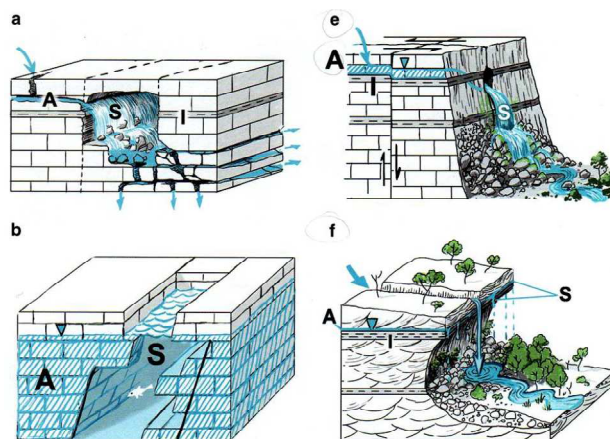
PRESENCIA ALUVIAL (A)	
A= 2	Presencia de aluvial
A= 0	Ausencia de aluvial

Para la determinación de la presencia o no de aluvial se podrán utilizar estudios de carácter local e información disponible en cada Organismo de cuenca. También se podrá utilizar la información geológica oficial disponible del Mapa Geológico de España MAGNA del IGME (<http://info.igme.es/cartografia/magna50.asp>).

Por otro lado, el parámetro A, lógicamente, no podrá variar en el tiempo.

M = Presencia de Manantiales

La existencia de manantiales revela la existencia de una relación directa y evidente entre las aguas subterráneas y las superficiales, donde éstos vierten, dado que se produce una descarga de agua, permanente o temporal, desde el acuífero a los cursos superficiales de agua. Un manantial es una fuente de agua que brota de la tierra o entre las rocas, y su origen se debe fundamentalmente debido fundamentalmente a la intersección del nivel freático o piezométrico con la superficie del terreno.



Para la determinación de la existencia o inexistencia de manantiales asociados a un Río se utilizarán estudios de carácter local e información disponible en cada Organismo de cuenca u otras fuentes.

Los dos posibles valores del parámetro M son los siguientes:

M = Manantiales

PRESENCIA DE MANANTIALES (M)	
M= 0	Ausencia de manantiales asociados
M=1	Presencia de manantiales asociados (directa o indirectamente)

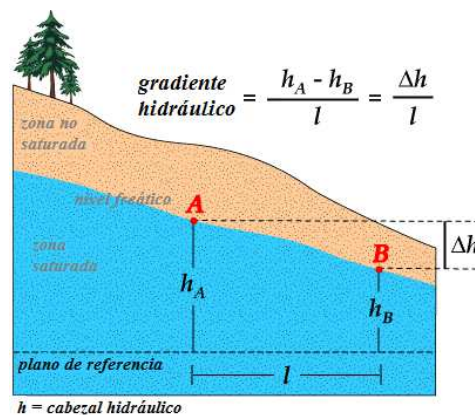
En el caso de no disponer de datos, se considerará la inexistencia de manantiales. El valor de A asignado inicialmente se mantendrá constante en las sucesivas valoraciones y estimaciones del índice I_{CAR} , independientemente de que los manantiales identificados sean de carácter permanente o temporal.

G = Gradiente hidráulico ponderado.

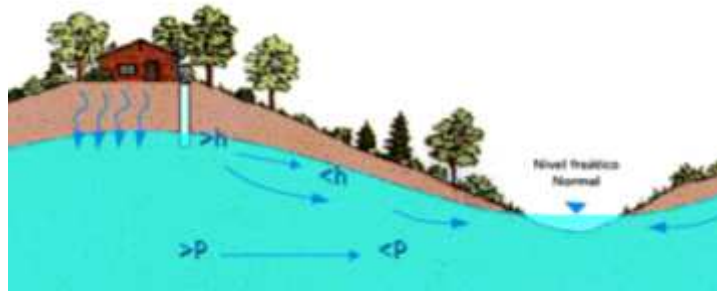
Está demostrado que la velocidad del flujo de las aguas subterráneas es proporcional a la pendiente del nivel freático: cuanto más inclinada es la pendiente, más rápido es el movimiento del agua (ya que, cuanto más inclinada es la pendiente, mayor es la diferencia de presión entre dos puntos). La pendiente del nivel freático es conocida como gradiente hidráulico y puede expresarse, con carácter general, de la siguiente manera:

$$(h_a - h_b) / l$$

Donde h_a , es la elevación de un punto sobre el nivel freático, h_b la elevación de un segundo punto, y l es la distancia horizontal entre ambos puntos (véase la siguiente figura):



