

Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero Revisión de tercer ciclo (2022-2027)

ANEJO 8.2 VALORACIÓN DEL ESTADO

APÉNDICE VII. PROTOCOLOS DE MUESTREO, LABORATORIO Y CÁLCULO DE ÍNDICES

MAYO 2021

Confederación Hidrográfica del Duero O.A.



ÍNDICE

Instrucciones de aprobación

- Instrucción del Secretario de Estado de Medio Ambiente por la que se aprueban los protocolos aplicables en la explotación las redes de seguimiento del estado y potencial ecológico de las masas de agua superficiales continentales.
- Instrucción del Secretario de Estado de Medio Ambiente por la que se aprueban la revisión del “Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos” y el nuevo “Protocolo para el cálculo de métricas de los indicadores hidromorfológicos de las masas de agua categoría río”

Protocolos de muestreo y laboratorio

- Protocolos de muestreo y laboratorio Organismos invertebrados bentónicos en ríos. Protocolo de muestreo y laboratorio de fauna bentónica de invertebrados en ríos vadeables. ML-Rv-I-2013.
- Organismos fitobentónicos en ríos. Protocolo de muestreo y laboratorio de flora acuática (organismos fitobentónicos) en ríos. ML-R-D-2013.
- Organismos fitoplanctónicos en lagos y embalses. Protocolo de muestreo de fitoplancton en lagos y embalses. M-LE-FP-2013.
- Organismos invertebrados bentónicos en lagos. Protocolo de muestreo y laboratorio de invertebrados bentónicos en lagos. ML-L-I-2013.
- Otro tipo de flora acuática en lagos. Protocolo de muestreo de otro tipo de flora acuática (Macrófitos) en lagos. M-L-OFM-2013.
- Protocolo de muestreo de fauna ictiológica en ríos. ML-R-FI-2015 Protocolo de muestreo y laboratorio de macrófitos en ríos. ML-R-M-2015.
- Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos. M-R-HMF-2019.

Protocolos para el cálculo de índices y métricas

- Protocolos para el cálculo de índices y métricas IBMWP. Protocolo de cálculo del índice IBMWP. IBMWP-2013.

- IBCAEL. Protocolo para el cálculo del índice de invertebrados IBCAEL en lagos. IBCAEL-2013.
- Organismos fitoplanctónicos en lagos y embalses. Protocolo de análisis y cálculo de métricas de fitoplancton en lagos y embalses. MFIT-2013.
- IPS. Protocolo de cálculo del índice de poluosensibilidad específica. IPS-2013.
- Otro tipo de flora acuática en lagos. Protocolo de laboratorio y cálculo de métricas de otro tipo de flora acuática (Macrófitos) en lagos. OFALAM-2013.
- IBMR. Protocolo de cálculo del índice biológico de macrófitos en ríos de España. IBMR-2015.
- METI. Protocolo de cálculo del índice multimétrico específico del tipo de invertebrados bentónicos en ríos. MET-2015.
- Protocolo para el cálculo de métricas de los indicadores hidromorfológicos de las masas de agua categoría río. MET-R-HMF-2019.



INSTRUCCIÓN DEL SECRETARIO DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE POR LA QUE SE APRUEBAN LOS PROTOCOLOS APLICABLES EN LA EXPLOTACIÓN DE LAS REDES DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO Y POTENCIAL ECOLÓGICO DE LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIALES CONTINENTALES

El Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de Julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA) incorpora a nuestro ordenamiento jurídico la Directiva 2000/60/CE, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. En el artículo 92bis del Título V del TRLA sobre la protección del dominio público hidráulico y de la calidad de las aguas se establecen los objetivos medioambientales derivados de la Directiva 2000/60/CE, entre los que cabe destacar la obligación de prevenir el deterioro del estado de las masas de agua superficiales; y proteger, mejorar y regenerar las mismas con el objeto de alcanzar un buen estado. El estado de las aguas superficiales viene determinado por el peor valor de su estado ecológico y de su estado químico. Para evaluar el cumplimiento de los objetivos medioambientales es necesario establecer programas de seguimiento que permitan valorar el estado de las masas de agua a través de elementos de calidad biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos.

La Sección 5ª del Capítulo I, del Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica, establece de forma general los elementos de calidad que deben utilizarse para la clasificar el estado ecológico de las masas de agua, que se clasifican en tres grupos: biológicos, hidromorfológicos y físico-químicos. La Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica, define con más detalle los criterios para la clasificación del estado o potencial ecológico. En particular, en el apartado 5.1.2 se especifican los indicadores derivados para cada elemento de calidad que se utilizan para la evaluación del estado o potencial ecológico de los ríos, lagos, y masas de agua artificiales y muy modificadas.

La evaluación del estado ecológico mediante elementos de calidad requiere el empleo de índices o métricas, algunos de ellos incluidos en la Instrucción de Planificación Hidrológica. Con carácter general, los procedimientos para el cálculo de estas métricas se recogen en publicaciones de carácter científico o técnico que se actualizan periódicamente. Es decir, hasta ahora el desarrollo de estas herramientas ha estado ligado al ámbito de la investigación y de la docencia universitaria.

La Directiva Marco del Agua introduce la obligación legal de utilizar indicadores del estado en la gestión de las aguas. En consecuencia, en aras de la seguridad jurídica, es preciso disponer de procedimientos o protocolos estandarizados que adquieran el carácter de oficiales y que sean utilizados de forma rutinaria por los responsables de la gestión de las aguas en las administraciones hidráulicas.



En el ámbito europeo existe el Comité Europeo de Normalización (CEN) cuyo objetivo es, entre otros, la elaboración de normas o estándares que permiten garantizar la calidad, seguridad, interoperabilidad y comparabilidad de los productos, servicios y organizaciones existentes en los países de Europa. El Comité Técnico CEN/TC 230 tiene el cometido de elaborar normas sobre análisis de aguas, correspondiendo al Grupo de Trabajo 2 (WG 2) el desarrollo de métodos biológicos. Las Normas CEN marcan las principales pautas de trabajo, no obstante suelen ser normas de carácter general que requieren adaptación a los distintos Estados miembros. Además y por el momento no existen estándares para cada uno de los indicadores necesarios.

La ausencia de protocolos oficiales supone la permanencia de métodos dispares que pueden conducir a resultados divergentes, según sean las premisas o teorías aplicadas, dificultando el diagnóstico certero sobre el estado de las aguas con consecuencias negativas en la gestión del dominio público hidráulico y la planificación hidrológica. Esta carencia es especialmente relevante si se considera que el programa de medidas de cada demarcación hidrográfica se define con el fin de proteger o mejorar el estado de las masas de agua. Es necesario por lo tanto, disponer de procedimientos que permitan una evaluación del estado cierta y no dependiente de las herramientas o métodos aplicados.

Por ello, la Secretaría de Estado de Medio Ambiente, por medio de esta Instrucción, establece los protocolos para que todas las administraciones hidráulicas intercomunitarias clasifiquen el estado ecológico de sus masas de agua siguiendo procedimientos comunes, que abarcan desde la recogida de datos (protocolos de muestreo) hasta el procesado y cálculo de los valores de las métricas (protocolos de laboratorio y cálculo). Esto redundará en una mayor seguridad jurídica en el diagnóstico sobre el estado de las aguas y, en consecuencia, en el diseño de los programas de medidas.

A tenor de lo expuesto en los párrafos anteriores, en el ámbito competencial de esta Secretaría de Estado, conforme a las atribuciones conferidas por el Real Decreto 401/2012, de 17 de febrero, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, y en virtud del artículo 21 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, tengo a bien dictar la siguiente:

INSTRUCCIÓN

1.- Aprobación de los Protocolos

Se aprueban los siguientes protocolos, cuyos textos figuran en el Anexo a la presente Instrucción:

1. Protocolo de muestreo y laboratorio de fauna bentónica de invertebrados en ríos vadeables. Código: ML-Rv-I-2013



2. Protocolo de muestreo y laboratorio de flora acuática (organismos fitobentónicos) en ríos. Código: ML-R-D-2013
3. Protocolo de muestreo de fitoplancton en lagos y embalses. Código: M-LE-FP-2013
4. Protocolo de cálculo del índice IBMWP. Código: IBMWP-2013
5. Protocolo de muestreo y laboratorio de invertebrados bentónicos en lagos. Código: ML-L-I-2013
6. Protocolo para el cálculo del índice de invertebrados IBCAEL en lagos. Código: IBCAEL-2013
7. Protocolo de análisis y cálculo de métricas de fitoplancton en lagos y embalses. Código: MFIT-2013.
8. Protocolo de cálculo del índice de poluosensibilidad específica. Código: IPS-2013.
9. Protocolo de muestreo de otro tipo de flora acuática (Macrófitos) en lagos. Código: M-L-OFM-2013.
10. Protocolo de laboratorio y cálculo de métricas de otro tipo de flora acuática (Macrófitos) en lagos. Código: OFALAM-2013.

Estos protocolos están sujetos a los cambios que se consideren necesarios en virtud del progreso científico en la materia.

2.- Difusión

Se procede a la publicación de esta Instrucción por razón de los destinatarios y de los efectos que puedan producirse, así como la difusión de su contenido en la página web de este departamento ministerial.

3.- Entrada en vigor

La presente Instrucción entrará en vigor en el día de la fecha.

Madrid, a 12 de noviembre de 2013
EL SECRETARIO DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE
*P.O. (Resol. 15-11-2013)
ET- D-G. Sostenibilidad de la Costa y del Mar*
Pablo Saavedra Inaraja
Federico Ramos de Armas

22 NOV 2013



INSTRUCCIÓN DEL SECRETARIO DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE POR LA QUE SE APRUEBAN LA REVISIÓN DEL “PROTOCOLO DE CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA DE MASAS DE AGUA DE LA CATEGORÍA RÍOS” Y EL NUEVO “PROTOCOLO PARA EL CÁLCULO DE MÉTRICAS DE LOS INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS DE LAS MASAS DE AGUA CATEGORÍA RÍO”,

La Directiva 2000/60/CE o Directiva Marco del Agua (DMA) establece la obligación de los Estados Miembros de implantar programas de seguimiento del estado de las aguas con objeto de obtener una visión general coherente y completa del estado de las aguas en cada demarcación hidrográfica.

De conformidad con la DMA, el 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, recoge en su artículo 10 los elementos de calidad para la clasificación del estado o potencial ecológico para las masas de agua de la categoría ríos, entre los que se encuentran los elementos de calidad hidromorfológicos, divididos en tres categorías:

- a. Régimen hidrológico: caudales e hidrodinámica del flujo de las aguas y conexión con masas de agua subterránea.
- b. Continuidad del río.
- c. Condiciones morfológicas: variación de la profundidad y anchura del río, estructura y sustrato del lecho del río y estructura de la zona ribereña.

Como elemento básico para la aplicación de lo establecido en la DMA en relación con las redes oficiales de evaluación del estado/potencial ecológico, se elaboró en el año 2015 el “*Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos, código M-R-HMF-2015*”, que define las variables hidromorfológicas necesarias para la caracterización hidromorfológica de las masas de agua de la categoría ríos, comprendiendo los apartados de estudio y caracterización que marcan tanto la DMA como el Real Decreto 817/2015.

El artículo 16 del citado Real Decreto 817/2015 establece que las especificaciones técnicas para el muestreo, análisis en el laboratorio y cálculo de indicadores se deben recoger en los protocolos enumerados en el anexo III A del mismo, y se faculta al Secretario de Estado de Medio Ambiente para la actualización periódica de los existentes y para el desarrollo de nuevos protocolos, a cuyo efecto serán publicados en la web del departamento. Estos protocolos tienen el carácter de procedimientos oficiales y serán de obligado cumplimiento para la aplicación de las condiciones de referencia, máximo potencial ecológico y límites de clases de estado.

En cumplimiento del citado artículo, se ha procedido a redactar un nuevo “*Protocolo para el cálculo de métricas de los indicadores hidromorfológicos de las masas de agua categoría río, código MET-R-HMF-2019*” que permite evaluar las condiciones hidromorfológicas de una masa de agua categoría río y con ello, completar el protocolo de caracterización existente. Al mismo tiempo se ha efectuado una actualización y revisión del “*Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos, código M-R-HMF-2019*” para adaptarlo al nuevo protocolo de cálculo de métricas anteriormente citado.

En el “*Protocolo para el cálculo de métricas de los indicadores hidromorfológicos de las masas de agua categoría río MET-R-HMF-2019*” se expone el procedimiento para el cálculo de



métricas de los elementos de calidad relacionados con la hidromorfología fluvial de las masas de agua de categoría río, incluyendo tanto las que cuentan con flujo permanente, como las caracterizadas por un patrón hidrológico temporal o efímero.

Este documento fue consensuado en el marco del grupo de trabajo técnico entre los organismos de cuenca y la Dirección General del agua y fue igualmente puesto a consulta pública en la web del MITECO desde el 18 de marzo al 1 de abril de 2019. Durante este periodo se recibieron seis aportaciones que han sido analizadas y tenidas en cuenta para la mejora de los contenidos de los mismos.

A tenor de lo expuesto en los párrafos anteriores, en el ámbito competencial de esta Secretaría de Estado, conforme a las atribuciones conferidas por el artículo 16 del Real Decreto 817/2015 y del Real Decreto 864/2018, de 13 de julio, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio para la Transición Ecológica y conforme a la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, tengo a bien dictar la siguiente:

INSTRUCCIÓN

1. Aprobar la actualización del "*Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos*". Código: M-R-HMF-2019.
2. Aprobar el "*Protocolo para el cálculo de métricas de los indicadores hidromorfológicos de las masas de agua categoría río*". Código: MET-R-HMF-2019.
3. Conforme a lo establecido en el artículo 16 del 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, estos protocolos se incluirán en el apartado A del Anexo III del mismo y se aplicarán en el proceso de evaluación del estado ecológico en las Demarcaciones Hidrográficas intercomunitarias desde la fecha de entrada en vigor de esta Instrucción.
4. A partir de toda la información generada durante esta aplicación, la Dirección General del Agua en coordinación con los distintos Organismos de cuenca realizará una revisión de los contenidos estos Protocolos si la experiencia demuestra que es necesaria su actualización.
5. La presente Instrucción entrará en vigor el mismo día de su aprobación y se procederá a la difusión de su contenido en la página web de este departamento ministerial.

Madrid, a 22 de abril de 2019
EL SECRETARIO DE ESTADO
DE MEDIO AMBIENTE,



Hugo Morán Fernández

PROTOCOLO DE MUESTREO Y LABORATORIO DE FAUNA BENTÓNICA DE INVERTEBRADOS EN RÍOS VADEABLES

CÓDIGO: ML-Rv-I-2013

Aprobado por instrucción del Secretario de Estado de Medio Ambiente de fecha 22 de noviembre de 2013



**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: 770-11-310-8



INDICE

1. APLICABILIDAD	5
2. OBJETIVO	5
3. NORMATIVA DE REFERENCIA	5
4. EQUIPOS, REACTIVOS Y CONSERVANTES	6
4.1. TRABAJO DE CAMPO.....	6
4.2. TRABAJO DE LABORATORIO	7
5. SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO.....	7
6. FRECUENCIA Y ÉPOCA DE MUESTREO	8
7. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	8
7.1. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE MUESTREO E IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE HÁBITAT	8
7.2. MUESTREO.....	9
8. CONSERVACIÓN, ETIQUETADO Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS	10
9. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN LABORATORIO	11
9.1. LAVADO Y TAMIZADO DE LAS MUESTRAS	11
9.2. IDENTIFICACIÓN Y RECUENTO DE TAXONES	11
10. PROCESADO DE LOS DATOS.....	12
ANEXO I: HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO	13
ANEXO II: HOJA DE CAMPO PARA IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA IN SITU	17
ANEXO III: HOJA DE LABORATORIO	21



1. APLICABILIDAD

Este protocolo de muestreo y laboratorio es de obligada aplicación en la explotación de las redes oficiales de evaluación del estado / potencial ecológico en cumplimiento de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, que explotan las Confederaciones Hidrográficas (CCHH), bien directamente o a través de contratos de servicios.

Las estaciones en las que se utilizará este protocolo son las pertenecientes al programa de control de vigilancia, programa de control operativo, programa de control de investigación y redes de referencia.

Este protocolo corresponde al muestreo y análisis en laboratorio de fauna bentónica de invertebrados de las masas de agua de la categoría ríos, así como a las masas de agua artificiales o muy modificadas asimilables a ríos que sean vadeables, siendo aplicable para la obtención de muestras para la clasificación del estado ecológico o del potencial ecológico.

La toma de muestras de este protocolo está orientada a la obtención de datos de composición y abundancia de macroinvertebrados bentónicos, que son el grupo utilizado en la clasificación del estado ecológico. Se trata de invertebrados de un tamaño relativamente grande (visibles al ojo humano), no inferiores a 0,5 mm. Comprenden principalmente artrópodos (insectos, arácnidos y crustáceos) junto a oligoquetos, hirudíneos y moluscos y, con menor frecuencia, celentéreos, briozoos o platelmintos.

Con la información recopilada mediante este protocolo se obtienen datos válidos para el cálculo de las métricas establecidas en la Instrucción de Planificación Hidrológica (Orden 2656/2008) para el elemento de calidad correspondiente a composición y abundancia de fauna bentónica de invertebrados:

- Iberian Biological Monitoring Working Party (IBMWP-2013).
- Multimétrico específico del tipo (METI).

Asimismo se podrá aplicar este protocolo de muestreo para el cálculo de otras métricas de invertebrados bentónicos que requieran datos de composición y abundancia tales como:

- Multimétrico IMMi-L (cualitativo) y IMMi-T (cuantitativo).
- Multimétricos usados en el GIG Mediterráneo (ICM-9, ICM-Star, ICM-7).
- Iberian Average Score Per Taxon (IASPT).
- Índice de diversidad de Margalef (MARGALEF).

2. OBJETIVO

La Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, establece que los Estados miembros deberán poner en marcha programas de seguimiento. Estos programas deben permitir controlar y evaluar la composición y abundancia de la fauna bentónica de invertebrados.

La Directiva Marco del Agua establece que los métodos empleados para controlar los parámetros de cada tipo 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 establecer un método de muestreo de invertebrados bentónicos en ríos que garantice el cumplimiento de los requisitos mencionados anteriormente.

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 907/2007 por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica.
- 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.
- Orden ARM/2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica.
- 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.

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

- UNE – EN 10870: 2012 – Directrices para la selección de métodos y dispositivos de muestreo de macroinvertebrados bentónicos en agua dulce.
- 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 8689-1: 2000 – Parte 1. Guía para la interpretación de los datos relativos a la calidad biológica a partir de estudios de macroinvertebrados benthicos.
- UNE – EN 8689-1: 2000 – Parte 2. Guía para la presentación de los datos relativos a la calidad biológica a partir de estudios de macroinvertebrados benthicos.
- UNE – EN 16150:2012 – Orientaciones para el muestreo de macroinvertebrados bentónicos en ríos vadeables por prorrateo de las superficies de cobertura de los hábitats presentes.

4. EQUIPOS, REACTIVOS Y CONSERVANTES

4.1. TRABAJO DE CAMPO

Equipos y material para la recolección de las muestras

- Red de muestreo de macroinvertebrados de 500 μm de luz de malla, cuyo marco tenga 0,25 m de base y una altura igual o superior y mango largo.
- 2 bandejas de PVC (mínimo 30 x 20 cm).
- Pinzas entomológicas.
- Botes estancos de 1-2 L y boca ancha para el almacenado de las muestras de macroinvertebrados.
- Frasco lavador.
- Formaldehído (HCHO) 40% / Alcohol etílico ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 96%.
- Borato de sodio $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times (10 \text{H}_2\text{O})$.
- Sonda multiparamétrica con sensores de temperatura, conductividad, pH y oxígeno disuelto.
- Protocolo de muestreo.
- Hojas de campo.
- Claves de identificación de los elementos de calidad biológicos (MAGRAMA).

Equipos y material complementario

- Bolígrafo, rotulador permanente o cualquier otro método para etiquetar las muestras. Si se usan etiquetas deben ser resistentes a la humedad.
- Fundas impermeables para las fichas de campo.
- GPS.



- Cámara digital.
- Cartografía adecuada.
- Teléfono móvil.
- Tijeras.
- Cinta adhesiva y papel cebolla para rotular las muestras.
- Recipientes adecuados para el transporte de los botes de muestras y el fijador.
- Vadeador.
- Guantes de látex y de goma largos (hasta por encima del codo).

Todo el material utilizado en campo 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.

4.2. TRABAJO DE LABORATORIO

Equipos para el análisis de muestras

- Tamices de 5 mm, 1 mm y 0,5 mm.
- 3 Bandejas de PVC (mínimo 30 x 20 cm).
- Elutriador o hidroseparador.
- Submuestreador (Wrona et al., 1982) opcional.
- Alcohol etílico (C_2H_5OH) al 96% y al 70%.
- Formaldehído (HCHO) 40%.
- Borato de sodio $Na_2B_4O_7 \times (10 H_2O)$.
- Pipeta 50 ml.
- Placas de Petri.
- Pinzas entomológicas.
- Viales de plástico y otros recipientes con tapones herméticos.
- Claves de identificación de los elementos de calidad biológicos (MAGRAMA).
- Hojas de laboratorio.
- Gradilla graduada.

Equipos y material complementario

- Máscara de protección respiratoria con filtros para compuestos orgánicos (si se usa formaldehído para conservar las muestras).
- Gafas de seguridad.
- Guantes de látex.
- Campana de gases o aspirador con filtros para compuestos orgánicos en la zona de lavado de las muestras.
- Rotuladores indelebles.
- Cinta adhesiva.
- Tijeras.

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

5. SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO

El punto de muestreo será un tramo seleccionado de 100 m representativo de las características de la masa de agua.



El tramo seleccionado presentará los tipos de hábitat más frecuentes en la masa de agua, de modo que sea representativo de la variabilidad natural de elementos físicos y estructurales (por ejemplo la secuencia rápido-poza, etc.). Se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- El tramo de muestreo reflejará la secuencia de rápidos-lentos dominante.
- La morfología fluvial y composición del hábitat serán las características del tramo a evaluar, por ejemplo se evitarán zonas canalizadas si el resto del tramo no lo está.
- La cobertura de la vegetación (densidad, sombra) será la característica del tramo; así se evitará muestrear una zona de sombra, si esto no es habitual en el tramo.
- Se evitarán las zonas inmediatas a puentes, vados o azudes, a menos que sean característicos del tramo. Si es posible se muestreará aguas arriba del punto de acceso.
- Se muestrearán puntos de muestreo accesibles. El muestreo se realizará en las zonas vadeables, tomando las precauciones necesarias y evitando riesgos.

El tramo seleccionado se delimitará mediante la anotación de las coordenadas UTM (medidas con GPS) del punto de inicio.

6. FRECUENCIA Y ÉPOCA DE MUESTREO

Los muestreos serán anuales y se realizarán en primavera, momento en que las comunidades de macroinvertebrados suelen alcanzar su máxima diversidad. Excepcionalmente, el muestreo podrá aplazarse hasta principios de verano para encontrar una situación más favorable en aquellos casos en que las condiciones meteorológicas o hidrológicas así lo requieran (principalmente, en zonas de montaña de elevada pluviosidad o influencia nival).

En caso de avenida reciente se esperará por lo menos 15 días para la toma de muestras. En los ríos temporales es muy importante adecuar el momento del muestreo a unas condiciones hidrológicas adecuadas que garanticen la existencia de un flujo de agua continuado.

7. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

A continuación se describe el procedimiento de muestreo y caracterización de hábitats.

7.1. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE MUESTREO E IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE HÁBITAT

Se recorrerá el punto de muestreo y se realizarán observaciones de la presencia de los hábitats fluviales, así como de las características de las riberas. Este recorrido se realizará por la orilla siempre que sea accesible para evitar el pisoteo del tramo antes del muestreo.

Se llevará a cabo un reportaje fotográfico y se rellenará la hoja de campo incluida en el anexo I de este protocolo.

Identificación de los tipos de hábitat: La identificación de los tipos de hábitat presentes en el tramo se realizará teniendo en cuenta los siguientes cinco grupos:

- Sustratos duros (→): rocas, piedras y gravas predominantes en zonas de rápidos, característicos de la mayor parte de los cauces de montaña y piedemonte. Dominante en la mayoría de los cursos altos y menos habituales en los cursos bajos.
- Detritos vegetales (hojarasca, troncos de diferente calibre) (⊗): los detritos y otros restos vegetales que han permanecido sumergidos durante un tiempo relativamente largo (no recién caídos) proporcionan una excelente colonización.
- Orillas vegetadas (±): bancos sumergidos, con raíces y plantas emergentes asociadas a ellos.



- Macrófitos sumergidos (*): son estacionales y pueden no estar presentes en todos los cauces, particularmente en los de tramo alto.
- Arena y otros sedimentos finos (☺): generalmente en zonas de baja corriente y asociados a las orillas, aunque puede ser el predominante en algunos cauces.

Una vez identificados los tipos de hábitat y el área ocupada por cada uno de ellos, se procederá a repartir las unidades de muestreo (kicks) que se van a realizar entre los distintos hábitats presentes en el tramo. Como regla general se realizarán veinte unidades de muestreo.

La distribución de las unidades de muestreo en los 5 tipos de hábitats se realizará de forma proporcional al área ocupada por cada uno en la estación de muestreo, de manera que a cada unidad de muestreo le corresponda el 5% de la superficie de cobertura de un hábitat.

Los hábitat con representación superior al 5% son dominantes y los inferiores al 5% son minoritarios. En el caso de hábitats minoritarios el ajuste se realizará mediante la combinación de fracciones de unidades de muestreo (p.e. 0,5 para un hábitat representado por una cobertura entre 2-3%).

De forma complementaria, la distribución de las unidades de muestreo tendrá en cuenta otros factores que puedan influir en la heterogeneidad de hábitat tales como la velocidad del agua y la profundidad.

En cada unidad de muestreo se lleva a cabo la remoción del sustrato situado en el medio metro delante de la boca de la red, la cual tiene una base de 0,25 m. El área final muestreada resultante de las veinte unidades de muestreo será aproximadamente de 2,5 m².

7.2. MUESTREO

Se muestrea remontando el río (de aguas abajo hacia aguas arriba) y teniendo en cuenta el número de unidades de muestreo y la distribución en los tipos de hábitats, previamente definidos.

Antes de iniciar el muestreo es necesario identificar los macroinvertebrados que viven en la superficie del agua, o aquellos que, aun viviendo sumergidos, son difíciles de capturar.

Cada tipo de hábitat se muestrea de manera diferente, tal y como se detalla a continuación:

- **Sustratos duros**: se muestrean gravas, cantos y bloques manteniendo el borde inferior de la red contra el suelo y desalojando los organismos, removiendo con pies o manos en zonas someras, una longitud de 0,5 m de sustrato aguas arriba de la red.
- **Detritos vegetales (hojarasca, troncos de diferente calibre)**: se muestrean removiendo con pies o manos los depósitos de detritos, manteniendo la red aguas abajo (con corriente) o pasando la red sobre ellos (en aguas lentas) para recolectar los organismos en suspensión. También se muestrea en este hábitat la madera acumulada en pozas, evitando trozos grandes porque generalmente son difíciles de muestrear adecuadamente.
- **Orillas vegetadas**: orillas fluviales con raíces y plantas emergentes asociadas a ellas. Se agitan las raíces con pies o manos en 0,5 m y se recogen los organismos en suspensión o arrastrados por la corriente, con la red situada aguas abajo.
- **Macrófitos sumergidos**: se muestrean arrastrando la red a través de la vegetación desde el lecho (donde enraíza) hasta la superficie del agua (máximo de 0,5 m). En aguas someras, el muestreo se realiza agitando con pies o manos las plantas a lo largo de 0,5 m, y recogiendo los organismos en suspensión o arrastrados por la corriente con la red. Evitar la resuspensión del sedimento.
- **Arena y otros sedimentos finos**: inicialmente se pasa la red por la superficie del agua para coger los macroinvertebrados de la superficie del agua. Se muestrean las zonas de deposición de sedimentos no vegetados, que se agitarán con pies o manos para incluir el material en suspensión en la red, a lo largo de 0,5 m. Se evitará arrastrar la red a través de los sedimentos blandos para reducir la cantidad de restos en las muestras.



Hay que tener en cuenta que en las aguas con corriente la velocidad del agua arrastrará los macroinvertebrados resuspendidos hacia el interior de la red, pero en el caso de las aguas con poca corriente habrá que mover la red manualmente a lo largo de los 0,5 m de recorrido para captar los macroinvertebrados.

A medida que se completan las unidades de muestreo, hay que ir vaciando la red en una o varias bandejas para evitar la pérdida de organismos al tomar nuevas redadas. Hay que vaciar la red previamente al nuevo muestreo, especialmente en tramos con poca corriente y algo profundos.

Se observa la muestra y se retiran con cuidado piedras y trozos grandes de detritos, evitando en todo momento la pérdida de invertebrados de la muestra.

Registro de los datos de muestreo

Los datos del muestreo deberán anotarse en la hoja de campo del anexo I. Se recogerá información sobre:

- Hábitats presentes y distribución de las unidades de muestreo: sustratos duros, detritos vegetales, orillas vegetadas, macrófitos sumergidos y arena y otros sedimentos finos. Se especificará si se trata de aguas con mucha o con poca corriente, el porcentaje de ocupación y el número de unidades de muestreo realizados (teniendo en cuenta que pueden incluir hábitats mixtos).
- Identificación en campo de los taxones capturados (visu) para lo que será necesario utilizar la hoja de campo del anexo II.
- Invertebrados observados en superficie o sumergidos, cuando no se hayan capturado para lo que será necesario utilizar la hoja de campo del anexo II.
- Número de botes y código de la muestra.
- Si existen desajustes entre los esfuerzos previstos y los que se han podido muestrear (hábitats no vadeables, subdivisión de hábitats, etc.) se deberán reflejar en la hoja de campo.

8. CONSERVACIÓN, ETIQUETADO Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS

Una vez terminado el muestreo se introduce la muestra en botes con cierre hermético y boca ancha. Como conservante se puede usar:

- Alcohol etílico al 96% que se añadirá sobre el filtrado de la muestra una vez se haya retirado el exceso de agua hasta obtener una concentración de 70% v/v.
- Formaldehído al 40% que se añadirá sobre la muestra con agua hasta obtener una concentración en la muestra del 4% v/v. Se recomienda añadir primero sólo unas gotas para anestésicar a los invertebrados y evitar que adopten posturas rígidas que puedan dificultar su identificación y después de unos minutos añadir el resto del reactivo. El formaldehído es tóxico y su uso requiere la aplicación de medidas de seguridad. En el campo se trabajará al aire libre, con guantes de látex, se evitarán derrames y se usarán recipientes herméticos adecuados. Se recomienda añadir borato de sodio al formaldehído para evitar que se destruyan las partes calcáreas de los organismos.

Los botes se marcan con dos etiquetas, una de papel cebolla escrita a lápiz en el interior y otra en el exterior escrita con tinta indeleble. Ambas etiquetas, al menos, deberán mostrar: el código de la campaña de muestreo, el código de la muestra, la fecha y, en el caso de haber utilizado más de un bote para guardar las muestras, esta información también deberá quedar registrada.

En el transporte de las muestras del campo al laboratorio se tomarán las medidas necesarias para evitar la rotura de los botes de muestra o la liberación de vapores. Se recomienda usar botes herméticos y almacenarlos en neveras o cajas con tapa en lugar fresco evitando la exposición prolongada al sol.



9. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN LABORATORIO

Es recomendable que el tiempo entre la toma y el análisis de las muestras no sea excesivo para evitar la degradación de los macroinvertebrados. Como norma general el período entre la toma y el análisis de la muestra no superará nunca un año.

En caso de emplear alcohol etílico al 96%, dicho período deberá ser aún más corto sobre todo si la muestra presenta un gran contenido en materia orgánica.

El procesado de las muestras se realizará siguiendo los pasos siguientes:

9.1. LAVADO Y TAMIZADO DE LAS MUESTRAS

Con las medidas de protección necesarias, se procede a abrir el recipiente y a verter la muestra sobre la torre de tamices (de 5 mm, 1 mm y 0,5 mm) dejando abajo el de menor luz; el agua con formaldehído se recoge para su tratamiento posterior como residuo tóxico. Luego, bajo el grifo, se lava la muestra con agua abundante, separando los organismos de los restos de detritos, piedras y arena que hayan quedado, y hasta que desaparezca el olor a formaldehído, y la muestra se haya separado en las respectivas fracciones en los tamices.

Se vierte el contenido de cada tamiz en las respectivas bandejas de fracción gruesa (> 5 mm), media (entre 5 y > 1 mm) y fina (entre 1 y 0,5 mm). Para ello, se lava el contenido hacia un lado del tamiz antes de depositarlo en la bandeja y después se lava, dándole la vuelta. Se prepara la hoja de laboratorio, identificando la muestra según el etiquetado.

9.2. IDENTIFICACIÓN Y RECuento DE TAXONES

- Fracción gruesa: Se extraen, identifican y cuentan todos los individuos existentes en la fracción gruesa. El material extraído se guarda en un vial con alcohol etílico al 70%, con la referencia del punto de muestreo, fecha e indicando fracción G. En algunos casos (sólo cuando hay abundancia de algas o macrófitos) se puede realizar un submuestreo de la fracción gruesa (una vez lavada en los tamices). Esta se homogeniza en una bandeja y se subdivide en 2 ó 4 fracciones, de las cuales se inspecciona 1 ó 2, asegurando una cuenta mínima de 100 individuos, e inspeccionando posteriormente las otras fracciones de visu para ver si hay taxones no contabilizados en la submuestra analizada. En este caso se indicará G.x siendo 1/x la porción analizada de la fracción gruesa.
- Fracción media: Si la fracción tiene muchas arenas o gravas se separa primero el material inorgánico (arenas o gravas) del orgánico mediante una elutriación. Posteriormente se realiza el submuestreo de la fracción media; para ello se homogeniza y divide la muestra en partes iguales. Se extrae después una porción de la muestra (ej. 1/8), asegurándose que los taxones en la fracción tengan la misma proporción que en la totalidad de la muestra y que contenga al menos 100 invertebrados (siguiendo a Wrona et al., 1982). En el caso de que el número no llegue a 100, hay que coger una segunda o posteriores submuestras enteras, hasta que se alcance, al menos, el número de 100. Se cuantifica la abundancia de cada taxón. Posteriormente el resto de la muestra se deposita en una bandeja grande y se extraen los taxones nuevos para completar el listado taxonómico. La fracción analizada se conserva en alcohol etílico etiquetada M-a, siendo 1/a la porción analizada del total de la fracción media¹.
- Fracción fina: Es la fracción más homogénea. Para realizar el submuestreo hay que separar primero el material inorgánico (arenillas) del orgánico mediante una elutriación. Posteriormente habrá que revisar los sustratos inorgánicos por si queda algún invertebrado (cogiendo pequeñas porciones con una pipeta Pasteur y colocándolas en una placa Petri para examinarlas con la lupa). Luego se procede a la homogeneización de la parte que contiene los macroinvertebrados llevándolos a un litro de agua, utilizando el submuestreador descrito

¹ Si la fracción analizada representa 1/8 del total de la muestra, a=8



por Wrona et al. (1982) u otro método comparable. Una vez homogeneizada la muestra, se extraen 2 ó 3 subunidades de 50 ml (cada una representa el 1/20 del total) mediante una pipeta de 50 ml, y depositándolas en placas Petri. Deberá submuestrearse un número de subunidades con las que se obtenga una cantidad de individuos igual o superior a 100, para que la submuestra sea representativa de la muestra (Wrona et al., 1982).

- Un método alternativo de procesado de la fracción fina consiste en realizar la elutriación y comprobación de los sustratos inorgánicos tal como se ha descrito, y proceder al filtrado del material orgánico puesto en suspensión a través de un tamiz de 0,5 mm de luz de malla. Es conveniente tener tamices de diferente diámetro para usar el que mejor vaya según la cantidad de filtrado. Se asegura la homogeneización del filtrado en el tamiz colocando éste sobre una bandeja (con una gradilla dibujada en el fondo) con poca agua y realizando movimientos circulares para homogeneizar la muestra. Posteriormente se extrae una fracción que contenga al menos 100 individuos. Para ello hay que usar una herramienta para fraccionar la muestra y extraer la submuestra con la ayuda de una espátula y pinzas, lavando el filtro y paredes del tamiz convenientemente.
- A continuación es necesario contar e identificar los invertebrados de las subunidades analizadas (método de Wrona) o de la fracción observada (método alternativo). En ambos casos hay que anotar los recuentos de cada taxón en la hoja de laboratorio y señalar la fracción que la submuestra representa del total de la muestra.
- Los invertebrados de la fracción fina se guardan en un vial con alcohol al 70%, etiquetado F.b, siendo 1/b la porción analizada del total de la fracción fina².

La identificación de los taxones se realizará mediante la observación de características morfológicas, utilizando una lupa binocular y siguiendo guías apropiadas de identificación al nivel requerido. Como referencia principal se utilizará la Clave para la identificación de elementos de calidad biológicos elaborada por la Dirección General del Agua (ID-TAX)

Una vez realizado el tratamiento de la muestra en laboratorio se rellenarán los resultados en la hoja de laboratorio incluida en el anexo III de este protocolo.

10. PROCESADO DE LOS DATOS

Los resultados del muestreo y el análisis en laboratorio consistirán en:

- Inventario de taxones obtenidos y su abundancia total expresada en número de individuos de cada taxón. Las abundancias obtenidas de muestras analizadas según fracciones se calcularán como la suma de los individuos de las tres fracciones multiplicadas por sus dividendos ($G + M.a + F.b$; o bien $G.x + M.a + F.b$).
- Inventario de taxones (presencia / ausencia) identificados en campo (visu).
- Inventario de taxones identificados y su abundancia en cada una las fracciones analizadas: gruesa, media y fina.
- Hojas de campo y hoja de laboratorio completadas.

² Si la fracción analizada representa 1/20 del total de la muestra, $b=20$

ANEXO I: HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

TOMA DE DATOS MUESTREO: INVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN
RÍOS VADEABLES

DATOS IDENTIFICATIVOS DEL MUESTREO

TIPO DE LA MASA DE AGUA: _____ CÓDIGO DE LA MASA DE AGUA: _____

NOMBRE DE LA MASA DE AGUA: _____

CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO: _____ COORDENADAS X/Y (ETRS 89): _____ HUSO: _____

ORGANISMO/EMPRESA: _____

MUESTREADOR:		Programa:	Vigilancia:
CODIGO MUESTRA:	Nº DE BOTES:		Operativo:
FECHA: ____/____/____	Hora inicio: ____:____		Investigación:
	Hora fin: ____:____		Referencia:

CONSERVACIÓN DE LA MUESTRA: Alcohol etílico Formaldehído

Descripción de acceso y localización del tramo: _____

CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS

pH (unidades): _____	Oxígeno disuelto (mg O ₂ /l): _____
Temperatura del agua (°C): _____	% Saturación O ₂ : _____
Conductividad eléctrica a 20°C (µS/cm): _____	

Observaciones: _____

CARACTERÍSTICAS HIDROMORFOLÓGICAS

Anchura media (m) del tramo: _____ Profundidad media (m) del tramo: _____ Longitud (m) del tramo: _____

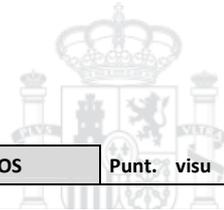
HÁBITATS	% COBERTURA	NÚMERO DE UNIDADES DE MUESTREO	CÓDIGO FOTO
Sustratos duros (→)			
Detritos vegetales (⊗)			
Orillas vegetadas (r)			
Macrófitos sumergidos (*)			
Arenas y otros sedimentos (c)			

VELOCIDAD PREDOMINANTE DEL AGUA (marcar con X)

Nula: Ausencia de flujo			
Reducida: Flujo laminar sin ondulaciones			
Moderada: Ondulación superficial pequeña simétrica			
Rápida: Ondulación superficial quebrada			
Muy rápida: Rápidos, formación de espuma			

Comentarios sobre el hábitat: _____

**ANEXO II: HOJA DE CAMPO PARA IDENTIFICACIÓN
TAXONÓMICA IN SITU**



CÓDIGO	ARÁCNIDOS	Punt.	visu	CÓDIGO	EFEMERÓPTEROS	Punt.	visu	CÓDIGO	ODONATOS	Punt.	visu
ACA001SPOR	Acariformes ¹	4		BAE001FAMI	Baetidae	4		AES001FAMI	Aeshnidae	8	
				CAE001FAMI	Caenidae	4		CAL004FAMI	Calopterygidae	8	
				EPH002FAMI	Ephemereillidae	7		COE001FAMI	Coenagrionidae	6	
CHR009FAMI	Chrysomelidae	4		EPH001FAMI	Ephemeridae	10		COR012FAMI	Cordulegasteridae	8	
CUR001FAMI	Curculionidae	4		HEP001FAMI	Heptageniidae	10		COR008FAMI	Corduliidae	8	
DRY001FAMI	Dryopidae	5		LEP003FAMI	Leptophlebiidae	10		GOM003FAMI	Gomphidae	8	
DYT001FAMI	Dytiscidae	3		OLI002FAMI	Oligoneuriidae	5		LES001FAMI	Lestidae	8	
ELM001FAMI	Elmidae	5		POL020FAMI	Polymitarciidae	5		LIB001FAMI	Libellulidae	8	
GYR001FAMI	Gyrinidae	3		POT003FAMI	Potamanthidae	10		PLA004FAMI	Platycnemididae	6	
HAL002FAMI	Haliplidae	4		PRO010FAMI	Prosopistomatidae	7					
HEL002FAMI	Helophoridae	5		SIP001FAMI	Siphonuridae	10		CÓDIGO	OLIGOQUETOS	Punt.	visu
HYD008FAMI	Hydraenidae	5							Todos	1	
HYD013FAMI	Hydrochidae	5		CÓDIGO	HETERÓPTEROS	Punt.	visu				
HYD011FAMI	Hydrophilidae	3		APH001FAMI	Aphelocheiridae	10		CÓDIGO	PLECÓPTEROS	Punt.	visu
HYG001FAMI	Hygrobiidae	3		COR004FAMI	Corixidae	3		CAP003FAMI	Capniidae	10	
NOT004FAMI	Noteridae	3		GER002FAMI	Gerridae	3		CHL004FAMI	Chloroperlidae	10	
PSE004FAMI	Psephenidae	3		HYD014FAMI	Hydrometridae	3		LEU004FAMI	Leuctridae	10	
SCI001FAMI	Scirtidae (=Helodidae)	3		MES001FAMI	Mesoveliidae	3		NEM001FAMI	Nemouridae	7	
				NAU001FAMI	Naucoridae	3		PER004FAMI	Perlidae	10	
				NEP002FAMI	Nepidae	3		PER006FAMI	Perlodidae	10	
ASE001FAMI	Asellidae	3		NOT003FAMI	Notonectidae	3		TAE001FAMI	Taeniopterygidae	10	
AST003FAMI	Astacidae	8		PLE004FAMI	Pleidae	3					
ATY001FAMI	Atyidae	6		VEL001FAMI	Veliidae	3		CÓDIGO	TRICÓPTEROS	Punt.	visu
COR003FAMI	Corophiidae	6						BER001FAMI	Beraeidae	10	
GAM001FAMI	Gammaridae	6		CÓDIGO	HIRUDÍNEOS	Punt.	visu	BRA006FAMI	Brachycentridae	10	
OST001CLAS	Ostracoda	3		ERP001FAMI	Erpobdellidae	3		CAL002FAMI	Calamoceratidae	10	
PAL004FAMI	Palaemonidae	6		GLO005FAMI	Glossiphoniidae	3		ECN001FAMI	Ecnomidae	7	
				HIR002FAMI	Hirudidae (=Hirudinidae)	3		GLO004FAMI	Glossosomatidae	8	
				PIS003FAMI	Piscicolidae	4		GOE001FAMI	Goeridae	10	
ANT004FAMI	Anthomyiidae ²	4						HYD006FAMI	Hydropsychidae	5	
ATH001FAMI	Athericidae	10		CÓDIGO	NEURÓPTEROS	Punt.	visu	HYD012FAMI	Hydroptilidae	6	
BLE001FAMI	Blephariceridae	10		SIA001FAMI	Sialidae	4		LEP008FAMI	Lepidostomatidae	10	
CER006FAMI	Ceratopogonidae	4						LEP004FAMI	Leptoceridae	10	
CHI001FAMI	Chironomidae	2		CÓDIGO	LEPIDÓPTEROS	Punt.	visu	LIM002FAMI	Limnephilidae	7	
CUL001FAMI	Culicidae	2		PYR004FAMI	Crambidae (=Pyalidae)	4		MOL001FAMI	Molannidae	10	
DIX001FAMI	Dixidae	4						ODO001FAMI	Odontoceridae	10	
DOL001FAMI	Dolichopodidae	4		CÓDIGO	MOLUSCOS	Punt.	visu	PHI001FAMI	Philopotamidae	8	
EMP001FAMI	Empididae	4		ANC001FAMI	Ancylidae	6		PHR002FAMI	Phryganeidae	10	
EPH003FAMI	Ephydriidae	2		BIT001FAMI	Bithyniidae	3		POL003FAMI	Polycentropodidae	7	
LIM005FAMI	Limoniidae	4		FER002GENE	Ferrissia ³	6		PSY002FAMI	Psychomyiidae	8	
PSY001FAMI	Psychodidae	4		HYD005FAMI	Hydrobiidae	3		RHY001FAMI	Rhyacophilidae	7	
PTY001FAMI	Ptychopteridae	4		LYM001FAMI	Lymnaeidae	3		SER001FAMI	Sericostomatidae	10	
RHA004FAMI	Rhagionidae	4		NER001FAMI	Neritidae	6		UEN001FAMI	Uenoidae (=Thremmatidae)	10	
SCA002FAMI	Scatophagidae ²	4		PHY003FAMI	Physidae	3					
SCI002FAMI	Sciomyzidae	4		PLA003FAMI	Planorbidae ⁴	3		CÓDIGO	TURBELARIOS	Punt.	visu
SIM002FAMI	Simuliidae	5		SPH006FAMI	Sphaeriidae	3		DEN001FAMI	Dendrocoelidae	5	
STR003FAMI	Stratiomyidae	4		THI001FAMI	Thiaridae	6		DUG001FAMI	Dugesidae	5	
SYR002FAMI	Syrphidae	1		UNI001FAMI	Unionidae	6		PLA005FAMI	Planariidae	5	
TAB002FAMI	Tabanidae	4		VAL001FAMI	Valvatidae	3					
THA003FAMI	Thaumaleidae	2		VIV001FAMI	Viviparidae	6					
TIP001FAMI	Tipulidae	5									

¹ El superorden Hidracarina ha pasado a ser el superorden Acariformes

² Anthomyiidae y Scatophagidae se agrupaban antes como Muscidae

³ La Familia Ferrissidae ha pasado a ser el Género Ferrissia

⁴ Todos los géneros excepto Ferrissia

ANEXO III: HOJA DE LABORATORIO

PROTOCOLO DE MUESTREO Y LABORATORIO DE FLORA ACUÁTICA (ORGANISMOS FITOBENTÓNICOS) EN RÍOS

CÓDIGO: ML-R-D-2013

Aprobado por instrucción del Secretario de Estado de Medio Ambiente de fecha 22 de noviembre de 2013



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: 770-11-311-3



INDICE

1. APLICABILIDAD	5
2. OBJETIVO	5
3. NORMATIVA DE REFERENCIA	5
4. EQUIPOS, REACTIVOS Y CONSERVANTES	6
5. SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO.....	7
5.1. SELECCIÓN DEL SUSTRATO	7
5.2. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE MUESTRAS POR PUNTO DE MUESTREO	7
6. FRECUENCIA Y ÉPOCA DE MUESTREO	7
7. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO.....	8
7.1. SUPERFICIES DURAS NATURALES MÓVILES.....	8
7.2. SUPERFICIES VERTICALES DE INFRAESTRUCTURAS ARTIFICIALES	9
7.3. VEGETACIÓN ACUÁTICA	9
7.4. SUSTRATOS ARTIFICIALES.....	10
8. CONSERVACIÓN, ETIQUETADO Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS.....	10
9. PRE-TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS Y ANÁLISIS EN LABORATORIO	10
ANEXO I: HOJA DE CAMPO PARA EL MUESTREO	13
ANEXO II: HOJA DE LABORATORIO	17



1. APLICABILIDAD

Este protocolo de muestreo es de obligada aplicación en la explotación de las redes oficiales de evaluación del estado / potencial ecológico en cumplimiento de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, que explotan las Confederaciones Hidrográficas (CCHH), bien directamente o a través de contratos de servicios.