De este modo, y de manera simplificada para acuíferos libres, puede considerarse al gradiente hidráulico como la "pendiente" de la superficie del agua subterránea, y que genera una diferencia de presión/posición entre puntos y obliga a circular al agua subterránea a favor del gradiente, desde puntos de mayor presión o cota a puntos de menor presión o cota, de tal manera que a mayor gradiente, mayor caudal y velocidad del agua subterránea, manteniendo el resto de parámetros invariables (permeabilidad, etc).



Así, se calculará el gradiente hidráulico del agua subterránea del acuífero subyacente representativo para una porción de acuífero representativo que disponga de isolíneas adecuadas para su estudio, y para un tramo de acuífero representativo. Para ello, se procederá al análisis de las isopiezas, y se aplicará la siguiente fórmula:

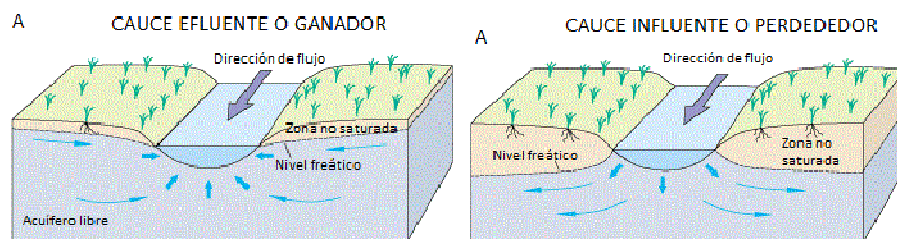
$$i = [(H-h) / \Delta L] \times 100$$

siendo,

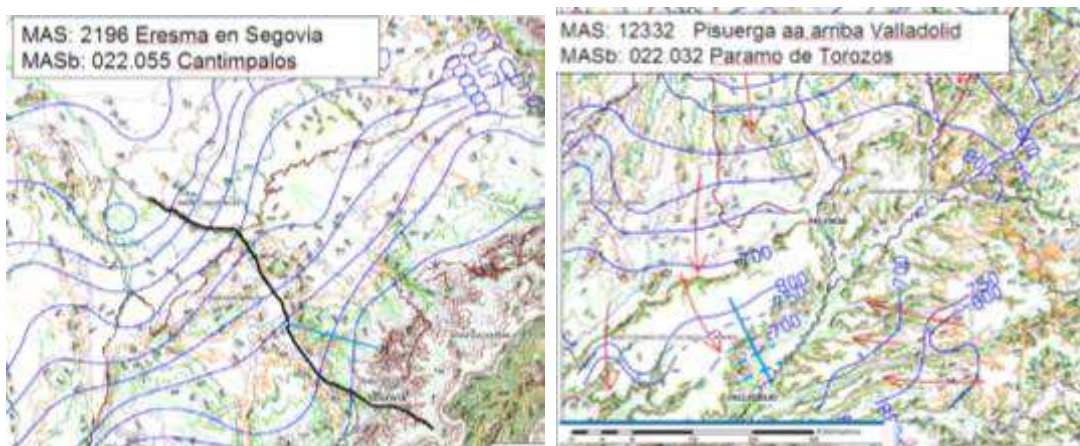
H = valor en metros de la isolínea más alejada del río;

h = valor en metros de la isolínea más próxima del río;

ΔL = distancia horizontal en metros entre H y h.



A continuación se muestran algunos ejemplos de cálculo del gradiente hidráulico de algunos tramos de río de ejemplo (la línea azul muestra la sección usada para el cálculo del gradiente):



Así, se obtendrá un valor del gradiente hidráulico en porcentaje, que puede ser positivo (ríos ganadores) o negativo (ríos perdedores). Para cada gradiente obtenido, le corresponderá un valor de G (gradiente hidráulico ponderado), de acuerdo con la siguiente tabla:

GRADIENTE HIDRÁULICO PONDERADO (G)		
Valor G	Valor i	
G = 10	$i > 2\%$	Ríos ganadores
G = 9	$2\% > i > 1,5\%$	
G = 8	$1,5\% > i > 1\%$	
G = 7	$1\% > i > 0,5\%$	
G = 6	$0,5\% > i > 0\%$	
G = 5	$i = 0\%$ (no hay cesión de agua ni en uno ni otro sentido)	No cesión de agua
G = 4	$0\% > i > -0,5\%$	Ríos perdedores
G = 3	$-0,5\% > i > -1\%$	
G = 2	$-1\% > i > -1,5\%$	
G = 1	$-1,5\% > i > -1\%$	
G=0,5	$-1\% > i > -1,5\%$	
G = 0,25	$-1,5\% > i > -2\%$	
G = 0,125	$i < -2\%$	

En todo caso, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

Se deberá elegir un tramo de río del que se disponga de piezometría representativa. No se podrá calcular el gradiente hidráulico si no hay información piezométrica.

El gradiente hidráulico se calculará en una sección perpendicular a las isopiezas próximas al tramo de río a evaluar, en la línea de la máxima pendiente del nivel freático.

La sección de cálculo del gradiente hidráulico deberá ser la misma en las sucesivas evaluaciones a realizar.

Puede darse el caso de que se deba interpolar o extrapolar isopiezas para establecer un gradiente hidráulico representativo.

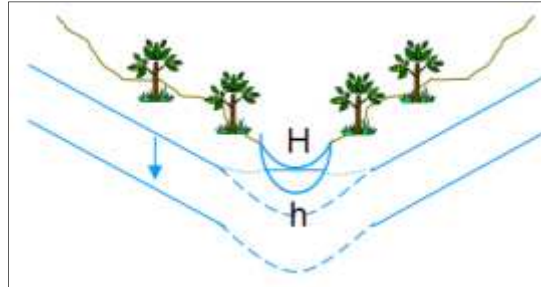
El gradiente hidráulico, y por lo tanto, G, puede variar en las sucesivas evaluaciones.

Por otro lado, en ausencia de información piezométrica de cierto detalle, no se podrá calcular este parámetro.

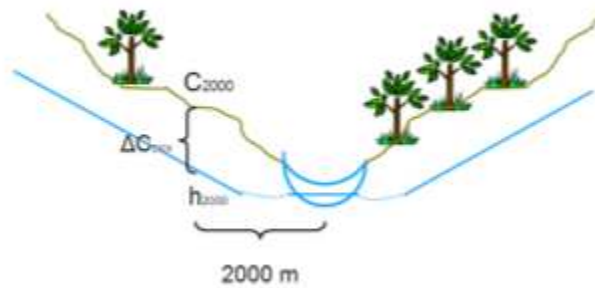
ΔC = Valor ponderado del Espesor de Zona No Saturada a 2000 m del cauce

Para evaluar el estado de la interrelación hidráulica entre Masa de Agua Subterránea y río, además del gradiente hidráulico se debe considerar la posición absoluta del nivel freático con conexión hidráulica con el río o tramo de río a evaluar. Así, si solo se contemplara el gradiente hidráulico, es decir, la inclinación del agua subterránea en las inmediaciones del tramo a evaluar, podría darse la circunstancia de que, aún sin que ésta variara (no variara dicha inclinación o gradiente), el nivel freático descendiera (o ascendiera) de cota de manera absoluta.

Es por ello que se debe considerar la posición y situación relativa del agua subterránea en relación con el lecho del río. Ello se puede tener en cuenta de varias maneras, una de ellas es mediante el cálculo del espesor de la profundidad del nivel freático o espesor de zona no saturada (ZNS) en cualquier punto a una distancia determinada del lecho del río.