Las estaciones en las que se utilizará este protocolo son las pertenecientes al programa de control de vigilancia, programa de control operativo, programa de control de investigación y redes de referencia.

Este protocolo corresponde al muestreo de organismos fitobentónicos de las masas de agua de la categoría ríos, así como a las masas de agua artificiales o muy modificadas asimilables a ríos, siendo aplicable para la obtención de muestras para la determinación y el cálculo de indicadores de evaluación del estado ecológico o del potencial ecológico.

La toma de muestras de este protocolo está orientada a la obtención de datos de composición y abundancia de diatomeas que son los organismos fitobentónicos utilizados para la clasificación del elemento de calidad flora acuática en ríos. Se trata de microalgas bentónicas que colonizan diferentes sustratos (piedras, vegetación, etc.) y forman parte del perifiton.

Con la información recopilada mediante este protocolo se obtienen datos válidos para el cálculo de las métricas establecidas en la Instrucción de Planificación Hidrológica (Orden 2656/2008) para el elemento de calidad flora acuática (organismos fitobentónicos).

- Índice de Polusensibilidad específica (IPS-2013.)
- Multimétrico de diatomeas (MDIAT).

Así mismo se podrá aplicar este protocolo de muestreo para el cálculo de otras métricas correspondientes al elemento de calidad flora acuática (organismos fitobentónicos) que no se encuentren en la citada Instrucción.

2. OBJETIVO

La Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, establece que los Estados miembros deberán poner en marcha programas de seguimiento. Estos programas de seguimiento deben permitir controlar y evaluar la composición y abundancia de los organismos fitobentónicos.

La Directiva Marco del Agua establece que los métodos empleados para controlar los parámetros de cada tipo 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 establecer un método de muestreo de fitobentos en ríos, en concreto de diatomeas bentónicas, epilíticas y epifíticas, que garantice el cumplimiento de los requisitos mencionados anteriormente.

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 907/2007 por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica.
- Orden MAM/3207/2006 por el que se aprueba la ITC-MMA EECC-1/06 Instrucción técnica complementaria sobre determinaciones químicas y microbiológicas para el análisis de las aguas.



- Orden ARM/2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica.
- 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.

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

- UNE - EN 14996: 2007. Guía para el aseguramiento de la calidad de las evaluaciones biológicas y ecológicas en el medio ambiente acuático.
- UNE - EN 5667-1: 2006. Guía para el diseño de programas de muestreo y técnicas de muestreo.
- UNE - EN 13946: 2004. Guía para el muestreo en rutina y el pretratamiento de diatomeas bentónicas en ríos.
- UNE - EN 14407: 2005. Guía para la identificación, recuento e interpretación de muestras de diatomeas bentónicas de ríos.

4. EQUIPOS, REACTIVOS Y CONSERVANTES

Equipos y material para la recolección de las muestras

- Cepillo de dientes duro o instrumento similar, o bien cuchillo o navaja adecuada.
- Rastrillo con mango telescópico con una red fina adherida en los casos en que haya que muestrear superficies duras verticales.
- Caja o cubo con el fondo de vidrio (Aquascope) para encontrar, en algunas circunstancias, los sustratos idóneos.
- Botes o viales de plástico con tapón hermético.
- Sonda multiparamétrica con sensores de temperatura, conductividad, pH y oxígeno disuelto.
- Solución tamponada de formaldehído (HCHO) al 4% v/v: Diluir una solución stock de formaldehído al 4% en una solución tamponada de pH 7. La solución tampón se requiere para prevenir la disolución de los frústulos. Entre los tampones más indicados se encuentra HEPES (N-2- hidroximetilpiperazina-n-2'-ácido sulfónico), borato y hexametileno-tetramina. Se recomienda una solución final entre el 1% y el 4% v/v en función de la cantidad de materia orgánica presente en la muestra.
- Alcohol etílico 70% (C₂H₅OH): Puede utilizarse de forma alternativa.
- Protocolo de muestreo.
- Hoja de campo.

Equipos y material complementario

- Vadeador.
- Guantes de látex y de goma largos (hasta por encima del codo).
- Bolígrafo o rotulador permanente o cualquier otro método para etiquetar las muestras.
- Etiquetas resistentes a la humedad.
- GPS.
- Cámara digital.
- Teléfono móvil.

Todo el material usado en campo 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 laboratorio se deberán tomar todas aquellas medidas necesarias para garantizar que los trabajos se desarrollan en unas condiciones adecuadas de seguridad e higiene.



5. SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO

Se seleccionará un tramo del río donde puedan encontrarse los sustratos adecuados para la toma de muestras tal y como se indica en el apartado 5.1. Como norma general, debe tener unos 10 m de largo, aunque longitudes superiores podrían ser apropiadas dependiendo de la uniformidad física del río y de la disponibilidad de sustrato.

Se hará una descripción detallada del lugar de muestreo: localización, anchura, profundidad, tipo de sustrato, grado de sombra y otros datos de interés ecológico, que se incluirán a la entrega de los resultados. También se recomienda hacer una fotografía.

Una vez identificado el tramo de muestreo se fijará su posición tomando las coordenadas geográficas con un GPS y mediante referencias topográficas que faciliten la localización posterior.

5.1. SELECCIÓN DEL SUSTRATO

Los organismos fitobentónicos se pueden encontrar en muchas superficies sumergidas y la composición de las comunidades halladas puede variar en función del sustrato escogido.

Se muestrearán comunidades (superficies parduscas resbaladizas) que se desarrollen sobre sustratos duros estables situados en zonas sumergidas del lecho fluvial como rocas, piedras y cantos rodados de un tamaño mínimo de 10 x 10 cm.

En caso de no encontrarse este tipo de sustrato se podrá tomar la muestra en estructuras construidas por el hombre como pilares de puentes o paredes de infraestructuras hidráulicas (azudes, obras de defensa), siempre y cuando no estén hechos de madera, ya que la materia orgánica puede descomponerse favoreciendo la presencia de determinadas especies.

Otra alternativa puede ser muestrear sobre superficies artificiales como ladrillos o tejas, siempre que hayan estado sumergidas durante al menos ocho semanas; en general, un lapso de tiempo de dos meses se considera suficiente para que la comunidad de diatomeas sea madura; no obstante este tiempo puede variar según las condiciones ecológicas.

Si dominan la arena o limos pero existe más de un 10% del total del sustrato que esté constituido por rocas o piedras, se escogerán preferentemente las rocas o piedras como sustrato a muestrear. Si únicamente existen arenas, limos o plantas acuáticas, se recogerán las muestras de aquellos que sean característicos del punto de muestreo¹.

En tramos fluviales profundos pueden muestrearse los tallos de los helófitos o bien sustratos rocosos. Para uniformizar el muestreo en la medida que sea posible se muestrearán siempre las mismas especies o grupos morfológicamente similares; también pueden usarse sustratos artificiales introducidos en zonas seleccionadas.

5.2. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE MUESTRAS POR PUNTO DE MUESTREO

En cada punto de muestreo se tomará una muestra integrada siguiendo el procedimiento descrito en el apartado 7.

6. FRECUENCIA Y ÉPOCA DE MUESTREO

La frecuencia con la que se muestrearán las diatomeas en los programas de seguimiento será de una vez cada año, durante el intervalo de primavera - verano, eligiendo el mes que se considere más apropiado para el muestreo, justificando a la entrega de resultados la elección de la fecha de muestreo.

¹ Si se muestrean organismos fitobentónicos epífitos se asegurará que proceden de plantas totalmente sumergidas.



7. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Para realizar la toma de las muestras hay que tener en cuenta las siguientes indicaciones generales:

- Se evitará muestrear sustratos procedentes de zonas muy sombreadas, a no ser que esta sea la característica distintiva del punto a evaluar.
- Se evitará tomar sustratos de zonas emergidas o que presumiblemente lo hubieran estado en algún momento reciente.
- Se evitará tomar muestras de sustratos en áreas demasiado cercanas a las orillas. Obtenerlas principalmente del punto medio del río, en zona de corriente.
- Se evitarán zonas debajo de puentes o recientemente afectadas por obras de ingeniería o de alteración de lecho fluvial.
- Se evitarán las pozas y los tramos de escasa corriente en las que suele haber deposición de limos y de detritos, lo que limita la colonización de las diatomeas epilíticas; tampoco son recomendables las zonas de excesiva corriente (rápidos).

El procedimiento para la toma de muestra dependerá del tipo del sustrato. En cualquier caso, en la hoja de campo deberán indicarse el tipo de superficie de muestreo correspondiente a cada muestra. En el caso de muestreos sobre vegetación acuática se deberá indicar las especies seleccionadas.

Además de las muestras correspondientes a fitobentos deberán tomarse datos correspondientes a elementos de calidad fisicoquímicos generales pertinentes para la clasificación del estado ecológico tales como: temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto.

7.1. SUPERFICIES DURAS NATURALES MÓVILES

Es preferible el muestreo sobre piedras y cantos rodados porque son el sustrato más idóneo. El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Para realizar el muestreo, hay que situarse en el punto de máxima corriente, siempre que sea posible, e ir recorriendo el río a contra corriente, en dirección aguas arriba, para minimizar el efecto de contaminación de las muestras. Para evitar zonas leníticas o sin sustratos adecuados, es conveniente recorrer un tramo de unos 100 metros aguas arriba o abajo del tramo hasta encontrar la zona idónea.
- Seleccionar como mínimo 5 piedras o bien hasta 10 si sólo existen piedras pequeñas o guijarros. Asegurarse que las piedras se extraen de las zonas adecuadas, es decir, inundadas permanentemente, en zonas soleadas y con aguas corrientes si las hay.
- Eliminar cualquier tipo de contaminación adherida a los sustratos por ejemplo detritos orgánico, limpiando un poco la superficie en la corriente de agua. Si el sustrato está recubierto de algas filamentosas se intentarán desprender éstas, tanto como sea posible, antes de tomar la muestra (siempre es preferible evitar los sustratos recubiertos de algas filamentosas).
- Cepillar o raspar con navaja, cuchilla o cepillo de dientes duro la superficie superior de los sustratos, evitando así las superficies de erosión y sedimentación. Limpiar una superficie aproximada de 10 cm² por piedra, si se han tomado 10 piedras ó 20 cm² si se toman 5 piedras. En cualquier caso, la superficie total de muestreo será de unos 100 cm² o bien la suficiente hasta garantizar la obtención de una cantidad de biofilm adecuada para el análisis (10-15 ml).
- Introducir el cepillo o la hoja de la navaja en el bote de la muestra que previamente se habrá aclarado y contendrá unos 50 ml de agua². Agitar suavemente para permitir la transferencia de las diatomeas. El agua de la muestra se tornará turbia y de color marrón.
- Aclarar con abundante agua del río el cepillo o instrumento usado para tomar la muestra.
- Proceder a etiquetar la muestra y a su conservación.

² El agua de la muestra puede tomarse del río o preferiblemente ser agua embotellada en los ríos de aguas lentas en los que puede haber abundancia de diatomeas planctónicas



7.2. SUPERFICIES VERTICALES DE INFRAESTRUCTURAS ARTIFICIALES

En ríos profundos y navegables pueden muestrearse las paredes verticales sumergidas de infraestructuras hidráulicas (p.ej. azudes, defensas). El procedimiento a seguir es:

- Usar un rastrillo con mango telescópico, lo que permite recoger el material que se desprende al pasar esta herramienta sobre la superficie a muestrear. Este rastrillo puede disponer de una red que recoja el raspado; no obstante esta técnica presenta un riesgo elevado de contaminarse con organismos planctónicos.
- Tomar la muestra a 30 cm por debajo del nivel del agua para evitar la zona influida por la fluctuación del nivel de agua y del oleaje.
- Limpiar una superficie aproximada de 10 cm² por zona de la superficie a muestrear. Proceder a extraer el material retenido en la red e introducir éste en el recipiente de la muestra. Repetir el procedimiento tres veces como mínimo.
- Etiquetar y conservar la muestra.

7.3. VEGETACIÓN ACUÁTICA

En tramos de poca corriente de ríos con abundante crecimiento de vegetación acuática y en ausencia de superficies duras, se permite muestrear la comunidad de organismos fitobentónicos epifíticos que se encuentra en macrófitos y macroalgas sumergidas y/o las partes sumergidas de helófitos.

No obstante, algunos expertos consideran inadecuado este tipo de sustrato por ser determinante del tipo de comunidad de fitobentos que aparece, siendo preferible limitar el muestreo del epilíton en sustratos duros artificiales o naturales. Para paliar esto se deben de seguir las siguientes directrices:

- Si existen hidrófitos y helófitos, es preferible muestrear sobre helófitos.
- Se debe elegir una única especie y siempre evitando plantas muertas o deterioradas.
- La planta recogida se debe preservar hasta su procesado en laboratorio en formaldehído 4% v/v. El formaldehído ayuda además a la remoción de los organismos fitobentónicos en el agitado.

En todo caso se indican los procedimientos de muestreo:

Macrófitos y macroalgas sumergidos

- Recoger la planta entera si es pequeña o bien cortar una parte utilizando un cuchillo o tijeras; guardar la planta o el trozo que se ha cortado en una bolsa de plástico. Coger 5 réplicas. Se evitarán las partes sumergidas de las hojas flotantes (nenúfares u otras) por no recibir luz directa.
- En el laboratorio remover o agitar las plantas enérgicamente, durante 2 minutos, en un vaso de precipitados grande que contenga agua destilada para extraer todos los organismos fitobentónicos adheridos. Sacar los macrófitos del vaso de precipitados y dejar que las diatomeas sedimenten; extraer el sobrenadante y conservar la muestra de diatomeas según se requiera.
- En el caso de algas filamentosas, es preferible evitar su muestreo ya que las diatomeas aparecen dominadas por Cocconeis y su valor indicador se reduce. En todo caso también es posible escurrir una pequeña cantidad de ellas y recoger la suspensión resultante que contendrá organismos fitobentónicos epifíticos en el vial de muestreo.

Macrófitos emergentes y helófitos

Las muestras sólo pueden tomarse sobre macrófitos emergentes que contengan porciones que permanezcan permanentemente sumergidas, pero que no estén contaminadas por sedimentos del fondo. El procedimiento es el siguiente:



- Cortar los tallos por debajo del nivel del agua. Para ello, cortar el tallo al nivel del agua; poner una botella de plástico o de vidrio boca abajo en la parte sumergida del tallo. Cortar el tallo hasta la boca de la botella, después girar la botella con el tallo dentro y cerrar.
- En el laboratorio, sacar las diatomeas de los tallos agitándolos con cuidado en la botella.

7.4. SUSTRATOS ARTIFICIALES

Los sustratos artificiales preferibles son los sustratos con superficies heterogéneas por ejemplo tejas, cuerdas de propileno deshilachada, etc., en lugar de las superficies lisas como los portaobjetos de vidrio. Deben dejarse en el río el tiempo suficiente para asegurar que la comunidad esté madura. Como mínimo se recomiendan 4-8 semanas, pero el periodo de exposición depende de las condiciones ambientales, así los periodos de exposición podrían ser más largos bajo algunas circunstancias como condiciones muy oligotróficas, bajas temperaturas o mucha sombra.

Debe cuidarse que el diseño y la ubicación de los sustratos introducidos no interfieran con las actividades legítimas de los usuarios del río y así minimizar el riesgo de vandalismo. Tienen que colocarse réplicas extras, para compensar las posibles pérdidas por crecidas o por vandalismo.

Cuando se utilicen sustratos para realizar estudios en el mismo curso de agua, es importante que todos los sustratos estén expuestos a las mismas condiciones, así como que el periodo de exposición y la fecha de inicio de la introducción del sustrato sea el mismo.

8. CONSERVACIÓN, ETIQUETADO Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS

Los reactivos fijadores son necesarios para detener la división celular de las diatomeas y la descomposición de la materia orgánica.

En caso de conservar las muestras se recomienda usar formaldehído tamponado o alcohol etílico tal y como se establece en el apartado 4.

Las muestras en formaldehído pueden conservarse durante meses o años, siendo recomendable añadir más conservante en periodos de conservación entre 6 meses y 1 año.

No es necesario añadir un conservante si la muestra se procesa pocas horas después de su recogida y siempre que se conserve en frío (4°C) y a oscuras. La muestra también se puede ultracongelar.

Todas las muestras y preparaciones deben estar convenientemente etiquetadas de forma que se identifique un código de la muestra, un código de su procedencia (localización), fecha de recolección, fijador utilizado y persona o entidad a cargo de la recolección e identificación. El código de la muestra servirá de enlace en la base de datos. Es importante indicar el tipo de muestra y el método de recolección. Se usará un rotulador resistente al agua.

Todas las muestras fijadas se conservarán protegidas de la luz y en lugar fresco por debajo de 15°C.

9. PRE-TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS Y ANÁLISIS EN LABORATORIO

Para la conservación y preparación de las muestras de cara a su análisis en laboratorio se seguirán las especificaciones contenidas en la Norma UNE EN 13946 Guía para el muestreo en rutina y el pretratamiento de diatomeas bentónicas de ríos.

Para la identificación, recuento e interpretación de muestras de diatomeas se seguirán las especificaciones contenidas en la Norma UNE EN - 14407 Guía para la identificación, recuento e interpretación de muestras de diatomeas bentónicas en ríos. Así mismo la identificación taxonómica deberá seguir los criterios establecidos en la Clave para la identificación de elementos de calidad biológicos elaborada por la Dirección General del Agua.



Los datos de abundancia de taxones se obtendrán tras contar un mínimo de 400 valvas. En caso de que no sea posible contar este número de valvas deberá justificarse convenientemente a la entrega de resultados.

Los resultados del análisis en laboratorio se recogerán en la hoja de laboratorio del anexo II.

ANEXO I: HOJA DE CAMPO PARA EL MUESTREO



DATOS IDENTIFICATIVOS DEL MUESTREO

TIPO DE LA MASA DE AGUA:		CÓDIGO DE LA MASA DE AGUA:	
NOMBRE DE LA MASA DE AGUA:			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO:	COORDENADAS X/Y (ETRS89):		HUSO:
ORGANISMO/EMPRESA:			
MUESTREADOR:		PROGRAMA	Vigilancia:
CÓDIGO MUESTRA:	Nº DE BOTES:		Operativo:
FECHA: / /	Hora inicio: :		Investigación:
	Hora fin: :		Referencia:
Descripción de acceso y localización del tramo:			

CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS

pH (unidades):	Oxígeno disuelto (mg O ₂ /l):
Temperatura del agua (°C):	% Saturación O ₂ :
Conductividad eléctrica a 20°C (µS/cm):	
Observaciones:	

CARACTERÍSTICAS HIDROMORFOLÓGICAS

Anchura media (m) del tramo:	Profundidad media (m) del tramo:	Longitud (m) del tramo:
------------------------------	----------------------------------	-------------------------

SUSTRATO MUESTREADO (marcar con X)

Superficies duras naturales móviles (preferible piedras grandes)		
Superficies verticales de infraestructuras artificiales		
Macrófitos sumergidos (indicar especie)		Especie:
Macrófitos emergidos (indicar especie)		Especie:
Sustratos artificiales		

VELOCIDAD PREDOMINANTE DEL AGUA (marcar con X)

SOMBREADO PREDOMINANTE DEL TRAMO (marcar con X)

Nula : Ausencia de flujo		Totalmente en sombra	
Reducida: Flujo laminar sin ondulaciones		Sombreado con ventanas	
Moderada: Ondulación superficial pequeña simétrica		Grandes claros o expuesto	
Rápida: Ondulación superficial quebrada			
Muy rápida: Rápidos, formación de espuma			



ANEXO II: HOJA DE LABORATORIO

PROTOCOLO DE MUESTREO DE FITOPLANCTON EN LAGOS Y EMBALSES

CÓDIGO: M-LE-FP-2013

Aprobado por instrucción del Secretario de Estado de Medio Ambiente de fecha 22 de noviembre de 2013



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: 770-11-309-5



INDICE

1.	APLICABILIDAD	5
2.	OBJETIVO	5
3.	NORMATIVA DE REFERENCIA.....	5
4.	EQUIPOS, REACTIVOS Y CONSERVANTES.....	6
4.1.	TRABAJO DE CAMPO	6
5.	DETERMINACIÓN DEL NÚMERO Y LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO	8
6.	DETERMINACIÓN DEL NÚMERO Y TIPO DE MUESTRAS POR PUNTO DE MUESTREO.....	8
7.	FRECUENCIAS Y ÉPOCA DE MUESTREO	9
8.	PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	10
8.1.	TOMA DE MUESTRAS	10
8.2.	VOLUMEN NECESARIO PARA CADA ANÁLISIS	11
8.2.1.	FILTRADO EN CAMPO DE LA MUESTRA DESTINADA AL ANÁLISIS DE PIGMENTOS.....	11
8.3.	MUESTREOS ADICIONALES. MUESTREO CUALITATIVO DE FITOPLANCTON CON RED.....	12
8.4.	CONSERVACIÓN, ETIQUETADO Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS	12
9.	PROCESADO DE LOS DATOS.....	13
	ANEXO I: HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO	15



1. APLICABILIDAD

Este protocolo de muestreo es de obligada aplicación en la explotación de las redes oficiales de evaluación del estado / potencial ecológico en cumplimiento de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, que explotan las Confederaciones Hidrográficas (CCHH), bien directamente o a través de contratos de servicios.

Las estaciones en las que se utilizará este protocolo son las pertenecientes al programa de control de vigilancia, programa de control operativo, programa de control de investigación y redes de referencia.

Este protocolo corresponde al muestreo de las masas de agua de la categoría lagos (lagos, lagunas y humedales naturales), así como a las masas de agua artificiales o muy modificadas asimilables a lagos que aparecen en la Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica, siendo aplicable para la obtención de muestras para la determinación y el cálculo de los siguientes indicadores de evaluación del estado ecológico o del potencial ecológico para el elemento de calidad fitoplancton:

- Concentración de clorofila-a.
- Biovolumen total.
- Índice de grupos algales – IGA.
- Porcentaje de biovolumen de cianobacterias.

Asimismo se podrá aplicar este protocolo de muestreo para obtener información para el cálculo de otras métricas correspondientes al elemento de calidad fitoplancton que no se encuentren en la citada Orden Ministerial.

2. OBJETIVO

La Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, establece que los Estados miembros deberán poner en marcha programas de seguimiento que permitan controlar y evaluar la composición, abundancia y biomasa de las comunidades fitoplanctónicas.

La Directiva Marco del Agua establece que los métodos empleados para controlar los indicadores de evaluación de los elementos de calidad biológicos 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 establecer un método de muestreo de fitoplancton que garantice el cumplimiento de los requisitos mencionados anteriormente.

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 907/2007 por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica.
- 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.
- Orden ARM/2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica.



- 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.

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

- UNE - EN 15204:2007 – Guía para el recuento de fitoplancton con microscopía invertida (técnica de Utermöhl).
- UNE - EN 14996:2007 – Guía para el aseguramiento de la calidad de las evaluaciones biológicas y ecológicas en el medio ambiente acuático.
- Draft proposal of “Water quality – Phytoplankton biovolume determination by microscopic measurement of cell dimensions” (CEN TC 230 / WG 2 / TG 3/N116 30/03/2008).
- Draft proposal for “Water Quality - Guidance on quantitative and qualitative sampling of phytoplankton from inland waters” (CEN TC 230 / WG 2 / TG 3/ N118 15/04/2008).
- UNE - EN 5667-1:2007 – Parte 1: Guía para el diseño de los programas de muestreo y técnicas de muestreo.
- UNE - EN 7027:2001: - Determinación de la turbidez.
- UNE - EN 25814:1992 – Calidad del agua. Determinación del oxígeno disuelto. Método electroquímico. (ISO 5814:1990).
- UNE - EN 27888:1993 - Calidad del agua. Determinación de la conductividad eléctrica (ISO 7888:1985).
- ISO 10523:2008. Water quality - Determination of pH.

Asimismo se ha considerado la metodología aceptada por la comunidad científica internacional para la siguiente medición:

- Perfil fluorimétrico de clorofila-a

4. EQUIPOS, REACTIVOS Y CONSERVANTES

4.1. TRABAJO DE CAMPO

Equipos y material para la recolección de muestras

- Botellas de vidrio de 125 - 250 ml traslúcidas y de color ámbar, para proteger las muestras de fitoplancton de la luz.
- Botellas opacas de plástico (2 L) para contener las muestras para la determinación de la concentración de clorofila-a y otros recipientes con cierres herméticos adecuados para contener las muestras de agua para análisis químicos. El material y los recipientes para análisis químicos deberán estar previamente lavados con ácido sulfúrico 1N y aclarados tres veces con agua destilada.
- Botella hidrográfica para la toma de muestras discretas.
- Para la toma de muestras integradas se podrá utilizar alternativamente:
 - botella hidrográfica para la composición de muestras integradas a partir de muestras discretas.
 - muestreadores integradores.
 - tubo flexible de silicona lastrado de longitud predeterminada y entre 2 – 2,5 cm de diámetro.
- Para el programa de investigación además se utilizará:
 - Red de nailon (manga de plancton) de 20 μm de luz de poro para las muestras cualitativas con red.
 - Viales de vidrio o plástico con tapón hermético.



- Disco de Secchi (DS).
- Sonda multiparamétrica con sensores de profundidad, temperatura, conductividad, pH y oxígeno disuelto.
- Sonda fluorimétrica para la determinación de la concentración de clorofila-a en el perfil vertical.
- Ecosonda manual para determinar el punto de máxima profundidad.
- Contenedor para la homogenización de muestras discretas para componer la muestra integrada, cuando éstas se tomen con botella hidrográfica.
- Neveras portátiles para transporte de la muestra.
- Bolígrafo o rotulador permanente (o cualquier otro método para etiquetar las muestras). Si se usan etiquetas, éstas deben ser resistentes a la humedad.
- Barca y equipo adicional para la navegación o el vadeo, adecuados para las condiciones locales, con el equipo de seguridad apropiado.

En caso de filtrado en campo de las muestras para el análisis de clorofila-a (apartado 8.2.1.) será además necesario el siguiente equipo:

- Equipo de filtración. Este equipo estará compuesto de portafiltros (reutilizables, tipo “swinnex”) para filtros de 47 mm de diámetro y jeringa adaptable. Alternativamente podrá utilizarse un equipo de filtración con kitasatos, embudo y soporte para filtros de 47 mm de diámetro y bomba de vacío manual o eléctrica adaptable al kitasatos. Todo el equipo deberá lavarse con agua destilada antes de filtrar una nueva muestra.
- Filtros de microfibras de vidrio, de 47 mm de diámetro, con capacidad para retener todas las partículas de tamaño superior a 0,7 μm .
- Probeta para la medición del volumen de muestra a filtrar.
- Pinzas de punta roma para la manipulación de los filtros.
- Tubos de vidrio con tapón de rosca para depositar los filtros una vez filtrada la muestra.
- Equipo de congelación (temperatura inferior a -20°C) para la conservación del filtro para el análisis de clorofila-a.

Equipos y material complementario

- Protocolo de muestreo.
- Hoja de campo.
- Libreta de campo.
- Fundas impermeables para las fichas de campo.
- Cámara digital.
- Teléfono móvil.
- Cartografía adecuada.
- GPS.

Todo el material utilizado en campo 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.

Reactivos fijadores (conservantes)

Las muestras para el recuento de fitoplancton (cuantitativas) y las muestras cualitativas tomadas con red (control de investigación) se fijarán con solución de Lugol (mezcla de yoduro potásico y yodo), tal como se especifica en el apartado 8.4.

Para la preparación de la solución de Lugol, en la norma EN 15204 (2007) se incluyen dos formulaciones:



- Solución ácida de Lugol (Willén, 1962). Disolver 100 g de KI (yoduro potásico) en 1 litro de agua desmineralizada; añadir 50 g de cristales de yodo y agitar hasta que se disuelvan; añadir 100 g de ácido acético glacial; decantar la solución antes de su uso para eliminar los posibles precipitados. Esta solución se utilizará para las muestras de fitoplancton procedentes de masas de agua con $\text{pH} < 7$.
- Solución alcalina de Lugol (Utermöhl, 1958 modificada). Se prepara como la anterior, excepto que, en lugar del ácido acético glacial, se añaden 100 g de acetato de sodio ($\text{CH}_3\text{COO-Na}$). Esta solución se utilizará para las muestras de fitoplancton procedentes de masas de agua con $\text{pH} \geq 7$.

El líquido resultante debe estar fuertemente coloreado y debe conservarse en un recipiente hermético de vidrio y protegido de la luz para minimizar su sublimación.

5. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO Y LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

Se seleccionará siempre un punto de muestreo localizado en la vertical de la parte más profunda de la masa de agua y se evitarán las muestras litorales salvo razón específica que lo justifique (nunca sustituyendo al punto de muestreo de la zona más profunda).

En el caso de embalses el punto de muestreo se ubicará suficientemente separado de la presa para quedar aguas arriba de la ataguía.

La recogida de muestras para los análisis físico-químicos se realizará en el mismo punto en el que se tomen muestras para la determinación de fitoplancton.

6. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO Y TIPO DE MUESTRAS POR PUNTO DE MUESTREO

En el punto de muestreo se realizará, previamente al muestreo de fitoplancton, un perfil vertical con el fin de determinar la profundidad a la que se encuentra la termoclina (en su caso) y, por tanto, si la masa de agua se encuentra estratificada o no.

En el perfil vertical se determinarán las siguientes variables:

- Temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$).
- Conductividad eléctrica a 20°C ($\mu\text{S/cm}$).
- Oxígeno disuelto (concentración y saturación) ($\text{mg O}_2 / \text{L}$ y $\% \text{ sat O}_2$).
- pH (ud pH).
- Perfil fluorimétrico de la concentración de clorofila-a (mg/m^3 clorofila - a).

El número de determinaciones de las variables incluidas en el perfil será función de la profundidad máxima de la masa de agua:

- Profundidad máxima < 10 m: al menos cada medio metro.
- Profundidad máxima ≥ 10 m: al menos cada metro.

También se determinará la profundidad de visión del Disco de Secchi (DS).

El número y tipo de muestras dependerá de las características de la masa de agua, según el siguiente criterio:

- **Lagos y embalses de profundidad máxima ≤ 3 m y humedales:** se tomará una muestra integrada de la columna de agua desde la superficie hasta unos 20-30 cm del fondo, evitando acercarse excesivamente al sedimento o a la cobertura de macrófitos.
- **Lagos y embalses de profundidad máxima > 3 m, no estratificados:** se tomará una muestra integrada desde la superficie hasta la profundidad correspondiente a 2,5 DS (2,5



veces la profundidad de visión del Disco de Secchi). Cuando la profundidad del lago o embalse sea inferior a 2,5 DS se tomará una muestra integrada de toda la columna de agua desde la superficie hasta unos 20-30 cm del fondo, evitando acercarse al sedimento o a la cobertura de macrófitos.

- **Lagos y embalses de profundidad máxima > 3 m, estratificados:** se presentan dos posibilidades, una para el control de vigilancia, operativo y de referencia, y otra para el control de investigación.
 - **Control de vigilancia, operativo y redes de referencia:** se realizará del mismo modo que para los no estratificados.
 - **Control de investigación:** en los casos en los que resulte oportuno un control de investigación se procederá igual que en el control de vigilancia, y además se tomarán muestras discretas en las profundidades en las que la sonda fluorimétrica detecte picos de clorofila-a, donde las concentraciones sean al menos 10 veces superiores a las detectadas a 1 metro de profundidad.

7. FRECUENCIAS Y ÉPOCA DE MUESTREO

La frecuencia intraanual y la época del año en la que se tomarán las muestras dependerá de las características de la masa de agua:

- **Lagos de profundidad máxima > 3 m y permanentes (tipos 1-4, 6-10, 12, 14-15 y 22) y embalses de cualquier profundidad.** Se realizarán dos muestreos al año a lo largo del periodo de posible estratificación estival, el primero aproximadamente en la primera mitad del periodo estival, en torno al mes de julio; y el segundo en la segunda mitad del periodo estival, en el mes de septiembre. Estas fechas de muestreo serán también aplicables, para los lagos y embalses con estas características hidromorfológicas, en el caso de que la masa de agua no se estratifique.
- **Lagos y humedales someros de profundidad máxima ≤ 3 m y permanentes (tipos 11, 16, 18, 20, 27-29 y los que presenten hidroperiodo permanente de los tipos 24-26).** Se realizarán dos muestreos al año, el primero aproximadamente a mitad de primavera, y el segundo en torno a la mitad del periodo estival.
- **Lagos y humedales temporales (tipos 5, 13, 17, 19, 21, 23, 30 y los que presenten hidroperiodo temporal de los tipos 24-26).** Se realizarán dos muestreos durante el hidroperiodo, el primero, al menos, un mes después del comienzo del llenado y se retrasará hasta finales del invierno, siempre que sea posible, mientras que el segundo se realizará en torno a la mitad de primavera, antes de que se inicie el periodo de desecación estival. En el caso de masas de agua con hidroperiodo más efímero, los dos muestreos se distribuirán de forma equitativa a lo largo del hidroperiodo, con criterios similares a los del resto de masas de agua temporales, a menos que el hidroperiodo sea demasiado corto, en cuyo caso se realizará un único muestreo.

En casos excepcionales, que deberán ser justificados, se podría alterar la época de muestreo para, por ejemplo, hacerlo coincidir con las fases de inicio y de máxima estabilidad de la estratificación de la masa de agua, que en el caso de los embalses puede depender del criterio de explotación. En cualquier caso, se deberá motivar la variación en la época de muestreo a la entrega de resultados.

Cuando en la masa de agua se den situaciones tales que dos muestreos anuales sean insuficientes (ej. frecuentes floraciones algales masivas, masas de agua estratégicas), se podrá aumentar el número de muestreos por año hasta cuatro. El aumento del número de toma de muestras por año deberá ser justificado a la entrega de resultados.

No se podrá realizar el muestreo cuando haya habido aportes excepcionales de sólidos en suspensión que afecten de forma significativa a la turbidez del agua. Se debe esperar a que las



condiciones de turbidez por partículas en suspensión inorgánicas en la masa de agua vuelvan a la normalidad.

El control de investigación tendrá unas frecuencias variables en cada estación de muestreo según su problemática específica.

8. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Se tomará una muestra integrada y una o varias discretas cuando corresponda, según se indica en el apartado 6. De éstas se extraerán alícuotas para realizar los análisis correspondientes a:

- Concentración de clorofila-*a*.
- Identificación, recuento y determinación del biovolumen de fitoplancton.

Además, de cada una de las muestras (integradas y discretas), se medirán in situ pH y conductividad, y como análisis complementarios, se tomarán alícuotas para realizar los siguientes análisis:

- Fósforo total (mg P/L).
- Nitrógeno total (mg N/L).
- Fosfatos (mg PO₄/L).
- Amonio total (mg NH₄ /L).
- Nitratos (mg NO₃/L).
- Alcalinidad (mg CaCO₃ /L).

Las muestras para los análisis de fosfatos, amonio total y nitratos se filtrarán a través de un filtro de microfibra de vidrio (como el descrito en el apartado 4.1.) inmediatamente después de su recogida y se depositarán, una vez filtrados, en los recipientes correspondientes.

Se rellenará la hoja de campo del anexo I de este protocolo.

8.1. TOMA DE MUESTRAS

Las muestras discretas, correspondientes a cada profundidad de la columna de agua, se obtienen mediante una botella hidrográfica que se sumerge a la profundidad deseada y se cierra mediante mensajero.

En el caso de muestras integradas, las submuestras tomadas a cada una de las profundidades se integran finalmente en una única muestra. Las submuestras tomadas deben cubrir de manera equidistante la columna de agua muestreada, dependiendo del espesor de la capa fótica:

- Zona fótica (2,5*DS) < 10 m: la equidistancia no deberá ser mayor de 1 metro.
- Zona fótica (2,5*DS) ≥ 10 m: la equidistancia no deberá ser mayor de 2 metros.

Se deberán tomar volúmenes iguales a cada una de las profundidades y homogenizarlos bien, pero de manera suave, en un recipiente de mezcla, para dar lugar a la muestra integrada de la que luego se toman las alícuotas mediante un recipiente adecuado, manteniendo bien la mezcla. Al igual que cualquier utensilio usado en la toma de muestras, tanto el recipiente de mezcla como el dispensador deberán estar bien limpios, de manera que no aporten ningún tipo de contaminación a la muestra.

Alternativamente se podrán utilizar muestreadores integradores homologados por normas internacionales, o bien un tubo de silicona, en cuyo caso deberá prestarse atención para que la caída del tubo por la columna de agua sea vertical y para conseguir una buena limpieza del mismo. Cuando se utilice el tubo de silicona, éste debe ser de longitud adecuada para la masa de agua y con un diámetro exterior de entre 2-2,5 cm. El tubo debe disponer de un lastre en uno de los extremos para que la caída del tubo por la columna de agua sea vertical y será almacenado limpio y seco entre



los distintos muestreos, y no deberá ser usado para otro propósito que para muestrear fitoplancton u otros parámetros acompañantes.

En función de las características del sistema el procedimiento de muestreo, acorde con el apartado 6, será el siguiente:

- **Lagos y embalses someros de profundidad máxima ≤ 3 m y húmedales:** Se podrá utilizar la botella hidrográfica para tomar muestras discretas a diferentes profundidades que finalmente se homogenizarán en una única muestra integrada. Alternativamente, también podrá usarse un muestreador integrador, o bien un tubo flexible de 2-2,5 cm de diámetro exterior y longitud adecuada a la profundidad de la masa de agua.
- **Lagos y embalses de profundidad máxima > 3 m, no estratificados:** Se utilizará la botella hidrográfica para tomar muestras discretas a diferentes profundidades, que finalmente se homogenizarán en una única muestra integrada, o bien un muestreador integrador.
- **Lagos y embalses de profundidad máxima > 3 m, estratificados:**
 - **Control de vigilancia, operativo y de redes de referencia:** Se utilizará la botella hidrográfica para tomar muestras discretas a diferentes profundidades, que finalmente se homogenizarán en una única muestra integrada, o bien un muestreador integrador.
 - **Control de investigación:** Se utilizará la botella hidrográfica para tomar muestras discretas a diferentes profundidades, las cuales finalmente se homogenizarán en una única muestra integrada, o bien un muestreador integrador. Además se tomarán muestras discretas con botella hidrográfica a las profundidades de la columna de agua donde la sonda fluorimétrica haya detectado picos de clorofila-a (apartado 6).

8.2. VOLUMEN NECESARIO PARA CADA ANÁLISIS

De la muestra integrada, y de las discretas cuando corresponda, se extraerán las siguientes alícuotas:

- Para el análisis de clorofila-a: recoger un volumen de agua suficiente que oscila de 1 a 2L. Guardar la muestra en recipientes opacos y refrigerada (4°C) hasta el momento del análisis. Cuando la muestra se filtre in situ se seguirá el procedimiento señalado en el apartado 8.2.1.
- Para identificación y recuento de fitoplancton: recoger un volumen de agua de entre 125 ml y 250 ml. Guardar, una vez fijada (apartado 8.4), en recipientes traslúcidos de vidrio de color ámbar, en lugar fresco y protegido de la luz. En cuanto a la muestra cualitativa tomada con red (apartado 8.3), se guardará en el vial correspondiente el volumen en el que haya quedado recogido el contenido del copo de la manga de plancton. Una vez fijada (apartado 8.4), se guardará en las mismas condiciones, resguardándola de la luz y las altas temperaturas.
- Para los análisis químicos: tomar el volumen que indiquen las respectivas normas nacionales o internacionales.

8.2.1. FILTRADO EN CAMPO DE LA MUESTRA DESTINADA AL ANÁLISIS DE PIGMENTOS

En el caso de que el transporte al laboratorio de la muestra de agua no pueda realizarse en el mismo día y su procesado antes de 24 horas, es conveniente realizar in situ el filtrado de la muestra para análisis de pigmentos fotosintéticos (clorofila-a), y preservar congelado el filtro que contiene la muestra recogida.

Existen diversos tipos de dispositivos que pueden ser utilizados para el filtrado in situ de la muestra, que están descritos en el apartado 4.1. El más sencillo corresponde a portafiltros portátiles, tipo "swinnex", en los que se puede colocar el filtro de microfibras de vidrio y, mediante una jeringa, ir filtrando la muestra hasta que el filtro comience a estar saturado y tome un marcado color verde o amarillento. La adición de muestra a la jeringa debe hacerse con una probeta, de manera que se pueda medir exactamente el volumen filtrado, el cual debe anotarse convenientemente.



Alternativamente al “swinnex” y la jeringa se pueden utilizar sistemas clásicos de filtración como los utilizados en laboratorio, con un matraz kitasatos y un embudo de filtración con portafiltros. En este caso la fuerza de succión debe ser realizada por una bomba de vacío manual o por una bomba mecánica accionada por batería, si no se dispone de toma de corriente.

Los filtros utilizados para la filtración deben ser de microfibra de vidrio de 47 mm de diámetro, con capacidad para retener todas las partículas de tamaño superior a 0,7 μm , tal como se especifica en el apartado 4.1. Los portafiltros deberán ser, consecuentemente, los adecuados para ese diámetro de filtro.

8.3. MUESTREOS ADICIONALES. MUESTREO CUALITATIVO DE FITOPLANCTON CON RED

En el control de investigación, para ayudar en la identificación del fitoplancton se realizará además un muestreo cualitativo de fitoplancton con red, utilizando una manga de plancton de 20 μm de luz de malla. La red se arrastra en el seno del agua, verticalmente si la profundidad lo permite o si no horizontalmente, hasta conseguir un filtrado visible. El volumen en el que haya quedado recogido el contenido del copo de la manga de plancton se guardará en un vial de vidrio o plástico con tapón hermético y se fijará la muestra con lugol.

Esta muestra no tiene como objeto la obtención de un inventario de taxones, sino simplemente proporcionar material adicional para la identificación de estos en campañas de muestreo del programa de control de investigación.

8.4. CONSERVACIÓN, ETIQUETADO Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS

Todas las muestras y preparaciones deben estar convenientemente etiquetadas de forma que se identifiquen mediante un código. Se usará un rotulador resistente al agua.

Para la conservación y transporte de las muestras se seguirá el siguiente procedimiento.

Muestras para análisis de clorofila-a

Las muestras se refrigerarán a 4°C y se mantendrán en oscuridad hasta el momento del filtrado, en el caso de que las muestras puedan filtrarse en el laboratorio antes de 24 horas.

Si no fuese posible respetar este plazo, el filtrado de la muestra se realizará in situ, tal y como describe el apartado 8.2.1, en cuyo caso el filtro deberá congelarse para su traslado al laboratorio, manteniéndose congelado hasta el momento de añadir el solvente. El sistema de congelación deberá garantizar en todo momento la conservación a una temperatura inferior a -20°C. Esto podrá conseguirse de diversas formas, tanto mediante el uso de congeladores portátiles autónomos o instalados en vehículos con compartimento isoterma, o en recipientes con aislamiento térmico conteniendo nieve carbónica, o en nitrógeno líquido usando contenedores homologados. No será válido para la congelación el uso de hielo, que tan sólo resulta útil para la refrigeración de la muestra previamente a su filtrado.

Muestras para identificación y recuento de fitoplancton

Para la fijación de estas muestras se utilizará una solución de Lugol preparado tal y como se describe en el apartado 4.2. Para ello se añade de 0,5 a 1 ml de Lugol por cada 100 ml de muestra hasta obtener un color miel (la cantidad a añadir dependerá siempre del contenido de materia orgánica u otros reductores en la muestra, siendo necesaria una mayor cantidad a mayor presencia de éstos). El Lugol se evapora y se degrada por foto-oxidación, por tanto las muestras se deben conservar en lugar fresco y a oscuras. Hay que controlar periódicamente la pérdida de color de la muestra, añadiendo más conservante si se requiere, siendo preferible la determinación de las muestras en un plazo inferior a 6 meses para evitar su degradación.



Muestras para analítica de variables químicas

Las muestras destinadas a la analítica de las variables químicas se refrigerarán a 4°C y se preservarán de la luz y, en su caso, se añadirá en cada una el conservante o reactivo adecuado y se realizará el procesado que corresponda siguiendo lo que indiquen las respectivas normas nacionales o internacionales.

Muestras discretas tomadas en máximos profundos

En el control de investigación, cuando se hayan tomado muestras discretas en las profundidades donde se hayan detectado máximos profundos de clorofila *a*, deberán conservarse igual que las muestras para identificación y recuento de fitoplancton y se analizarán según el protocolo de análisis y cálculo de métricas de fitoplancton.

9. PROCESADO DE LOS DATOS

Como resultado de los trabajos realizados en campo el responsable del muestreo deberá consignar la información generada en la hoja de campo del anexo I. Esta información deberá entregarse en formato en electrónico al organismo de cuenca pertinente.

ANEXO I: HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO



DATOS IDENTIFICATIVOS DEL MUESTREO

NOMBRE DE LA MASA DE AGUA:		TIPO:	CÓDIGO DE LA MASA DE AGUA:		
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO:	CÓORDENADAS X/Y (ETRS 89):		HUSO:		
ORGANISMO/EMPRESA:					
MUESTREADOR:		Programa	Vigilancia:		
CÓDIGO MUESTRA:	Nº DE BOTES:		Operativo:		
FECHA: / /	Hora inicio: :		Investigación:		
	Hora fin: :		Referencia:		
CONSERVACIÓN DE LA MUESTRA:		<input type="checkbox"/> Lugol <input type="checkbox"/> Otro (indicar):			
Descripción de acceso y localización del tramo:					

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS

pH (unidades):	Oxígeno disuelto (mg O ₂ /l):
Temperatura del agua (°C):	% Saturación O ₂ :
Conductividad eléctrica a 20°C (µS/cm):	Profundidad del Disco Secchi (m):
Observaciones:	

CARACTERÍSTICAS HIDROMORFOLÓGICAS

Profundidad máxima (m)	Longitud máxima (m)
Superficie (ha)	Nivel del agua respecto a la escala (m)
Perímetro (km)	Profundidad termoclina
Estratificación (Sí/No)	Presencia de blooms (Sí/No)

MUESTREO

Código PM	Coordenadas			Tipo de muestra (Integrada / discreta)	Profundidad máxima columna de agua (m)	Profundidad fin (m)	Filtro In situ Clorofila a (Sí/No)	Recogida de alícuotas (Sí/No)
	UTM X	UTM Y	Huso					

PROTOCOLO DE MUESTREO Y LABORATORIO DE INVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN LAGOS

CÓDIGO: ML-L-I-2013

Aprobado por instrucción del Secretario de Estado de Medio Ambiente de fecha 22 de noviembre de 2013



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: 280-12-021-9



INDICE

1. APLICABILIDAD.....	5
2. OBJETIVO.....	5
3. NORMATIVA DE REFERENCIA	5
4. EQUIPOS, REACTIVOS Y CONSERVANTES	6
4.1. TRABAJO DE CAMPO	6
4.2. TRABAJO DE LABORATORIO.....	7
5. SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	7
6. FRECUENCIA Y ÉPOCA DE MUESTREO.....	8
7. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	8
7.1. TOMA DE MUESTRAS	8
7.1.1. TOMA DE MUESTRAS PARA ABCO	8
7.1.2. TOMA DE MUESTRAS PARA RIC	9
7.2. CONSERVACIÓN, ETIQUETADO Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS	9
8. PROCESADO Y TRATAMIENTO DE LA MUESTRA EN LABORATORIO.....	10
8.1. MUESTRA DEL ABCO	10
8.2. MUESTRA DEL RIC.....	11
9. PROCESADO DE LOS DATOS	11
ANEXO I: HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO	13
ANEXO II: HOJA DE LABORATORIO.....	17



1. APLICABILIDAD

Este protocolo de muestreo y laboratorio es de obligada aplicación en la explotación de las redes oficiales de evaluación del estado / potencial ecológico en cumplimiento de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, que explotan las Confederaciones Hidrográficas (CCHH), bien directamente o a través de contratos de servicios.

Las estaciones en las que se utilizará este protocolo son las pertenecientes al programa de control de vigilancia, programa de control operativo, programa de control de investigación y redes de referencia.

Este protocolo corresponde al muestreo y análisis de las masas de agua naturales de la categoría lagos (lagos, lagunas y humedales) que aparecen en la Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH), siendo aplicable para el cálculo de los indicadores que se desarrollen correspondientes al elemento de calidad fauna bentónica de invertebrados en lagos.

Con la información recopilada mediante este protocolo se obtienen datos válidos para el cálculo de las métricas siguientes:

- Índice ABCO (Abundancia de Branquiópodos, Copépodos y Ostrácodos). Este índice se basa en la determinación de asociaciones de crustáceos.
- Índice RIC (Riqueza de Insectos y Crustáceos). Este índice se basa en la determinación de macrozoobentos.

La combinación de los resultados de ABCO y RIC permite, a su vez, el cálculo del índice IBCAEL para la clasificación del estado ecológico de las masas de agua de la categoría lagos.

2. OBJETIVO

La Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, establece que los Estados miembros deberán poner en marcha programas de seguimiento. Estos programas deben permitir controlar y evaluar la composición y abundancia de la fauna bentónica de invertebrados.

La Directiva Marco del Agua establece que los métodos empleados para controlar los indicadores de evaluación de los elementos de calidad biológicos 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 establecer un método de muestreo de invertebrados bentónicos en lagos que garantice el cumplimiento de los requisitos mencionados anteriormente.

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 907/2007 por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica.
- 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.
- Orden ARM/2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica.

- 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.

Asimismo se ha considerado también la siguiente referencia:

- Tesouro taxonómico para la clasificación del estado ecológico de las masas de agua continentales (TAXAGUA¹)

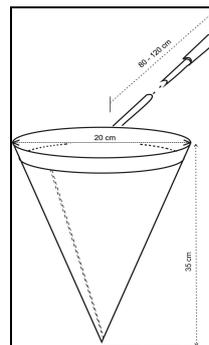
4. EQUIPOS, REACTIVOS Y CONSERVANTES

El equipo y los reactivos necesarios para la realización del muestreo son:

4.1. TRABAJO DE CAMPO

Equipos y material para la recolección de muestras

- Salabre (o red de mano o sacadera) de 100 μm de abertura de poro, montado en aro de 20 cm de diámetro y mango entre 80-120 cm de largo para el muestreo según el protocolo ABCO (ver figura siguiente).
- Salabre (o red de mano o sacadera) de 250 μm de abertura de poro, montado en aro de 20 cm de diámetro y mango entre 80-120 cm de largo para el muestreo según el protocolo RIC (ver figura siguiente).



Modelo de salabre para el muestreo según los protocolos ABCO (con luz de malla de 100 μm) y RIC (con luz de malla de 250 μm).

- Prefiltro de luz de malla gruesa (1 mm aproximadamente) para proteger el salabre de 100 μm y evitar que se colmate con elementos gruesos (p. ej.: algas filamentosas).
- Lupa de campo de 20x aumentos para comprobación in situ de la muestra destinada al ABCO.
- Bote de plástico de 30 - 50 ml de capacidad para recogida de la muestra destinada a la determinación del índice ABCO.
- Vial de vidrio transparente para mirar la muestra *in vivo* con la lupa.
- Bote de plástico de 250 - 500 ml de capacidad para recogida de la muestra destinada a la determinación del índice RIC.
- Sonda multiparamétrica con sensores de temperatura, conductividad, pH y oxígeno disuelto.
- Formaldehído² (HCHO) 40% y Borato de Sodio.
- Hoja de campo (anexo I).

Equipos y material complementario

¹ <http://www.magrama.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/programas-seguimiento/TAXAGUA.aspx>

² En caso de utilizar conservantes alternativos deberá justificarse la elección realizada garantizando un grado de conservación adecuado de la muestra



- Bolígrafo o rotulador permanente y lápiz (o cualquier otro método para etiquetar las muestras). Si se usan etiquetas, éstas deben ser resistentes a la humedad.
- GPS.
- Equipo de vadeo adecuado para las condiciones locales, con el equipo de seguridad apropiado. En casos muy excepcionales se requerirá también barca y equipo accesorio de navegación, así como chalecos salvavidas.
- Neveras portátiles para transporte de la muestra.
- Batea blanca de plástico.
- Teléfono móvil.
- Cámara digital.
- Cartografía adecuada.
- Cinta adhesiva y papel cebolla para rotular las muestras.
- Fundas impermeables para fichas de campo.

Todo el material utilizado en campo 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.

4.2. TRABAJO DE LABORATORIO

Equipos para el análisis de las muestras

- Red de 100 μm de abertura de poro.
- Formaldehído (HCHO) 40 %.
- Estereomicroscopio de 40x equipado con luz diascópica.
- Placas de Petri de 50 mm de diámetro con bandas marcadas del ancho del campo de visión del estereomicroscopio a 20x.
- Disolución acuosa de glicerina.
- Lupa simple.
- Bandeja de plástico.
- Claves de identificación de los elementos de calidad biológicos (DGA).
- Pinzas entomológicas.
- Aguja enmangada.
- Viales de plástico y otros recipientes con tapones herméticos.

Equipos y material complementario

- Rotuladores indelebles.
- Cinta adhesiva.
- Tijeras.
- Guantes de goma.

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

5. SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO

El número de puntos de muestreo por masa de agua dependerá de las características de la misma. En general habrá un punto de muestreo por masa de agua, pero se podrá establecer más de uno en los casos en que, en función de la morfometría de la masa de agua o de sus criterios de gestión, se considere oportuno. En cualquier caso se deberá justificar la elección del número y localización de los puntos de muestreo.



La ubicación de los puntos de muestreo adicionales, cuando los hubiera, tendrá en cuenta las características de las masas de agua para que resulte lo más representativa posible del conjunto teniendo en cuenta aspectos como la morfometría de la cubeta, profundidad, entrada de flujos, vegetación acuática, usos y posibles vertidos puntuales. Se deberán especificar las razones de la elección.

En lagos y humedales someros de profundidad máxima ≤ 1 m, se muestrea tanto la zona litoral como la zona interior. En lagos y humedales de profundidad máxima > 1 m, independientemente de si están o no estratificados, se muestrea exclusivamente en la zona litoral.

6. FRECUENCIA Y ÉPOCA DE MUESTREO

La frecuencia intraanual y la época del año en la que se tomarán las muestras dependerá de las características de la masa de agua. Es muy importante, sobre todo en el caso de lagos temporales, adaptar la fecha del muestreo al momento hidrológico óptimo en función del tipo de lago, tal y como se indica a continuación.

- **Tipos 1-4 y 6-9.** Se realizará un muestreo al año, en verano (julio o agosto) y se hará coincidir con la segunda campaña de muestreo de fitoplancton (en el caso de control de vigilancia).
- **Tipos 10-12, 14-16, 18, 20, 22, 27-29 y los que presenten hidroperíodo permanente de los tipos 24-26.** Se realizará un muestreo al año, durante la primera mitad del período estival, en torno al mes de julio, y se hará coincidir con la primera campaña de muestreo de fitoplancton (en el caso de control de vigilancia).
- **Tipos 5, 13, 17, 19, 21, 23, 30 y los que presenten hidroperíodo temporal de los tipos 24-26.** Se realizará un muestreo al año durante la fase de inundación (1,5 - 2 meses después del comienzo del llenado), y se hará coincidir con la primera campaña de muestreo de fitoplancton (en el caso de control de vigilancia).

En casos excepcionales, que deberán ser justificados, se podrá cambiar la época de muestreo. En cualquier caso, se deberán motivar las variaciones a la entrega de resultados.

El control de investigación tendrá unas frecuencias variables en cada estación de muestreo en función de las necesidades detectadas.

7. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

En cada punto de muestreo se tomarán dos muestras diferentes, complementarias entre sí:

- Una muestra para la obtención de datos de abundancia de branquiópodos, copépodos y ostrácodos que permita la determinación del índice ABCO.
- Otra muestra para la obtención de datos de riqueza de insectos y crustáceos que permita la determinación del índice RIC.

Se trata, por lo tanto, de dos muestreos que se complementan en la escala espacial de muestreo (ABCO se centra en microhábitats y RIC en mesohábitats) y en el tamaño de los organismos que componen la comunidad de invertebrados bentónicos.

7.1. TOMA DE MUESTRAS

7.1.1. TOMA DE MUESTRAS PARA ABCO

Es un muestreo para la determinación de crustáceos. Se muestrea en zonas vadeables con un salabre de 100 μm de abertura de poro. Se hacen pasadas, andando por el fondo lacustre, por encima de los sustratos (rocas, vegetación, sedimento, etc.). Es preferible poner una red de 1 mm de abertura de malla protegiendo la boca del salabre para que no entren materiales que luego dificultan la observación de los organismos con la lupa binocular, como es el caso de las algas filamentosas.



Es preciso muestrear todos los hábitats diferentes que existen en la zona vadeable. Se anotará el número total de pasadas (Unidades de Muestreo) realizado. Este último dato proporciona información sobre el esfuerzo de muestreo.

En lagos oligotróficos de montaña, el muestreo debe ser lo suficientemente largo o intenso como para asegurar que se toma una muestra representativa. Se pasa el salabre entre las rocas y la vegetación (si la hay), removiendo enérgicamente la columna de agua para resuspender los organismos.

Si hay sedimento fino, el salabre se pasará por encima de su superficie, todo lo cerca posible de ella pero sin incorporar sedimento en la muestra. Se debe remover enérgicamente la columna de agua para que los organismos se resuspendan y entren en la red.

En todos los casos es especialmente importante impedir que entre sedimento directamente en la red de muestreo, ya que si esto ocurre, la calidad de la muestra desciende mucho y la labor posterior de identificación se dificulta.

Al acabar de muestrear, se deposita todo el contenido de la red, o parte de él, en un tubo de vidrio transparente con algo de agua. Debe quedar como una suspensión de pequeños organismos que se mueven. Se mira con una lupa de campo de 20x y se comprueba que haya organismos bentónicos (Chydoridae, Macrotrichidae, Cyclopidae, ostrácodos, etc). Si se ve una muestra opaca, sin aparentemente organismos de este tipo, hay que volver a muestrear con más cuidado. Posiblemente el salabre se haya colmatado con barro o con detritus y no se haya recogido el material necesario para la determinación del índice ABCO.

Cuando se dé por acabado el muestreo se introduce toda la muestra en el frasco de 30-50 ml, con algo de agua y se añade el conservante (Formaldehído) tal y como se indica en el apartado 7.2.

7.1.2. TOMA DE MUESTRAS PARA RIC

Se emplea un salabre de luz de malla de 250 μm . El muestreador se desplaza por las zonas vadeables del lago, removiendo el fondo con los pies y recogiendo el material resuspendido con el salabre. Este debe pasarse también entre la vegetación sumergida presente en el lago así como entre la parte sumergida de la vegetación litoral. En el caso de encontrarse con piedras es conveniente recogerlas con las manos (con cuidado de que los invertebrados adheridos a ellas no se suelten) y limpiarlas dentro del salabre. No suele resultar necesario proteger el salabre con la red de abertura de malla de 1 mm.

Las muestras así recogidas se disponen en una bandeja blanca con algo de agua y se observan en el campo. Cuando se considera que la muestra es representativa porque en pasadas sucesivas no aparecen nuevos taxones se limpia en lo posible de materiales gruesos (macrófitos, hojas, etc.), se recoge en un envase de 250-500 ml y se fija con Formaldehído hasta una concentración del 4% tal y como se indica en el apartado 7.2.

7.2. CONSERVACIÓN, ETIQUETADO Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS

Todas las muestras y preparaciones deben estar convenientemente etiquetadas en el interior (papel cebolla con lápiz) y el exterior (etiqueta adhesiva con rotulador indeleble), de forma que se identifiquen mediante un código. Ambas etiquetas, al menos, deberán mostrar: el código de la campaña de muestreo, el código de la muestra, la fecha y, en el caso de haber utilizado más de un bote para guardar las muestras, esta información también deberá quedar registrada.

La muestra recogida en el frasco de 30-50 ml será etiquetada indicando claramente que es para el cálculo del ABCO.

Por otro lado, la muestra recogida en el envase de 250-500 ml será etiquetada indicando claramente que es para el cálculo del RIC.



Para conservar las muestras se utilizará Formaldehído al 40% que se añadirá sobre la muestra con agua hasta obtener una concentración (en la muestra) del 4% v/v. Se recomienda añadir primero sólo unas gotas para anestesiar a los invertebrados y evitar que adopten posturas rígidas que puedan dificultar su identificación, y después de unos minutos añadir el resto del reactivo.

El Formaldehído es tóxico y su uso requiere la aplicación de medidas de seguridad. En el campo se trabajará al aire libre, con guantes de látex, se evitarán derrames y se usarán recipientes herméticos adecuados. Se recomienda adicionar borato de sodio al Formaldehído para evitar que se destruyan las partes calcáreas de los organismos.

En el transporte de las muestras del campo al laboratorio se tomarán las medidas necesarias para evitar la rotura de los botes de muestra o la liberación de vapores. Se recomienda usar botes herméticos y almacenarlos en neveras o cajas con tapa en lugar fresco evitando la exposición prolongada al sol.

8. PROCESADO Y TRATAMIENTO DE LA MUESTRA EN LABORATORIO

Previamente a la realización de cualquier manipulación de la muestra será preciso eliminar de ella el Formaldehído. Esto se efectuará disponiendo la muestra sobre una red de 100 μm de abertura de poro y recogiendo la solución de Formaldehído filtrada en el mismo envase de la muestra para su reutilización o tratamiento como residuo peligroso. La muestra, una vez separada del Formaldehído, se lavará con agua y se dispondrá en un nuevo envase sólo con agua.

8.1. MUESTRA DEL ABCO

El contenido del envase para el ABCO se examinará utilizando un estereomicroscopio de 20x equipado con luz diascópica. Para ello se disponen fracciones de la muestra en placas de Petri, pero en cantidades que permitan ver los organismos por transparencia. Los diferentes taxones se separarán y se realizarán las observaciones necesarias para su determinación taxonómica hasta nivel de especie siguiendo las guías y claves elaboradas por la Dirección General del Agua (ID-Tax) u otras alternativas que resulten apropiadas para la fauna ibérica. En la mayor parte de los casos, la determinación requiere la disección de las partes con significado taxonómico y su montaje en preparaciones microscópicas, con agua o una disolución acuosa de glicerina, para su observación con el microscopio a 400x, 1000x.

Como en el inventario aparecerán especies planctónicas y bentónicas mezcladas (particularmente de crustáceos), las primeras no deberán ser tenidas en cuenta en los lagos de los tipos IBCAEL 1 y 2, por lo que será necesario que el especialista encargado de analizar la muestra sea conocedor de la autoecología y hábitos de cada género o cada especie.



Tabla 1 Correspondencia entre los tipos IBCAEL y los tipos de lagos IPH

Tipo IBCAEL	Denominación IBCAEL	Tipo de Masa de Agua IPH
1	Alta montaña.	1, 2, 3, 4, 5 y 9
2	Media montaña o cárstico calcáreo.	6, 7, 8, 10, 11 y 12
3	Cárstico evaporitas y cuenca de sedimentación de origen fluvial	14, 15, 24, 25, 26, 27 y 29
4	Interior en cuenca de sedimentación, permanente, mineralización baja o media.	16 y 18
5	Interior en cuenca de sedimentación, permanente, mineralización alta o muy alta y litoral sin influencia marina.	20 y 28
6	Interior en cuenca de sedimentación, permanente, hipersalino.	22
7	Cárstico calcáreo, interior en cuenca de sedimentación y litoral en complejo dunar, temporal.	13, 17 y 30 ³
8	Interior en cuenca de sedimentación, temporal, mineralización media y alta.	19 y 21
9	Interior en cuenca de sedimentación, temporal, hipersalino.	23

El cálculo de las abundancias relativas de las diferentes especies se realizará mediante el recuento de un número de individuos suficientemente representativo. Para ello, y tras efectuar las determinaciones taxonómicas, se dispondrá una alícuota de la muestra en una placa de Petri de 50 mm de diámetro con bandas marcadas del ancho del campo de visión del estereomicroscopio a 20x y se contará la totalidad de individuos existentes de cada especie recorriendo todas las bandas mediante movimientos de la placa. La alícuota de muestra formará una película de suspensión acuosa de organismos que permitirá el paso de la luz para que éstos sean observados por transparencia.

Al terminar la observación, la muestra para la determinación del ABCO volverá a fijarse con Formaldehído al 4%.

8.2. MUESTRA DEL RIC

El contenido del envase para el RIC se extenderá sobre una bandeja y se observará a simple vista, con la ayuda de una lupa simple, o bajo el estereomicroscopio equipado con luz episcópica. La cuantificación del índice RIC requiere determinar los crustáceos, los coleópteros adultos y los hemípteros adultos a nivel de género; y las larvas, ninfas y pupas de todos los insectos (incluidos los coleópteros y hemípteros) como mínimo hasta nivel de familia siguiendo las guías y claves especializadas y aplicables a la península ibérica.

Al terminar la observación, la muestra para la determinación del RIC volverá a fijarse con Formaldehído al 4%.

9. PROCESADO DE LOS DATOS

En cada lago y para cada muestreo se entregará la hoja de campo del anexo I de este documento rellena con toda la información prevista.

³ El tipo 30 de la IPH ha quedado incluido en Tipo IBCAEL 7 debido a su grado de mineralización.



Los resultados de la determinación en laboratorio (hoja de laboratorio del anexo II) consistirán en un listado taxonómico completo de las especies identificadas y sus abundancias para el cálculo del índice ABCO. En cuanto a los taxones pertinentes para el cálculo del RIC únicamente será necesario facilitar un listado con los taxones identificados.

Los taxones de grupos no incluidos en el cálculo de las métricas del índice IBCAEL serán igualmente identificados e incluidos en los resultados.

ANEXO I: HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO



DATOS IDENTIFICATIVOS DEL MUESTREO

NOMBRE DE LA MASA DE AGUA:		CÓDIGO DE LA MASA DE AGUA:	
TIPO DE MASA DE AGUA (IPH):		TIPO DE MASA DE AGUA (IBCAEL):	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO:	COORDENADA X/ COORDENADA Y (ETRS89): /		HUSO:
ORGANISMO/EMPRESA:			
MUESTREADOR:		Programa:	Vigilancia:
CODIGO MUESTRA:			Operativo:
FECHA: _ / _ / _	Hora inicio: _ : _		Investigación:
	Hora fin: _ : _		Referencia:

Descripción de acceso y localización:

CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS

pH (unidades):	Oxígeno disuelto (mg O ₂ /l):
Temperatura del agua (°C):	% Saturación O ₂ :
Conductividad eléctrica a 20°C (µS/cm):	Profundidad del DS (m):
Observaciones:	

CARACTERÍSTICAS HIDROMORFOLÓGICAS

Nivel del agua respecto a la escala (m):	Profundidad máxima (m):
--	-------------------------

MICROHÁBITAT

HÁBITATS	% COBERTURA	NÚMERO DE UNIDADES DE MUESTREO	CÓDIGO FOTO
Rocas desnudas (granito, caliza, pizarra, otros:.....)			
Sedimento blando sin vegetación (arcilla, limo, arena, grava)			
Hidrófitos (filamentosas, caráceas, fanerógamas)			
Helófitos (<i>Phragmites sp.</i> , <i>Typha sp.</i> , Otros :.....)			

ANEXO II: HOJA DE LABORATORIO





**MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE**

HOJA DE LABORATORIO

Nombre del laboratorio:		Código Entidad Colaboradora: EC - /	
Analista:		Fecha de análisis:	
Referencias identificación taxonómica	Clave:	Bibliografía:	
Código masa de agua:		Nombre de la masa de agua:	
Código muestra:		Fecha de muestreo:	

CLASE	Nombre Taxon (ABCO)	CÓDIGO TAXAGUA (SISTCODSUP / SISTCODINF)	ABUNDANCIA (Nº individuos)
Branchiopoda	Acroperus angustatus	ACR006ANG130	
	Acroperus harpae	ACR006HAR026	
	Alona affinis	ALO003AFF041	
	Alona elegans	ALO003ELE075	
	Alona quadrangularis	ALO003QUA094	
	Alona rectangula	ALO003REC056	
	Alona salina	ALO003SAL065	
	Alonella excisa	ALO004EXC040	
	Alonella nana	ALO004NAN046	
	Artemia partenogenetica	ART003PAR030	
	Bosmina longirostris	BOS002LON138	
	Branchinecta ferox	BRA015FER007	
	Branchinectella media	BRA025MED051	
	Branchipus schaefferi	BRA024SCH124	
	Ceriodaphnia laticaudata	CER023LAT126	
	Ceriodaphnia quadrangula	CER023QUA093	
	Ceriodaphnia reticulata	CER023RET027	
	Chirocephalus diaphanus	CHI009DIA028	
	Chydorus sphaericus	CHY001SPH037	
	Cyzicus grubei	CYZ001GRU014	
	Cyzicus tetracerus	CYZ001TET043	
	Daphnia mediterranea	DAP001MED050	
	Daphnia obtusa	DAP001OBT066	
	Daphnia pulicaria	DAP001PUL085	
	Daphnia curvirrostris	DAP001CUR077	
	Daphnia magna	DAP001MAG029	
	Dunhevedia crassa	DUN002CRA089	
	Eurycercus lamellatus	EUR008LAM026	
	Graptoleberis testudinaria	GRA014TES025	
	Isaura mayeti	ISA001MAY008	
	Macrothrix hirsuticornis	MAC016HIR033	
	Maghrebestheria maroccana	MAG002MAR195	
	Moina brachiata	MOI001BRA082	
	Moina micrura	MOI001MIC081	
	Moina salina	MOI001SAL067	
	Oxyurella tenuicaudis	OXY011TEN163	
	Picripleuroxus denticulatus	PIC001DEN070	
	Pleuroxus aduncus	PLE017ADU007	
	Pleuroxus laevis	PLE017LAE053	
	Pleuroxus letourneuxi	PLE017LET001	
Pleuroxus truncatus	PLE017TRU042		
Scapholeberis rammneri	SCA009RAM016		
Sida crystallina	SID003CRY022		
Simocephalus exspinosus	SIM003EXS008		
Simocephalus vetulus	SIM003VET009		

PROTOCOLO DE MUESTREO DE OTRO TIPO DE FLORA ACUÁTICA (MACRÓFITOS) EN LAGOS

CÓDIGO: M-L-OFM-2013

Aprobado por instrucción del Secretario de Estado de Medio Ambiente de fecha 22 de noviembre de 2013



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: 280-12-022-4



INDICE

1. APLICABILIDAD.....	5
2. OBJETIVO.....	5
3. NORMATIVA DE REFERENCIA	6
4. EQUIPOS, REACTIVOS Y CONSERVANTES	6
4.1. TRABAJO DE CAMPO	6
5. SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	8
5.1. TIPOS DE LAGOS 1-16,18, 20-29.....	8
5.2. TIPOS DE LAGOS 17, 19 Y 30	13
6. FRECUENCIA Y ÉPOCA DE MUESTREO.....	13
7. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	14
7.1 CONSIDERACIONES GENERALES.....	14
7.2. OBTENCIÓN DE DATOS DE RIQUEZA Y ABUNDANCIA EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.....	14
7.3. ANÁLISIS DE VARIABLES FISICOQUÍMICAS	17
8. CONSERVACIÓN, ETIQUETADO Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS.....	17
8.1. CONSERVACIÓN DE MACRÓFITOS	17
8.2. ETIQUETADO Y TRANSPORTE	18
ANEXO I: HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO	19
ANEXO II: LISTADOS TAXONÓMICOS	27



1. APLICABILIDAD

Este protocolo de muestreo es de obligada aplicación en la explotación de las redes oficiales de evaluación del estado / potencial ecológico en cumplimiento de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, que explotan las Confederaciones Hidrográficas (CCHH), bien directamente o a través de contratos de servicios.

Las estaciones en las que se utilizará este protocolo son las pertenecientes al programa de control de vigilancia, programa de control operativo, programa de control de investigación y redes de referencia.

Este protocolo es aplicable para el muestreo de las masas de agua naturales de la categoría lagos (lagos, lagunas y humedales), así como para la obtención de datos en los lagos declarados como muy modificados o artificiales que no sean embalses. Las muestras obtenidas deberán emplearse para la determinación y el cálculo de las siguientes métricas de evaluación del estado / potencial ecológico:

- Presencia / ausencia de hidrófitos típicos
- Riqueza de especies de macrófitos típicos
- Cobertura total de hidrófitos típicos
- Cobertura total de helófitos típicos
- Cobertura total de macrófitos típicos (hidrófitos + helófitos)
- Cobertura de especies de macrófitos indicadoras de condiciones eutróficas
- Cobertura de especies exóticas de macrófitos

Asimismo se podrá aplicar este protocolo de muestreo para el cálculo de otras métricas correspondientes a los macrófitos que se elaboren con posterioridad, salvo especificaciones. Además, los datos obtenidos, que se habrán de incorporar a las correspondientes bases de datos, servirán para mejorar y afinar el sistema de clasificación del estado ecológico para masas de agua de la categoría lago.

Los grupos de macrófitos que se consideran son los siguientes: plantas vasculares (cormófitos), carófitos, briófitos y algas filamentosas.

Las pautas de muestreo definidas para los macrófitos serán aplicables a todos los tipos de lagos, con las debidas especificaciones según los tipos, incluso para aquellos en los que, debido a la deficiencia de información al respecto, no se hayan podido establecer aún ni condiciones de referencia ni valores frontera entre clases de estado ecológico. Únicamente para aquellas masas de agua incluidas dentro de la categoría lago que no tienen macrófitos en condiciones naturales (conforme a la actual tipología española de lagos -Orden ARM/2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica-, estos son los lagos de los tipos 1-4 que se localicen por encima de los 2.300 msnm y los pertenecientes al tipo 9) no se aplicarán las pautas que se recogen en este protocolo.

Las pautas recogidas en este protocolo son coherentes con la norma UNE-EN 15460, aunque presentan un mayor grado de detalle con el fin de particularizar para los distintos tipos de lagos españoles. Para aquellos aspectos no recogidos en el presente protocolo, se seguirán las directrices establecidas en la norma UNE-EN 15460.

2. OBJETIVO

La Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, establece que los Estados miembros deberán poner en marcha programas de seguimiento. Estos programas de seguimiento deben permitir controlar y evaluar la composición y abundancia del elemento de calidad "otro tipo de flora acuática".



La Directiva Marco del Agua establece que los métodos empleados para controlar los indicadores de evaluación de los elementos de calidad biológicos se ajustarán 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 establecer un método de muestreo para uno de los dos componentes del elemento de calidad "Otro tipo de flora acuática", concretamente los macrófitos, que garantice el cumplimiento de los requisitos mencionados anteriormente.

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 907/2007 por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica.
- Orden MAM/3207/2006 por el que se aprueba la ITC-MMA EECC-1/06 Instrucción técnica complementaria sobre determinaciones químicas y microbiológicas para el análisis de las aguas.
- Orden ARM/2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica.
- 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.

La presente instrucción se ha redactado teniendo en cuenta también las siguientes normas técnicas e informes técnicos:

- UNE EN 15460: 2008. Guía para el estudio de macrófitos en lagos.
- UNE EN 14996: 2007. Guía para el aseguramiento de la calidad de las evaluaciones biológicas y ecológicas en el medio ambiente acuático.
- UNE EN 5667-1: 2007. Guía para el diseño de los programas de muestreo y técnicas de muestreo.
- MAGRAMA (2013). Protocolo de muestreo de fitoplancton en lagos y embalses. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid (M-LE-FP-2013).
- CEDEX (2010a): Selección de métricas para la evaluación del estado ecológico de las masas de agua de la categoría "lagos" basadas en el elemento de calidad "composición y abundancia de otro tipo de flora acuática", en aplicación de la Directiva Marco del Agua.
- CEDEX (2010b): Establecimiento de condiciones de referencia y valores frontera entre clases de estado ecológico en masas de agua de la categoría lago para los elementos de calidad "composición, abundancia y biomasa de fitoplancton" y "composición y abundancia de otro tipo de flora acuática", en aplicación de la Directiva Marco del Agua.

4. EQUIPOS, REACTIVOS Y CONSERVANTES

El equipo y los reactivos necesarios para la realización del muestreo son:

4.1. TRABAJO DE CAMPO

Equipos y material para la recolección de muestras de macrófitos

- Rastrillo con mangos extensibles para la toma de muestras de macrófitos en aguas someras.
- Ganchos para la toma de muestras de macrófitos en aguas profundas.



- Draga para la obtención de muestras de macrófitos en aguas profundas.
- Bandejas para depósito y manipulación de las muestras de macrófitos.
- Botellas de plástico de boca ancha que se utilizarán para la recolección de ejemplares de carófitos, u otros hidrófitos en su caso.
- Viales herméticos de vidrio que se utilizarán para la recolección de ejemplares de algas filamentosas.
- Sobres de papel para el depósito de especímenes de briófitos.
- Cartulinas para el depósito de ejemplares de plantas vasculares, correspondientes tanto a hidrófitos como a helófitos. Dado el tamaño de algunos helófitos, cada muestra puede consistir en fragmentos de la planta, que incluirán flores, frutos y hojas. Cada cartulina se colocará entre dos hojas de papel blanco o de periódico y se introducirá en una prensa de campo, colocando varias hojas de periódico o una almohadilla entre ejemplar y ejemplar.
- Prensa portátil con pliegos y almohadillas para la conservación en seco de las plantas vasculares.
- Embarcación que se requerirá para el muestreo de lagos no vadeables (lagos con una profundidad máxima > 1 m) o bien como apoyo en el caso de lagos vadeables (lagos con una profundidad máxima < 1 m) con el fin de servir de soporte para el transporte de instrumental y muestras. Debe incluir el equipo accesorio de navegación¹.
- Chaleco salvavidas.
- Equipo de vadeo adecuado para las condiciones locales, con el equipo de seguridad apropiado.
- Visores subacuáticos utilizados para la observación de las coberturas de las distintas especies de macrófitos y de la cobertura total de macrófitos en cada transecto de muestreo.
- Cámara subacuática utilizada de manera complementaria con el fin de obtener fotografías y grabaciones de vídeo para documentar y afinar las determinaciones de macrófitos realizadas.
- Ecosonda manual con el fin de determinar la zona de muestreo, que abarcará hasta una profundidad máxima de 2 m; y que también servirá, cuando sea posible, para determinar la profundidad máxima de colonización.
- Claves de identificación de los elementos de calidad biológicos: ID-TAX (DGA) y claves visuales complementarias seleccionadas para las plantas acuáticas típicas del tipo de lago a muestrear (anexo II).
- Cinta métrica para delimitar cada uno de los transectos de muestreo cuando sea necesario.
- Cuerdas y boyas para fijar los límites de los transectos cuando sea necesario.
- Solución de etanol al 70 % (concentración final v/v) que se utilizará para la fijación de muestras de carófitos, así como para los briófitos de escaso porte como son los de los géneros *Riella*, *Riccia* o *Ricciocarpus*.
- Solución de formol al 4 % (concentración final v/v) que se utilizará para la fijación de muestras de algas filamentosas.

Equipos y material complementario

- Hoja de campo (anexo I).
- Fundas impermeables para la hoja de campo y lápiz para anotar.
- Rotulador indeleble y lápiz para etiquetar las muestras.
- Cinta adhesiva y papel cebolla para etiquetar las muestras. Si se usan etiquetas, éstas deben ser resistentes a la humedad.
- Guantes de látex y de goma largos (hasta por encima del codo).
- Neveras portátiles.

¹ Únicamente se permite la utilización de motor de gasolina en masas de agua mayores de 50 ha, y ello sólo tras la obtención de los permisos pertinentes, respetando siempre las normas específicas que afecten a cada masa de agua.



- GPS.
- Cartografía adecuada.
- Teléfono móvil.

Todo el material utilizado en campo deberá estar convenientemente limpio y desinfectado para evitar el transporte y la dispersión de propágulos o individuos de especies invasoras. En este sentido, se deberán consultar los protocolos específicos de cada Confederación Hidrográfica o Administración hidráulica autonómica a tal efecto.

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

5. SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO

El procedimiento para seleccionar el punto de muestreo y la evaluación de coberturas se establece en función del tipo de lago y del tipo de macrófitos (helófitos, hidrófitos y anfífitos). Se consideran, además, aspectos relativos a las características del lago tales como profundidad, perímetro y pendiente, entre otros, cuya información deberá incluirse en la hoja de campo (anexo I).

En el caso de masas de agua que sean complejos lagunares, se podrá establecer más de un punto de muestreo (más de una laguna del complejo), eligiendo aquellas lagunas más representativas de las condiciones del conjunto en cuestión, debiendo justificarse en cualquier caso la elección del número, representatividad y localización de las lagunas muestreadas.

Con el objeto de posicionar cada uno de los puntos de muestreo se deberán registrar mediante dispositivos GPS las coordenadas UTM en el punto central de cada rectángulo / franja muestreado. Esta información quedará recogida en la hoja de campo del anexo I.

A continuación se facilitan los criterios aplicables en cada caso.

5.1. TIPOS DE LAGOS 1-16,18, 20-29

Macrófitos sumergidos y/o flotantes (Hidrófitos)

En el caso de los hidrófitos se considerará como variable de determinación su cobertura en las zonas colonizables muestreadas. La determinación y localización de los puntos de muestreo para los hidrófitos se realizará fundamentalmente en función del tamaño, así como de otros criterios como la profundidad de la masa de agua. A estos efectos, se consideran sistemas grandes o medianos aquellos que, en condiciones de máxima inundación normal, ocupen superficies mayores de 50 ha, y sistemas pequeños los menores de ese tamaño.

En cualquier caso, los puntos de muestreo de hidrófitos deberán situarse únicamente en zonas colonizables, esto es, hasta una profundidad de 2 m, excluyéndose además las zonas con sustrato exclusivamente rocoso o pedregoso, o de pendiente superior al 30 %, aspectos, ambos, que dificultan o impiden el enraizamiento natural de los hidrófitos². En el caso de que estas zonas no colonizables superen el 80 % de la superficie de la zona a evaluar (parte de la cubeta con profundidad inferior a 2 m.), se excluirá a los macrófitos como elemento de calidad en la evaluación del estado ecológico de la masa de agua.

Esta información se incluirá en la hoja de campo (anexo I).

² Aunque en zonas de sustrato rocoso podrá darse la aparición de especies de briófitos, para la evaluación del estado ecológico conforme a las métricas de cobertura de hidrófitos no se considerará este tipo de sustratos, si bien estas especies, cuando se encuentren, sí que contabilizarán para la métrica de riqueza de especies.

Aquellas partes de la cubeta y de la zona emergida no colonizadas por hidrófitos por efecto de las afecciones de tipo antrópico (no por las antedichas restricciones) sí serán consideradas como zonas colonizables a efectos de evaluación de las métricas correspondientes y por tanto, podrán ser consideradas como zonas de muestreo.

La elección del número y tipo de puntos de muestreo se realizará en función de las características propias del tipo de lago al que corresponda la masa de agua³, las cuales se deberán confirmar in situ para adecuar el muestreo a las condiciones vigentes en la masa de agua en el momento del muestreo. La elección de dichos puntos de muestreo, en los que se determinará la cobertura de cada especie y la cobertura total de macrófitos (hidrófitos en este caso), tal como se especifica en el apartado 7 y el anexo I de este protocolo, se realizará según los siguientes criterios:

Lagos de profundidad máxima \leq 2 m.

En lagos vadeables (profundidad máxima $<$ 1 m) se muestrea, cuando sea posible, con vadeador y en lagos no vadeables (profundidad máxima $>$ 1 m y \leq 2 m) se muestrea desde embarcación.

- *Lagos pequeños (\leq 50 ha).* Se realizarán dos recorridos longitudinales coincidentes con los ejes mayor y menor del lago, que lo atraviesen en toda su longitud y anchura, respectivamente. Cada uno de los recorridos se dividirá en 5 partes aproximadamente iguales, y en cada una de ellas se muestrearán, al menos, un rectángulo (transecto) de unos 2 metros de ancho x unos 10 metros de largo (total 10 rectángulos de unos 20 m² cada uno, cinco por recorrido). A fin de asegurar, en su caso, el muestreo de las especies con preferencias más litorales, los recorridos en ambos ejes incluirán siempre, como puntos de muestreo inicial y final, un rectángulo de 2 x 10 metros situado inmediatamente aguas adentro de la orilla en cada uno de los extremos del recorrido (figura 1).