De este modo, se ha definido al parámetro ΔC_{2000} como la profundidad del nivel freático respecto al suelo, o espesor de la ZNS a 2000 m del cauce, medido en la distancia perpendicular (más corta) al punto de intersección de la línea usada para el cálculo del gradiente, con el río, de acuerdo con el siguiente esquema:



En el gráfico expuesto, C_{2000} será la cota del terreno a 2000 metros del río, mientras que h_{2000} será la cota del nivel freático a 2000 metros del río. Obtenemos así el parámetro ΔC_{2000} , que es la profundidad del nivel freático o espesor de ZNS a 2000 metros del río, y obtenida como $C_{2000} - h_{2000}$ en metros. Según el valor de ΔC_{2000} , obtenemos así el parámetro ΔC que es el que introduciremos en la fórmula del ICAR, de acuerdo a la siguiente tabla:

VALOR PONDERADO DEL ESPESOR DE ZONA NO SATURADA A 2000 m DEL CAUCE	
ΔC_{2000}	ΔC
$0 \leq \Delta C_{2000} < 2$ metros	$\Delta C = 1$
$2 \leq \Delta C_{2000} < 5$	$\Delta C = 0,5$
$5 \leq \Delta C_{2000} < 10$	$\Delta C = 0,4$
$10 \leq \Delta C_{2000} < 15$	$\Delta C = 0,35$
$15 \leq \Delta C_{2000} < 20$	$\Delta C = 0,3$
$20 \leq \Delta C_{2000} < 30$	$\Delta C = 0,25$
$30 \leq \Delta C_{2000} < 40$	$\Delta C = 0,2$
$40 \leq \Delta C_{2000} < 75$	$\Delta C = 0,15$
$\Delta C_{2000} < 75$ metros	$\Delta C = 0,1$

Para calcular el valor de ΔC_{2000} se deberá disponer de información piezométrica y topográfica suficientemente detallada. ΔC_{2000} y por lo tanto ΔC , podrán variar en el tiempo.

Clasificación de la conexión Acuífero – Río según el valor de ICAR

De acuerdo con el valor obtenido para cada fecha del índice ICAR, la conectividad entre Masa de Agua Subterránea y Río se clasificará de acuerdo con la siguiente tabla:

INDICE ICAR	
ICAR	Clasificación
0	Sin Conexión
0-2	Muy Pobre
2-4	Pobre
4-6	Regular
6-10	Moderada
10-18	Buena
18-26	Muy Buena

Análisis de la evolución temporal de ICAR

En función de las sucesivas evaluaciones y obtenciones del índice I_{CAR} , se podrá determinar el tipo de tendencia del cambio, su signo y magnitud. La siguiente tabla clasifica el tipo de tendencia en función de la magnitud del cambio en el índice entre dos o más valoraciones sucesivas.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL ICAR	
% variación índice	Tendencia
> +60%	Muy positiva
+30 - +60%	Positiva
+10 - + 30%	Ligeramente positiva
10% - -10%	Sin cambios significativos
-10% - -30%	Ligeramente negativa
-30% - -60%	Negativa
< -60%	Muy negativa

Consideraciones generales al índice ICAR

La variación temporal del valor de este índice implicará cambios cuantitativos sustanciales en la relación Masa de Agua Subterránea – Río. Cuanto menor sea el valor transformado de G, más desfavorable será la relación acuífero río, es decir, menor caudal aportará el acuífero al río.

El índice ICAR sólo es aplicable a acuíferos libres. Se descarta su utilización en acuíferos confinados, multicapa, o de funcionamiento e hidrodinámica compleja.

No se puede determinar el índice para estados influenciados del acuífero (sometidos a bombeos, con niveles piezométricos dinámicos, etc), ni para momentos en el tiempo de los que no se disponga de datos históricos.

El índice se calculará para aquellas MAS o tramos de MAS de los que se disponga de datos de piezometría o de los que éstos se puedan adquirir o inferir.

Se especificará el momento (fecha) de cálculo del índice, que será coincidente con la fecha de determinación del nivel freático local. De este modo, el índice ICAR debe ser siempre referido a una fecha determinada.

Se especificarán gráficamente las donde se ha calculado el gradiente hidráulico.