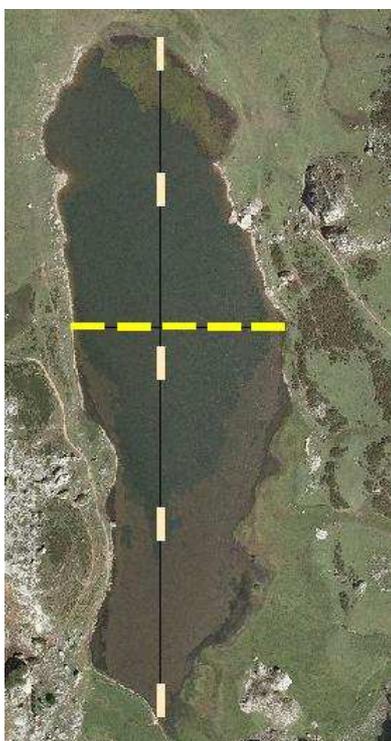


Figura 1 - Recorridos en los ejes y transectos (rectángulos) para el muestreo de hidrófitos en lagos someros y pequeños.

³ Orden ARM/2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica.

- *Lagos medianos o grandes (> 50 ha)*. Se realizará de igual manera que en el epígrafe anterior, pero en el caso de que alguno de los ejes supere los 500 m. de longitud, este se dividirá en diez porciones discontinuas (al menos una en cada orilla y el resto entre ambas, equidistantes entre sí), y en cada una de ellas se muestreará, al menos, un transecto de unos 2 metros de ancho x unos 10 metros de largo (figura 2).



Figura 2 - Recorridos en los ejes y transectos para el muestreo de hidrófitos en lagos someros medianos o grandes

Lagos de profundidad máxima > 2 m

- *Lagos pequeños (≤ 50 ha)*. Se realizarán 10 transectos (rectángulos) perpendiculares a la orilla, partiendo de ésta hacia aguas adentro. La longitud de cada rectángulo llegará, como máximo, hasta donde se alcancen los 2 m de profundidad (medidos con ecosonda de mano), y la anchura de cada uno de ellos será de unos 2 m, o bien una anchura tal que determine que, para cada rectángulo, la superficie muestreada al multiplicar la anchura por la longitud sea de aproximadamente 20 m². Los puntos de partida de los rectángulos estarán aproximadamente equidistantes entre sí, y se determinarán dividiendo en 10 partes el perímetro del lago, teniendo en cuenta que las zonas elegidas para los transectos deben cumplir, como en todos los casos, las condiciones de colonizabilidad.



Figura 3 - Transectos para el muestreo de hidrófitos en lagos profundos y pequeños

- Lagos *medianos o grandes* (> 50 ha). Se procederá de manera similar al caso anterior, pero se realizarán 20 transectos en lugar de 10.



Figura 4 - Transectos para el muestreo de hidrófitos en lagos profundos medianos o grandes

Macrófitos emergentes de las orillas o asimilables (Helófitos)

En el caso de los helófitos, y dado que estos se desarrollan en las orillas parcial o totalmente emergidos, se considerará como variable de determinación de su cobertura el perímetro del lago que ocupan.

La determinación del número y localización de los puntos de muestreo deberá considerar únicamente zonas que sean colonizables por parte de los helófitos. Se excluyen por tanto de la determinación las zonas con sustrato exclusivamente rocoso o pedregoso, o de pendiente superior al 30 %, aspectos ambos que dificultan o impiden el enraizamiento de estas plantas emergentes.

En caso de que la zona colonizable sea menor del 20% de la superficie de la zona a evaluar (orillas en el caso de los helófitos), se excluirá a los macrófitos como elemento de calidad en la evaluación del estado ecológico de la masa de agua.

Al igual que para los hidrófitos, estas características se indicarán en la hoja de campo (anexo I) para cada masa de agua muestreada.

Cuando existan zonas no colonizadas por helófitos debidas a afecciones de tipo antrópico (no por las antedichas restricciones) sí serán consideradas como zonas colonizables a efectos de evaluación de las métricas correspondientes y, por tanto, podrán ser consideradas como zonas de muestreo.

El muestreo se realizará en las orillas e incluirá una franja de unos 3 m de ancho (salvo que se especifique lo contrario para algún tipo específico de lago, como para los lagos salinos de los tipos 20 a 23⁴) desde la orilla hacia afuera, en la que se determinará la cobertura de cada especie y la cobertura total de helófitos tal como se especifica en el apartado 7 y en el anexo I de este protocolo.

En función del tamaño del lago, la localización y extensión de los puntos de muestreo se determinará de la siguiente manera:

- **Lagos de ≤ 1 km de perímetro.** Se muestreará una franja de unos 3 m de ancho en todo el perímetro del lago.



Figura 5 - Franja para el muestreo de helófitos en lagos con menos de 1 km de perímetro

- **Lagos de > 1 km de perímetro.** Se muestreará al menos 1 km de las orillas, dividiendo el perímetro del lago en 10 zonas, dentro de cada una de las cuales se muestreará al menos una franja de 100 m de longitud y 3 m de ancho.

⁴ “En los lagos salinos de los tipos 20 a 23, la franja de las orillas en la que se determinará la cobertura de helófitos (incluyendo en este caso las especies típicas del salicorniar) será la situada entre la orilla y 10 metros aguas afuera de ésta”

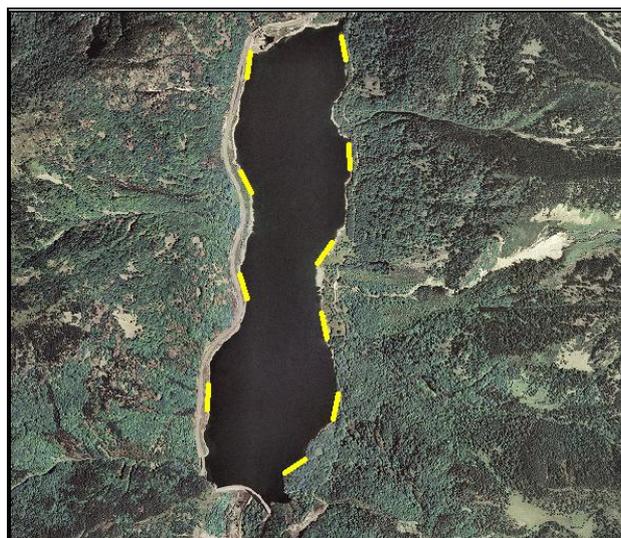


Figura 6 - Zonas de muestreo de helófitos en lagos con un perímetro mayor a 1 km

Macrófitos anfífitos

Los anfífitos pueden vivir tanto en zonas inundadas como emergidas. A efectos de evaluación de las métricas de cobertura, se considerarán hidrófitos cuando se encuentren sumergidos y se asimilarán a helófitos cuando ocupen zonas emergidas, anotándose como tales en la hoja de campo. En el caso de los lagos salinos (tipos 20 a 23), las especies propias del salicorniar se asimilarán a helófitos a efectos de evaluación de la cobertura.

5.2. TIPOS DE LAGOS 17, 19 Y 30

Hidrófitos y helófitos

En estos tipos de lagos la vegetación típica corresponde a todo el conjunto de macrófitos, considerando tanto a los hidrófitos como a los helófitos, ya que estos lagos son temporales y las especies de hidrófitos y helófitos se encuentran habitualmente entremezcladas.

Las especies integrantes de ambos grupos serán muestreadas en toda la extensión inundada de la cubeta mediante transectos, siguiendo las instrucciones fijadas anteriormente para hidrófitos en lagos de profundidad máxima ≤ 2 m (figuras 1 y 2). La información recogida de esta forma se anotará en la parte correspondiente a muestreo de hidrófitos en la hoja de campo, si bien refiriendo que incluyen todos los macrófitos.

Además del interior de la cubeta, se muestrearán también los macrófitos de las orillas, de la misma manera que se especifica para los helófitos en el resto de tipos de lagos (figuras 5 y 6). La información recogida de esta forma se anotará en la parte correspondiente a muestreo de helófitos en la hoja de campo.

La cobertura total de macrófitos (considerando tanto a los hidrófitos como a los helófitos) se estimará considerando el total de esos transectos siguiendo las especificaciones del Protocolo de laboratorio y cálculo de métricas de otro tipo de flora acuática (macrófitos) en lagos (OFALAM – 2013).

6. FRECUENCIA Y ÉPOCA DE MUESTREO

El muestreo deberá realizarse durante el periodo vegetativo. Para este elemento de calidad generalmente se realizarán uno o dos muestreos anuales, excepto en los lagos temporales, en los cuales se realizará únicamente un muestreo al año. Para el resto de tipos de lagos, en el caso de realizar un solo muestreo anual, se escogerá aquella de las dos fechas propuestas en la que la



vegetación macrofítica presente un mayor desarrollo. En caso de que el muestreo corresponda al control de vigilancia se harán coincidir las fechas con el del resto de elementos de calidad, todo ello conforme a lo dispuesto a continuación:

- Lagos permanentes profundos (tipos 1-4, 6-10, 12, 14-15 y 22). Como regla general se realizará un muestreo al año en la primera mitad del periodo estival, en torno al mes de julio. En caso de realizarse dos muestreos, el primero se efectuará aproximadamente en la primera mitad del periodo estival, en torno al mes de julio, y el segundo en la segunda mitad del periodo estival, sobre el mes de septiembre. En ambos casos y cuando se trate del control de vigilancia (en el que se muestrean todos los elementos biológicos), el muestreo de macrófitos se hará coincidir con las campañas de muestreo de fitoplancton.
- Lagos y humedales permanentes someros (tipos 11, 16, 18, 20, 27-29 y los que presenten hidroperiodo permanente de los tipos 24-26). Como regla general se realizará un muestreo al año, aproximadamente a mitad de primavera, haciéndolo coincidir con el muestreo de fitoplancton (en el caso del control de vigilancia). En caso de realizarse dos muestreos, el primero tendrá lugar aproximadamente a mitad de primavera, en torno al mes de mayo, y el segundo en torno a la mitad del periodo estival, haciéndolos coincidir con las campañas de muestreo de fitoplancton.
- Lagos y humedales temporales (tipos 5, 13, 17, 19, 21, 23, 30 y los que presenten hidroperiodo temporal de los tipos 24-26). Se realizará un muestreo al año durante la fase de inundación, en primavera (como mínimo un mes después del comienzo del llenado de la cubeta, o bien al menos un mes después del deshielo en el caso de los del tipo 5), y se hará coincidir con la primera campaña de muestreo de fitoplancton (en el caso de control de vigilancia).

7. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

7.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Los grupos de macrófitos que se consideran son los siguientes: plantas vasculares (cormófitos), carófitos, briófitos y algas filamentosas, siendo el nivel de determinación taxonómica para todos los grupos el de especie, excepto para las algas filamentosas que será el de género.

La identificación in situ únicamente se realizará cuando exista un elevado grado de confianza en la identificación por parte de un experto integrante del equipo de muestreo. Para ello resulta recomendable realizar un trabajo previo de gabinete para determinar los taxones presentes en el tipo de lago y más concretamente en la masa de agua a muestrear, así como recopilar material de apoyo para la identificación en campo (claves ID-TAX, fotografías, descripciones, etc.)

Respecto a todas las especies no identificadas con certeza in situ, se recogerán ejemplares para su posterior identificación, los cuales se guardarán según lo establecido en el apartado 8, y se codificarán en la hoja de campo. La cobertura estimada de cada especie se asociará en la hoja de campo al código de la especie en cuestión hasta que se proceda con la identificación en el laboratorio. En este sentido, los datos agregados definitivos de coberturas por transecto, a efectos del cálculo de las métricas de coberturas totales, se obtendrán tras las determinaciones en laboratorio, una vez se hayan identificado todas las especies. El procedimiento para agregar los datos obtenidos tras la toma de muestras en el campo y la identificación en el laboratorio se especifica en el Protocolo de laboratorio y cálculo de métricas de otro tipo de flora acuática (macrófitos) en lagos (Código: OFALAM-2013).

7.2. OBTENCIÓN DE DATOS DE RIQUEZA Y ABUNDANCIA EN LOS PUNTOS DE MUESTREO

La determinación de las especies y sus coberturas asociadas en cada transecto (que debe estar siempre en zona colonizable) se llevará a cabo de forma visual, contabilizando de forma aproximada el porcentaje de cobertura de cada especie y del total de ellas en el transecto, siendo recomendable



el uso en campo de las claves de identificación elaboradas por la Dirección General del Agua (ID-TAX) y guías complementarias.

Para la determinación de la cobertura se diferenciará entre hidrófitos y helófitos, es decir, la evaluación se hará por separado y el porcentaje de cobertura se referirá a la superficie de proyección basal (proyección sobre el sustrato) ocupada aproximadamente por cada especie en el transecto de su hábitat más característico: la cubeta en el caso de hidrófitos y las orillas en el caso de helófitos (excepto en los tipos 17, 19 y 30 en los que se evaluarán todas las especies presentes en cubeta y orillas sin diferenciar entre ambas).

Por lo tanto, para cada transecto y para cada grupo (helófitos e hidrófitos), se estimará en campo el porcentaje de cobertura total en el transecto y, además, se anotará el porcentaje de cobertura de cada especie en el transecto. Para ello se marcará en la hoja de campo con una X para cada 10 % aproximado de cobertura ocupado por la especie en cuestión. En caso de coberturas menores al 10% se anotará el valor numérico aproximado del porcentaje de cobertura del taxón.

Una vez se hayan identificado en laboratorio todas las especies, se tendrá la certeza de si son especies típicas del tipo o no, si son indicadoras de eutrofia o si son especies exóticas. Con esta información, se procederá a revisar los porcentajes estimados en campo con el fin de obtener los datos agregados definitivos de coberturas por transecto, siguiendo el procedimiento establecido en el Protocolo de laboratorio y cálculo de indicadores de otro tipo de flora acuática (macrófitos) en lagos (Código: OFALAM-2013).

Las muestras de algas filamentosas y briófitos suelen presentar más de una especie, por lo que, a efectos de estimar la cobertura en campo dentro de las zonas colonizables por otro tipo de macrófitos, ésta se asignará a la especie más abundante en la muestra y el resto de las especies se citarán como presentes sin cuantificar su cobertura. En la hoja de campo se indicará la presencia de dichas especies menos abundantes con una "X" en el espacio destinado al porcentaje de cobertura.

Los anfífitos (plantas anfibias, que pueden vivir tanto en zonas inundadas como en zonas emergidas) se considerarán como hidrófitos cuando se encuentren sumergidos y se asimilarán a helófitos cuando ocupen zonas emergidas. En el caso de los lagos salinos (tipos 20 a 23), las especies propias del salicorniar se asimilarán a helófitos a efectos de evaluación de la cobertura.

Macrófitos sumergidos y/o flotantes (Hidrófitos)

Para las métricas de cobertura de especies típicas se considerarán únicamente las especies características del tipo (anexo II), por lo que el nivel de determinación taxonómica requerido será el de especie. Se utilizará un visor subacuático para determinar la cobertura de cada especie en cada transecto, así como la cobertura total de hidrófitos en el mismo. Siempre que no sea posible identificar in situ con absoluta certeza el taxón al nivel de determinación exigido, se extraerán mediante ganchos, rastrillos o dragas, ejemplares de la especie, poniendo especial cuidado en no esquilmar ni dañar la comunidad de macrófitos. Posteriormente, se procederá a identificar la especie en laboratorio y a asociarle los datos de cobertura estimados previamente que le correspondan. Las algas filamentosas se recolectarán siempre, ya que su identificación taxonómica requiere un estudio microscópico.

Frecuentemente los hidrófitos pueden distribuirse en capas multiestratificadas y/o entremezclados sobre una misma superficie (por ejemplo hidrófitos flotantes sobre enraizados). Cuando esto suceda, se deberá anotar mediante una X en la hoja de campo del anexo I, la cobertura de cada una de las especies multiestratificadas, teniendo en cuenta que cada marca equivale a un 10% de cobertura. Las especies multiestratificadas quedarán superpuestas en la misma columna.

Si una misma especie se encuentra tanto en una capa multiestratificada como en solitario, se anotará una o varias X en cada una de estas situaciones en función del porcentaje ocupado (una X por cada 10% de cobertura). En caso de encontrarse en solitario, su cobertura se anotará de forma que no quede superpuesta con otras especies tal y como se indica en el siguiente ejemplo.



Nombre o código especie	TRANSECTO 1									
Especie A - 30 % de cobertura superpuesta	X	X	X							
Especie B - 20% de cobertura superpuesta	X	X								
Especie C - 10% de cobertura superpuesta y un 20% en solitario	X			X	X					

Posteriormente a la determinación de las especies en laboratorio, se realizará una normalización de los porcentajes anotados para obtener los porcentajes que computarán para el cálculo de cada una de las métricas. En el caso de que alguna de las especies superpuestas fuese indicadora de condiciones eutróficas⁵ o una especie exótica⁶, la cobertura de ésta se considerará únicamente a efectos del cálculo de las métricas “Cobertura total de macrófitos indicadores de condiciones eutróficas” y/o “Cobertura total de macrófitos exóticos”. En cualquier caso, los cálculos finales de las diferentes métricas de cobertura se explican en detalle en el Protocolo de laboratorio y cálculo de indicadores de otro tipo de flora acuática (macrófitos) en lagos (Código: OFALAM-2013).

Para el cálculo de la métrica “Riqueza de especies de macrófitos” se deberán registrar todos los taxones típicos del tipo (anexo II) que se encuentren presentes, independientemente de que éstos se presenten superpuestos, e incluso, en el caso de los hidrófitos, cuando se encuentren a una profundidad mayor a la delimitada como zona de muestreo (2 m.). Para ello, en lagos con una profundidad superior a 2 m se determinará también, en cada uno de los transectos, la profundidad máxima aproximada de colonización de los hidrófitos, siempre que ello fuera posible. Para la determinación de las métricas “Presencia/ausencia de hidrófitos” y “Riqueza de especies de macrófitos” se deberán registrar también todas aquellas especies nuevas (que no hayan aparecido antes en estos) de hidrófitos que se identifiquen por debajo de los 2 m de profundidad, si bien no se considerará el valor de sus coberturas asociadas.⁷ En cualquier caso, no se registrará el valor de cobertura (únicamente la presencia a efectos de estimación de las métricas “Presencia/ausencia de hidrófitos” y “Riqueza de especies de macrófitos”) en los siguientes casos:

- Especies de hidrófitos identificadas a una profundidad superior a 2 m.
- Especies de briófitos identificadas sobre sustrato rocoso (no colonizable por otro tipo de macrófitos).

Para los tipos 17, 19 y 30, la estimación de la cobertura total en cada uno de los transectos será la que ocupen conjuntamente los hidrófitos y los helófitos, la cual se utilizará para la estimación de la métrica Cobertura total de macrófitos (hidrófitos + helófitos).

Siempre que sea posible, los datos de cobertura de hidrófitos se acompañarán de fotografías y/o vídeos subacuáticos, que ilustren sobre la cobertura en cada transecto e identifiquen las especies para las que se haya determinado dicha cobertura.

Macrófitos emergentes de las orillas o asimilables (Helófitos)

El nivel de determinación taxonómica de los helófitos será también el de especie, considerándose, para las métricas de cobertura de especies típicas, igual que para los hidrófitos, las especies características del tipo (anexo II). El muestreo será visual y la identificación, cuando pueda ser realizada con absoluta certeza, se hará preferentemente in situ, debiendo tomarse ejemplares para

⁵ Se considerarán especies indicadoras de condiciones eutróficas las que figuran en el Anexo II y, como tales, en TAXAGUA

⁶ Se considerarán especies exóticas las que figuran en el Anexo II y, como tales, en TAXAGUA

⁷ Se propone la estimación de la profundidad máxima de colonización, así como de las especies presentes por debajo de 2m de profundidad mediante el uso del visor subacuático y de ecosonda de mano. No obstante, su correcta estimación requeriría, bien del muestreo mediante dragas o ganchos cada cierto intervalo de profundidad, o bien de la utilización de buzos. Ninguna de estas metodologías se contemplan en este protocolo de muestreo, por lo que los valores obtenidos mediante la metodología alternativa propuesta se han de considerar como aproximados y, en todo caso, como el límite inferior observado hasta el cual los macrófitos se extienden en profundidad, dado que en muchos casos, éstos alcanzarán profundidades mayores no perceptibles mediante el uso del visor subacuático.



su clasificación posterior en el caso de que no exista esa certeza, los cuales se codificarán como ya se ha indicado anteriormente para los hidrófitos.

En la hoja de campo se recogerán los nombres de los taxones y códigos de las especies de helófitos identificadas en campo y sus coberturas asociadas, mientras que en el caso de especies que no hayan podido identificarse in situ con un alto nivel de confianza, el nombre del taxón será sustituido por el del código asignado a la muestra que contenga al espécimen en cuestión. Se registrará igualmente el valor de la cobertura total de helófitos en cada transecto (en lagos de perímetro >1km.) o para el conjunto del lago (en lagos de perímetro ≤1km.), según proceda.

En caso de ser necesaria la extracción de taxones para su identificación posterior, el muestreo deberá ilustrarse con fotografías y/o vídeos de cada una de las especies presentes, que permitan resolver cualquier duda taxonómica. Dicha documentación acompañará a los datos de cobertura de cada especie. En el caso de los helófitos, dichas fotografías tratarán de obtener una imagen panorámica de cada uno de los transectos o del conjunto del lago, a efectos de ilustrar la cobertura total en el transecto o en el lago, y deberán incluir, al igual que para los hidrófitos, fotografías de las especies identificadas y/o codificadas para su clasificación en el laboratorio.

7.3. ANÁLISIS DE VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS

Las muestras para el análisis de variables físico-químicas, en caso de que sea necesario tomarlas, se recogerán situando el punto de muestreo sobre la parte más profunda de la masa de agua, de acuerdo con lo establecido al respecto en el protocolo de muestreo de fitoplancton en lagos y embalses (Código: M-LE-FP-2013).

Se realizará el muestreo de variables físico-químicas junto con el del elemento de calidad “Otro tipo de flora acuática” en aquellas masas de agua de la categoría lago que se encuentren incluidas dentro del programa de control operativo y en las que éste sea el único elemento de calidad que presente riesgo de incumplimiento. En el resto de masas de agua incluidas en los programas de control de vigilancia y en la red de referencia, el muestreo físico-químico deberá realizarse en las mismas fechas que el del elemento de calidad “composición, abundancia y biomasa de fitoplancton”, siguiendo las especificaciones que vienen recogidas en cuanto a variables físicoquímicas en el protocolo antes mencionado.

8. CONSERVACIÓN, ETIQUETADO Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS

8.1. CONSERVACIÓN DE MACRÓFITOS

Hidrófitos

Los ejemplares de cada taxón, que se extraerán cuando su identificación visual en campo no sea posible con absoluta certeza (excepto las algas filamentosas que se deberán extraer en todo caso), se conservarán en recipientes separados para cada especie, procurando recoger el mínimo imprescindible y evitando dañar la comunidad de macrófitos. La conservación se realizará del siguiente modo:

Carófitos

Se guardarán preferentemente en botes de plástico de boca ancha (de distintos tamaños según sea la entidad de la muestra), fijándose inmediatamente después de su recolección con etanol al 70% (concentración final v/v). El recipiente se codificará con el código con el que se haya anotado la abundancia del taxón al determinar su cobertura, así como con el código correspondiente a la muestra (fecha, código de la masa de agua y transecto). Dado que el etanol utilizado en la fijación puede disolver la tinta usada para el etiquetado de la muestra, deberán utilizarse sistemas de etiquetado que eviten el borrado de la misma. Por ello, el etiquetado exterior se podrá complementar con una etiqueta de papel cebolla escrita con lápiz e introducida en el bote para evitar problemas causados por pérdidas o borrado del etiquetado.



Algas filamentosas

Se procederá de igual manera que en el caso anterior, pero las muestras se depositarán en viales herméticos de vidrio y se fijarán con Lugol. En caso de los análisis en laboratorio no se realicen al poco tiempo de tomar la muestra, habrá que llevar a cabo un mantenimiento del conservante, añadiendo Lugol cada cierto tiempo.

Briófitos

Por regla general, no será necesario ni fijarlos con alcohol ni prensarlos, sino que se guardarán en sobres de papel y se dejarán secar, anotando la codificación como en los casos anteriores. Solamente será necesario fijar con etanol al 70% (concentración final v/v) los briófitos de escaso porte, como los de los géneros *Riella*, *Riccia* o *Ricciocarpus*, que también pueden prensarse como se indica para el caso de las plantas vasculares.

Plantas vasculares

Preferentemente se colocarán sobre un papel blanco, tipo cartulina, donde se extenderán convenientemente para que los ejemplares puedan individualizarse, sobre todo en el caso de que sean pequeños. Cada cartulina se colocará entre dos hojas de papel blanco o de periódico y se introducirá en una prensa de campo, colocando varias hojas de periódico o una almohadilla entre ejemplar y ejemplar. Es necesario cambiar los papeles o almohadillas si las muestras están muy húmedas hasta que se sequen totalmente para evitar la aparición de hongos. Hay que cerciorarse de que los ejemplares recolectados tengan flores y/o frutos para su posterior identificación, y de que los pliegos estén debidamente codificados.

Helófitos

En caso de resultar necesario extraer ejemplares, las muestras se prensarán como las de los hidrófitos vasculares, aunque en este caso no es necesario utilizar cartulinas.

Dado el tamaño de algunos helófitos, la muestra podrá constar de fragmentos de la planta, que incluirán hojas, flores y frutos cuando los haya.

8.2. ETIQUETADO Y TRANSPORTE

Etiquetado

Todas las muestras y preparaciones deben estar convenientemente etiquetadas de forma que se identifique:

- código de identificación (uno para cada especie no identificada in situ).
- sustratos de los que procede.
- fijador utilizado.

Se utilizará un rotulador resistente al agua y/o etiquetas interiores escritas a lápiz.

Transporte

Todas las muestras en fresco se transportarán en una nevera con hielo. Los viales y recipientes de muestras fijadas con formol se cerrarán con cinta aislante. Las muestras prensadas se transportarán en la propia prensa. Todas las muestras se preservarán de la exposición a la luz (en cajas cerradas).

ANEXO I: HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO



DATOS IDENTIFICATIVOS DEL MUESTREO

NOMBRE DE LA MASA DE AGUA:		TIPO:	CÓDIGO DE LA MASA DE AGUA:	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO:	COORDENADA X/ COORDENADA Y (ETRS89):		HUSO:	
ORGANISMO/EMPRESA:				
MUESTREADOR:		Programa:	Vigilancia:	
CODIGO MUESTRA:			Operativo:	
FECHA:	____/____/____		Hora inicio: ____:	Investigación:
			Hora fin: ____:	Referencia:
CONSERVACIÓN DE LA MUESTRA:		<input type="checkbox"/> Etanol <input type="checkbox"/> Lugol <input type="checkbox"/> Otro (indicar)		

Descripción de acceso y localización:

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS

pH (unidades):	Oxígeno disuelto (mg O ₂ /l):
Temperatura del agua (°C):	% Saturación O ₂ :
Conductividad eléctrica a 20°C (µS/cm):	Profundidad del Disco de Secchi (m):
Observaciones:	

CARACTERÍSTICAS HIDROMORFOLÓGICAS

Nivel del agua respecto a la escala (m):	Profundidad máxima (m):	Perímetro (km):	
Longitud máxima (km):	Superficie (ha):		
Porcentaje de orilla en cada categoría de pendiente media de los taludes en la zona emergida	< 30 %	Porcentaje de tipos de sustrato en la zona emergida de la orilla: (Indicar porcentaje aproximado de los distintos tipos de sustratos)	Rocas: Piedras: Gravas: Arenas: Limos y Arcillas:
	30 - 50 %		
	50 - 75 %		
	> 75 %		
Porcentaje en cada categoría de pendiente media de los taludes en la zona litoral sumergida (< 2 m de profundidad)	< 30 %	Porcentaje de tipos de sustrato en la zona litoral sumergida (<2 m de profundidad) : (Indicar porcentaje aproximado de los distintos tipos de sustratos)	Rocas: Piedras: Gravas: Arenas: Limos y Arcillas:
	30 - 50 %		
	50 - 75 %		
	> 75 %		
% zona somera de la cubeta (<2 m) colonizable por hidrófitos ¹		% zona emergida de la orilla colonizable por helófitos ¹	

¹ Aquellas partes de la cubeta y de la zona emergida de la orilla en las que las condiciones que presentan en el momento del muestreo y que eviten, en su caso, su colonización por macrófitos, sean consecuencia de afecciones de tipo antrópico se considerarán como zonas colonizables tanto en el caso de los hidrófitos como de los helófitos.



CARACTERÍSTICAS DE COMUNIDADES BIOLÓGICAS ASOCIADAS

Cobertura (%) de <i>blooms</i> algales		Cobertura (%) de tapetes microbianos multiestratificados	
Porcentaje de vegetación de ribera	Sin vegetación de ribera	Abundancia de avifauna:	<input type="checkbox"/> Inexistente <input type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/> Abundante <input type="checkbox"/> Muy abundante
	Cobertura arbórea		
	Arbustos y hierbas altas		
	Hierbas y pasto		
Especies dominantes de vegetación de ribera			

MUESTREO DE HIDRÓFITOS EN LAGOS

Información general de los puntos de muestreo

Nº transecto ¹	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Punto central del rectángulo (UTM coord X)										
Punto central del rectángulo (UTM coord Y)										
Longitud ²										
Anchura ²										
Profundidad máxima de colonización por macrófitos ²										

¹ En el caso de lagos con un tamaño superior a las 50 ha, se seleccionarán 20 transectos de muestreo en lugar de 10, duplicándose para anotarlos esta hoja de campo. Estos transectos se distribuirán equidistantemente a lo largo del perímetro en el caso de lagos con una profundidad máxima superior a 2 m, y a lo largo de los ejes mayor y menor en el caso de lagos con una profundidad máxima inferior a los 2 m (véase el apartado 5 de este protocolo).

² Sólo para lagos profundos.

**ESPECIES DE HIDRÓFITOS DE LAS QUE NO SE ESTIMA SU COBERTURA*****Especies identificadas por debajo de 2 m de profundidad¹***

Nombre o Código especie ²	Presencia de cada especie en la zona más profunda de cada transecto (marcar con una X)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Especies de briófitos en zonas rocosas¹

Nombre o Código especie ²	Presencia de cada especie en cada transecto (marcar con una X)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

¹ Se trata de especies de hidrófitos que no están situadas dentro de los transectos de muestreo sino, o bien por debajo de 2 m de profundidad (profundidad hasta la que se extiende cada uno de los transectos de muestreo), o bien en zonas de sustrato rocoso en las cercanías de cada uno de los transectos de muestreo

² Para agilizar la realización de los muestreos se recomienda llevar una copia de los listados de especies definidos en este documento y una guía para su correcta identificación. De las especies que no sean identificadas en campo se llevará al laboratorio un ejemplar debidamente preparado para su transporte y etiquetado con un código al laboratorio. Dicho código se anotará también en el espacio destinado al nombre de la especie hasta su posterior identificación.

ANEXO II: LISTADOS TAXONÓMICOS



En este anexo se relacionan las especies, subespecies y variedades características de macrófitos, tanto de hidrófitos como de helófitos, para los diferentes tipos de lagos agrupados en función de similitudes en sus características ecológicas y su flora acuática. Estos listados deberán ser tenidos en cuenta en la estimación de métricas y agregación de datos de composición y coberturas descritas en este protocolo. Como puede observarse se facilita el código asociado a Taxagua de cada una de las especies contempladas.

Las especies que resultan tolerantes a la eutrofización no se considerarán como especies típicas. Tampoco se considerarán como típicas las especies exóticas.

Otras especies autóctonas que puedan aparecer durante las campañas de las redes biológicas, podrían igualmente considerarse como especies características de estos tipos, aunque esta circunstancia deberá ser debidamente justificada, ya sea mediante publicaciones científicas de acreditado rigor que así lo atestigüen, o bien mediante justificación en un informe escrito realizado por un experto reconocido en macrófitos de lagos y humedales de España. En cualquier caso, la inclusión de nuevos taxones característicos de los diferentes tipos de lagos deberá contar con la validación de la Subdirección General de Gestión Integrada del Dominio Público Hidráulico que es la unidad encargada de coordinar el tesoro taxonómico para la clasificación del estado ecológico de las masas de agua continentales.

En las siguientes tablas se especifican las especies más características de cada uno de los grupos de tipos de lagos que se han considerado, distinguiendo entre hidrófitos y helófitos (los anfítos pueden aparecer vinculados a una u otra categoría, pero se considerarán como especie típica en ambas, es decir, como hidrófitos si están sumergidos o como helófitos si son emergentes).

Asimismo, en el caso de los tipos salinos (tipos 20-23), se han especificado también las especies propias de salicorniar, que se desarrollan en las zonas litorales de sistemas lagunares incluidos dentro de estos tipos. Aunque estas especies no pueden considerarse como helófitos en sentido estricto, se tomarán como tales a efectos de evaluación de su cobertura.

Tabla 1 - Taxones de macrófitos característicos de lagos y humedales de montaña (tipos 1 a 8)

HIDROFITOS		HELOFITOS	
Carófitos		<i>Alopecurus aequalis</i>	ALO002AEQ010
<i>Chara aspera</i>	CHA001ASP001	<i>Alopecurus geniculatus</i>	ALO002GEN019
<i>Chara globularis</i>	CHA001GLO046	<i>Baldellia alpestris</i>	BAL002ALP039
<i>Chara globularis</i> var. <i>virgata</i>	CHA001GLO046 VVI024	<i>Carex rostrata</i>	CAR001ROS016
<i>Chara hispida</i>	CHA001HIS002	<i>Carex leporina</i>	CAR001LEP042
<i>Chara hispida</i> var. <i>major</i>	CHA001HIS002 VMA024	<i>Carum verticillatum</i>	CAR009VER014
<i>Chara vulgaris</i>	CHA001VUL001	<i>Eleocharis acicularis</i>	ELE001ACI012
<i>Nitella flexilis</i>	NIT002FLE030		
<i>Nitella gracilis</i>	NIT002GRA228	<i>Eleocharis palustris</i>	ELE001PAL004
<i>Nitella syncarpa</i>	NIT002SYN007	<i>Eleocharis quinqueflora</i>	ELE001QUI004
<i>Nitellopsis obtusa</i>	NIT005OBT059	<i>Eleocharis uniglumis</i>	ELE001UNI005
Briófitos		<i>Glyceria declinata</i>	GLY001DEC006
<i>Blindia acuta</i>	BLI002ACU129	<i>Glyceria fluitans</i>	GLY001FLU005
<i>Dicranella palustris</i>	DIC016PAL143	<i>Glyceria notata</i>	GLY001NOT027
<i>Fontinalis antipyretica</i>	FON001ANT004	<i>Juncus alpino articulatus</i>	JUN001ALP071
<i>Hamatocaulis vernicosus</i>	HAM002VER089	<i>Juncus bulbosus</i>	JUN001BUL010
<i>Hygrohypnum duriusculum</i>	HYG003DUR006	<i>Menyanthes trifoliata</i>	MEN004TRI165
<i>Hygrohypnum ochraceum</i>	HYG003OCH001	<i>Ranunculus flammula</i>	RAN001FLA002
<i>Hygrohypnum smithii</i>	HYG003SMI019	<i>Ranunculus hederaceus</i>	RAN001HED007
<i>Jungermannia exsertifolia</i>	JUN002EXS007	<i>Schoenoplectus lacustris</i> subsp. <i>lacustris</i>	SCH012LAC100 SLA009
<i>Marsupella emarginata</i>	MAR010EMA010	<i>Sparganium emersum</i>	SPA001EME002
<i>Nardia scalaris</i>	NAR001SCA037	<i>Sparganium erectum</i>	SPA001ERE001
<i>Palustriella commutata</i>	PAL010COM083	<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	VER001ANA003
<i>Philonotis caespitosa</i>	PHI008CEA001	<i>Veronica beccabunga</i>	VER001BEC001
<i>Scapania undulata</i>	SCA008UND035	<i>Veronica serpyllifolia</i>	VER001SER069



HIDROFITOS		HELOFITOS	
Sphagnum papillosum	SPH016PAP021	Littorella uniflora	LIT012UNI037
Sphagnum denticulatum	SPH016DEN068	Montia fontana	MON021FON036
Sphagnum subnitens	SPH016SUB451		
Straminergon stramineum	STR011STR101		
Warnstorfia exannulata	WAR001EXA009		
Plantas vasculares			
Callitriche platycarpa	CAL006PLA046		
Callitriche brutia	CAL006BRU020		
Callitriche hamulata	CAL006HAM015		
Callitriche lusitanica	CAL006LUS020		
Callitriche palustris	CAL006PAL095		
Callitriche stagnalis	CAL006STA039		
Isoetes echinosporum	ISO006ECH019		
Isoetes lacustre	ISO006LAC115		
Isoetes setaceum	ISO006SET037		
Isoetes velatum	ISO006VEL004		
Isolepis fluitans	ISO012FLU057		
Myriophyllum alterniflorum	MYR002ALT003		
Myriophyllum spicatum	MYR002SPI010		
Polygonum amphibium	POL007AMP004		
Potamogeton alpinus	POT005ALP063		
Potamogeton berchtoldii	POT005BER043		
Potamogeton filiformis	POT005FIL029		
Potamogeton gramineus	POT005GRA017		
Potamogeton natans	POT005NAT004		
Potamogeton pectinatus	POT005PEC002		
Potamogeton perfoliatus	POT005PER009		
Potamogeton polygonifolius	POT005POL073		
Potamogeton praelongus	POT005PRA049		
Potamogeton pusillus	POT005PUS008		
Ranunculus aquatilis	RAN001AQU040		
Ranunculus peltatus	RAN001PEL005		
Ranunculus trichophyllus	RAN001TRI013		
Sparganium angustifolium	SPA001ANG115		
Subularia aquatica	SUB003AQU050		
Utricularia australis	UTR001AUS008		
Utricularia minor	UTR001MIN199		
Utricularia vulgaris	UTR001VUL041		
Zannichellia palustris	ZAN001PAL005		

Tabla 2 - Taxones de macrófitos característicos de los lagos y lagunas cársticas sobre calizas (tipos 10 a 12)

HIDROFITOS		HELOFITOS	
Carófitos		Alisma lanceolatum	ALI001LAN005
Chara aspera	CHA001ASP001	Alisma plantago-aquatica	ALI001PLA018
Chara aspera var. curta	CHA001ASP001 VCU043	Apium nodiflorum	API001NOD001
Chara globularis	CHA001GLO046	Baldellia ranunculoides	BAL002RAN001
Chara hispida	CHA001HIS002	Bolboschoenus maritimus	BOL001MAR182
Chara hispida var. major	CHA001HIS002 VMA024	Carex acutiformis	CAR001ACU077
Chara hispida var. hispida f. polyacantha	CHA001HIS002 VHI005FPO002	Carex cuprina	CAR001CUP008
Chara vulgaris	CHA001VUL001	Carex distans	CAR001DIS135
Chara vulgaris var. crassicaulis	CHA001VUL001 VCR006	Carex elata	CAR001ELA001
Chara vulgaris var. longibracteata	CHA001VUL001 VLO009	Carex hispida	CAR001HIS034
Chara vulgaris var. papillata	CHA001VUL001 VPA088	Carex mairei	CAR001MAI009
Nitella confervacea	NIT002CON221	Carex paniculata	CAR001PAN003
Nitella flexilis	NIT002FLE030	Carex riparia	CAR001RIP003
Nitella hyalina	NIT002HYA031	Carum verticillatum	CAR009VER014
Tolypella glomerata	TOL003GLO058	Cladium mariscus	CLA002MAR006
Briófitos		Eleocharis palustris	ELE001PAL004
Barbula bolleana	BAR004BOL008	Glyceria notata	GLY001NOT027



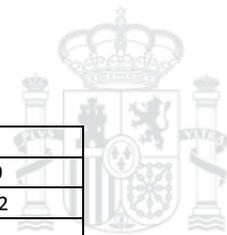
HIDROFITOS		HELOFITOS	
Didymodon tophaceus	DID003TOP001	Iris pseudacorus	IRI001PSE011
Eucladium verticillatum	EUC008VER016	Juncus inflexus	JUN001INF002
Fontinalis antipyretica	FON001ANT004	Juncus subnodulosus	JUN001SUB053
Gymnostomum calcareum	GYM003CAL012	Juncus articulatus	JUN001ART006
Hymenostylium recurvirostre	HYM003REC052	Lycopus europaeus	LYC001EUR004
Rhynchostegium riparioides	RHY002RIP022	Lysimachia ephemerum	LYS001EPH006
Plantas vasculares		Lysimachia vulgaris	LYS001VUL008
Ceratophyllum demersum	CER005DEM001	Lythrum salicaria	LYT001SAL008
Groenlandia densa	GRO002DEN006	Oenanthe lachenalii	OEN001LAC011
Hippuris vulgaris	HIP005VUL016	Phragmites australis	PHR002AUS007
Myriophyllum verticillatum	MYR002VER002	Rorippa nasturtium-aquaticum	ROR001NAS011
Myriophyllum spicatum	MYR002SPI010	Samolus valerandi	SAM001VAL045
Najas marina	NAJ001MAR007	Schoenoplectus lacustris subsp. lacustris	SCH012LAC100 SLA009
Nitella tenuissima	NIT002TEN008	Schoenoplectus lacustris subsp. glaucus	SCH012LAC100 SGL006
Nuphar luteum	NUP002LUT001	Schoenoplectus litoralis	SCH012LIT037
Nymphaea alba	NYM001ALB006	Schoenoplectus supinus	SCH012SUP036
Polygonum amphibium	POL007AMP004	Sparganium emersum	SPA001EME002
Potamogeton coloratus	POT005COL005	Sparganium erectum	SPA001ERE001
Potamogeton densus	POT005DEN061	Triglochin palustris	TRI035PAL156
Potamogeton lucens	POT005LUC001	Typha angustifolia	TYP001ANG009
Potamogeton natans	POT005NAT004	Typha domingensis	TYP001DOM002
Potamogeton pectinatus	POT005PEC002	Typha latifolia	TYP001LAT004
Potamogeton pusillus	POT005PUS008	Veronica anagallis-aquatica	VER001ANA003
Ranunculus peltatus	RAN001PEL005	Veronica anagalloides	VER001ANA018
Ranunculus trichophyllum	RAN001TRI013	Veronica beccabunga	VER001BEC001
Sparganium natans	SPA001NAT024		
Utricularia australis	UTR001AUS008		
Zannichellia contorta	ZAN001CON217		
Zannichellia palustris	ZAN001PAL005		

Tabla 3 - Taxones de macrófitos característicos del tipo 13 (cárstico, calcáreo, temporal)

HIDROFITOS		HELOFITOS	
Carófitos		Alisma plantago-aquatica	ALI001PLA018
Chara vulgaris	CHA001VUL001	Baldellia ranunculoides	BAL002RAN001
Plantas vasculares		Bolboschoenus maritimus	BOL001MAR182
Ranunculus aquatilis	RAN001AQU040	Eleocharis palustris	ELE001PAL004
Ranunculus peltatus	RAN001PEL005	Juncus articulatus	JUN001ART006

Tabla 4 - Taxones de macrófitos característicos de los lagos y lagunas cársticas sobre yesos (tipos 14 y 15)

HIDROFITOS		HELOFITOS	
Carófitos		Alisma plantago-aquatica	ALI001PLA018
Chara aspera	CHA001ASP001	Berula erecta	BER003ERE003
Chara hispida	CHA001HIS002	Bolboschoenus maritimus	BOL001MAR182
Chara aspera var. curta	CHA001ASP001 VCU043	Carex cuprina	CAR001CUP008
Chara canescens	CHA001CAN003	Carex hispida	CAR001HIS034
Chara hispida var. major	CHA001HIS002 VMA024	Carex riparia	CAR001RIP003
Chara vulgaris	CHA001VUL001	Cladium mariscus	CLA002MAR006
Chara globularis	CHA001GLO046	Eleocharis palustris	ELE001PAL004
Chara vulgaris var. contraria	CHA001VUL001 VCO031	Iris pseudacorus	IRI001PSE011
Chara vulgaris var. crassicaulis	CHA001VUL001 VCR006	Lycopus europaeus	LYC001EUR004
Chara vulgaris var. longibracteata	CHA001VUL001 VLO009	Lythrum salicaria	LYT001SAL008
Tolypella glomerata	TOL003GLO058	Oenanthe lachenalii	OEN001LAC011
Plantas vasculares		Phragmites australis	PHR002AUS007
Myriophyllum verticillatum	MYR002VER002	Schoenoplectus lacustris subsp. glaucus	SCH012LAC100 SGL006
Myriophyllum spicatum	MYR002SPI010	Schoenoplectus lacustris subsp. lacustris	SCH012LAC100 SLA009
Najas marina	NAJ001MAR007	Schoenoplectus litoralis	SCH012LIT037
Nymphaea alba	NYM001ALB006	Sparganium erectum	SPA001ERE001