Todos los valores de los parámetros deberán mantenerse entre periodos de evaluación para los siguientes: E, K y M

**ANEXO V: METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA PARA EL ESTUDIO DETALLADO DE LA
CARACTERIZACIÓN DE LA ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES**

METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA PARA EL ESTUDIO DETALLADO DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES

En los casos en los que se estime necesario caracterizar con precisión la alteración existente en el régimen de caudales, se procederá a calcular los Descriptores de Alteración Hidrológica (DAH) que se presentan en la tabla de la página siguiente.

Estos DAH permiten evaluar cuantitativamente la alteración de los principales componentes del régimen de caudales líquidos.

Datos necesarios:

- Régimen real:
 - Registros de estaciones de aforo.
 - Extrapolación.
 - Simulación.
- Régimen natural:
 - Registros de estaciones de aforo
 - SIMPA

Lo habitual será disponer de registros de estaciones de aforo o valores extrapolados para el régimen real, y estimaciones SIMPA para el régimen natural. Como éstos últimos son a escala mensual, los DAH que aparecen en la tabla de la página siguiente utilizan sólo datos mensuales.

Es importante tener en cuenta que si el riesgo de alteración hidrológica sólo proviene de los hidrónicos, los DAH no serán capaces de detectarlos, y menos aún de cuantificarlos, ya que, como se ha indicado, los DAH trabajan con datos mensuales y con esa información no es posible analizar hidrónicos.

COMPONENTE DEL RÉGIMEN A EVALUAR	DESCRIPTOR DE ALTERACIÓN HIDROLÓGICA	VARIABLE	OBJETIVO	FORMULACIÓN MATEMÁTICA	se obtiene directamente en el INFORME DE IAHRIS	UMBRAL DE ALTERACIÓN SIGNIFICATIVA e INTERPRETACIÓN
Magnitud de las aportaciones anuales	DAH 1	Aportación anual (hm ³)	Evaluar alteraciones en la magnitud de las aportaciones anuales en comparación con el régimen natural	$\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \left[\frac{(AA_{año i})_{REAL}}{(AA_{año i})_{NAT}} \right]$ k= número de años con datos disponibles AA año i = Aportación anual del año i REAL= régimen real NAT= régimen natural	Informe 7b IAH1 pon Celda D30	$\leq 0,5$ Las aportaciones anuales en régimen real cambian respecto al natural en más de un 50%.
Magnitud de las aportaciones mensuales	DAH 2	Aportación mensual (hm ³)	Evaluar alteraciones en la magnitud de las aportaciones mensuales en comparación con el régimen natural	$\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \left[\frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} \frac{(AM_{mes j; año i})_{REAL}}{(AM_{mes j; año i})_{NAT}} \right]$ k= número de años con datos disponibles (AM mes j; año i)REAL= Aportación mensual en régimen real (AM mes j; año i)NAT= Aportación mensual en régimen natural	Informe 7b IAH2 pon Celda D31	$\leq 0,5$ Las aportaciones mensuales en régimen real cambian respecto al natural en más de un 50%.
Variabilidad intranual de las aportaciones mensuales	DAH 3	Aportaciones mensuales máximas y mínimas del año (hm ³)	Evaluar la alteración de la variabilidad de las aportaciones mensuales en comparación con el régimen natural	$\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \left[\frac{(AM_{max} - AM_{min})_{año i, REAL}}{(AM_{max} - AM_{min})_{año i, NAT}} \right]$ k= número de años con datos disponibles (AM max)año i, REAL = aportación mensual máxima del año i en régimen real. Idem para la AM mínima (AM max)año i, NAT= aportación mensual máxima del año i en régimen natural. Idem para la AM mínima	Informe 7b IAH4 pon Celda D32	$\leq 0,5$ La variabilidad intranual en régimen real cambia respecto al natural en más de un 50%.
Estacionalidad de la aportación mensual máxima	DAH 4	Mes de máxima aportación mensual en el año	Estimar la alteración en la estacionalidad de los máximos mensuales	$1 - \frac{1}{6} \left[\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \frac{n^{\circ} \text{ meses de desfase entre el máximo natural y real}_{año i}}{6} \right]$ k= número de años con datos disponibles n° meses de desfase entre la AM máxima en el régimen natural y real= distancia medida en meses entre el mes donde se localiza el máximo en un régimen y otro	Informe 7b IAH5 pon Celda D33	$\leq 0,5$ La estacionalidad de los máximos mensuales en régimen real está desfasada más de 3 meses respecto a la situación natural.
Estacionalidad de la aportación mensual mínima	DAH 5	Mes de mínima aportación mensual en el año	Estimar la alteración en la estacionalidad de los mínimos mensuales	$1 - \frac{1}{6} \left[\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \frac{n^{\circ} \text{ meses de desfase entre el mínimo natural y real}_{año i}}{6} \right]$ k= número de años con datos disponibles n° meses de desfase entre la AM mínima en el régimen natural y real= distancia medida en meses entre el mes donde se localiza el mínimo en un régimen y otro	Informe 7b IAH6 pon Celda D34	$\leq 0,5$ La estacionalidad de los mínimos mensuales en régimen real está desfasada más de 3 meses respecto a la situación natural.