HIDROFITOS		HELOFITOS	
Polygonum amphibium	POL007AMP004	Typha angustifolia	TYP001ANG009
Potamogeton coloratus	POT005COL005	Typha domingensis	TYP001DOM002
Potamogeton lucens	POT005LUC001	Typha latifolia	TYP001LAT004
Potamogeton natans	POT005NAT004	Veronica anagallis-aquatica	VER001ANA003
Potamogeton pectinatus	POT005PEC002	Veronica beccabunga	VER001BEC001
Potamogeton perfoliatus	POT005PER009		
Ranunculus peltatus	RAN001PEL005		
Ranunculus trichophyllus	RAN001TRI013		
Utricularia australis	UTR001AUS008		
Zannichellia palustris	ZAN001PAL005		
Zannichellia pedunculata	ZAN001PED001		
Zannichellia peltata	ZAN001PEL043		

Tabla 5 - Taxones de macrófitos característicos de lagunas y humedales interiores no salinos (tipos 16 a 19, 24 y 26)

HIDROFITOS		HELOFITOS	
Carófitos		Alisma lanceolatum	ALI001LAN005
Chara aspera	CHA001ASP001	Alisma plantago-aquatica	ALI001PLA018
Chara canescens	CHA001CAN003	Alopecurus aequalis	ALO002AEQ010
Chara connivens	CHA001CON017	Alopecurus bulbosus	ALO002BUL031
Chara globularis var. virgata	CHA001GLO046 VVI024	Antinoria agrostidea	ANT009AGR008
Chara galioides	CHA001GAL011	Apium nodiflorum	API001NOD001
Chara globularis	CHA001GLO046	Baldellia ranunculoides	BAL002RAN001
Chara hispida	CHA001HIS002	Bolboschoenus maritimus	BOL001MAR182
Chara hispida var. major	CHA001HIS002 VMA024	Butomus umbellatus	BUT001UMB012
Chara virgata	CHA001VIR069	Carex cuprina	CAR001CUP008
Chara vulgaris	CHA001VUL001	Carex divisa	CAR001DIV051
Chara vulgaris var. contraria	CHA001VUL001 VCO031	Carex riparia	CAR001RIP003
Chara vulgaris var. longibracteata	CHA001VUL001 VLO009	Carum verticillatum	CAR009VER014
Chara vulgaris var. oedophylla	CHA001VUL001 VOE006	Cicendia filiformis	CIC002FIL037
Chara vulgaris var. papillata	CHA001VUL001 VPA088	Damasonium polyspermum	DAM001POL019
Nitella flexilis	NIT002FLE030	Elatine alsinastrum	ELA003ALS001
Nitella tenuissima	NIT002TEN008	Elatine brochonii	ELA003BRO003
Nitella translucens	NIT002TRA004	Elatine hexandra	ELA003HEX003
Tolypella glomerata	TOL003GLO058	Elatine macropoda	ELA003MAC020
Tolypella hispanica	TOL003HIS040	Eleocharis acicularis	ELE001ACI012
Briófitos		Eleocharis multicaulis	ELE001MUL026
Drepanocladus aduncus	DRE002ADU006	Eleocharis palustris	ELE001PAL004
Leptodictyum riparium	LEP015RIP007	Eleocharis quinqueflora	ELE001QUI004
Riccia fluitans	RIC003FLU048	Eleocharis uniglumis	ELE001UNI005
Plantas vasculares		Eryngium corniculatum	ERY004COR023
Apium inundatum	API001INU001	Glyceria declinata	GLY001DEC006
Callitriche obtusangula	CAL006OBT024	Glyceria fluitans	GLY001FLU005
Callitriche brutia	CAL006BRU020	Iris pseudacorus	IRI001PSE011
Callitriche stagnalis	CAL006STA039	Isolepis setacea	ISO012SET032
Ceratophyllum demersum	CER005DEM001	Juncus articulatus	JUN001ART006
Ceratophyllum submersum	CER005SUB041	Juncus bulbosus	JUN001BUL010
Groenlandia densa	GRO002DEN006	Juncus gerardii	JUN001GER028
Hippuris vulgaris	HIP005VUL016	Juncus heterophyllus	JUN001HET008
Isoetes setaceum	ISO006SET037	Littorella uniflora	LIT012UNI037
Isoetes velatum	ISO006VEL004	Lycopus europaeus	LYC001EUR004
Marsilea strigosa	MAR012STR094	Lysimachia vulgaris	LYS001VUL008
Myriophyllum alterniflorum	MYR002ALT003	Lythrum salicaria	LYT001SAL008
Myriophyllum spicatum	MYR002SPI010	Oenanthe fistulosa	OEN001FIS001
Myriophyllum verticillatum	MYR002VER002	Phragmites australis	PHR002AUS007
Najas gracillima	NAJ001GRA226	Rorippa nasturtium-aquaticum	ROR001NAS011



HIDROFITOS		HELOFITOS	
Najas marina	NAJ001MAR007	Samolus valerandi	SAM001VAL045
Najas minor	NAJ001MIN189	Schoenoplectus lacustris subsp. glaucus	SCH012LAC100 SGL006
Nymphaea alba	NYM001ALB006	Schoenoplectus lacustris subsp. lacustris	SCH012LAC100 SLA009
Polygonum amphibium	POL007AMP004	Sparganium erectum	SPA001ERE001
Potamogeton coloratus	POT005COL005	Triglochin laxiflora	TRIO35LAX008
Potamogeton crispus	POT005CRI005	Triglochin maritima	TRIO35MAR203
Potamogeton fluitans	POT005FLU058	Typha domingensis	TYP001DOM002
Potamogeton gramineus	POT005GRA017	Typha latifolia	TYP001LAT004
Potamogeton natans	POT005NAT004	Veronica anagallis-aquatica	VER001ANA003
Potamogeton pectinatus	POT005PEC002	Veronica beccabunga	VER001BEC001
Potamogeton polygonifolius	POT005POL073		
Potamogeton pusillus	POT005PUS008		
Potamogeton trichoides	POT005TRI012		
Ranunculus aquatilis	RAN001AQU040		
Ranunculus peltatus	RAN001PEL005		
Ranunculus penicillatus	RAN001PEN008		
Ranunculus trichophyllus	RAN001TRI013		
Ranunculus tripartitus	RAN001TRI171		
Utricularia australis	UTR001AUS008		
Utricularia vulgaris	UTR001VUL041		
Zannichellia contorta	ZAN001CON217		
Zannichellia obtusifolia	ZAN001OBT060		
Zannichellia palustris	ZAN001PAL005		
Zannichellia pedunculata	ZAN001PED001		
Zannichellia peltata	ZAN001PEL043		

Tabla 6 - Taxones de macrófitos característicos de lagunas interiores salinas⁸ (tipos 20-23)

HIDROFITOS		HELOFITOS		Spp. SALICORNIAR	
Carófitos		Bolboschoenus maritimus	BOL001MAR182	Aeluropus littoralis	AEL002LIT038
Chara aspera	CHA001ASP001	Phragmites australis	PHR002AUS007	Crypsis schoenoides	CRY015SCH128
Chara canescens	CHA001CAN003	Schoenoplectus lacustris subsp. glaucus	SCH012LAC100 SGL006	Glaux maritima	GLA009MAR196
Chara connivens	CHA001CON017	Schoenoplectus litoralis	SCH012LIT037	Inula crithmoides	INU001CRI046
Chara galioides	CHA001GAL011	Typha domingensis	TYP001DOM002	Juncus maritimus	JUN001MAR039
Chara hispida	CHA001HIS002			Juncus subulatus	JUN001SUB495
Chara hispida var. major	CHA001HIS002 VMA024			Juncus gerardii	JUN001GER028
Chara vulgaris	CHA001VUL001			Linum maritimum	LIN008MAR198
Lamprothamnium papulosum	LAM002PAP001			Lythrum flexuosum	LYT001FLE029
Tolypella glomerata	TOL003GLO058			Microcnemum coralloides	MIC041COR145
Tolypella hispanica	TOL003HIS040			Polypogon maritimus	POL008MAR184
Tolypella salina	TOL003SAL070			Puccinellia fasciculata	PUC001FAS034

⁸ A efectos de evaluación de la cobertura, las especies propias del salicorniar se asimilarán a los helófitos.



HIDROFITOS		HELOFITOS		Spp. SALICORNIAR	
Briófitos				Puccinellia pungens	PUC001PUN078
Riella helicophylla	RIE001HEL050			Salicornia europaea	SAL010EUR020
Plantas vasculares				Salicornia ramosissima	SAL010RAM013
Althenia orientalis	ALT001ORI010			Salsola soda	SAL011SOD002
Potamogeton pectinatus	POT005PEC002			Samolus valerandi	SAM001VAL045
Ranunculus peltatus	RAN001PEL005			Schoenus nigricans	SCH013NIG109
Ruppia drepanensis	RUP001DRE001			Suaeda spicata	SUA001SPI136
Ruppia maritima	RUP001MAR178			Suaeda splendens	SUA001SPL026
				Suaeda vera	SUA001VER069

Tabla 7 - Taxones de macrófitos característicos del tipo 25 (interior en cuenca de sedimentación de origen fluvial, tipo llanura de inundación, mineralización alta o muy alta)

HIDROFITOS		HELOFITOS	
Carófitos		Alisma lanceolatum	ALI001LAN005
Chara aspera	CHA001ASP001	Alisma plantago-aquatica	ALI001PLA018
Chara canescens	CHA001CAN003	Baldellia ranunculoides	BAL002RAN001
Chara connivens	CHA001CON017	Bolboschoenus maritimus	BOL001MAR182
Chara galioides	CHA001GAL011	Carex cuprina	CAR001CUP008
Chara hispida	CHA001HIS002	Carex divisa	CAR001DIV051
Chara hispida var. major	CHA001HIS002 VMA024	Carex flacca	CAR001FLA093
Chara vulgaris	CHA001VUL001	Carex riparia	CAR001RIP003
Chara vulgaris var. contraria	CHA001VUL001 VCO031	Carex hispida	CAR001HIS034
Chara vulgaris var. longibracteata	CHA001VUL001 VLO009	Cladium mariscus	CLA002MAR006
Chara vulgaris var. oedophylla	CHA001VUL001 VOE006	Damasonium alisma	DAM001ALI002
Lamprothamnium papulosum	LAM002PAP001	Elatine alsinastrum	ELA003ALS001
Nitella flexilis	NIT002FLE030	Elatine hexandra	ELA003HEX003
Nitella hyalina	NIT002HYA031	Eleocharis palustris	ELE001PAL004
Nitella tenuissima	NIT002TEN008	Glyceria declinata	GLY001DEC006
Nitella translucens	NIT002TRA004	Iris pseudacorus	IRI001PSE011
Tolypella glomerata	TOL003GLO058	Juncus articulatus	JUN001ART006
Tolypella hispanica	TOL003HIS040	Juncus gerardii	JUN001GER028
Tolypella salina	TOL003SAL070	Juncus heterophyllus	JUN001HET008
Briófitos		Juncus subulatus	JUN001SUB495
Riccia fluitans	RIC003FLU048	Lycopus europaeus	LYC001EUR004
Riccioarpus natans	RIC005NAT028	Lythrum salicaria	LYT001SAL008
Riella cossoniana	RIE001COS061	Oenanthe fistulosa	OEN001FIS001
Riella helicophylla	RIE001HEL050	Phragmites australis	PHR002AUS007
Riella notarisii	RIE001NOT028	Samolus valerandi	SAM001VAL045
Sphagnum inundatum	SPH016INU006	Schoenoplectus lacustris subsp. glaucus	SCH012LAC100 SGL006
Plantas vasculares		Schoenoplectus litoralis	SCH012LIT037
Althenia orientalis	ALT001ORI010	Sparganium erectum	SPA001ERE001
Apium inundatum	API001INU001	Typha domingensis	TYP001DOM002
Callitriche brutia	CAL006BRU020	Typha latifolia	TYP001LAT004
Callitriche obtusangula	CAL006OBT024	Veronica anagallis-aquatica	VER001ANA003
Callitriche stagnalis	CAL006STA039		
Callitriche truncata	CAL006TRU023		
Ceratophyllum demersum	CER005DEM001		
Ceratophyllum submersum	CER005SUB041		
Groenlandia densa	GRO002DEN006		



HIDROFITOS		HELOFITOS	
Lemna trisulca	LEM003TRI182		
Myriophyllum alterniflorum	MYR002ALT003		
Myriophyllum spicatum	MYR002SPI010		
Najas marina	NAJ001MAR007		
Nuphar luteum	NUP002LUT001		
Nymphaea alba	NYM001ALB006		
Polygonum amphibium	POL007AMP004		
Potamogeton crispus	POT005CRI005		
Potamogeton pectinatus	POT005PEC002		
Potamogeton trichoides	POT005TRI012		
Ranunculus peltatus	RAN001PEL005		
Ranunculus peltatus subsp. fucoides	RAN001PEL005 SFU001		
Ranunculus trichophyllus	RAN001TRI013		
Ruppia drepanensis	RUP001DRE001		
Ruppia maritima	RUP001MAR178		
Utricularia australis	UTR001AUS008		
Zannichellia obtusifolia	ZAN001OBT060		
Zannichellia pedunculata	ZAN001PED001		
Zannichellia peltata	ZAN001PEL043		

Tabla 8 - Taxones de macrófitos característicos del tipo 27 (interior en cuenca de sedimentación, asociado a turberas alcalinas)

HIDROFITOS		HELOFITOS	
Carófitos		Althaea officinalis	ALT003OFF011
Chara vulgaris	CHA001VUL001	Bolboschoenus maritimus	BOL001MAR182
Plantas vasculares		Carex hispida	CAR001HIS034
Ceratophyllum demersum	CER005DEM001	Lycopus europaeus	LYC001EUR004
Myriophyllum spicatum	MYR002SPI010	Lythrum salicaria	LYT001SAL008
Potamogeton coloratus	POT005COL005	Phragmites australis	PHR002AUS007
Potamogeton pectinatus	POT005PEC002	Rorippa nasturtium-aquaticum	ROR001NAS011
		Schoenoplectus lacustris subsp. glaucus	SCH012LAC100 SGL006
		Scutellaria galericulata	SCU001GAL033
		Sparganium erectum	SPA001ERE001
		Typha domingensis	TYP001DOM002
		Typha latifolia	TYP001LAT004
		Veronica anagallis-aquatica	VER001ANA003

Tabla 9 - Taxones de macrófitos característicos del tipo 28 (lagunas litorales sin influencia marina)

HIDROFITOS		HELOFITOS	
Carófitos		Alisma plantago-aquatica	ALI001PLA018
Chara aspera	CHA001ASP001	Apium nodiflorum	API001NOD001
Chara braunii	CHA001BRA072	Bolboschoenus maritimus	BOL001MAR182
Chara canescens	CHA001CAN003	Cladium mariscus	CLA002MAR006
Chara globularis	CHA001GLO046	Glyceria notata	GLY001NOT027
Chara hispida	CHA001HIS002	Hydrocotyle verticillata	HYD029VER090
Chara vulgaris	CHA001VUL001	Hydrocotyle vulgaris	HYD029VUL017
Chara hispida var. major	CHA001HIS002 VMA024	Iris pseudacorus	IRI001PSE011
Chara hispida var. baltica	CHA001HIS002 VBA049	Juncus subulatus	JUN001SUB495
Nitella batrachosperma	NIT002BAT014	Lycopus europaeus	LYC001EUR004
Nitella hyalina	NIT002HYA031	Lythrum salicaria	LYT001SAL008
Tolypella glomerata	TOL003GLO058	Oenanthe lachenalii	OEN001LAC011
Briófitos		Phragmites australis	PHR002AUS007
Riccia fluitans	RIC003FLU048	Rorippa nasturtium-aquaticum	ROR001NAS011
Ricciocarpus natans	RIC005NAT028	Samolus valerandi	SAM001VAL045
Plantas vasculares		Schoenoplectus lacustris subsp. lacustris	SCH012LAC100 SLA009



HIDROFITOS		HELOFITOS	
<i>Athenia orientalis</i>	ALT001ORI010	<i>Schoenoplectus litoralis</i>	SCH012LIT037
<i>Ceratophyllum demersum</i>	CER005DEM001	<i>Typha domingensis</i>	TYP001DOM002
<i>Ceratophyllum submersum</i>	CER005SUB041	<i>Typha latifolia</i>	TYP001LAT004
<i>Lemna trisulca</i>	LEM003TRI182	<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	VER001ANA003
<i>Myriophyllum spicatum</i>	MYR002SPI010		
<i>Myriophyllum heterophyllum</i>	MYR002HET003		
<i>Najas marina</i>	NAJ001MAR007		
<i>Nymphaea alba</i>	NYM001ALB006		
<i>Potamogeton coloratus</i>	POT005COL005		
<i>Potamogeton fluitans</i>	POT005FLU058		
<i>Potamogeton pectinatus</i>	POT005PEC002		
<i>Ranunculus peltatus</i>	RAN001PEL005		
<i>Ranunculus trichophyllum</i>	RAN001TRI013		
<i>Ruppia maritima</i>	RUP001MAR178		
<i>Utricularia australis</i>	UTR001AUS008		
<i>Zannichellia contorta</i>	ZAN001CON217		

Tabla 10 - Taxones de macrófitos característicos de los tipos 29 y 30 (lagunas en complejos dunares)

HIDROFITOS		HELOFITOS	
Carófitos		<i>Alisma plantago-aquatica</i>	ALI001PLA018
<i>Chara aspera</i>	CHA001ASP001	<i>Apium nodiflorum</i>	API001NOD001
<i>Chara canescens</i>	CHA001CAN003	<i>Baldellia ranunculoides</i>	BAL002RAN001
<i>Chara connivens</i>	CHA001CON017	<i>Bolboschoenus maritimus</i>	BOL001MAR182
<i>Chara galioides</i>	CHA001GAL011	<i>Carex elata</i>	CAR001ELA001
<i>Chara fragifera</i>	CHA001FRA064	<i>Carex laevigata</i>	CAR001LAE008
<i>Chara vulgaris</i>	CHA001VUL001	<i>Carex paniculata</i>	CAR001PAN003
<i>Nitella opaca</i>	NIT002OPA008	<i>Carex pseudocyperus</i>	CAR001PSE027
<i>Nitella ornithopoda</i>	NIT002ORN033	<i>Carum verticillatum</i>	CAR009VER014
<i>Nitella tenuissima</i>	NIT002TEN008	<i>Cicendia filiformis</i>	CIC002FIL037
<i>Nitella translucens</i>	NIT002TRA004	<i>Cladium mariscus</i>	CLA002MAR006
Plantas vasculares		<i>Damasonium alisma</i>	DAM001ALI002
<i>Apium inundatum</i>	API001INU001	<i>Elatine alsinastrum</i>	ELA003ALS001
<i>Callitriche brutia</i>	CAL006BRU020	<i>Elatine hexandra</i>	ELA003HEX003
<i>Callitriche lusitanica</i>	CAL006LUS020	<i>Elatine macropoda</i>	ELA003MAC020
<i>Callitriche stagnalis</i>	CAL006STA039	<i>Eleocharis multicaulis</i>	ELE001MUL026
<i>Callitriche truncata</i>	CAL006TRU023	<i>Eleocharis palustris</i>	ELE001PAL004
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	HYD021MOR004	<i>Eryngium corniculatum</i>	ERY004COR023
<i>Isoetes setaceum</i>	ISO006SET037	<i>Fuirena pubescens</i>	FUI001PUB001
<i>Isoetes velatum</i>	ISO006VEL004	<i>Glyceria declinata</i>	GLY001DEC006
<i>Isolepis fluitans</i>	ISO012FLU057	<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	HYD029VUL017
<i>Lemna trisulca</i>	LEM003TRI182	<i>Illecebrum verticillatum</i>	ILL001VER094
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	MYR002ALT003	<i>Iris pseudacorus</i>	IRI001PSE011
<i>Myriophyllum spicatum</i>	MYR002SPI010	<i>Isoetes histrix</i>	ISO006HIS035
<i>Najas marina</i>	NAJ001MAR007	<i>Isolepis cernua</i>	ISO012CER012
<i>Nymphaea alba</i>	NYM001ALB006	<i>Juncus bulbosus</i>	JUN001BUL010
<i>Polygonum amphibium</i>	POL007AMP004	<i>Juncus heterophyllum</i>	JUN001HET008
<i>Potamogeton lucens</i>	POT005LUC001	<i>Ludwigia palustris</i>	LUD001PAL121
<i>Potamogeton natans</i>	POT005NAT004	<i>Lycopus europaeus</i>	LYC001EUR004
<i>Potamogeton pectinatus</i>	POT005PEC002	<i>Lythrum salicaria</i>	LYT001SAL008
<i>Potamogeton polygonifolius</i>	POT005POL073	<i>Phragmites australis</i>	PHR002AUS007
<i>Potamogeton trichoides</i>	POT005TRI012	<i>Schoenoplectus lacustris</i> subsp. <i>glaucus</i>	SCH012LAC100 SGL006
<i>Ranunculus peltatus</i>	RAN001PEL005	<i>Schoenoplectus lacustris</i> subsp. <i>lacustris</i>	SCH012LAC100 SLA009
<i>Ranunculus tripartitus</i>	RAN001TRI171	<i>Schoenoplectus litoralis</i>	SCH012LIT037



HIDROFITOS		HELOFITOS	
Utricularia australis	UTR001AUS008	Typha angustifolia	TYP001ANG009
Utricularia exoleta	UTR001EXO007	Typha domingensis	TYP001DOM002
Zannichellia obtusifolia	ZAN001OBT060	Typha latifolia	TYP001LAT004

Taxones indicadores de eutrofia.

Se trata de taxones que están asociados de forma inequívoca a elevados niveles de eutrofización, especialmente a elevadas concentraciones de fósforo disuelto. Se pueden encontrar representadas en los diferentes tipos de lagos, pero no se han incluido como especies típicas de éstos porque su presencia se debe fundamentalmente a procesos de eutrofización y, por tanto, no deberían ser relevantes en ellos si estuvieran en buen estado ecológico.

En la siguiente relación de especies se incluyen los códigos de los taxones asociados al Tesoro taxonómico para la clasificación del estado ecológico de las masas de agua continentales (TAXAGUA).

Algas filamentosas

Diferentes especies de los géneros Cladophora CLA001GENE (en especial Cladophora glomerata CLA001GLO015), Klebsormidium KLE001GENE, Mougeotia MOU001GENE, Oedogonium OED001GENE, Spirogyra SPI001GENE, Gloeotila GLO006GENE, Rhizoclonium RHI003GENE. Dentro de estos géneros sería necesario hacer una selección de las especies más propias de aguas eutróficas, pero en tanto dicho estudio no esté disponible se considerará como tales, a efectos de evaluación de esta métrica, a las especies pertenecientes a dichos géneros. A estos hay que añadir el alga laminar Monostroma bullosum MON022BUL033.

Plantas

Se considerarán como especies características de condiciones eutróficas las siguientes:

Tabla 11 - Especies características de condiciones eutróficas

Especies propias de condiciones eutróficas	
Género especie	CÓDIGO
Azolla filiculoides	AZO001FIL024
Eichhornia crassipes	EIC001CRA013
Lemna gibba	LEM003GIB006
Lemna minor	LEM003MIN019
Ludwigia grandiflora	LUD001GRA217
Myriophyllum aquaticum	MYR002AQU035
Salvinia natans	SAL009NAT023
Spirodela polyrrhiza	SPI013POL074
Wolffia arrhiza	WOL002ARR005

Especies cuyo crecimiento se ve beneficiado por la eutrofización

Se incluyen aquí las principales especies autóctonas que experimentan gran desarrollo cuando las aguas incrementan notablemente su grado de eutrofia, llegando a desplazar al resto de hidrófitos en esos casos. Sin embargo, éstas pueden vivir también en aguas que inicialmente no tienen elevadas concentraciones de nutrientes, pero en estos casos la biomasa que producen es mucho menor y no dominan sobre los demás macrófitos acuáticos. Por tanto, y para modular estos aspectos, dichas especies se considerarán como especies típicas a efectos de evaluación de la cobertura y de la riqueza de especies cuando así se señale en los listados de taxones característicos del tipo de lago, pero cuando su abundancia sea alta (cuando ocupen más 50 % de cobertura en la zona ocupada por los hidrófitos), se considerará además, su cobertura, a efectos de evaluación de la métrica "cobertura de macrófitos indicadores de condiciones eutróficas". Se trata de las siguientes especies de plantas vasculares:



Tabla 12 - Especies cuyo crecimiento se ve beneficiado por la eutrofización

Especies cuyo crecimiento se ve beneficiado por la eutrofización	
<i>Ceratophyllum demersum</i>	CER005DEM001
<i>Polygonum amphibium</i>	POL007AMP004
<i>Potamogeton pectinatus</i>	POT005PEC002

Especies exóticas de macrófitos

En este anexo se relacionan algunas de las especies de macrófitos exóticos que se han encontrado en nuestro país, así como sus códigos asociados en el tesoro taxonómico.

Estas especies, agrupadas en hidrófitos y helófitos son las siguientes:

Tabla 13 - Listado de especies de macrófitos exóticos

LISTADO DE ESPECIES DE MACRÓFITOS EXÓTICOS	
Hidrófitos	
<i>Azolla filiculoides</i>	AZO001FIL024
<i>Egeria densa</i>	EGE001DEN012
<i>Eichhornia crassipes</i>	EIC001CRA013
<i>Elodea canadensis</i>	ELO003CAN012
<i>Ludwigia grandiflora</i>	LUD001GRA217
<i>Ludwigia repens</i>	LUD001REP020
<i>Myriophyllum heterophyllum</i>	MYR002HET003
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	MYR002AQU035
<i>Pistia stratiotes</i>	PIS006STR085
<i>Salvinia natans</i>	SAL009NAT023
Helófitos	
<i>Arundo donax</i>	ARU003DON001

PROTOCOLO DE MUESTREO DE FAUNA ICTIOLÓGICA EN RÍOS

CÓDIGO: ML-R-FI-2015



**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: 280-15-122-6



INDICE

1. APLICABILIDAD.....	5
2. OBJETIVO.....	5
3. NORMATIVA DE REFERENCIA.....	5
4. EQUIPOS, REACTIVOS Y CONSERVANTES.....	6
4.1. TRABAJO DE CAMPO.....	6
5. SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO.....	8
6. FRECUENCIA Y ÉPOCA DE MUESTREO.....	8
7. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO.....	9
7.1. PESCA ELÉCTRICA EN RÍOS VADEABLES O PARCIALMENTE VADEABLES.....	9
7.2. PESCA ELÉCTRICA EN RÍOS NO VADEABLES.....	10
7.3. IDENTIFICACIÓN, RECUENTO Y DATOS BIOMÉTRICOS.....	11
7.4. RECUPERACIÓN Y SUELTA DE LOS PECES.....	11
7.5. CARACTERIZACIÓN DEL HÁBITAT.....	12
7.6. MEDIDAS DE SEGURIDAD.....	12
7.7. REGISTRO DE LOS DATOS DE MUESTREO.....	13
ANEXO I: HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO.....	14
ANEXO II: HOJA DE CAMPO PARA IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	18

1. APLICABILIDAD

Este protocolo de muestreo y laboratorio es de obligada aplicación en la explotación de las redes oficiales de evaluación del estado / potencial ecológico en cumplimiento de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, que explotan las Confederaciones Hidrográficas (CCHH), bien directamente o a través de contratos de servicios.

Las estaciones en las que se utilizará este protocolo son las pertenecientes al programa de control de vigilancia, que incluye el subprograma de referencia, programa de control operativo y programa de control de investigación.

Este protocolo corresponde al muestreo y análisis en laboratorio de fauna ictiológica de las masas de agua de la categoría ríos, siendo aplicable para la obtención de muestras para la clasificación del estado ecológico o del potencial ecológico.

Con la información recopilada mediante este protocolo se obtienen datos válidos para el cálculo de las métricas comúnmente utilizadas en la clasificación del estado ecológico mediante el elemento de calidad fauna ictiológica:

- IBIMED
- Composición de especies: especies nativas - especies introducidas
- Porcentaje de ejemplares con anomalías
- IBICAT
- ECP (Aguirre, A et al. 2006)
- European Fish Index – EFI

Así mismo se podrá utilizar este protocolo de muestreo para obtener información sobre composición y abundancia de peces que permita el cálculo de otros indicadores.

2. OBJETIVO

La Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, establece que los Estados miembros deberán poner en marcha programas de seguimiento. Estos programas deben permitir controlar y evaluar la composición y abundancia de la fauna ictiológica.

La Directiva Marco del Agua establece que los métodos empleados para controlar los parámetros de cada tipo 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 establecer un método de muestreo de peces en ríos que garantice el cumplimiento de los requisitos mencionados anteriormente.

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.
- 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 14962: 2007. Líneas directrices sobre el campo de aplicación y la selección de métodos de muestreo de peces.
- UNE– EN 14757:2006. Muestreo de peces mediante redes de agalla con diferente luz de malla
- UNE– EN 14011:2003. Muestreo de peces con electricidad.

4. EQUIPOS, REACTIVOS Y CONSERVANTES

4.1. TRABAJO DE CAMPO

Equipos y material de pesca eléctrica

- Generador eléctrico¹ con una potencia adecuada a las necesidades del estudio. Éste puede ser de dos tipos:
 - Grupo electrógeno de gasolina fijo o portátil (mochila).
 - Grupo de batería recargable portátil.
- Convertidor² (rectificador) de corriente que permite controlar la intensidad, el voltaje y el tipo de corriente y transformar la corriente alterna (CA) que produce el generador eléctrico en corriente continua (CC).
- Cátodo. El cátodo está conectado mediante un cable eléctrico al convertidor, se deposita en el lecho del río y actúa como polo negativo para crear un campo eléctrico.
- Ánodo. Conectado mediante un cable eléctrico al convertidor y a una pértiga. Es el elemento móvil que actúa como polo positivo y permite cerrar el campo eléctrico. En caso de utilizar un grupo electrógeno fijo, se recomienda llevar un cable de más de 70 m para poder barrer una distancia de cauce de 100 m sin tener que desplazar el equipo por la orilla.

Equipos para la pesca con redes

- Redes estáticas (nasas, trasmallos, agalladeras).
- Redes de arrastre.

¹ El equipo generador debe estar diseñado o haber sido modificado de forma que resulte adecuado para su utilización en la pesca eléctrica. Los motores y fuentes de corriente eléctrica deben estar protegidos frente al vertido de gasolina, aceite o ácido de batería.

² Se puede utilizar corriente continua sin rectificar o corriente continua pulsátil (CCP), que es menos lesiva para los peces y más segura para el equipo de muestreadores. Se debe regular la frecuencia de pulsos y el voltaje de salida para adecuarlo a las condiciones de pesca. Se debe trabajar con equipos fijos de orilla que producen 400-1000 V y hasta 1,5 A de amperaje y equipos de mochila que producen 300-600 V y hasta 1,5 A de amperaje.

Equipos para la manipulación de peces

- Sacaderas (mango aislante, de madera o fibra de vidrio) y salabres.
- Cubos de goma o plástico (10-12 L) para trasladar los peces capturados hasta la orilla.
- Redes de bloqueo.
- Contenedores de rejilla de plástico, goma o malla que se anclarán en el cauce fluvial y serán utilizados para depositar los peces que van a ser pesados y medidos temporalmente hasta que sean devueltos al río. Cuando no sea posible utilizar un contenedor de rejilla, se pueden utilizar contenedores cerrados de diferentes tamaños (40-50 L); en ese caso puede ser necesario un oxigenador o si la densidad de peces es elevada.
- Balanzas para pesar los peces: una de precisión 0,1 g para peces pequeños y otra de precisión 1 g para peces más grandes.
- Ictiómetro de 1mm de precisión y de 50 cm de longitud.
- Cinta métrica para peces más grandes.
- Bandejas y recipientes para depositar los ejemplares.

Equipos y material complementario

- Vadeadores aislantes.
- Guantes de protección eléctrica.
- Recipientes adecuados para el transporte de los botes de muestras y el fijador.
- Equipo de primeros auxilios.
- Equipo de seguridad.
- Extintor.
- Protocolo de muestreo.
- Hojas de campo.
- Claves de identificación de los elementos de calidad biológicos (ID-TAX).
- Bolígrafo, rotulador permanente o cualquier otro método para etiquetar las muestras. Si se usan etiquetas deben ser resistentes a la humedad.
- Fundas impermeables para las fichas de campo.
- GPS.
- Cámara digital.
- Cartografía adecuada.
- Teléfono móvil.
- Tijeras.
- Nevera.
- Embarcación para ríos no vadeables.
- Salvavidas.
- Profundímetro.

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

Reactivos fijadores y materiales para la conservación

- Anestésico para disminuir el estrés de manejo.
- Bolsas de plástico, papel de aluminio, eppendorfs y viales de vidrio o botes herméticos para coger muestras.
- Formaldehído (HCHO) al 4 - 10% v/v para la conservación de ejemplares de mayor tamaño. Este producto es ligeramente ácido por lo que puede alterar algunas estructuras (espina, otolitos, etc.) Se puede añadir una solución tamponada añadiendo 3 ml de borato

de sodio por cada litro de solución al 10%. Dada la naturaleza tóxica del formaldehído, su manipulación se debe realizar siguiendo las adecuadas medidas de precaución.

- Alcohol etílico (C₂H₅OH) (70%) para la conservación de ejemplares pequeños y estructuras. Es menos eficaz para los tejidos blandos
- Hielo normal, seco o nitrógeno líquido, dependiendo del tiempo desde la toma de la muestra hasta su traslado al laboratorio.

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

5. SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO

Se escogerá el tramo del río más representativo, en cuanto a vegetación de ribera, en su caso, y morfología de la orilla se refiere, ya que estas dos variables, aportan heterogeneidad de hábitats, constituyen refugios y proporcionan sombra a los peces. Se evitará incluir singularidades tales como puntos de vertido, afluentes permanentes o presas.

Se escogerá un tramo delimitado por obstáculos naturales o rápidos, los cuales actúan de barrera natural para los peces; opcionalmente pueden instalarse redes de bloqueo al inicio y final del tramo a pescar.

El área de muestreo debe tener una longitud 10 veces la anchura media del río, con un mínimo de 100 m². Como criterio general el tramo de muestreo seleccionado deberá tener una longitud de al menos 100 m y deberán estar presentes todas las unidades de hábitat características de la masa de agua (pozas, rápidos y tablas).

La selección del tramo se realizará en función de la anchura de la masa de agua:

- Ríos con anchura < 15 m. Tramo de 100 m de longitud en el que se muestrea la anchura completa.
- Ríos con anchura > 15 m. En este tipo de ríos la secuencia poza-rápido-tabla suele ocupar longitudes superiores a los 100 m por lo que, para obtener una muestra representativa en términos de composición y abundancia, será necesario llevar a cabo una estratificación del muestreo. De esta forma se evita que aumente excesivamente la longitud del tramo muestreado. El número de submuestras deberá ser proporcional al número de hábitats presentes y será necesario referenciar el punto inicial y final de cada subtramo muestreado para determinar el área total pescada. También se muestrea la anchura completa.
- Ríos profundos no vadeables en su totalidad. Se aplican los mismos criterios mencionados anteriormente pero solo se muestrean las orillas (zonas vadeables), por lo que conviene aumentar la longitud del tramo muestreado en función del área no vadeable que se deja de pescar.

El tramo seleccionado se delimitará mediante la anotación de las coordenadas UTM (medidas con GPS) del punto de inicio y final.

6. FRECUENCIA Y ÉPOCA DE MUESTREO

Los muestreos serán anuales y se realizarán entre primavera y otoño, momento en que la temperatura del agua es adecuada para la pesca eléctrica. La mejor época para el muestreo se sitúa entre la mitad del verano y principio del otoño, cuando los caudales son poco fluctuantes, los peces tienden a estar en la misma área y los alevines ya tienen suficiente tamaño para ser capturados. Se evitará el muestreo después de fuertes avenidas.

Excepcionalmente, el muestreo podrá aplazarse hasta principios de verano para encontrar una situación más favorable en aquellos casos en que las condiciones meteorológicas o hidrológicas así

lo requieran (principalmente, en zonas de montaña de elevada pluviosidad o influencia nival o en ríos no vadeables).

7. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Los procedimientos de pesca y los equipos específicos que deben utilizarse dependen de la profundidad, velocidad, temperatura, conductividad y de la composición de la comunidad de peces existente en la masa de agua, si bien, con carácter general se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Antes de comenzar la pesca eléctrica se deben medir los parámetros fisicoquímicos generales del agua tales como temperatura, conductividad, pH y oxígeno disuelto.
- La medida de la conductividad es necesaria para graduar la intensidad del convertidor de corriente. En aguas salobres y mediante las técnicas descritas en este protocolo, no es posible realizar pesca eléctrica ya que los peces no se ven afectados por el campo eléctrico. Por tanto en caso de que la conductividad sea muy alta la pesca es muy ineficaz y debe ser suspendida.

Como referencia se pueden seguir las siguientes indicaciones en cuanto al voltaje empleado según la conductividad del agua:

CONDUCTIVIDAD	VOLTAJE MÁXIMO
< 100 $\mu\text{S/cm}$	1000 V
100–300 $\mu\text{S/cm}$	600-800 V
>300 $\mu\text{S/cm}$	400 V

- La temperatura del agua influye en la conductividad (ésta aumenta con la temperatura) y en el porcentaje de saturación del oxígeno (el % Saturación O_2 disminuye al aumentar la temperatura) lo que influye en la tasa de supervivencia de los individuos capturados, en especial si se guardan en elevadas concentraciones.
- No se realizará la pesca eléctrica si la temperatura del agua es menor de 5 °C ya que con bajas temperaturas la actividad de los peces y la eficiencia de las capturas es muy baja.
- Se recomienda no realizar pescas mientras llueve, dado que la perturbación de la lámina de agua por las gotas impide ver a los peces y conlleva riesgos para la seguridad de los muestreadores.
- El muestreo debe efectuarse durante el día, preferiblemente a primera hora de la mañana, evitando las horas centrales del día en verano donde el calor puede hacer subir en exceso la temperatura del agua, comprometiendo la supervivencia de los individuos capturados.

La abundancia de taxones capturada se expresará como Capturas por Unidad de Esfuerzo referida al área muestreada (CPUE: individuos/100 m^2). No se utilizará el tiempo como unidad de esfuerzo.

7.1. PESCA ELÉCTRICA EN RÍOS VADEABLES O PARCIALMENTE VADEABLES

Antes de proceder con la pesca eléctrica, se ajustará la intensidad de la corriente. En aguas de baja conductividad es necesario un mayor voltaje. Se utilizará corriente continua pulsátil siempre que sea posible o, si ésta no produce una respuesta suficiente en los peces, corriente continua. En este caso, las frecuencias de pulsos se deben mantener lo más bajas posibles (preferentemente por debajo de 60 Hz).

El generador y el convertidor de corriente se situarán cerca de la orilla en un lugar que resulte adecuado, estable y que permita llevar a cabo la pesca desde aguas abajo del tramo seleccionado hacia aguas arriba. Se conectará el cátodo al convertidor y se introducirá en el agua, en un punto intermedio del tramo, para limitar la fluctuación de la intensidad de la corriente. En ríos de

profundidad homogénea, el equipo puede situarse en una pequeña embarcación entre los pescadores.

Se conectará la pértiga (ánodo) al convertidor de corriente con un cable suficientemente largo para cubrir la longitud del tramo que se va a muestrear.

Se situarán los depósitos contenedores de los peces y el material necesario para tomar los datos biométricos en un sitio llano y sombreado.

El equipo humano para realizar la pesca estará integrado por 2 a 4 personas. El técnico más experimentado es el que conduce la pesca, es decir, lleva la pértiga y la acciona mientras remonta el río para que la turbidez producida por el movimiento no afecte la eficiencia de la pesca. Es conveniente moverse suavemente e ir barriendo con la pértiga todos los hábitats del ancho fluvial. Es conveniente prestar atención a las zonas de refugio e intentar que los peces abandonen sus escondites. Dos técnicos se sitúan detrás del portador de la pértiga con sacaderas para recoger los peces que, aturdidos por la electricidad, son arrastrados por el flujo de agua, y un cuarto técnico provisto de un cubo con agua recogerá los peces capturados y los transportará a contenedores con mayor volumen de agua situados en la orilla.

En ríos vadeables se realiza un único pase de pesca y la abundancia se expresa en individuos capturados por superficie (CPUE: individuos/100 m²).

En el caso de ríos parcialmente vadeables, las pozas y las zonas de fuerte corriente son inaccesibles para efectuar la pesca en condiciones adecuadas y seguras por lo que, en este tipo de masas de agua, debe limitarse la pesca a las zonas vadeables (margen fluvial). En estos casos, será necesario tomar referencias de la superficie efectiva de pesca para realizar adecuadamente las posteriores mediciones del hábitat. Se tomarán datos relativos a la anchura del río donde se ha realizado la pesca eléctrica.

En ríos pequeños y de difícil acceso puede sustituirse el equipo de pesca de gran potencia por otro de mochila que portará uno de los técnicos, avanzando por el río seguido de un ayudante.

Los peces capturados se depositan en cubos de plástico llenos de agua y se trasladan a los contenedores instalados en la orilla, a la espera de que se tomen los datos biométricos. Es necesario mantener los contenedores a la sombra, controlar que la densidad de peces no sea excesiva y que las condiciones sean adecuadas, para lo que habrá que renovar y oxigenar el agua, si no se han utilizado contenedores de rejilla anclados en el cauce fluvial.

7.2. PESCA ELÉCTRICA EN RÍOS NO VADEABLES

En las masas de agua no vadeables, la pesca eléctrica debe limitarse a zonas cercanas a las orillas y, en general, a zonas de hasta 1,5 a 2 m de profundidad. Las capturas obtenidas mediante este procedimiento se complementarán con otras técnicas pasivas (redes y nasas) o activas (redes de arrastre) que únicamente contribuirán a los datos de composición.

Se utilizará una embarcación lo suficientemente amplia para contener los equipos de pesca eléctrica (generador, convertidor de corriente, cables del ánodo y cátodo), el personal y otros equipos (incluidos los de seguridad).

La embarcación recorrerá el tramo de río no vadeable (orillas) cubriendo los diferentes hábitats. La pesca eléctrica se limitará a las zonas de orilla y menos profundas. En este caso es necesario aumentar la longitud del tramo en función del área no vadeable de zonas profundas que se deja sin muestrear. Se medirá, mediante GPS, la distancia recorrida por la embarcación durante la pesca para calcular posteriormente el área pescada y poder obtener datos de abundancia por unidad de superficie.

El equipo de muestreo lo forman dos técnicos: uno situado en popa que maneja el motor de la embarcación y otro en proa que se encarga del ánodo. La pesca se realizará aguas arriba, remontando lentamente la corriente con ayuda del motor. En aguas con mucha corriente se requiere que la persona encargada del motor, sea un técnico experimentado, capaz de controlar la deriva y evitar que la eficiencia de la pesca disminuya.

7.3. IDENTIFICACIÓN, RECUESTO Y DATOS BIOMÉTRICOS

Para manipular los peces (identificar, pesar y medir) es conveniente usar un producto anestésico para disminuir el estrés de manejo (especialmente para los peces más activos como la trucha). Se recomienda usar MS-222 (tricaina-metano-sulfonato) o eugenol. Es importante controlar el tiempo de exposición al anestésico, dado que una exposición excesiva puede conducir a la muerte del ejemplar.

Se contabilizará cada uno de los ejemplares capturados, se identificará hasta nivel de especie y se tomarán los siguientes datos biométricos:

- Peso, expresado en gramos.
- Longitud furcal (distancia desde el rostro hasta la escotadura de los lóbulos de la aleta caudal) o total (distancia entre el rostro y la proyección de ambos lóbulos de la aleta caudal plegados), expresadas en milímetros.
- Estado sanitario de los individuos según caracteres externos (como erosiones de las aletas, lesiones o tumores visibles externamente en el cuerpo del pez o enfermedades).
- Sexo (si es factible)
- Observaciones

La identificación de los peces se realizará utilizando las claves taxonómicas elaboradas por la Dirección General del Agua (ID-TAX). En caso de que resulte necesario confirmar una identificación y de forma excepcional, se podrá conservar algún ejemplar muerto para su identificación en laboratorio.

Se realizará un reportaje fotográfico representativo de los ejemplares capturados que será entregado junto con los resultados del muestreo.

Si el número de individuos de una especie supera los 30 ejemplares, no será necesario medir todos sino que se pesará y medirá una muestra representativa que permita determinar la estructura de las clases de edad.

7.4. RECUPERACIÓN Y SUELTA DE LOS PECES

Los ejemplares ya medidos y pesados, se introducirán en otro contenedor con agua fresca, evitando una densidad excesiva de peces que conduciría a la desoxigenación rápida del agua. Lo más favorable es colocar estos peces en contenedores de rejilla sumergidos y anclados en el cauce fluvial, de modo que la corriente de agua circule a través.

Esta práctica ayuda en caso de haberse utilizado algún anestésico, y en todo caso, mejora el confinamiento. Este contenedor debe situarse fuera de la zona de pesca para evitar que los peces sean afectados nuevamente por la corriente eléctrica. Los tiempos de recuperación suelen oscilar entre 5 y 10 minutos.

Una vez finalizada la pesca en el tramo, se procederá a devolver los peces al río, asegurándose que están recuperados de la anestesia; para ello se elegirá una zona de corriente moderada cerca de la orilla y se evitará la suelta en tramos de fuerte corriente, dentro de los límites del tramo de muestreo.

7.5. CARACTERIZACIÓN DEL HÁBITAT

Cuando haya finalizado la pesca es necesario llevar a cabo una caracterización del hábitat fluvial correspondiente al tramo muestreado. Se tomarán medidas de la longitud total y la anchura media del tramo muestreado, con los que se calculará el área total sobre la que se ha realizado la pesca.

En cuanto a los ríos parcialmente vadeables, en cada transecto se realizarán dos mediciones relativas a la anchura:

- Anchura de pesca efectiva para calcular la superficie sobre la que se ha realizado la pesca
- Anchura total del río mediante medición o estimación visual

En ríos no vadeables en los que se haya realizado la pesca desde embarcación el área de pesca se calculará en función de la distancia lineal recorrida durante la pesca mediante GPS y una anchura media de 2 m (asumiendo que la pesca efectiva del ánodo en un transecto es de 2 m).

7.6. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Se preparará un plan de seguridad que identifique y cubra los riesgos de shock eléctrico, incendio o inhalación de gases durante la realización de la pesca. Las siguientes medidas de seguridad pueden ser aplicables:

- Evitar realizar pesca eléctrica con caudales elevados y en tramos de fuerte corriente.
- No se puede practicar la pesca eléctrica cuando llueve y con tormenta eléctrica.
- La pesca siempre se realizará por un mínimo de dos personas.
- Los equipos eléctricos de pesca (generador, convertidor, cables, ánodo y cátodo) se almacenarán desconectados, secos y limpios. Se identificarán desperfectos (cables pelados, interruptores rotos) y se repararán antes del inicio de la pesca. Durante la pesca, el generador se mantendrá en un espacio libre de vegetación y a la sombra, evitando cualquier posibilidad de que se caiga al agua. No se moverá estando en marcha. Se tendrá disponible un extintor cerca del mismo.
- El generador se pondrá en marcha cuando el cátodo se encuentre en el agua, listo para empezar la pesca y todo el personal haya sido avisado.
- El personal a cargo de la pesca vestirá vadeadores aislantes. Se evitará introducir las manos dentro del agua y tocar las partes metálicas de los electrodos, a menos que el equipo esté desconectado. También es obligatorio el uso de guantes de protección eléctrica.
- Todos los recipientes y contenedores usados para depositar los peces serán de plástico o goma.
- Los técnicos a cargo de la pesca deberán conocer las técnicas de reanimación cardiopulmonar después de un shock eléctrico. Se dispondrá de un equipo de primeros auxilios y un teléfono móvil para pedir ayuda médica en caso necesario.
- Como medida de seguridad adicional se deben utilizar pértigas con pulsadores de seguridad que interrumpen el campo eléctrico cuando deja de accionarse el pulsador.

En el caso de pesca eléctrica desde embarcación:

- La embarcación será adecuada para la pesca eléctrica, todas las superficies metálicas deben estar conectadas eléctricamente entre ellas, independientemente de que el casco sea de metal o de material no conductor. En embarcaciones no metálicas, el generador debe estar protegido convenientemente de contactos indirectos.

- El generador se fijará en la embarcación de forma que se evite su movimiento en el balanceo. Se dispondrá de un extintor a bordo.
- El personal vestirá chalecos salvavidas todo el tiempo.

7.7. REGISTRO DE LOS DATOS DE MUESTREO

Los resultados del muestreo consistirán en:

- Inventario de taxones capturados y su abundancia expresada en número de individuos de cada taxón.
- Datos biométricos de todos los individuos capturados incluyendo el estado sanitario.
- Fotografías de los individuos y del tramo de muestreo.
- Anchura del tramo.
- Longitud del tramo.
- Anchura efectiva de pesca (ríos parcialmente vadeables).
- Hoja de campo de los anexos I y II.

Con estos datos podrán obtenerse las Capturas por Unidad de Esfuerzo (CPUE: individuos/100 m²) y la Biomasa por Unidad de Esfuerzo (BPUE: kg/100 m²), ambas por superficie efectiva de pesca.

ANEXO I: HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

TOMA DE DATOS MUESTREO: FAUNA ICTIOLÓGICA EN RÍOS

DATOS IDENTIFICATIVOS DEL MUESTREO

TIPO DE LA MASA DE AGUA: CÓDIGO DE LA MASA DE AGUA:

NOMBRE DE LA MASA DE AGUA:

CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO: COORDENADAS X/Y (ETRS 89): / HUSO:

ORGANISMO/EMPRESA:

MUESTREADOR:	Programa o subprograma:	Vigilancia:
CODIGO MUESTRA:		Operativo:
FECHA: <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/>		Investigación:
Hora inicio: <input type="text"/> : <input type="text"/>		Referencia:
Hora fin: <input type="text"/> : <input type="text"/>		

CONSERVACIÓN DE LA MUESTRA: Formaldehído Alcohol etílico

Descripción de acceso y localización del tramo:

EQUIPO DE PESCA

TIPO DE EQUIPO DE PESCA: Fijo Portátil

CORRIENTE: Continua Continua pulsátil VOLTAJE (V): INTENSIDAD (A):

Observaciones:

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

TIPO DE RÍO: Vadeable o parcialmente vadeable No vadeable con embarcación

REDES DE BLOQUEO: Sí No

PESCA CON REDES: Sí No TIPO DE REDES:

Observaciones:

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS

pH (unidades): Oxígeno disuelto (mg O₂/l):

Temperatura del agua (°C): % Saturación O₂:

Conductividad eléctrica a 20°C (µS/cm): Observaciones:

CARACTERÍSTICAS HIDROMORFOLÓGICAS

Anchura media (m) del tramo: Profundidad media (m) del tramo: Longitud (m) del tramo:

Superficie de muestreo (m²) del tramo:

Porcentaje de orilla con vegetación: Porcentaje de iluminación/sombreado:

MESOHÁBITATS	% COBERTURA	NÚMERO DE UNIDADES DE MUESTREO	CÓDIGO FOTO
Aguas rápidas			
Tablas			
Pozas			
TIPOS DE REFUGIOS	% COBERTURA	NÚMERO DE UNIDADES DE MUESTREO	CÓDIGO FOTO
Refugios estructurales			
Troncos y ramas			
Cuevas			
Vegetación sumergida			
Arenas y otros sedimentos			
VELOCIDAD PREDOMINANTE DEL AGUA (marcar con X)			
Nula: Ausencia de flujo			
Reducida: Flujo laminar sin ondulaciones			
Moderada: Ondulación superficial pequeña simétrica			
Rápida: Ondulación superficial quebrada			
Muy rápida: Rápidos, formación de espuma			
Comentarios sobre el hábitat:			

**ANEXO II: HOJA DE CAMPO PARA IDENTIFICACIÓN
TAXONÓMICA**



PROTOCOLO DE MUESTREO Y LABORATORIO DE MACRÓFITOS EN RÍOS

CÓDIGO: ML-R-M-2015



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: 280-15-120-5



INDICE

1. APLICABILIDAD	5
2. OBJETIVO.....	5
3. NORMATIVA DE REFERENCIA	5
4. EQUIPOS, REACTIVOS Y CONSERVANTES	6
4.1. TRABAJO DE CAMPO.....	6
4.2. TRABAJO DE LABORATORIO	7
5. SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	8
6. FRECUENCIA Y ÉPOCA DE MUESTREO.....	8
7. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	8
7.1. RÍOS VADEABLES	9
7.2. RÍOS NO VADEABLES.....	10
8. CONSERVACIÓN, ETIQUETADO Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS	11
9. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN LABORATORIO	12
9.1. IDENTIFICACIÓN Y RECUENTO DE TAXONES	12
10. PROCESADO DE LOS DATOS	13
ANEXO I: HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO.....	14
ANEXO II: HOJA DE LABORATORIO.....	19



1. APLICABILIDAD

Este protocolo de muestreo y laboratorio es de obligada aplicación en la explotación de las redes oficiales de evaluación del estado / potencial ecológico en cumplimiento de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, que explotan las Confederaciones Hidrográficas (CCHH), bien directamente o a través de contratos de servicios.

Las estaciones en las que se utilizará este protocolo son las pertenecientes al programa de control de vigilancia, que incluye el subprograma de referencia, programa de control operativo y programa de control de investigación.

Este protocolo corresponde al muestreo y análisis en laboratorio de macrófitos en las masas de agua de la categoría ríos, así como en las masas de agua artificiales o muy modificadas asimilables a ríos, siendo aplicable para la obtención de muestras para la clasificación del estado ecológico o del potencial ecológico.

La toma de muestras de este protocolo está orientada a la obtención de datos de composición y abundancia de macrófitos, (plantas acuáticas visibles a simple vista, entre las que se encuentran plantas vasculares, briófitos y macroalgas tales como algas caráceas y otros grupos) y de sus coberturas en la estación de muestreo. Los grupos florísticos considerados son:

- Macroalgas
- Briófitos (musgos y hepáticas)
- Pteridófitos
- Fanerógamas (angiospermas)
- Otros grupos como líquenes acuáticos, etc.

Con la información recopilada mediante este protocolo se obtienen datos válidos para el cálculo de las métricas utilizadas para el elemento de calidad correspondiente a composición y abundancia de flora acuática de macrófitos:

- Índice biológico de macrófitos en ríos (IBMR-2015) adaptado a España.
- Índice de macrófitos (IM).
- Índice de vegetación acuática macroscópica (IVAM).

Asimismo se podrá aplicar este protocolo de muestreo para obtener información destinada al cálculo de otras métricas de macrófitos que se elaboren con posterioridad y que requieran datos de composición y abundancia.

2. OBJETIVO

La Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, establece que los Estados miembros deberán poner en marcha programas de seguimiento. Estos programas deben permitir controlar y evaluar la composición y abundancia de los macrófitos.

La Directiva Marco del Agua establece que los métodos empleados para controlar los parámetros de cada tipo 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 establecer un método de muestreo y laboratorio de macrófitos en ríos que garantice el cumplimiento de los requisitos mencionados anteriormente.

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.
- 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.

4. EQUIPOS, REACTIVOS Y CONSERVANTES

4.1. TRABAJO DE CAMPO

Equipos y material para la recolección de las muestras

- Rastrillo con mango extensible para aguas someras.
- Gancho en corona con cuerda larga para aguas profundas (potera).
- Draga del tipo Van Veen para aguas profundas.
- Caja o cubo con el fondo de vidrio (Aquascope), para facilitar la visión de los crecimientos y sus coberturas.
- Cinta métrica lavable con plomos para marcar transectos.
- Bandejas de plástico blanco.
- Bolsas de plástico herméticas.
- Recipientes y tubos pequeños de plástico o cristal para recolectar ejemplares pequeños.
- Nevera portátil refrigerada.
- Espátula.
- Pinzas.
- Prensa portátil con pliegos y almohadillas para la conservación en seco.
- Sobres de papel para guardar briófitos.
- GPS.
- Mapas.
- Claves de identificación (ID-TAX).
- Papel vegetal.
- Bolígrafo, lápiz o rotulador resistente al agua. En caso de utilizar etiquetas, éstas deben ser resistentes a la humedad.
- Lupa 10X aumentos.
- Cámara fotográfica, preferentemente con objetivo macro y con filtros polarizadores.



- Sonda multiparamétrica.
- Formaldehído (HCHO) al 4% v/v.
- Alcohol etílico con glicerina y agua (líquido de *Kew* modificado) en proporción 65%, 5% y 30%
- Hoja de campo para muestreo (anexo I)

Equipos adicionales para el muestreo con embarcación

- Embarcación adecuada para las condiciones locales con el equipo de seguridad apropiado (salvavidas).
- Cuerdas y boyas para fijar transectos.
- Profundímetro o cinta métrica lastrada para medir profundidades.
- Cámara fotográfica sumergible.

Equipos y material complementario

- Botas o vadeadores.
- Guantes de látex.
- Salvavidas.
- Equipo de buceo (neopreno, tubo y gafas)

Todo el material utilizado en campo 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.

4.2. TRABAJO DE LABORATORIO

Equipos para el análisis de muestras

- Claves de identificación (ID-TAX)
- Lupa binocular
- Microscopio óptico
- Cámara fotográfica
- Bandejas de plástico blanco
- Pinzas
- Tubos de plástico pequeños
- Papel vegetal
- Lápiz o rotulador indeleble
- Placas de Petri
- Portaobjetos
- Cubres
- Agua destilada
- Guantes
- Gelatina glicerizada según Kaiser para hacer preparaciones microscópicas permanentes.
- Ácido acético o clorhídrico diluido para eliminar las deposiciones de carbonatos
- Lugol
- Azul de metileno y carmín acético para teñir estructuras celulares
- Hoja de laboratorio (anexo II)

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



5. SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO

El punto de muestreo será un tramo seleccionado de aproximadamente 100 m, representativo de las características físicas y estructurales de la masa de agua. Para su selección y delimitación se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- El tramo incluirá los hábitats característicos y más frecuentes de la masa de agua: rápidos, remansos, balsas marginales, pozas, etc.
- Se evitará muestrear en tramos en los que existan infraestructuras viales o hidráulicas (puentes, estaciones de aforo, azudes...) las cuales suelen modificar la estructura del sustrato, régimen de caudal y grado de sombra; en general estas infraestructuras suelen favorecer el crecimiento de los macrófitos. Así como aquellos que presenten una turbidez elevada.

El muestreo debe llevarse a cabo en la zona de cauce inundada durante la mayor parte del año (canal bajo) y en la zona del cauce inundable en crecidas ordinarias en un período aproximado de dos años (orilla).

El tramo seleccionado se delimitará mediante la anotación de las coordenadas UTM (medidas con GPS) del punto de inicio y final.

6. FRECUENCIA Y ÉPOCA DE MUESTREO

Los muestreos serán anuales y deberán realizarse durante el periodo vegetativo de las especies, que suele ser entre primavera y otoño. No obstante el periodo óptimo puede variar con las condiciones climáticas características de cada tipo de masa de agua y con la especie. Es necesario tener en cuenta que la recolección de ejemplares inmaduros puede dificultar la identificación.

No se requieren frecuencias más cortas de muestreo, teniendo en cuenta que la respuesta ante los cambios de los macrófitos es más lenta que la de otros indicadores.

7. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Los grupos de macrófitos que se consideran son macroalgas, briófitos (musgos y hepáticas), pteridófitos, angiospermas y otros grupos como líquenes acuáticos, etc, siendo necesaria una identificación a nivel específico en el caso de fanerógamas, musgos y algunas macroalgas, y a nivel de género en el caso de la mayoría de las macroalgas. Para ello resulta recomendable realizar un trabajo previo de gabinete para familiarizarse con la determinación de los taxones presentes en el tipo de río, y más concretamente, en la masa de agua a muestrear, así como recopilar material de apoyo para la identificación en campo (claves de identificación ID-TAX, fotografías, descripciones, etc).

Se realizará un muestreo semicuantitativo que permita obtener el listado de los taxones más relevantes en el tramo y una estimación aproximada de su abundancia a partir de datos de porcentaje de cobertura para cada una de las especies de macrófitos presentes en el tramo.

Se tomarán datos relativos a:

- Rango de cobertura (en porcentaje) de cada taxón en el tramo. En caso de que pueda diferenciarse claramente facies lólicas y leníticas, se harán estimaciones para cada una de ellas. Cuando los taxones se encuentren espacialmente superpuestos, la suma de sus coberturas podrá superar el 100%.
- Rango de cobertura total (en porcentaje) de macrófitos en el tramo, que no podrá superar el 100%.
- Superficie del tramo de muestreo que no es colonizable por macrófitos, expresado en porcentaje.



Las muestras de macroalgas y briófitos suelen presentar más de un taxón por lo que, a efectos de la cobertura, el valor estimado en el campo se asigna a la especie más abundante en la muestra y al resto de los taxones se les asigna simplemente el valor de presencia más bajo posible (<0,1%).

Las técnicas de recolección de muestras se adecuarán a las características del tramo (tramos vadeables y profundos) y a los distintos tipos de macrófitos tal y como se indica a continuación:

- Especies de pecton (talos aplanados, laminares o esféricos sujetos a un sustrato). Con la ayuda de una pequeña espátula se separará la muestra del sustrato. Posteriormente se introducirá la muestra en un recipiente de plástico y se conservará mediante la adición de formaldehído al 4% o líquido de Kew.
- Especies de plocon (algas filamentosas, fijadas al sustrato por la base pero cuya biomasa se extiende a cierta distancia del fondo) y especies flotantes. Se recogerán a mano o con la ayuda de un rastrillo o potera y se guardarán en bolsas de plástico herméticas, recipientes de plástico o cristal o pliegos de herbario. Posteriormente se conservarán según lo indicado en el apartado 8.

Las pozas profundas poco extensas presentes en tramos vadeables se pueden muestrear con la ayuda de rastrillos con mango telescópico o poteras.

A continuación se describe el procedimiento de muestreo diferenciado para ríos vadeables y no vadeables.

Se considerará río vadeable a efectos del presente protocolo, aquel que pueda ser cruzado a pie en la mayor parte del tramo de muestreo definido o aquel que no pudiendo ser cruzado a pie, pueda alcanzarse, al menos, la mitad de su anchura con seguridad y sin riesgo alguno para el muestreador.

Se considerará río no vadeable a efectos del presente protocolo, aquel en el que no se pueda alcanzar a pie, al menos, la mitad de su anchura.

7.1. RÍOS VADEABLES

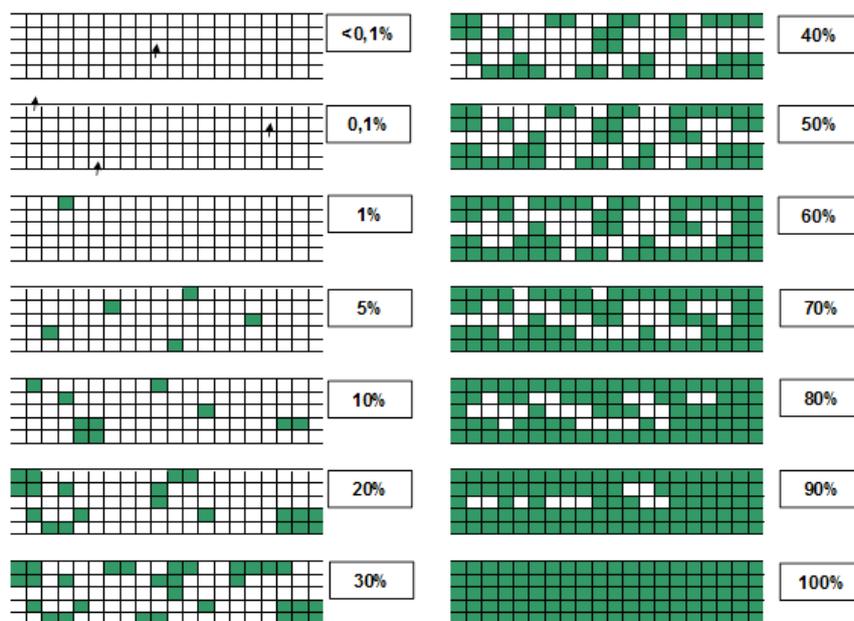
Se recorre el tramo de muestreo en zig-zag (de una orilla a otra) remontando siempre la corriente de aguas abajo a aguas arriba. En ríos anchos (> 10 m) vadeables además será necesario recorrer ambas orillas.

En el curso del recorrido se identifican “*in situ*” los diferentes taxones y se estima su rango de cobertura en el tramo. En el caso de que no se puede identificar con certeza algún taxón, se recogen ejemplares lo más completos posible para su identificación en laboratorio.

El porcentaje de cobertura de los taxones se anota teniendo en cuenta las siguientes clases:

Clases de cobertura (%)
<0,1% -Presencia
0,1 - <1% - Raro
1 - < 5%
5 - <10%
10 - <20%
20 - <30%
30 - <40%
40 - <50%
50 - <60%
60 - <70%
70 - <80%
80 - <90%
90 - 100%

A continuación se presenta una ilustración de apoyo a la estima de coberturas:



Además será necesario recoger la información necesaria para completar la hoja de campo del anexo I; en particular, las características hidromorfológicas del tramo incluyendo la anchura, profundidad y longitud medias del tramo, que podrán correlacionarse con otros parámetros hidrológicos, así como el tipo de sustrato expresado en porcentaje y la velocidad predominante del agua. Se deberían incluir comentarios sobre el hábitat, como la geología del sustrato, que permitirá inferir la naturaleza geoquímica del agua, y la distribución longitudinal aproximada de las facies lítica o lenítica en el punto de muestreo, que permitirá el cálculo del porcentaje de las facies sobre la superficie total considerada, para estimar la heterogeneidad del tramo.

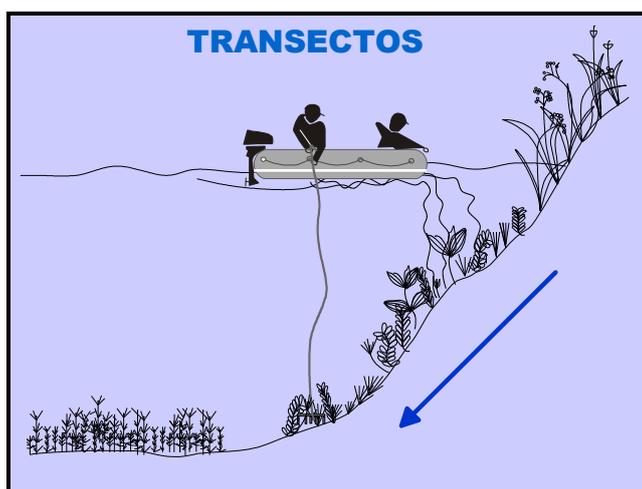
7.2. RÍOS NO VADEABLES

El muestreo en ríos no vadeables se realizará desde la orilla o embarcación, en función de la navegabilidad del tramo de muestreo seleccionado.

En ríos **no navegables**, el muestreo se realizará desde la orilla en puntos separados entre sí 5 m (o la distancia acorde con la escala de trabajo), siendo la franja de muestreo de aproximadamente unos 2 m (longitud de la cuerda de la potera).

En ríos **navegables**, el muestreo se realizará desde una embarcación. La navegación podrá ser en zig-zag o bien mediante el recorrido de una orilla y posteriormente la otra. Se extraerán los macrófitos con poteras y dragas cada 5 m.

Los transectos se localizarán mediante coordenadas del punto de inicio y final obtenidas con GPS. Resulta también recomendable tomar nota de posibles particularidades en la orilla que permitan identificar los puntos de muestreo en visitas posteriores.



En caso de que, en ríos de aguas turbias, profundas y no aptas para el buceo, no se puedan cuantificar las coberturas de las especies de forma precisa, éstas se estimarán de forma indirecta a partir de las muestras obtenidas con draga, potera o rastrillo a lo largo de los transectos, según lo indicado en la siguiente tabla:

La estimación del porcentaje de cobertura de cada taxón en ríos no vadeables se realizará utilizando la siguiente escala:

Escala	Descriptor (presencia de vegetación en la potera o rastrillo)
1	Algunos fragmentos
2	Cantidades pequeñas
3	Cantidades medias
4	Abundante
5	Muy Abundante

8. CONSERVACIÓN, ETIQUETADO Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS

Se recomienda obtener y conservar muestras de las diferentes especies cuando no se tenga total certeza en la identificación "*in situ*".

Conservación en campo

Las muestras recogidas en campo se guardarán en fresco en viales (macroalgas) o bolsas de plástico herméticas (plantas vasculares), en nevera hasta su identificación o conservación permanente.

Conservación permanente

- Macroalgas y plantas vasculares de pequeño tamaño en viales herméticos o pequeñas bolsas de plástico herméticas, con una solución de formaldehído al 4%. También se pueden conservar en pliegos al igual que las plantas vasculares de mayor tamaño.
- Briófitos. Dejar secar al aire y guardar en sobres de papel.
- Plantas vasculares de tamaño grande. Se conservarán en seco y se colocará el ejemplar entre hojas de papel secante que se prensará durante 3-5 días, cambiando el papel cada dos días hasta que la planta esté lo suficientemente seca. Será necesario guardar las plantas convenientemente etiquetadas en pliegos de papel blanco.



Etiquetado

Todas las muestras y preparaciones deben estar convenientemente etiquetadas de forma que se identifique un código de la muestra, código de procedencia (localización), fecha de recolección, sustratos de los que procede, fijador utilizado y persona o entidad a cargo de la recolección e identificación. El código de la muestra servirá de enlace en la base de datos.

Se utilizará un rotulador resistente al agua o lápiz sobre papel vegetal.

Transporte

Todas las muestras se preservarán de la exposición a la luz. Los viales y recipientes de muestras fijadas con formol se cerrarán con cinta aislante y se transportarán en una nevera. Las muestras en fresco se transportarán en nevera con hielo. Las muestras prensadas se transportarán en la propia prensa.

9. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN LABORATORIO

Puede resultar necesario identificar las muestras en laboratorio para lo que, en algunos casos, habrá que hacer preparaciones para eliminar las incrustaciones de carbonatos presentes en determinadas algas o visualizar estructuras.

9.1. IDENTIFICACIÓN Y RECuento DE TAXONES

La identificación de los taxones se realizará mediante la observación de características morfológicas, utilizando una lupa binocular o microscopio óptico y siguiendo guías apropiadas de identificación al nivel requerido. Como referencia principal se utilizará el Catálogo y claves de identificación de organismos del grupo macrófitos utilizados como elementos de calidad biológicos en las redes de control del estado ecológico elaborada por la Dirección General del Agua (ID-TAX).

La resolución taxonómica requerida para poder obtener las métricas utilizadas para clasificar el estado ecológico de las masas de agua difiere según el grupo, siendo necesaria una identificación a nivel específico en el caso de plantas vasculares, briófitos y algunas macroalgas y a nivel de género en el caso de la mayoría de las macroalgas

Los géneros de macroalgas que deben identificarse hasta el nivel de especie son: *Chara*, *Didymosphenia*, *Hydrodictyon*, *Nitella*, *Stigeoclonium* y *Tolypella*.

En el caso de métricas que consideran identificaciones a niveles superiores a género se deberán incluir los datos de cobertura agrupados para los grupos requeridos por éstas.

Para la identificación de macroalgas es recomendable la realización de preparaciones microscópicas y el uso de reactivos:

- Ácido acético o clorhídrico según convenga, para eliminar los carbonatos de las algas incrustantes o las incrustaciones que diversos grupos algales pueden presentar y que dificultan la identificación (por ejemplo, Caráceas).
- Azul de metileno y carmín acético para teñir estructuras celulares.

Los briófitos y plantas vasculares recogidas y mantenidas en la prensa de campo se identificarán y conservarán de forma permanente en seco: los briófitos en sobres de papel y las plantas vasculares en pliegos de hojas blancas.

En caso de realizar preparaciones microscópicas de macroalgas, se montarán en gelatina glicerizada o en un medio apropiado, y se sellarán con laca de uñas.

Los ejemplares fotografiados se documentarán y formarán parte de la colección de referencia.



Una vez realizado el tratamiento de la muestra en laboratorio se rellenarán los resultados en la hoja de laboratorio incluida en el anexo II de este protocolo.

10. PROCESADO DE LOS DATOS

Los resultados del muestreo y el análisis en laboratorio consistirán en:

- Inventario de taxones obtenidos y su cobertura en porcentaje.
- Coberturas de grupos taxonómicos requeridos por métricas.
- Cobertura en porcentaje del sustrato potencialmente no colonizable.
- Hoja de campo para muestreo y hoja de laboratorio completadas.

ANEXO I: HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

TOMA DE DATOS MUESTREO: MACRÓFITOS EN RÍOS

DATOS IDENTIFICATIVOS DEL MUESTREO

TIPO DE LA MASA DE AGUA:		CÓDIGO DE LA MASA DE AGUA:	
NOMBRE DE LA MASA DE AGUA:			
CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO:	COORDENADAS X/Y (ETRS 89): /		HUSO:
ORGANISMO/EMPRESA:			
MUESTREADOR:		Programa o subprograma:	Vigilancia:
CODIGO MUESTRA:	Nº DE BOTES:		Operativo:
FECHA: / /	Hora inicio: : :		Investigación:
	Hora fin: : :		Referencia:
CONSERVACIÓN DE LA MUESTRA: <input type="checkbox"/> Líquido de Kew <input type="checkbox"/> Formaldehído			

Descripción de acceso y localización del tramo:

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS

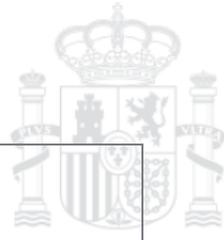
pH (unidades):	Oxígeno disuelto (mg O ₂ /l):
Temperatura del agua (°C):	% Saturación O ₂ :
Conductividad eléctrica a 20°C (µS/cm):	
Observaciones:	

CARACTERÍSTICAS HIDROMORFOLÓGICAS

Anchura media (m) del tramo:	Profundidad media (m) del tramo:	Longitud (m) del tramo:
Procentaje de superficie vegetada:	Porcentaje de sustrato potencialmente no colonizable:	Porcentaje de iluminación/sombreado:
TIPO DE SUSTRATO	NÚMERO DE UNIDADES DE MUESTREO	CÓDIGO FOTO
Rocas y bolos		
Cantos, gravas y gujarros		
Arena, limo y arcilla		
Raíces y troncos		
Turba y tierra		
Artificial		

VELOCIDAD PREDOMINANTE DEL AGUA (marcar con X)

Nula: Ausencia de flujo			
Reducida: Flujo laminar sin ondulaciones			
Moderada: Ondulación superficial pequeña simétrica			
Rápida: Ondulación superficial quebrada			
Muy rápida: Rápidos, formación de espuma			



Comentarios sobre el hábitat:

ANEXO II: HOJA DE LABORATORIO

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



CÓDIGO: M-R-HMF-2019

22 de abril de 2019

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

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



ÍNDICE

1.- CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA	3
1.1.- APLICABILIDAD.....	3
1.2.- OBJETIVO	4
1.3.- NORMATIVA DE REFERENCIA	4
1.4.- MATERIALES Y FUENTES DE INFORMACIÓN	5
1.4.1.- TRABAJO DE GABINETE	5
1.4.2.- TRABAJO DE CAMPO	8
1.5.- SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DE LOS TRAMOS HIDROMORFOLÓGICOS Y LOS SUBTRAMOS DE MUESTREO.....	8
1.5.1.- TRAMOS HIDROMORFOLÓGICOS	8
1.5.2.- SUBTRAMO DE MUESTREO.....	11
1.6.- FRECUENCIA Y ÉPOCA DE CARACTERIZACIÓN.....	13
2.- CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO.....	14
2.1.- RÉGIMEN HIDROLÓGICO DE CAUDALES LÍQUIDOS	14
2.1.1.- OBTENCIÓN DE DATOS HIDROLÓGICOS BÁSICOS.....	14
2.2.- POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO	18
2.2.1.- POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES LÍQUIDOS	20
2.2.2.- POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES SÓLIDOS	23
2.3.- RÍOS TEMPORALES O EFÍMEROS SIN CAPACIDAD DE ALBERGAR FAUNA PISCÍCOLA Y/O VEGETACIÓN DE RIBERA.....	29
2.3.1.- CARACTERIZACIÓN DE LAS POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CAUDALES LÍQUIDOS	29
2.3.2.- CARACTERIZACIÓN DE LAS POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CAUDALES SÓLIDOS.....	29
2.4.- CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA.....	30
2.4.1.- RELACIÓN HÍDRICA ENTRE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y LOS RÍOS.....	30
3.- CAPÍTULO III: CARACTERIZACIÓN DE LA CONTINUIDAD DEL RÍO.....	33
3.1.- RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN E INVENTARIO DE OBSTÁCULOS	35
3.2.- CARACTERIZACIÓN DE LOS OBSTÁCULOS Y DE SUS CONDICIONES DE PASO.....	35
3.2.1.- TIPO DE OBSTÁCULO.....	35
3.2.2.- DIMENSIONES FÍSICAS DE LOS OBSTÁCULOS Y ESTIMACIÓN DEL CAUDAL CIRCULANTE.....	37
3.3.- ESTUDIO DEL EFECTO BARRERA DE CADA OBSTÁCULO PARA LOS DISTINTOS GRUPOS DE PECES.....	38
3.3.1.- AGRUPACIÓN DE LA FAUNA PISCÍCOLA.....	38
3.3.2.- ESTUDIO DEL EFECTO BARRERA DEL OBSTÁCULO EN ASCENSO.....	39
3.3.3.- ESTUDIO DEL EFECTO BARRERA DEL OBSTÁCULO EN DESCENSO.....	43
3.3.4.- EFECTO BARRERA COMBINADO DEL OBSTÁCULO EN ASCENSO Y DESCENSO.....	49
3.3.5.- DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE LA MASA DE AGUA POTENCIALMENTE CONECTADA CON LA PERMEABILIZACIÓN DEL OBSTÁCULO.	49
3.4.- ÍNDICE DE COMPARTIMENTACIÓN DE LA MASA DE AGUA (IC).....	51
3.5.- ÍNDICE DE CONTINUIDAD LONGITUDINAL DE LA MASA DE AGUA (ICL)	51
3.6.- RÍOS TEMPORALES O EFÍMEROS SIN CAPACIDAD DE ALBERGAR FAUNA PISCÍCOLA Y/O VEGETACIÓN DE RIBERA.....	52
4.- CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE	53
4.1.- VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA DEL CAUCE	53



4.1.1.-	TIPO DE FONDO DE VALLE	53
4.1.2.-	TIPOS MORFOLÓGICOS EN PLANTA.....	54
4.1.3.-	CARACTERIZACIÓN INICIAL DE LOS CAMBIOS DE TIPO MORFOLÓGICO EN LAS ÚLTIMAS DÉCADAS	58
4.1.4.-	IDENTIFICACIÓN DE TRAMOS MODIFICADOS POR ACCIONES DIRECTAS EN EL CAUCE ..	60
4.1.5.-	OTRAS ACTUACIONES HUMANAS QUE GENERAN ALTERACIONES EN LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA DEL CAUCE	60
4.2.-	ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO	65
4.2.1.-	TIPO DE SUSTRATO	65
4.2.2.-	TIPO DE SEDIMENTO	66
4.2.3.-	TIPO DE ESTRUCTURA LONGITUDINAL	69
4.2.4.-	FORMAS Y DEPÓSITOS EMERGENTES EN EL LECHO.....	72
4.2.5.-	MOVILIDAD DE SEDIMENTOS.....	74
4.2.6.-	ACTUACIONES HUMANAS QUE GENERAN ALTERACIONES DIRECTAS EN LA ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO	74
4.2.7.-	OTROS MICROHÁBITATS DIFERENCIABLES.....	75
4.3.-	ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA.....	76
4.3.1.-	RÍOS CON RIBERA DEFINIDA	78
4.3.2.-	RÍOS TEMPORALES O EFÍMEROS SIN CAPACIDAD DE ALBERGAR FAUNA PISCÍCOLA Y/O VEGETACIÓN DE RIBERA.....	81

ANEXOS

ANEXO I: TABLAS DE CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA DE TRABAJO DE GABINETE	84
ANEXO II: TABLAS DE CARACTERIZACIÓN DEL EFECTO BARRERA Y CONTINUIDAD LONGITUDINAL EN TRABAJO DE CAMPO.....	94
ANEXO III: VALORES KI PARA CALCULAR EL EFECTO DE BARRERA DE OBSTÁCULOS	99
ANEXO IV: TABLAS DE CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA EN TRABAJO DE CAMPO: SUBTRAMO DE MUESTREO.....	103



1.- CAPITULO I: INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA

1.1.- APLICABILIDAD

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

Para analizar todas las variables hidromorfológicas de este protocolo, es importante tener en cuenta que algunas de ellas tienen una componente semicuantitativa que debe ser tenida en cuenta y minimizada en la medida de lo posible. Para ello, se presentará cartografía detallada en formato compatible con sistemas de información geográfica de toda la información generada, que permita el cálculo detallado de todas las variables. Igualmente, en todo caso, todas las conclusiones deben ser revisadas y contrastadas con un adecuado criterio de experto.

1.2.- OBJETIVO

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

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

1.3.- NORMATIVA DE REFERENCIA

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

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



- Orden ARM/2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica.

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

- UNE – EN 5667-1: 2007 – Parte 1. Guía para el diseño de programas de muestreo y técnicas de muestreo.
- Norma Europea, EN 14614: 2004. Water Quality. *Guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers*. Traspuesta por AENOR, AEN/CTN 77 Medio Ambiente en norma española UNE-EN 14614: 2005. 21 pp.
- Norma Europea, EN 15843: 2010. Water Quality. *Guidance standard on determining the degree of modifications of river hydromorphology*. Traspuesta por AENOR, AEN/CTN 77 Medio Ambiente, en norma española UNE-EN 15843: 2010. 26 pp.

1.4.- MATERIALES Y FUENTES DE INFORMACIÓN

1.4.1.- TRABAJO DE GABINETE

Fuentes de información para la recopilación de información:

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

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

FUENTES DE INFORMACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DEL PROTOCOLO DE CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA			
INDICADOR	ELEMENTO DE CARACTERIZACIÓN	FUENTES DE INFORMACIÓN	LINKS
RÉGIMEN HIDROLÓGICO	Régimen hidrológico de caudales líquidos	Masas de aguas PHC	https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/default.aspx
		Red Oficial de Estaciones de Aforo (ROEA) / Sistema de Información del Anuario de Aforos	https://www.miteco.gob.es/en/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/anuario-de-aforos.aspx
		Atlas Nacional de España – Parte II Hidrología	http://www.ign.es/ane/ane1986-2008/
		Sistema Integrado de Precipitación Aportación (SIMPA)	https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/simpa.aspx
		Mapa de Caudales Máximos en Régimen natural (CAUMAX)	https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/snczi/mapa-de-caudales-maximos/
		Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH)	https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/saih/
		Planes hidrológicos de cuenca vigentes (caudales ecológicos)	https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/planificacion-hidrologica/planes-cuenca/default.aspx
	Conexión con masas de agua subterránea y grado de alteración de la misma	Estudios de “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”	http://info.igme.es/SIDIMAGENES/146000/838/146838_0000001.PDF
		Red Oficial de Seguimiento del Estado Cuantitativo: Red Piezométrica	https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/red-oficial-seguimiento/
	Posibles fuentes de alteración del régimen hidrológico	Cuencas y subcuencas hidrográficas	https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/cuencas-y-subcuencas.aspx
		Inventario de Presas y Embalses	https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/seguridad-de-presas-y-embalses/inventario-presas-y-embalses/
		Aprovechamientos hidroeléctricos: Centrales	https://www.mapama.gob.es/ide/metadatos/srv/spa/metadatos.show?id=11823&currTab=simple

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

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

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

1.4.2.- TRABAJO DE CAMPO

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

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

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

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

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

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

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

1.5.1.- TRAMOS HIDROMORFOLÓGICOS

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

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

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

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

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

encauzamientos o canalizaciones), responda a la existencia de cambios relevantes en la totalidad de la dinámica fluvial de la masa de agua.

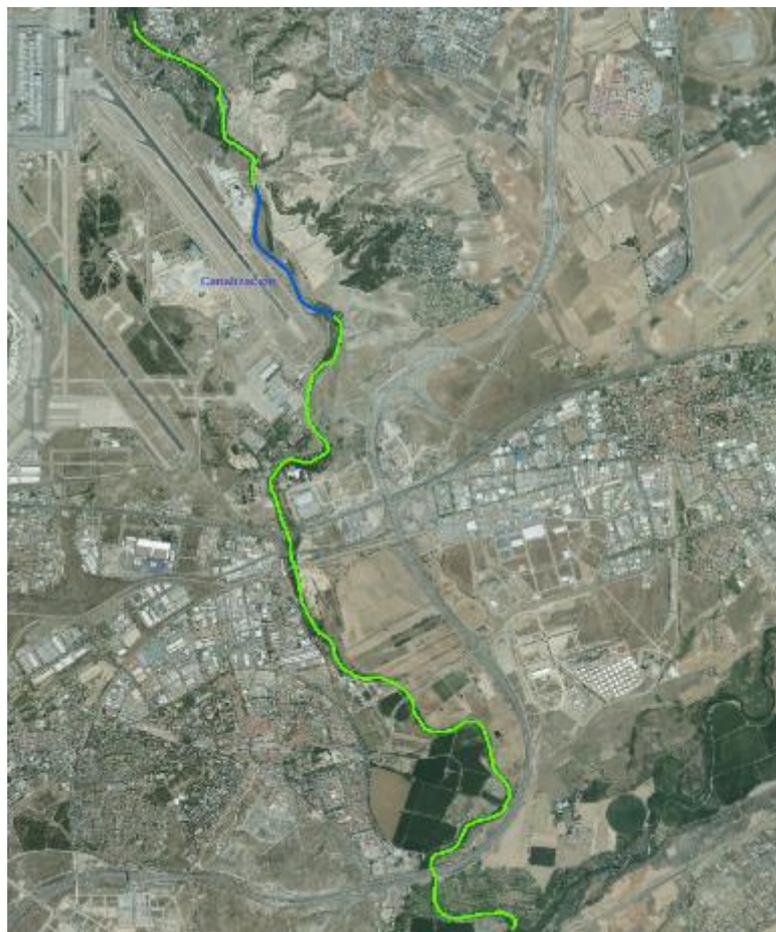
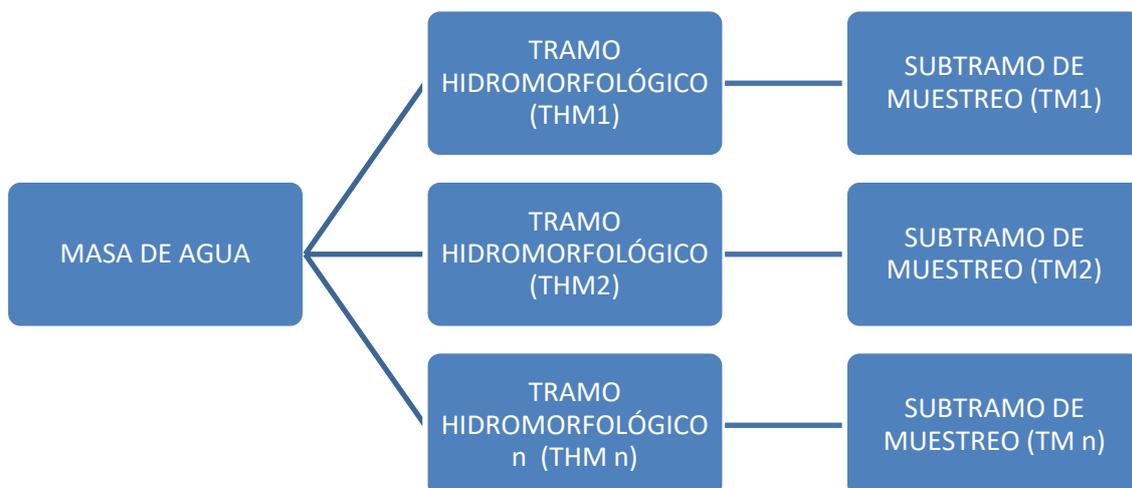


Figura 1- Ejemplo de caso en el que parte (en azul) de un tramo hidromorfológico homogéneo (en verde) de una masa de agua no alcanza una longitud suficiente como para ser considerada por sí misma un tramo independiente.