Descriptor de alteración hidrológica (DAH) a calcular en las masas de agua de las que se necesite un estudio detallado de la afección al régimen de caudales

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

id-taxon (TAXAGUA)	Taxón	N	Mov	Vn	ki
36348	<i>Achondrostoma arcasii</i>	1	3	1,5	20,25
36360	<i>Achondrostoma occidentale</i>	1	2	2	16
36361	<i>Achondrostoma oligolepis</i>	1	3	1	16
39047	<i>Achondrostoma salmantinum</i>	1	3	2	25
9559	<i>Acipenser sturio</i>	1	5	2	49
9509	<i>Alburnus alburnus</i>	0	3	1	0
9562	<i>Alosa alosa</i>	1	5	1,5	42,25
9563	<i>Alosa fallax</i>	1	5	1,5	42,25
9567	<i>Ameiurus melas</i>	0	2	1	0
9569	<i>Anaocypris hispanica</i>	1	2	2	16
9525	<i>Anguilla anguilla</i>	1	5	2	49
9796	<i>Aphanius baeticus</i>	1	2	2	16
9572	<i>Aphanius fasciatus</i>	0,5	1	1	2
9573	<i>Aphanius iberus</i>	1	2	2	16
9577	<i>Atherina boyeri</i>	1	1	1,5	6,25
36356	<i>Australoheros facetus</i>	0	2	1	0
41863	<i>Barbatula barbatula</i>	0	2	1	0
36343	<i>Barbatula quignardi</i>	1	2	1,5	12,25
9514	<i>Barbus haasi</i>	1	4	1,5	30,25
9709	<i>Barbus meridionalis</i>	1	4	1,5	30,25
36350	<i>Blicca bjoerkna</i>	0,5	3	1	8
9469	<i>Carassius auratus</i>	0,5	2	1	4,5
9473	<i>Cobitis calderoni</i>	1	2	2	16
9721	<i>Cobitis paludica</i>	1	2	1,5	12,25
9722	<i>Cobitis vettonica</i>	1	2	2	16
37541	<i>Cottus aturi</i>	1	3	2	25
9723	<i>Cottus hispaniolensis</i>	1	3	2	25
9475	<i>Cyprinus carpio</i>	0,5	2	1	4,5
9479	<i>Esox lucius</i>	0	3	1	0
9730	<i>Fundulus heteroclitus</i>	0	2	1	0
9513	<i>Gambusia holbrooki</i>	0	2	1	0
34762	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	1	2	2	16
9732	<i>Gobio lozanoi</i>	1	3	1	16
9737	<i>Hucho hucho</i>	0,5	4	1	12,5
9787	<i>Iberochondrostoma almacai</i>	1	3	2	25
9717	<i>Iberochondrostoma lemmingii</i>	1	2	1,5	12,25
9788	<i>Iberochondrostoma lusitanicum</i>	1	2	2	16
39066	<i>Iberochondrostoma olisiponensis</i>	1	3	2	25
9789	<i>Iberochondrostoma oretanum</i>	1	3	2	25
9739	<i>Ictalurus punctatus</i>	0	2	1	0
9741	<i>Lampetra fluviatilis</i>	1	3	1	16
9742	<i>Lampetra planeri</i>	1	3	2	25
9486	<i>Lepomis gibbosus</i>	0	2	1	0

id-taxon (TAXAGUA)	Taxón	N	Mov	Vn	ki
9578	<i>Luciobarbus bocagei</i>	1	4	1,5	30,25
9707	<i>Luciobarbus comizo</i>	1	4	1,5	30,25
9467	<i>Luciobarbus graellsii</i>	1	4	1,5	30,25
9708	<i>Luciobarbus guiraonis</i>	1	4	1	25
9710	<i>Luciobarbus microcephalus</i>	1	4	1,5	30,25
9711	<i>Luciobarbus sclateri</i>	1	4	1	25
9492	<i>Micropterus salmoides</i>	0	2	1	0
9752	<i>Oncorhynchus kisutch</i>	0,5	4	1	12,5
9496	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	0,5	4	1	12,5
36351	<i>Parachondrostoma arrigonis</i>	1	4	2	36
36345	<i>Parachondrostoma miegii</i>	1	4	1,5	30,25
36352	<i>Parachondrostoma turiense</i>	1	4	2	36
9755	<i>Perca fluviatilis</i>	0	4	1	0
9521	<i>Petromyzon marinus</i>	1	5	1,5	42,25
36346	<i>Phoxinus phoxinus</i>	1	2	1	9
9757	<i>Poecilia reticulata</i>	0,5	2	1	4,5
9715	<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	1	4	1,5	30,25
9790	<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	1	4	1,5	30,25
9720	<i>Pseudochondrostoma willkommii</i>	1	4	1,5	30,25
37765	<i>Pseudorasbora parva</i>	0	2	1	0
9761	<i>Rutilus rutilus</i>	0	2	1	0
9502	<i>Salaria fluviatilis</i>	1	3	2	25
9504	<i>Salmo salar</i>	1	5	2	49
9505	<i>Salmo trutta</i>	1	4	1,5	30,25
9763	<i>Salvelinus fontinalis</i>	0	4	1	0
9766	<i>Sander lucioperca</i>	0	4	1	0
9768	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0	2	1	0
9771	<i>Silurus glanis</i>	0	2	1	0
36358	<i>Squalius alburnoides</i>	1	3	1	16
9791	<i>Squalius aradensis</i>	1	2	1,5	12,25
34775	<i>Squalius carolitertii</i>	1	4	2	36
39068	<i>Squalius castellanus</i>	1	4	2	36
34776	<i>Squalius cephalus</i>	1	4	1	25
9792	<i>Squalius laietanus</i>	1	4	1,5	30,25
9793	<i>Squalius malacitanus</i>	1	3	2	25
36359	<i>Squalius palaciosi</i>	1	3	2	25
9516	<i>Squalius pyrenaicus</i>	1	4	1,5	30,25
9794	<i>Squalius torgalensis</i>	1	2	1,5	12,25
9795	<i>Squalius valentinus</i>	1	3	1	16
9775	<i>Syngnathus abaster</i>	1	1	1	4
9507	<i>Tinca tinca</i>	1	2	1	9
9778	<i>Valencia hispanica</i>	1	2	2	16

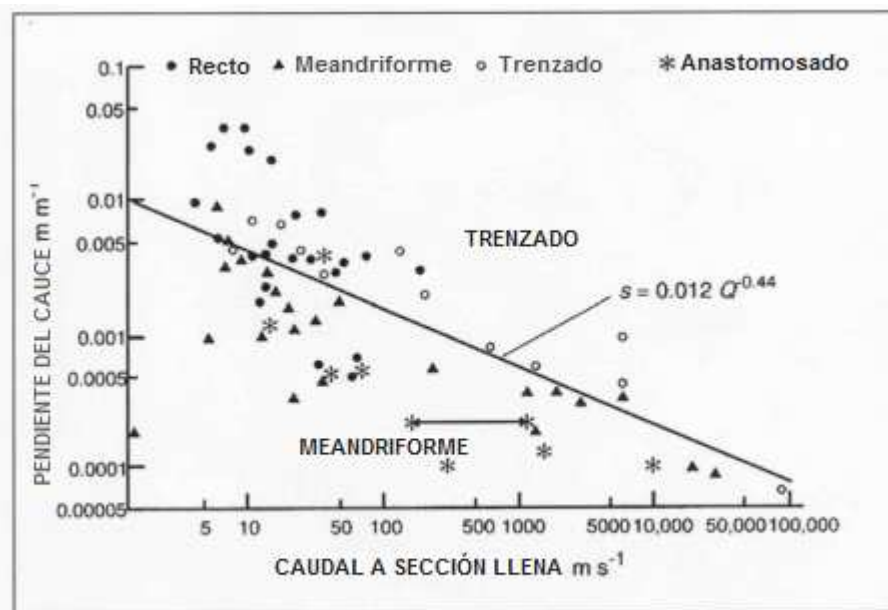
**ANEXO VII: FORMULAS COMPLEMENTARIAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE
LOS TIPOS MORFOLÓGICOS EN PLANTA**