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

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



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

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

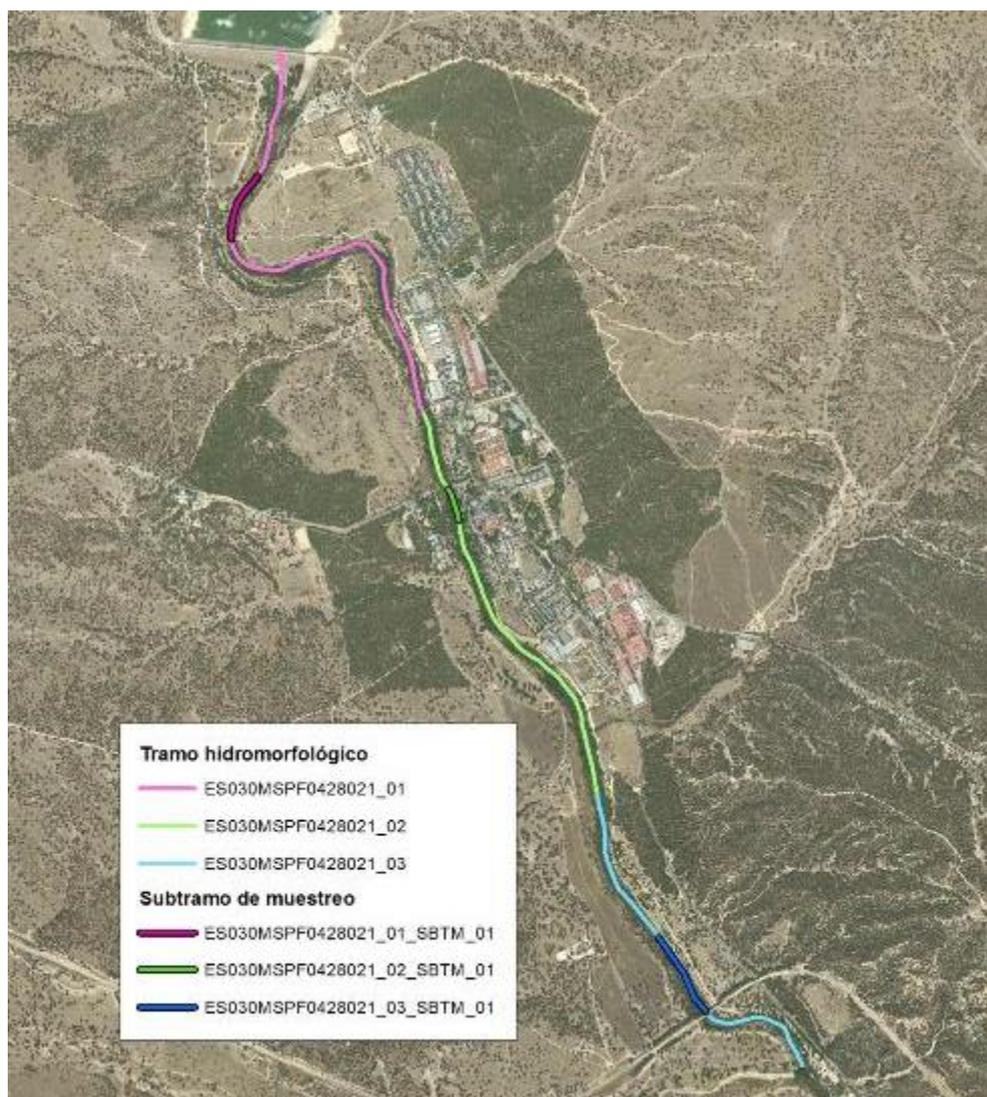


Figura 2.-Determinación cartográfica y atributos GIS de la división en tramos hidromorfológicos y subtramos de muestreo de una masa de agua.

1.5.2.- SUBTRAMO DE MUESTREO

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

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

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

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

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



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

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

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

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



1.6.- FRECUENCIA Y ÉPOCA DE CARACTERIZACIÓN

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

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

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

2.- CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO

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

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

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

2.1.- RÉGIMEN HIDROLÓGICO DE CAUDALES LÍQUIDOS

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

2.1.1.- OBTENCIÓN DE DATOS HIDROLÓGICOS BÁSICOS

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

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

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

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

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

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

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

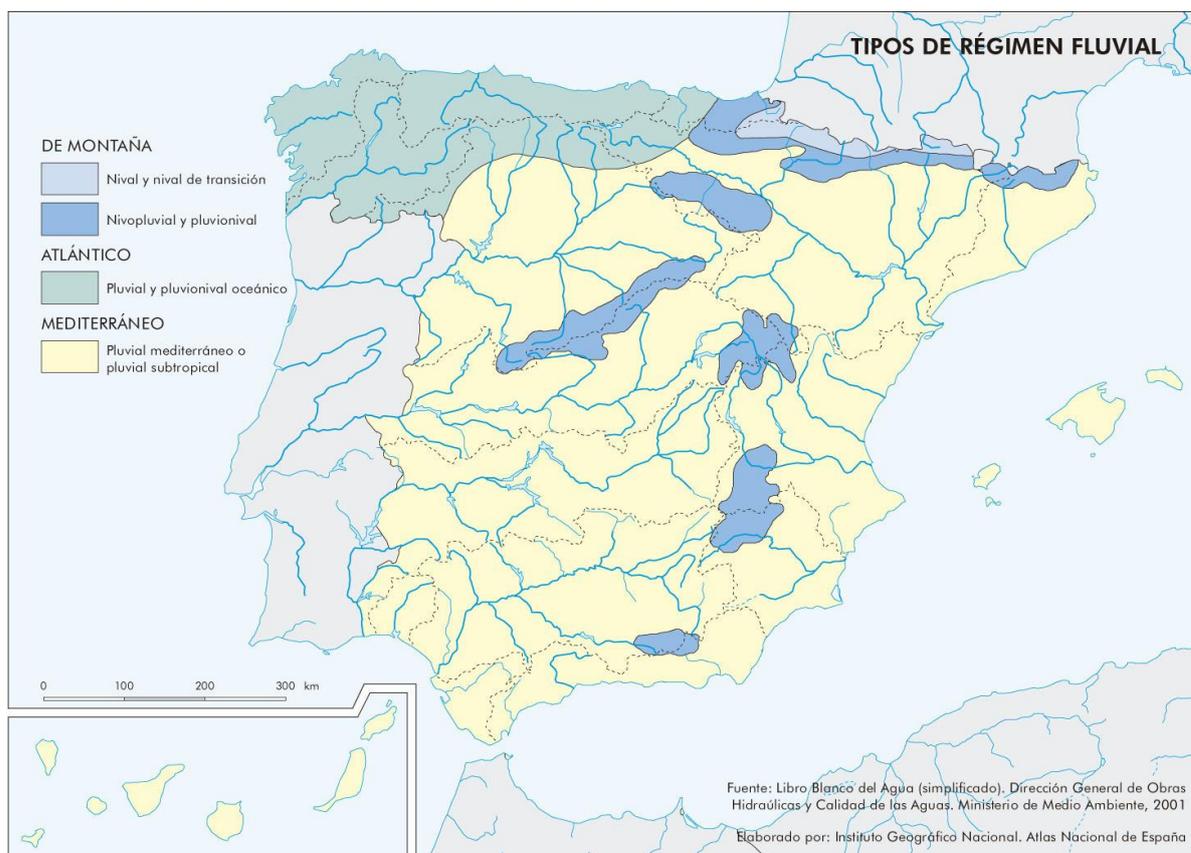


Figura 4.-Tipo de Régimen Fluvial: Atlas Nacional de España

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

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

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

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

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

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

- Caudales medios mensuales (m^3/s) y caudal medio anual (m^3/s) en toda la serie disponible del estudio de recursos hídricos de la demarcación.
- Caudales medios mensuales (m^3/s) y caudal medio anual (m^3/s) en la serie corta, la cual comienza en 1980/81 y finalizará con la última fecha disponible en el estudio de recursos hídricos de la demarcación.

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

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

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

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

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

En el caso de ser cuencas menores a $50 km^2$, estos valores se podrán estimar mediante la aplicación del método racional en CAUMAX.

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

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

- Caudales medio mensuales (m^3/s) y caudal medio anual (m^3/s) en toda la serie disponible en la estación de aforos característica.
- Caudales medio mensuales (m^3/s) y caudal medio anual (m^3/s) en los últimos años comunes con los datos de las estaciones de aforo y el régimen natural, intentando que se aproximen al periodo iniciado a partir de 1980/81, 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 u otro estudio disponibles en la cuenca	1940/41-actualidad	Caudal medio anual (m^3/s)
			Caudales medios mensuales (m^3/s)
		1980/81-actualidad	Caudal medio anual (m^3/s)
			Caudales medios mensuales (m^3/s)
	CAUMAX u otros estudios disponibles en la cuenca	-	Caudales máximos instantáneos en régimen natural (m^3/s) asociados a los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 100 y 500 años
			Caudal estimado de la máxima crecida ordinaria (m^3/s) y período de retorno asociado.
REAL	Aforos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Registros ▪ Extrapolación ▪ Simulación 	Disponible	Caudal medio anual (m^3/s)
			Caudales medios mensuales (m^3/s)
			Caudal máximo instantáneo registrado (m^3/s) en la estación de aforos
			Caudal medio anual (m^3/s)
		Últimos años comunes a partir de 1980/81	Caudales medios mensuales (m^3/s)
			Caudal máximo instantáneo registrado (m^3/s) en la estación de aforos
			Número de veces que se ha superado la máxima crecida ordinaria desde octubre de 1980

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



Por último, se recogerán los caudales ecológicos calculados en el Plan hidrológico de cuenca que afecten a la cuenca vertiente de la masa de agua en estudio (caudales ecológicos máximos, mínimos, crecidas generadoras y tasa de cambio).

2.2.- POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO

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

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

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

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

PRINCIPALES ACCIONES ANTRÓPICAS QUE ALTERAN EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO Y SUS EFECTOS	
ACCIONES ANTRÓPICAS	PRINCIPALES EFECTOS SOBRE EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CAUDALES LIQUIDOS Y SÓLIDOS
<p>Grandes presas: $H > 15 \text{ m}$ ó $10 < H < 15 \text{ m}$ y $V_e > 1.000.000 \text{ m}^3$</p> <p><i>Siendo H la altura desde la base de la cimentación y Ve el volumen del embalse. (art 358 Reglamento DPH)</i></p>	<p>Regulación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modificación en magnitud, variabilidad y estacionalidad de los caudales ordinarios. <p>Laminación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modificación en magnitud y frecuencia de las avenidas. <p>Transporte de sedimentos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modificación en tipología y magnitud. (caudales sólidos)
<p><i>Detracciones significativas de agua en la cuenca no asociadas ni a grandes presas ni a riegos, incluyendo trasvases.</i></p>	<p>Reducción/aumento de caudales (alteración en magnitud). Alteración de la estacionalidad Para el caso de trasvases, además: En masa de agua donante: Reducción de caudales. En masa de agua receptora: Incremento de caudales.</p>
<p>Centrales hidroeléctricas</p>	<p>Generación de hidrópicos por turbinado:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modificación de la variabilidad y las tasas de cambio <p>Transferencia/trasvase de caudales a otras cuencas</p>
<p><i>Impermeabilización por zonas urbanas, periurbanas e industriales.</i></p>	<p>Aumento de la escorrentía (alteración en magnitud y frecuencia de caudales ordinarios y avenidas habituales). Disminución de la generación de sedimentos.</p>
<p>Vertidos <i>Estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) de >10.000 hab-eq, Vertidos industriales, de refrigeración y otras aportaciones significativas</i></p>	<p>Aumento de caudales (alteración en magnitud). Alteración de la estacionalidad. Disminución de la generación de sedimentos.</p>
<p>Riegos (Derivaciones y retornos)</p>	<p>Reducción/aumento de caudales (alteración en magnitud). Alteración de la estacionalidad</p>
<p><i>Extracciones de áridos, estructuras de retención de sedimentos, azudes, etc.</i></p>	<p>Reducción de la generación y/o transporte de sedimentos (caudales sólidos)</p>

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

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

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

DEFINICIÓN	DENOMINACIÓN
Aportación anual, en régimen natural, en la sección de cierre de la masa de agua de la serie corta (1980/81-actualidad).	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	$\sum VoIE$ (hm ³)
Superficie de la cuenca vertiente en la sección de cierre de la masa de agua.	Sc (km ²)
Superficie regulada por grandes presas en la cuenca en la sección de cierre de la masa de agua (superficie dominada)	Sc_Regulada (km ²)
Detracción anual media autorizada (No asociada ni a grandes presas ni a riegos)	Detmedia (hm ³)
Aportación adicional anual media recibida por trasvase en la masa de agua.	ApTRmedia (hm ³)
Caudal máximo instantáneo, en régimen natural, en la sección de cierre de la masa de agua, para un período de retorno de 10 años.	QT10RN (m ³ /s)
Sumatorio de los caudales concesionales (Qcs) de las centrales hidroeléctricas (no fluyentes y no dominadas) de la cuenca de la masa. Una central se considera "dominada" cuando aguas abajo tiene una gran presa. Se excluyen los caudales de centrales con grandes presas aguas abajo, porque los posibles hidrópicos que generasen quedarían regulados por la gran presa, sin afectar, por tanto, al régimen en la sección de cierre de la masa de agua. Una central se considera fluyente cuando el azud que deriva tiene un vaso con una capacidad de almacenamiento no significativa, de acuerdo con lo establecido por el Organismo de cuenca Se excluyen los caudales de centrales fluyentes porque al no tener capacidad significativa de almacenamiento, se asume que los hidrópicos que generan no son significativos. En el caso de distancias elevadas entre los azudes de derivación de las centrales y la gran presa aguas abajo se evaluará su inclusión caso por caso. (Ver nota explicativa apartado 2.2.1 del anexo I de este Protocolo)	$\sum Q(\text{CENTRALES})$ (m ³ /s)
Q medio anual en régimen natural en la sección de cierre de la serie corta (1980/81-actualidad).	QmRN (m ³ /s)
Superficie impermeabilizada en la cuenca. Se entiende por superficie impermeabilizada la ocupada por usos del suelo que limitan significativamente la infiltración. En aquellas cuencas muy urbanizadas se procederá al cálculo de la superficie impermeabilizada de la intercuenca de la masa de agua en estudio.	Sc_imperm (km ²)
Sumatorio de los vertidos anuales autorizados para EDAR (más de 10.000 habitantes equivalentes), industriales, de refrigeración u otros retornos significativos ubicados aguas arriba de la sección de cierre de la masa de agua y que no estén dominadas. Se excluyen las dominadas porque se asume que el embalse que las domina –situado aguas abajo y antes de la sección de cierre de la masa de agua-, limita el efecto del vertido tanto en magnitud como en estacionalidad. En el caso de distancias elevadas entre los vertidos y la gran presa aguas abajo se evaluará su inclusión caso por caso.	\sum Vertido anual autorizado (hm ³)
Superficie de regadío en la cuenca.	Sc_regadío (km ²)

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

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

DENOMINACIÓN	FUENTES DE OBTENCIÓN DE DATOS
<i>ApRN (hm³)</i>	Dato obtenido a partir de SIMPA (CEDEX) o bien de modelos o fuentes de información equivalentes al mismo y propias del Organismo de cuenca.
$\Sigma VoIE (hm^3)$	Base de datos asociada al Geoportal del Ministerio, inventario de presas y embalses o bases de datos del Organismo de cuenca.
<i>Detmedia (hm³)</i> <i>ApTRmedia (hm³)</i>	Datos de las concesiones existentes en la cuenca de la masa de agua que no estén asociadas a grandes presas o regadíos, que ya tienen su indicador asociado. En el caso de trasvases, normativa que lo regule. En el caso de un trasvase consecuencia de una explotación hidroeléctrica que tome agua en una masa y la retorne en otra, esta variable puede estimarse a partir del sumatorio los caudales nominales autorizados de la central.
<i>Sc (km²)</i>	Base de datos asociada al Geoportal del Ministerio (Geoportal: <i>cuencasmpf.shp</i>) o bases de datos del Organismo de cuenca.
<i>QT10RN (m³/s)</i>	CAUMAX y Geoportal del Ministerio: Gestión de riesgos de inundación: caudales máximos.
$\Sigma Q(CENTRALES) (m^3/s)$	Base de datos asociada al Geoportal del Ministerio: inventario de aprovechamientos hidroeléctricos. Bases de datos del Organismo de cuenca.
<i>QmRN (m³/s)</i>	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.
<i>Sc_imperm (km²)</i>	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 (hm ³)	Base de datos asociada al Geoportal del Ministerio. Base de datos del Organismo de cuenca: Autorizaciones de vertido
<i>Sc_regadío (km²)</i>	Superficie de regadío: Tabla atributos SIOSE. Campo: Atributos; Código: 32 (regadío regado). Para superficie: campo SUPERRF_HA_

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

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

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

ACCIÓN	ALTERACIÓN	INDICADORES DE CARACTERIZACIÓN		
		DEFINICIÓN	INTERPRETACIÓN	CÓDIGO
Regulación de caudales	Regulación: alteración de magnitud, variabilidad y estacionalidad	Cociente entre el volumen total de los embalses de la cuenca y la aportación anual. $\frac{\sum VoE}{ApRN}$	Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad potencial de regulación.	ICAH 1 (deberá tomarse el valor que representa la combinación más crítica de alteraciones hidrológicas potenciales)
		Cociente entre el sumatorio de las detracciones anuales medias significativas no asociadas a grandes presas o regadíos y la aportación anual $\frac{\sum Detmedia (hm^3)}{ApRN (hm^3)}$	Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad para alterar el régimen hidrológico.	
		Cociente entre el sumatorio de las aportaciones anuales media recibidas por el trasvase $\frac{\sum ApTRmedia (hm^3)}{ApRN (hm^3)}$	Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad para alterar el régimen hidrológico.	
Regulación de caudales	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. $\frac{\sum VoE}{(0,0864^{1*} QT10RN)}$ <small>1 Coeficiente de transformación a días</small>	Ese cociente puede interpretarse como el número de días que tardarían en llenarse todos los embalses de la cuenca si estuviese circulando de manera constante el Q10. Valores altos informan de una alta capacidad potencial para alterar las avenidas.	ICAH 2
	Hidrópicos: Alteración de la variabilidad y las tasas de cambio.	Cociente entre los caudales autorizados a las centrales hidroeléctricas y el caudal medio diario anual en la masa. $\frac{\sum Q(CENTRALES)}{QmRN}$	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. Sc_imper / Sc	Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad potencial de incrementar la escorrentía.
Vertidos	Alteración en magnitud y la estacionalidad de los caudales ordinarios.	Cociente entre el vertido anual autorizado y la aportación anual. $\frac{\sum Vertido\ anual\ autorizado}{ApRN}$	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. $Sc_regadío / Sc$	Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad potencial de afectar a la magnitud y estacionalidad de los caudales.	ICAH 6

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.2.2.1.- Fuentes de generación de sedimentos

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

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

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

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

2.2.2.2.- Fuentes de generación de déficits de sedimentos

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

2.2.2.2.1.- Grandes presas

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

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

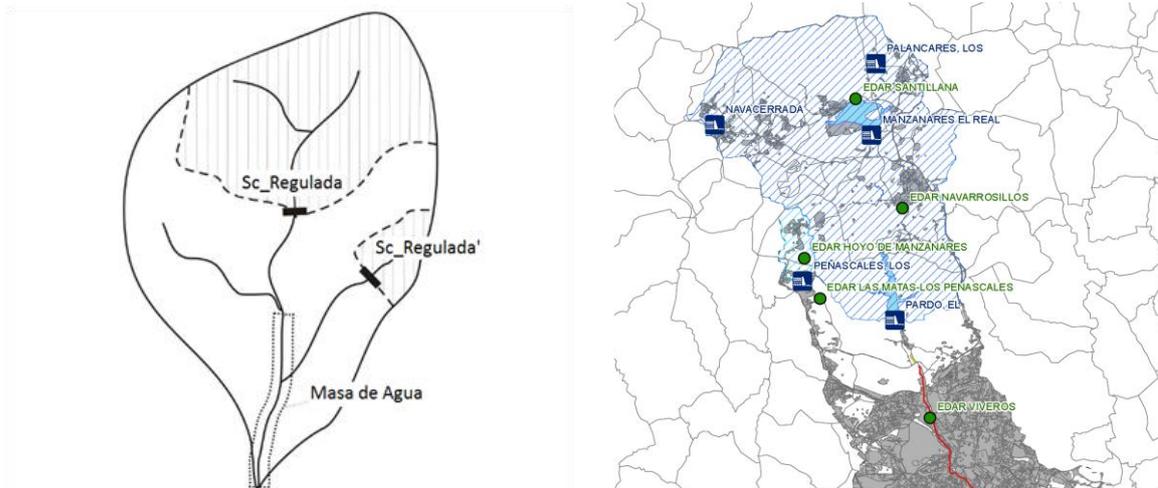


Figura 5.- Croquis de la Superficie regulada por grandes presas en la cuenca vertiente a una masa de agua

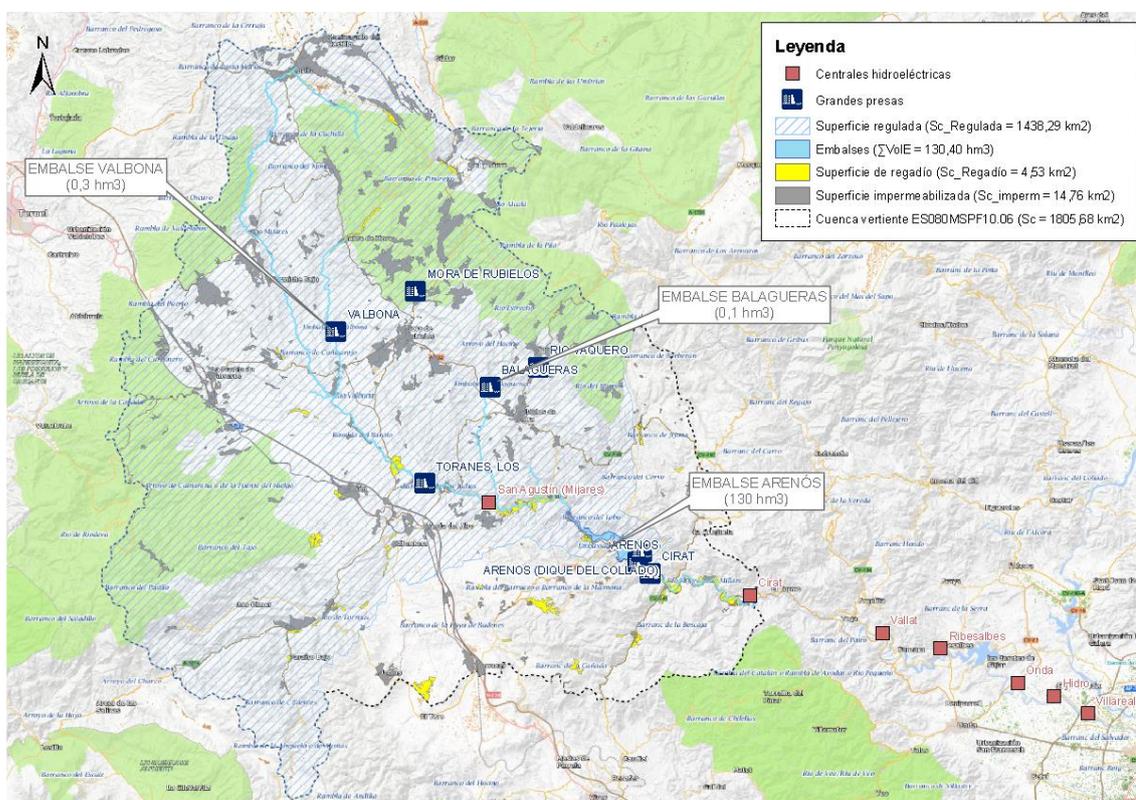


Figura 6- Ejemplo: cuenca vertiente y superficie regulada aguas arriba de masa de agua

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

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

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

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

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

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

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

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

2.2.2.2.3.- Extracciones de áridos

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.4.- CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

El régimen de un río depende de varios factores interdependientes entre sí. Entre estos factores cabe enumerar las precipitaciones, la temperatura, el relieve, la vegetación, la edafología y la geología. Concretamente, ésta última condiciona la naturaleza de los suelos, la litología y la estructura. En particular, la litología y sus procesos (alteración, disolución, fracturación, etc.) influyen definitivamente en la existencia de acuíferos dentro de la cuenca y a su vez, el tipo de flujo está influenciado por la litología y la estructura del acuífero. Como se ha comentado, el tipo de flujo determinará la tipología

de interacciones con el agua superficial. Desde el punto de vista litológico, en términos generales se pueden diferenciar *acuíferos detríticos*, *acuíferos carbonatados*, *acuíferos fracturados* y *acuíferos* formados por alteración superficial.

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

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

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

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

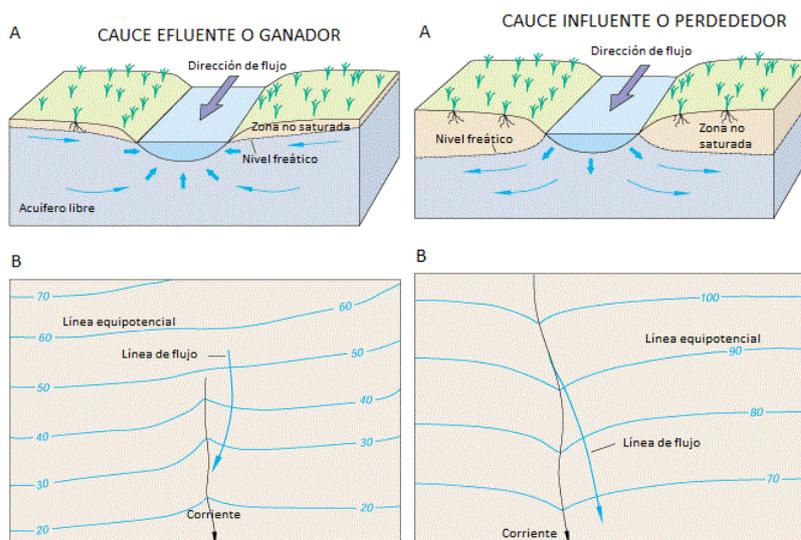


Figura 7.- Sentido de la relación acuífero-río

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

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

- **Puntual:** La relación de ganancia o pérdida se produce de forma localizada y visible en lugares y puntos concretos de un determinado tramo de un río. Se pueden diferenciar los siguientes subtipos principales:
- **Punto único:** La descarga o pérdida de agua se produce de forma visible en un único lugar.
- **Puntual agrupada:** La descarga o pérdida de agua tiene lugar a través de varios puntos de agua perfectamente 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Las fases del proceso son:

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

3.1.- RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN E INVENTARIO DE OBSTÁCULOS

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

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

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

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

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

3.2.1.- TIPO DE OBSTÁCULO

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



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

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

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

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

Tabla 14.-Variables para los distintos tipos de obstáculos

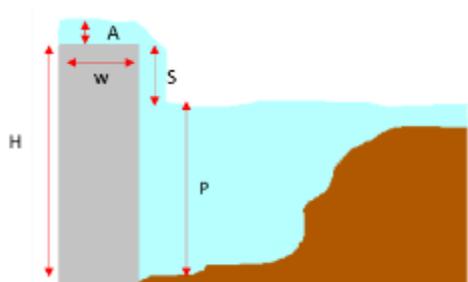


Figura 9.-Variables para obstáculos de salto vertical

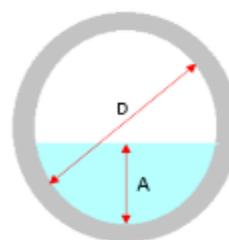


Figura 10.-Variables para obstáculos tipo paso entubado

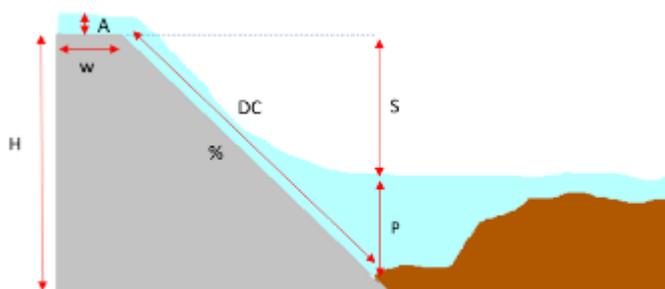


Figura 11.-Variables para obstáculos tipo paso sobre paramento

En caso de obstáculos mixtos, habrán de tomarse las variables correspondientes a todos los tipos básicos que incluya el obstáculo en cuestión. Deberán revisarse los cálculos de continuidad de aquellas masas de agua con presencia de obstáculos naturales anteriores a las presiones antrópicas existentes en los que la presión antrópica no suponga un incremento del efecto barrera que ya producía el obstáculo natural.

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

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

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

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

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

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

3.3.1.- AGRUPACIÓN DE LA FAUNA PISCÍCOLA

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

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

La metodología aquí expuesta se aplicará de forma general siempre a los tres grupos iniciales de especies piscícolas indicados anteriormente, independientemente de si están o no presentes

actualmente en la masa de agua. El grupo 4, debido a sus especiales características, se evaluará únicamente en aquellas masas de agua de interés para la conservación de la anguila.

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

3.3.2.- ESTUDIO DEL EFECTO BARRERA DEL OBSTÁCULO EN ASCENSO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3.3.3.- ESTUDIO DEL EFECTO BARRERA DEL OBSTÁCULO EN DESCENSO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

En descenso se deberá prestar atención a:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

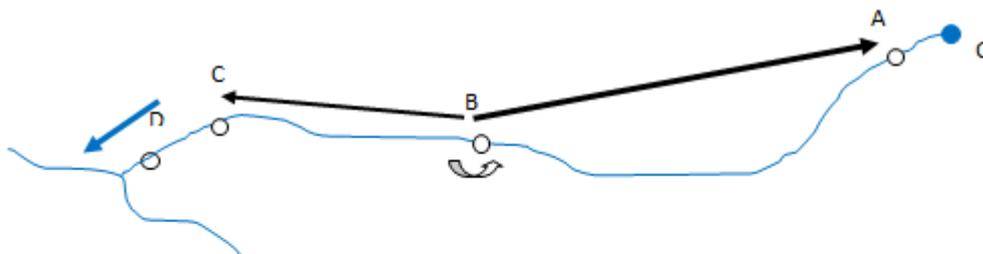
El valor final de índice de franqueabilidad global del obstáculo para cada grupo será la suma de cada índice de franqueabilidad en ascenso y descenso multiplicado por su correspondiente peso. El valor final del índice para el obstáculo, será la media de los valores finales de cada grupo.

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

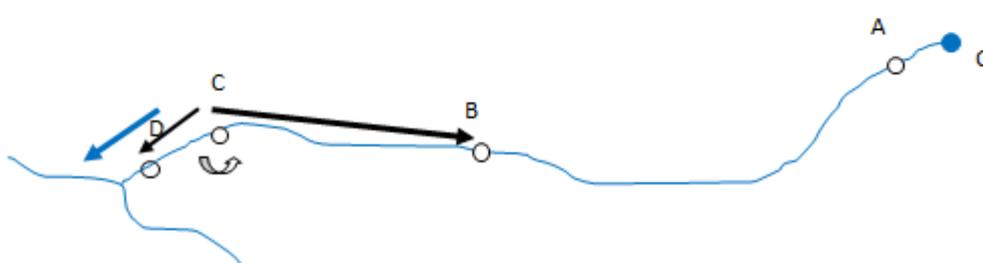
Finalmente, con el fin de priorizar posibles actuaciones, para aquellos obstáculos que no tengan un índice de franqueabilidad global de 10, se procederá a la determinación de la longitud de la masa de agua susceptible de ser conectada con la mejora de la franqueabilidad del azud, a través de la mejora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

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

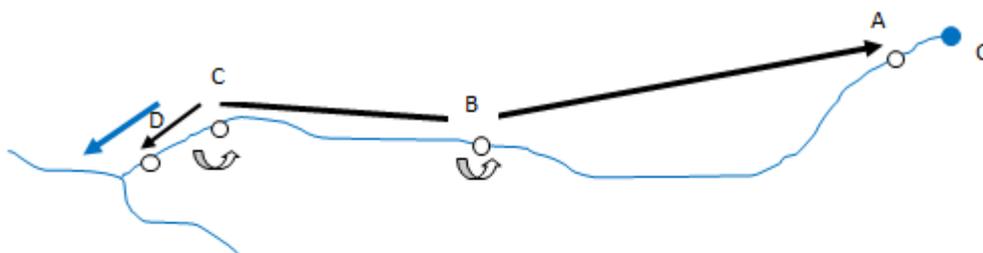
Caso 1. Eliminación o permeabilización del obstáculo B. Longitud permeabilizada en ascenso= B-A, longitud permeabilizada en descenso= C-B, longitud permeabilizada total= C-A



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



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



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

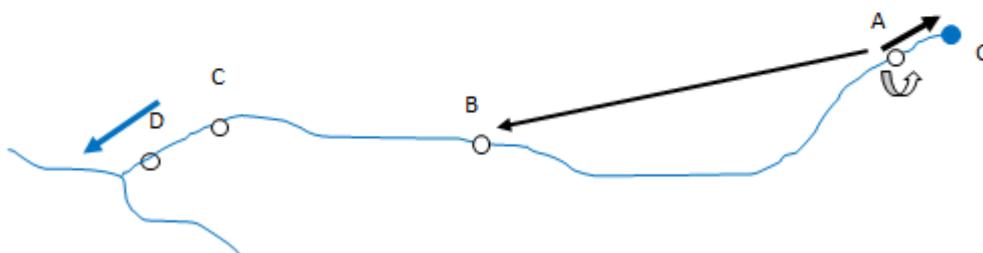


Figura 12. Segmento de masa de agua susceptible de ser reconectada según la posición del obstáculo.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dónde:

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

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

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

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

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

Tabla 25.-Valores de movilidad para las especies

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.1.- VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA DEL CAUCE

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

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

4.1.1.- TIPO DE FONDO DE VALLE

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

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

El fondo de valle se define como

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

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



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

4.1.2.- TIPOS MORFOLÓGICOS EN PLANTA

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

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

En primer lugar se completarán los tipos naturales o referencia, entendiendo estos como los diseñados por el propio río, a partir de fotos históricas y conceptos y fórmulas teóricas basadas en la pendiente y el caudal dominante que puede ser estimado a partir de CAUMAX como máxima crecida ordinaria. Una fotografía aérea muy útil como referencia es la realizada en los años 1956-57, existente para la totalidad del territorio estatal, que en general muestra un estado anterior al de las grandes transformaciones en las cuencas fluviales, pero a su vez con unas características de erosión, cobertura forestal, régimen de caudales, pastoreo, etc. muy diferentes a las actuales, por lo que debe tomarse con prudencia y no considerarse por defecto como referencia.

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

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

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

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

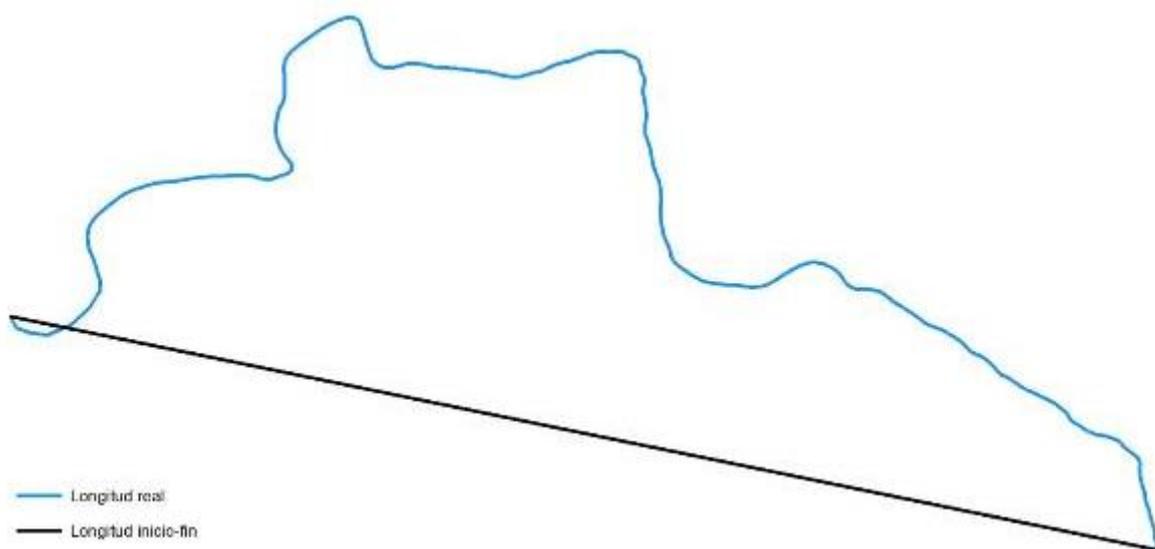


Figura 14.-Cálculo del Índice de sinuosidad

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

- *Recto*: cauce único con índice de sinuosidad inferior a 1,1.
- *Sinuoso*: cauce único con índice de sinuosidad entre 1,1 y 1,3.
- *Meandriforme*: cauce único con índice de sinuosidad superior a 1,3.

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

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

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

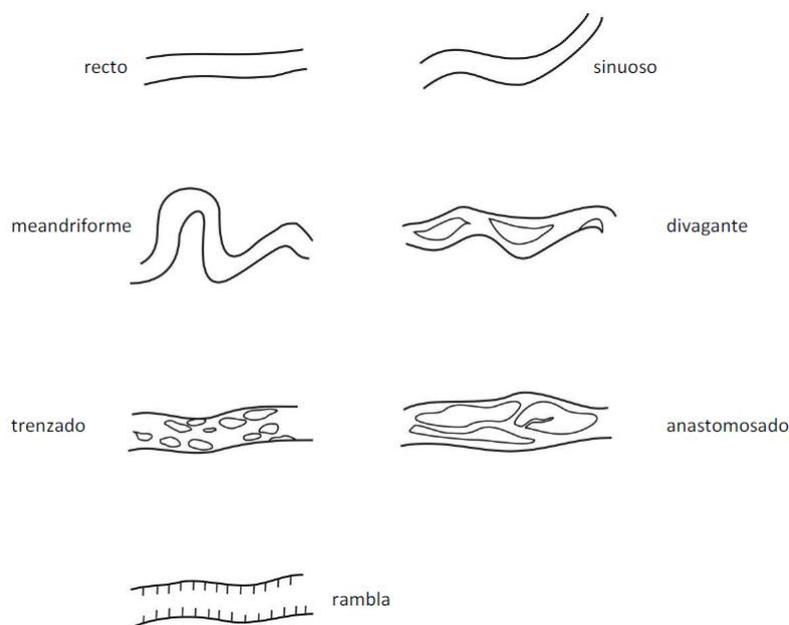


Figura 15.-Tipos morfológicos en planta



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

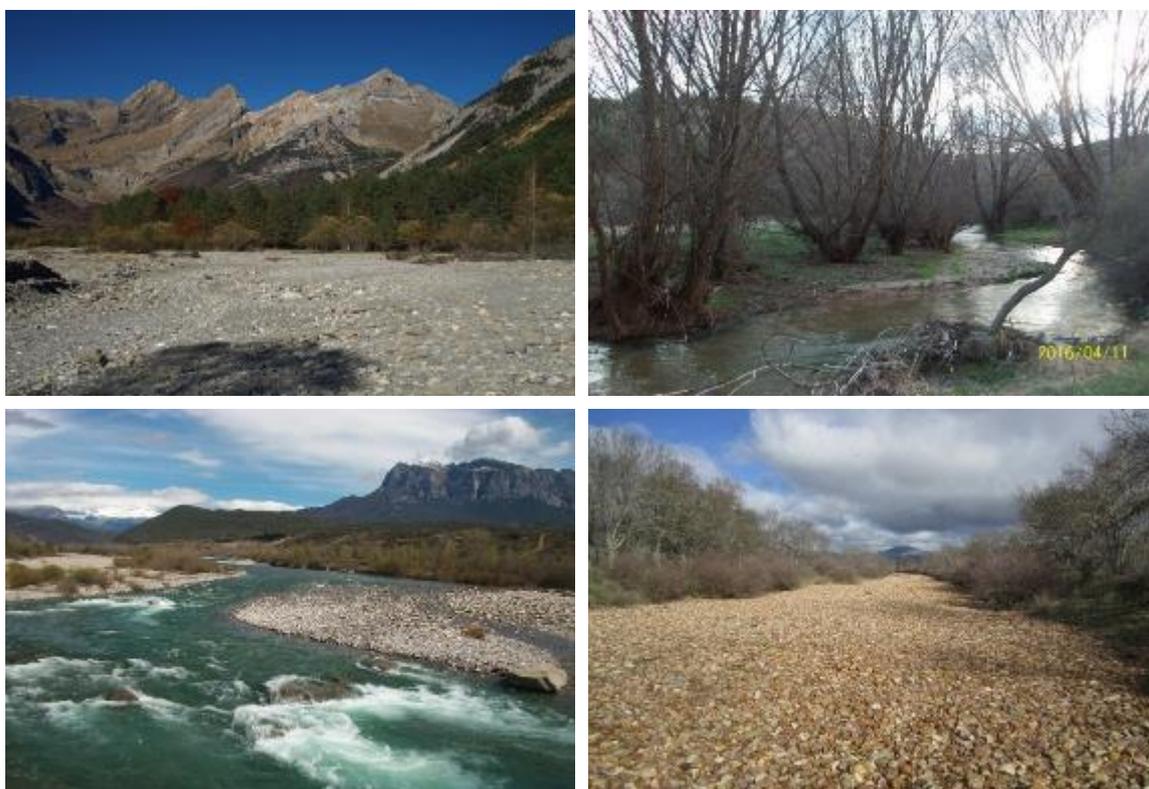
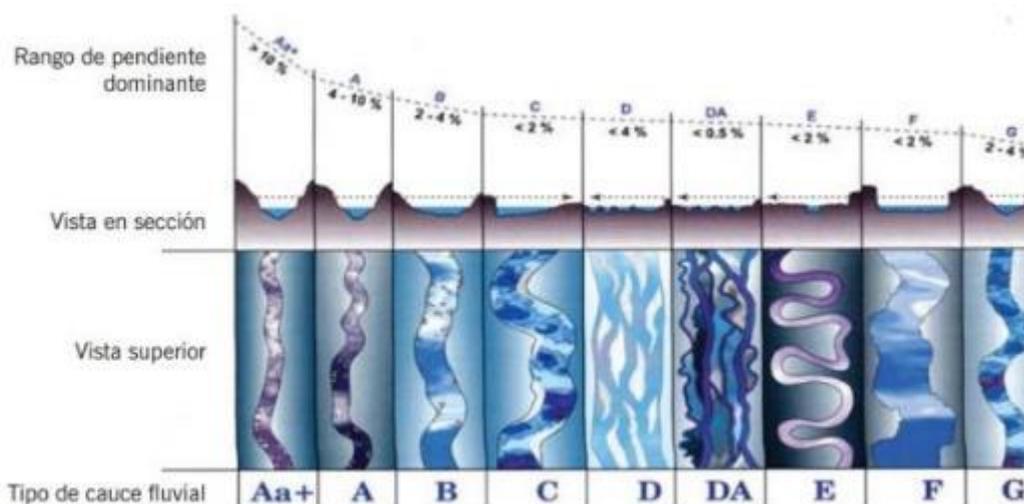


Figura 17. Tipo morfológicos en planta de arriba abajo y de izquierda a derecha: divagante, anastomosado, trenzado, rambla

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

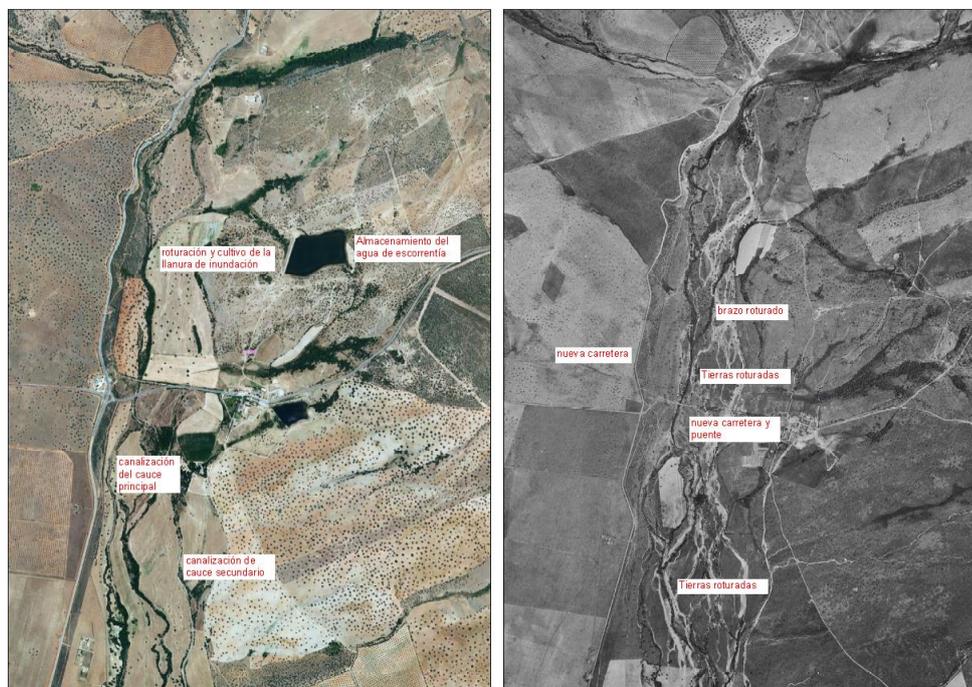


Figura 19.-Análisis de los cambios de la morfología fluvial en una masa de agua

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

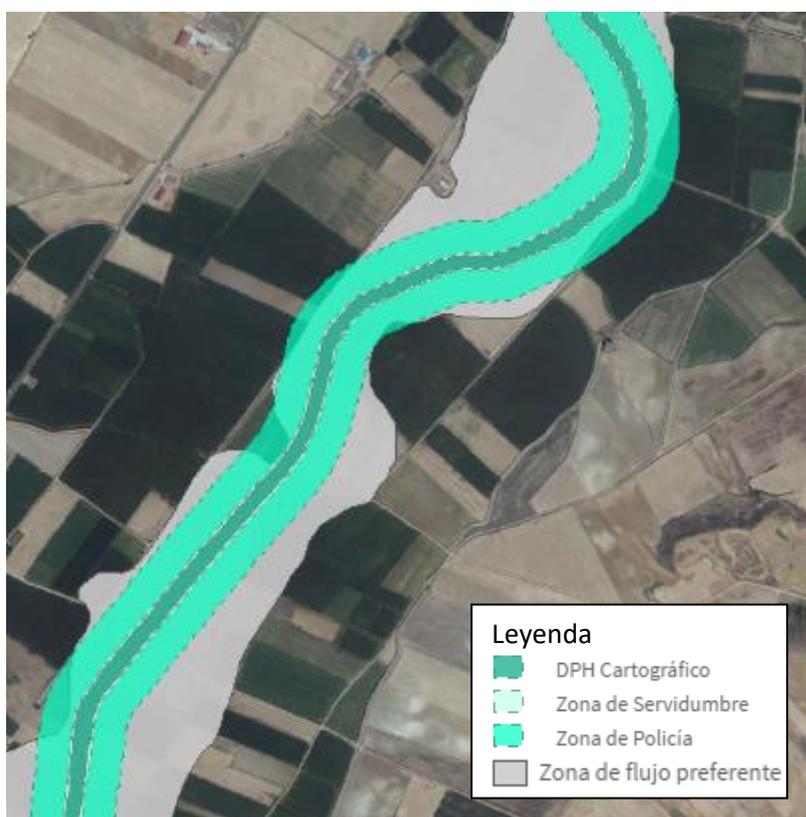


Figura 21.-DPH cartográfico, zona de servidumbre, zona de policía y zona de flujo preferente tomado del visor del SNCZI.