FORMULAS COMPLEMENTARIAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS MORFOLÓGICOS EN PLANTA

Como ayuda a la decisión y orientación sobre la tipología del trazado del cauce, se proponen las siguientes fórmulas de geometría hidráulica del cauce.

- Leopold & Wolman (1957) establecieron una relación para definir la transición de meandriforme a trenzado a través de la pendiente del lecho (S_0) y el caudal de bankfull Q_{bf} (m^3/s):

$$S_0 = 0,012 Q_{bf}^{-0,44}$$

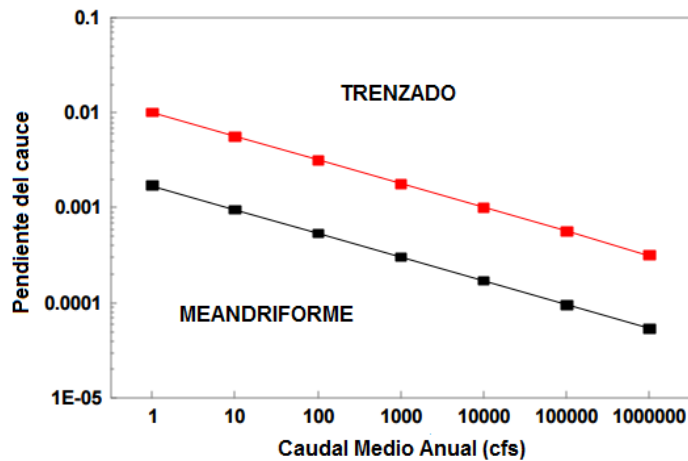


Figuranº11. Discriminación entre cauces meandriformes y trenzados (Leopold & Wolman, 1.957)

- Adicionalmente, Lane (1957) propuso una expresión alternativa para definir los umbrales de recto a meandriforme y de meandriforme a trenzado, a través del módulo anual (en la gráfica, la zona entre las líneas roja y negra corresponde a una zona de transición):

$$S_0 = 7 * 10^{-4} Q^{-0,25} \text{ (umbral a meandriforme)}$$

$$S_0 = 0,004 Q^{-0,25} \text{ (umbral a trenzado)}$$



- Como estas expresiones son muy generales, Henderson (1963) y Ferguson (1987) comprobaron la influencia del tamaño del sedimento (D_{50}) y del módulo anual Q para definir el paso de meandriforme a trenzado:

$$S_0 = 2 \cdot 10^{-4} D_{50}^{1,15} Q^{-0,44} \text{ (Henderson)}$$

$$S_0 = 4,9 \cdot 10^{-3} D_{50}^{0,52} Q^{-0,21} \text{ (Ferguson)}$$

En ambos casos, con D_{50} en mm y Q en m^3/s

- Finalmente, destaca la expresión de Millar (2000), donde se introduce el factor de la vegetación, al comprobar que podía hacer variar mucho la geometría del cauce. Para eso introduce el factor ϕ_b , cuyo valor es aprox. 40 para orillas/riberas cubiertas por vegetación poco densa, pero que puede llegar a 80 en orillas/riberas muy cubiertas, por el papel estabilizador de las raíces:

$$S_0 = 2 \cdot 10^{-4} \phi_b^{1,75} D_{50}^{0,61} Q_{bf}^{-0,25}$$

D_{50} en m y Q_{bf} en m^3/s