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

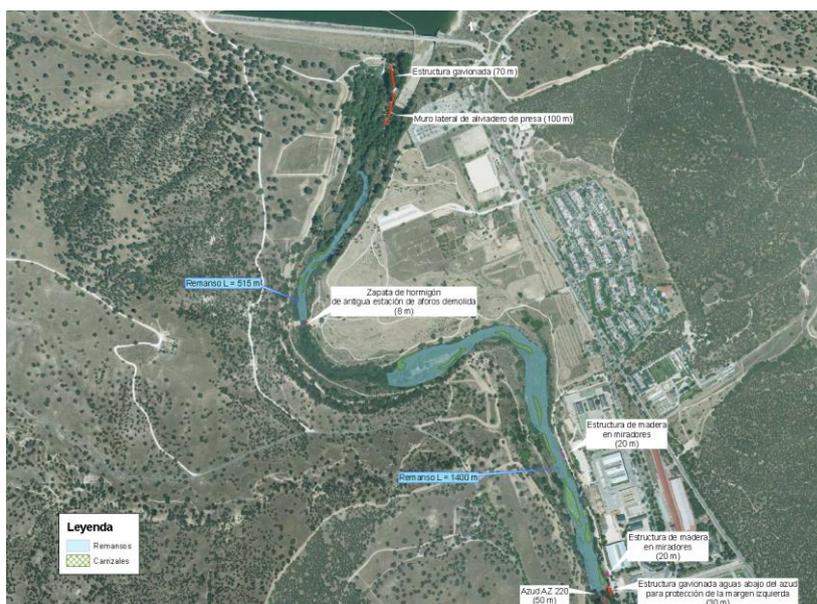


Figura 23.-Cartografía de las zonas de remanso generadas por obstáculos transversales en una masa de agua

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

4.1.5.4.- Síntomas de dinámica vertical acelerada

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

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

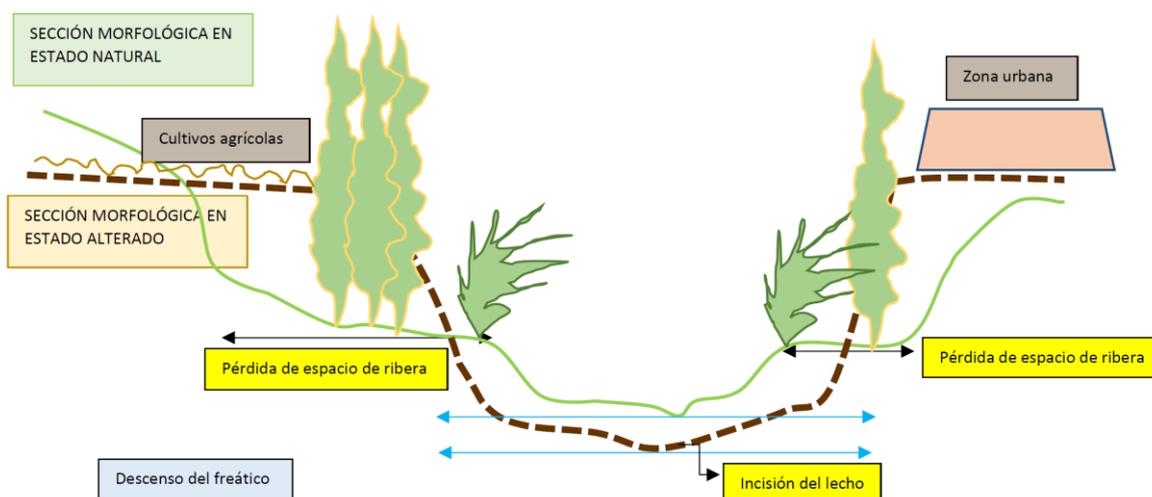


Figura 24.-Efecto de incisión en el lecho como consecuencia del estrechamiento del cauce por ocupación de las márgenes del río

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



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

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

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

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

4.2.- ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO

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

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

4.2.1.- TIPO DE SUSTRATO

El sustrato del lecho se clasificará según los siguientes tipos:

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

4.2.2.- TIPO DE SEDIMENTO

4.2.2.1.- Tamaño dominante del sedimento

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

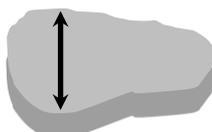


Figura 26.-Dimensión a considerar para caracterizar el tamaño dominante del sedimento

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

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

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

Tabla 27.-Tipos y tamaño dominante del sedimento



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

4.2.2.2.- Clasificación de sedimentos

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

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

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



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

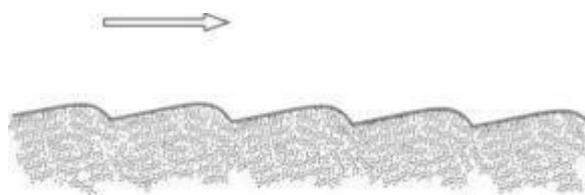


Figura 29.- Imbricación (ripples) en el lecho arenoso

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

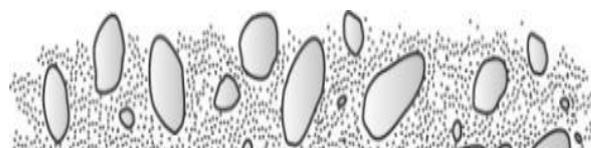
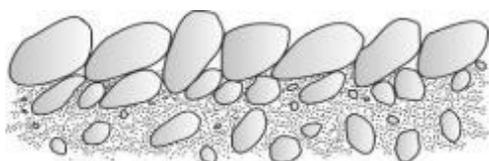




Figura 30.-Acorazamiento excesivo



Figura 31.- Acorazamiento débil

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



Figura 32.-Barras bien formadas



Figura 33.- Barras incipientes, mal estructuradas

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

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

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

4.2.3.- TIPO DE ESTRUCTURA LONGITUDINAL

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

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

ESTRUCTURA LONGITUDINAL:

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

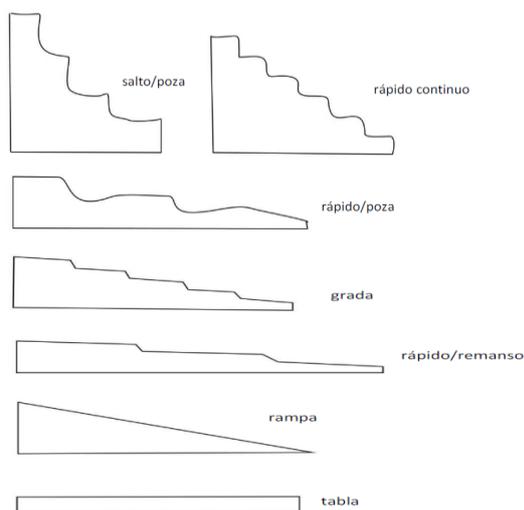


Figura 34.- Tipo de estructuras longitudinales

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

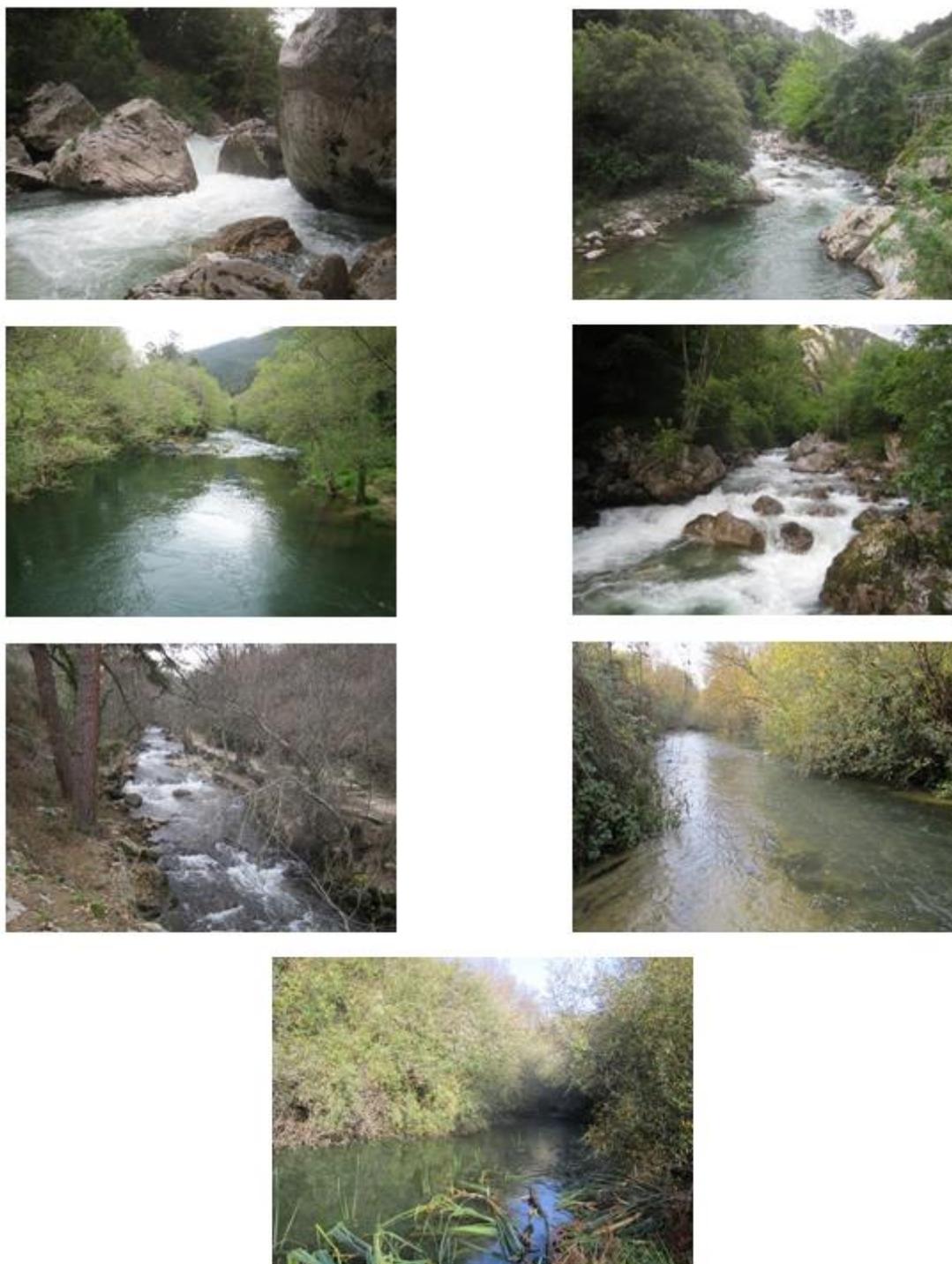


Figura 35.-Tipos naturales de estructura longitudinal: (I) Salto/poza, (II) Rápido/poza, (III) Rápido/remanso, (IV) Rápido continuo, (V) Grada, (VI) Rampa y (VII)

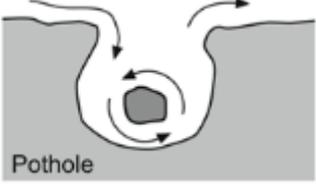
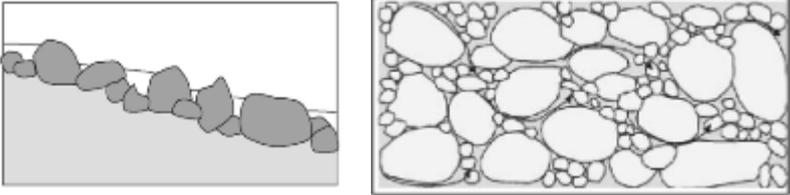
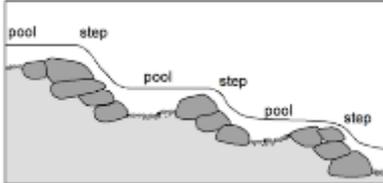
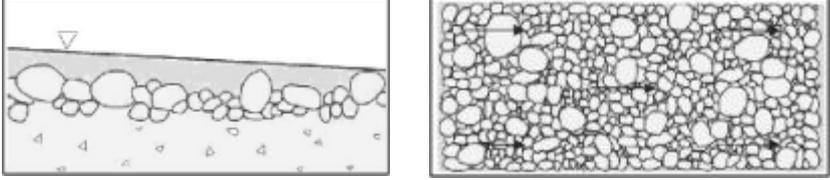
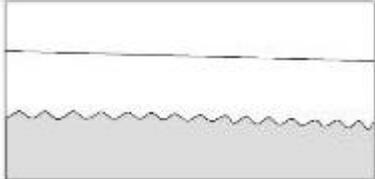
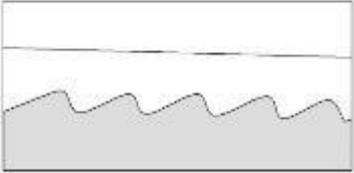
Unidad geomorfológica	Esquema
<p>Poza o Marmita de gigante (pothole)</p>	 <p>Pothole</p> <p>Bache (perfil)</p>
<p>Salto de agua (Cascade)</p>	 <p>Salto de agua (perfil y planta)</p>
<p>Salto-poza (Step-pool)</p>	 <p>Step – pool (perfil)</p>
<p>Rápidos y pozas (Riffle-pool)</p>	 <p>Riffle – pool (perfil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

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

4.2.4.- FORMAS Y DEPÓSITOS EMERGENTES EN EL LECHO

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

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

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

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

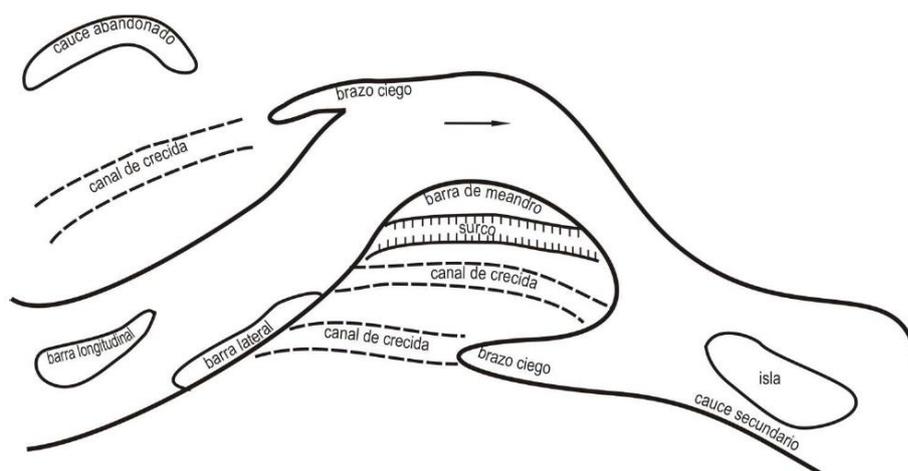


Figura 37.-Formas o depósitos de sedimentos emergentes del lecho

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

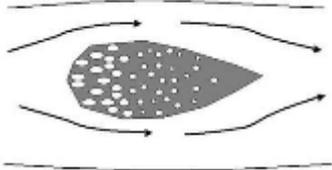
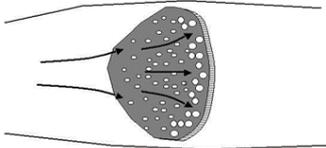
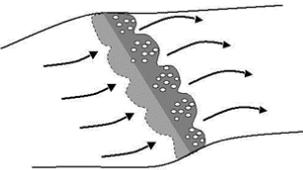
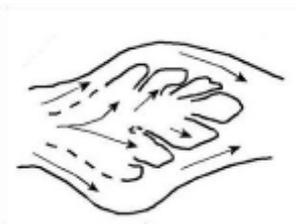
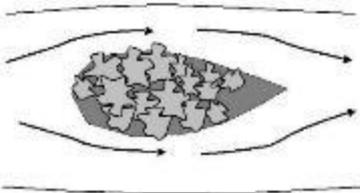
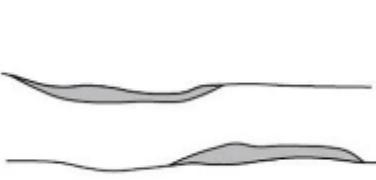
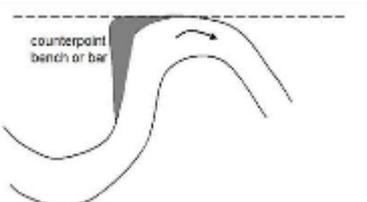
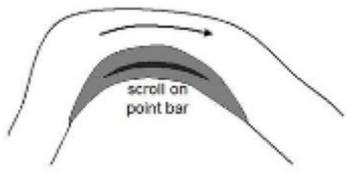
Unidad geomorfológica	Esquema
BARRA EN MEDIO DEL CAUCE	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Barra longitudinal (planta)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Barra transversal (planta)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Barra diagonal (planta)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Barra compleja (planta)</p> </div> </div>
ISLA	<div style="text-align: center;">  <p>Isla (planta)</p> </div>
BARRA EN MARGENES (marginal bar)	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Barra lateral (planta)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Barra de meandro (planta)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Counter - point bar (planta)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Scroll on point bar (planta)</p> </div> </div>

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

4.2.5.- MOVILIDAD DE SEDIMENTOS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2.7.- OTROS MICROHÁBITATS DIFERENCIABLES

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

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

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

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

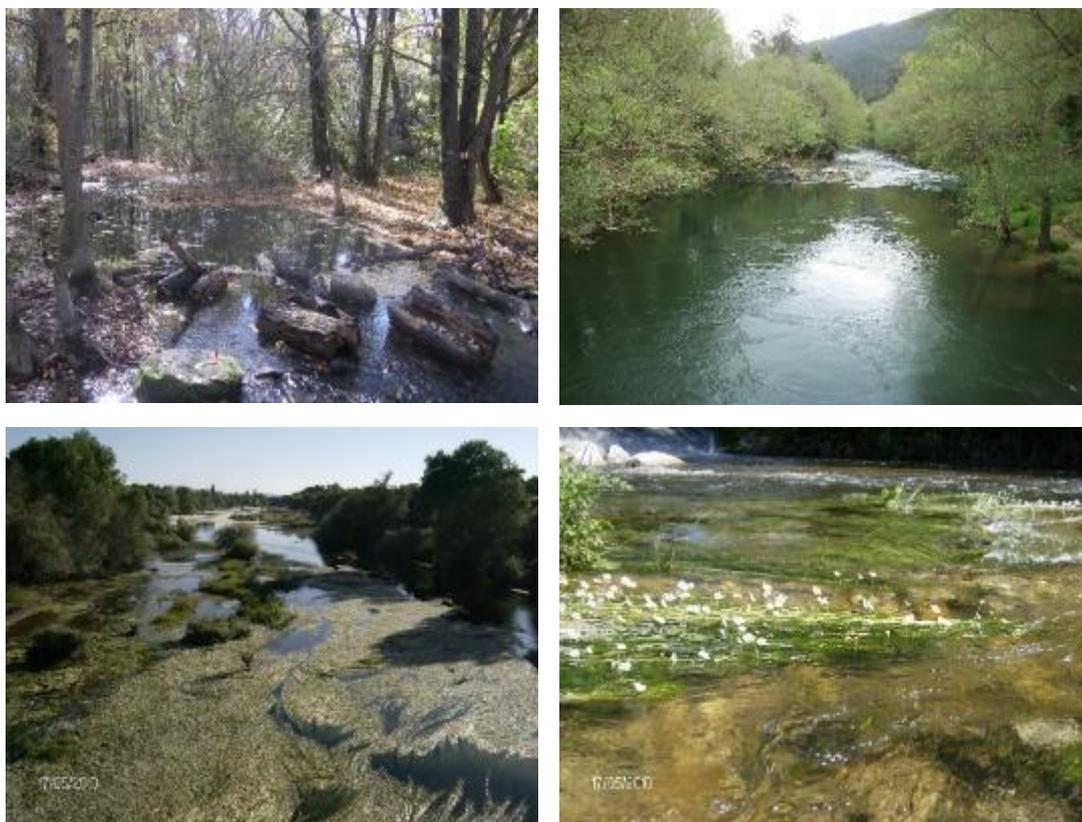


Figura 39.-Microhábitats diferenciables: (I) Detritos vegetales; (II) Orillas vegetadas; (III y IV) Macrófitos

4.3.- ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Para analizar todas estas variables, al igual que otras de las que se disponen en este protocolo, es importante tener en cuenta que tienen una componente semicuantitativa que debe ser tenida en cuenta y minimizada en la medida de lo posible. Para ello, se presentará cartografía detallada en formato compatible con sistemas de información geográfica de la vegetación ribereña en los subtramos de muestreo, que permita el cálculo detallado de los porcentajes. En todo caso, todas las conclusiones deben ser revisadas y contrastadas con un adecuado criterio de experto.

4.3.1.- RÍOS CON RIBERA DEFINIDA

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

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

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

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

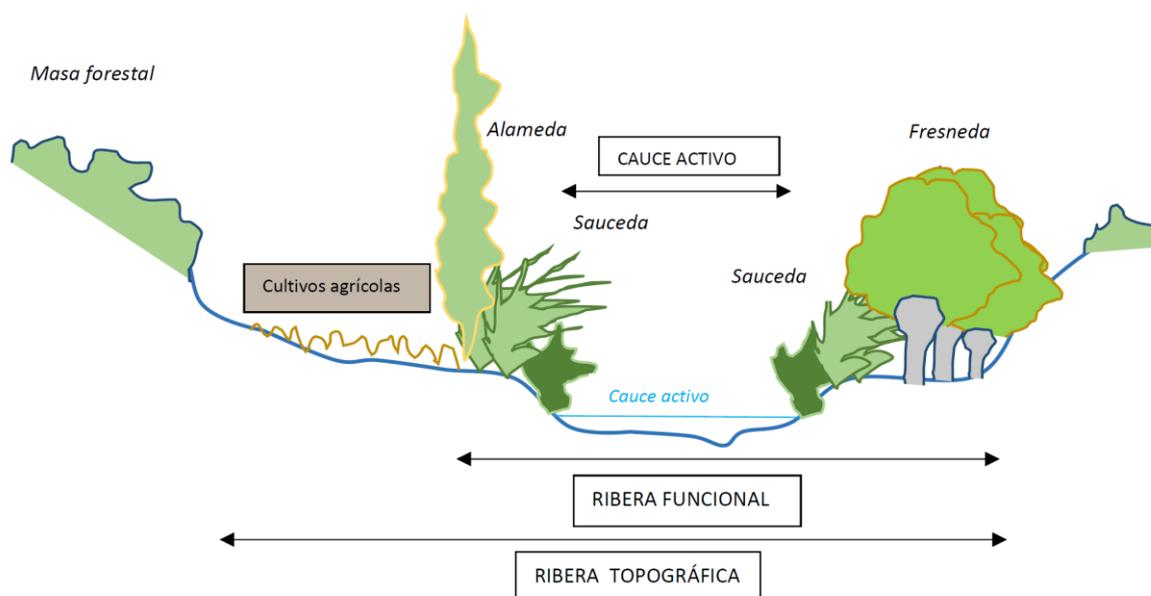


Figura 40.-Cauce activo, ribera funcional y ribera topográfica actual

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

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



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

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

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

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

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

4.3.1.2.- Composición específica

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

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

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

4.3.1.3.- Calidad del hábitat

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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



ANEXOS



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



TABLAS DE CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO DE TRABAJO DE GABINETE

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

2.1. CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO DE CAUDALES LÍQUIDOS

2.1.1 OBTENCIÓN DE DATOS HIDROLÓGICOS BÁSICOS

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

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



ESTACIÓN DE AFOROS							
Código de la estación de aforos							
Nombre de la estación de aforos							
Periodo disponible		<input type="checkbox"/>					
Periodo de los últimos años desde 1980		<input type="checkbox"/>					
CAUDALES MEDIOS ANUALES							
Caudal medio anual (m ³ /s) para el periodo 1940/41-actualidad en régimen natural (RN)							
Caudal medio anual (m ³ /s) para el periodo 1980/81-actualidad en régimen natural (RN)							
Caudal medio anual (m ³ /s) para el periodo disponible en la estación de aforos		Caudal:	Periodo:				
Caudal medio anual (m ³ /s) para los últimos años comunes a partir de 1980/81		Caudal:	Periodo:				
CAUDALES MEDIOS MENSUALES							
Mes	Caudales medios mensuales (m ³ /s) para el periodo 1940/41-actualidad (RN)	Caudales medios mensuales (m ³ /s) para el periodo 1980/81-actualidad (RN)	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							
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							

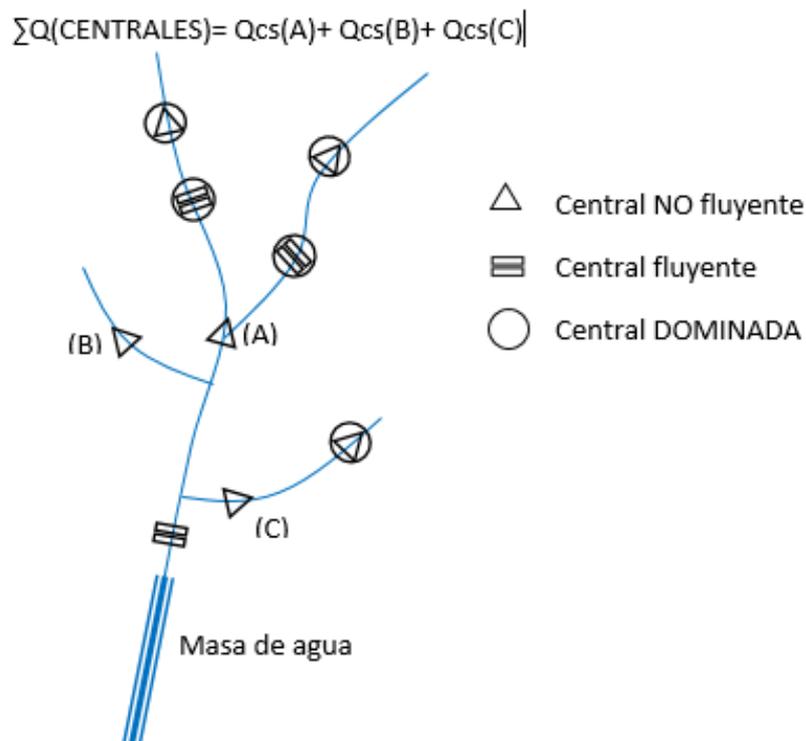
2.2. POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO

2.2.1 POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES LÍQUIDOS

DENOMINACIÓN	VALOR OBTENIDO
A_{pRN} (hm ³)	
$\Sigma VoIE$ (hm ³)	
Sc (km ²)	
$Sc_{regulada}$ (km ²)	
$Detmedia$ (hm ³)	
$A_{pTRmedia}$ (hm ³)	
$QT10RN$ (m ³ /s)	
$\Sigma Q(CENTRALES)$ (m ³ /s)	
Q_{mRN} (m ³ /s)	
$Sc_{impermeable}$ (km ²)	
$\Sigma Vertido\ anual\ autorizado$ (hm ³)	
$Sc_{regadío}$ (km ²)	

NOTA EXPLICATIVA PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE ICAH Nº3: $\Sigma Q(CENTRALES)$:

Sumatorio de los caudales nominales de las centrales no fluyentes y no dominadas situadas aguas arriba de la masa de agua y tanto en el cauce principal como en afluentes. Si hay una central no fluyente en la propia masa de agua, la consideración de su Q_{cs} en el cálculo de $\Sigma Q(CENTRALES)$ se justificará caso a caso.





2.2.2. POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES SÓLIDOS

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



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

2.3.1 POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES LÍQUIDOS

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

2.3.1 POSIBLES FUENTES DE ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES SÓLIDOS

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



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

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

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



TABLAS DE CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE

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

4.1. VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA DEL CAUCE

4.1.1. TIPO DE FONDO DE VALLE

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

4.1.2. TIPOS MORFOLÓGICOS EN PLANTA

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

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



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

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

4.1.4. TRAMOS MODIFICADOS POR ACCIONES DIRECTAS EN EL CAUCE

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



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

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



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

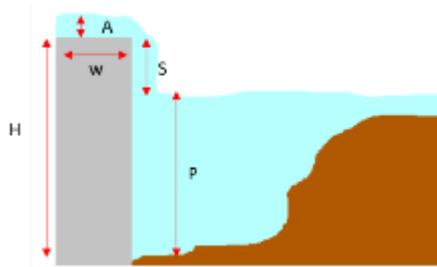
TABLAS DE CARACTERIZACIÓN DE LA CONTINUIDAD DEL RÍO EN TRABAJO DE CAMPO

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

INFORMACIÓN GENERAL	
<i>Fecha de muestreo</i>	
<i>Caudal circulante en el momento de muestreo (m³/s)</i>	
<i>Observaciones</i>	

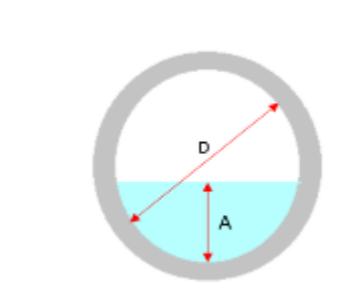
3.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS OBSTÁCULOS Y DE SUS CONDICIONES DE PASO

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



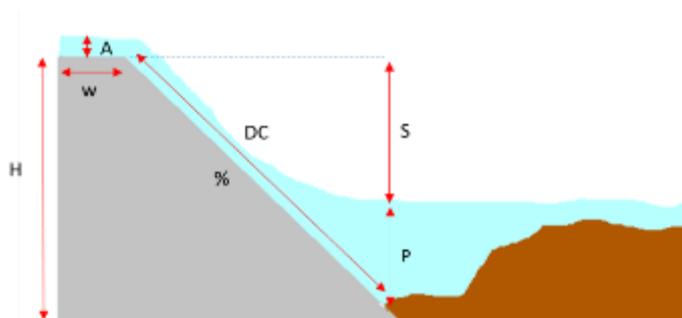
Variables para obstáculos de salto vertical

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



Variables para obstáculos tipo paso entubado

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



Variables para obstáculos tipo paso sobre paramento

3.3.2 ESTUDIO DEL EFECTO BARRERA DEL OBSTÁCULO EN ASCENSO

En ascenso se prestará atención a:

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



3.3.3 ESTUDIO DEL EFECTO BARRERA DEL OBSTÁCULO EN DESCENSO

En descenso se prestará atención a:

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

3.3.4 EFECTO BARRERA COMBINADO DEL OBSTÁCULO

EFFECTO BARRERA PARA CADA OBSTÁCULO	
<i>Índice de franqueabilidad en ascenso</i>	
<i>Índice de franqueabilidad en descenso</i>	
<i>Índice de franqueabilidad global</i>	

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

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

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





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



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



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



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

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

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



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



TABLAS DE CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLÓGICA EN TRABAJO DE CAMPO: SUBTRAMO DE MUESTREO

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

4.2. ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO

4.2.1. TIPO DE SUSTRATO

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

4.2.2. TIPO DE SEDIMENTO

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

4.2.3. TIPO DE ESTRUCTURA LONGITUDINAL

<i>Poza/marmita de gigante</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Salto/poza</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Rápido/poza</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Rápido/remanso</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Rápido continuo</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Grada</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Rampa</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Tabla</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Otra (especificar)</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Modificada</i>	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">SI</td> <td style="text-align: center;">NO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	SI	NO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SI	NO				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				



4.2.4. FORMAS Y DEPÓSITOS EMERGENTES EN EL LECHO

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

4.2.5. MOVILIDAD DE SEDIMENTOS

ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO: MOVILIDAD DE SEDIMENTOS		
Efectiva	<input type="checkbox"/>	El sedimento está suelto y es fácilmente movable, no está cubierto por una capa de finos, no hay colonización vegetal o ésta es muy débil, hay madera muerta transportada y/o arribazones integrados con los sedimentos.
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. ACTUACIONES HUMANAS QUE GENERAN ALTERACIONES EN LA ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO

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

4.2.7. OTROS MICROHÁBITATS DIFERENCIABLES

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



4.3. ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA

4.3.1. RÍOS CON RIBERA DEFINIDA

ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA: ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA			
	Margen derecha	Margen izquierda	Valor global del tramo de estudio
<i>Conectividad ecológica longitudinal (%)</i>			
<i>Porcentaje de la superficie del cauce sombreado por la vegetación de ribera (%)</i>			
<i>Anchura media de la ribera topográfica actual (m)</i>			
<i>Anchura media de la ribera funcional (m)</i>			
<i>Superficie de la ribera topográfica actual (ha)</i>			
<i>Superficie de la ribera funcional (ha)</i>			
<i>Conectividad ecológica transversal (%)</i>			
<i>Categoría de conexión entre estratos</i>			
ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA: COMPOSICIÓN ESPECÍFICA			
	Margen derecha	Margen izquierda	Valor global del tramo de estudio
<i>Formación dominante en la vegetación ribereña</i>			
<i>Formación potencial de la vegetación ribereña</i>			
<i>Especies alóctonas presentes</i>			
<i>Especies acompañantes</i>			



<i>(CONTINUA SOBRE LA TABLA ANTERIOR)</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 pisos/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>			
<i>Presencia de árboles muertos</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Hábitats presentes de la Directiva 92/43/CEE, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres</i>			

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

ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA EN RÍOS SIN RIBERA DEFINIDA

<i>Especies autóctonas presentes</i>	
<i>Especies alóctonas presentes</i>	
<i>Porcentaje de ocupación del espacio fluvial por la existencia de vías de comunicación, estructuras artificiales o usos humanos del suelo que limiten o alteren la estructura y dinámica fluvial (%)</i>	
<i>Porcentaje de la superficie del espacio fluvial ocupada por vegetación alóctona (%)</i>	



CROQUIS DEL SUBTRAMO DE MUESTREO

SECCIÓN TRANSVERSAL DEL SUBTRAMO DE MUESTREO

Blank area for the cross-section sketch of the sampling sub-branch.

PLANTA DEL SUBTRAMO DE MUESTREO

Blank area for the plan view sketch of the sampling sub-branch.

PROTOCOLO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE IBMWP

CÓDIGO: IBMWP-2013

Aprobado por instrucción del Secretario de Estado de Medio Ambiente de fecha 22 de noviembre de 2013



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: 770-11-308-X



INDICE

1. APLICABILIDAD	5
2. OBJETIVO	5
3. NORMATIVA DE REFERENCIA	5
4. DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL ÍNDICE IBMWP.....	6
5. TRATAMIENTO DE LOS DATOS.....	6
ANEXO I: PUNTUACIÓN DE LAS FAMILIAS PARA EL CÁLCULO DE IBMWP	7



1. APLICABILIDAD

Este protocolo para el cálculo del índice IBMWP es de obligada aplicación en la explotación de las redes oficiales de evaluación del estado / potencial ecológico en cumplimiento de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, que explotan las Confederaciones Hidrográficas (CCHH), bien directamente o a través de contratos de servicios.

Este protocolo se aplica al cálculo del índice IBMWP a partir de muestras tomadas mediante el protocolo de muestreo y laboratorio de invertebrados bentónicos en ríos vadeables (ML-Rv-I-2013) en las masas de agua de la categoría ríos y en las masas de agua artificiales o muy modificadas asimilables a ríos.

El cálculo del índice IBMWP para la clasificación del estado / potencial ecológico mediante el elemento de calidad fauna bentónica de invertebrados, se realizará mediante la aplicación del presente protocolo.

2. OBJETIVO

La Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, establece que los Estados miembros deberán poner en marcha programas de seguimiento. Estos programas de seguimiento deben permitir controlar y evaluar la composición y abundancia de la fauna bentónica de invertebrados.

Por lo tanto, el objetivo de este protocolo es establecer un método de cálculo del índice IBMWP, de forma que el suministro de información sea de calidad y de comparabilidad científica equivalente entre las Demarcaciones Hidrográficas, garantizando de este modo el cumplimiento de los requisitos mencionados anteriormente.

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 907/2007 por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica.
- Orden MAM/3207/2006 por el que se aprueba la ITC-MMA EECC-1/06 Instrucción técnica complementaria sobre determinaciones químicas y microbiológicas para el análisis de las aguas.
- Orden ARM/2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica.
- 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.

Otra documentación de referencia:

- Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega, 1988 - Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hallawell (1978). *Limnética*, 4: 51 – 56
- Alba-Tercedor, J., Jáimez-Cuéllar, P., Álvarez, M., Avilés, J., Bonada, N., Casas, J., Mellado, A., Ortega, M., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M., Robles, S., Sáinz-Cantero, C.E., Sánchez-Ortega, A., Suárez, M.L., Toro, M., Vidal-Abarca, M.R., Vivas, S., Zamora-Múñoz, C. (2004). Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP antes BMWP'. *Limnética*, 21(2002): 21, 3-4: 175-185
- Jáimez-Cuéllar, P., Vivas, S., Bonada, N., Robles, S., Mellado, A., Álvarez, M., Avilés, J., Casas, J., Ortega, M., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M., Sáinz-Cantero, C., Sánchez-Ortega,



A., Suárez, M. L., Toro, M., Vidal-Abarca, M. R., Zamora-Muñoz, C., Alba-Tercedor, J. (2004). Protocolo GUADALMED (PRECE). *Limnética*, 21(2002): 21, 3-4: 187-204

- Ministerio de Medio Ambiente (2007). Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la Directiva Marco del Agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro.

4. DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL ÍNDICE IBMWP

El procedimiento para el cálculo del índice IBMWP requiere la identificación previa en campo (visu) y el procesado en laboratorio de las diferentes familias recogidas mediante el protocolo de muestreo y laboratorio de fauna bentónica de invertebrados en ríos vadeables (ML-Rv-I-2013) elaborado por la Dirección General del Agua.

Una vez procesada y analizada la muestra (en campo y laboratorio) se anotan las familias y se asignan las puntuaciones correspondientes (tabla de puntuaciones en anexo I) y se van sumando hasta obtener un valor final, que será el resultado del índice IBMWP.

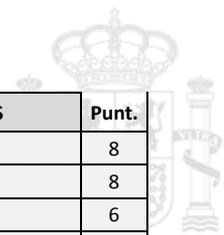
5. TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Con la puntuación del IBMWP, obtenida según el procedimiento descrito en el punto anterior, se procederá a determinar el estado / potencial ecológico de la masa de agua. Para esta clasificación se deberán tener en cuenta las fronteras de estado ecológico establecidas legalmente para el indicador IBMWP en el tipo de masa de agua que corresponda.

En este sentido habrá que comparar el valor de IBMWP obtenido en el muestreo con el valor de referencia establecido para el tipo de masa de agua en cuestión para obtener un Ratio de Calidad Ecológica (RCE). El valor final del RCE obtenido se compara con los valores frontera del tipo de masa de agua para la métrica IBMWP y se clasifica el estado ecológico.

Ratio de Calidad Ecológica = Valor Observado / Valor de referencia

**ANEXO I: PUNTUACIÓN DE LAS FAMILIAS PARA EL
CÁLCULO DE IBMWP**



CÓDIGO	ARÁCNIDOS	Punt.
ACA001SPOR	Acariformes ¹	4

CÓDIGO	COLEÓPTEROS	Punt.
CHR009FAMI	Chrysomelidae	4
CUR001FAMI	Curculionidae	4
DRY001FAMI	Dryopidae	5
DYT001FAMI	Dytiscidae	3
ELM001FAMI	Elmidae	5
GYR001FAMI	Gyrinidae	3
HAL002FAMI	Haliplidae	4
HEL002FAMI	Helophoridae	5
HYD008FAMI	Hydraenidae	5
HYD013FAMI	Hydrochidae	5
HYD011FAMI	Hydrophilidae	3
HYG001FAMI	Hygrobiidae	3
NOT004FAMI	Noteridae	3
PSE004FAMI	Psephenidae	3
SCIO01FAMI	Scirtidae (=Helodidae)	3

CÓDIGO	CRUSTÁCEOS	Punt.
ASE001FAMI	Asellidae	3
AST003FAMI	Astacidae	8
ATY001FAMI	Atyidae	6
COR003FAMI	Corophiidae	6
GAM001FAMI	Gammaridae	6
OST001CLAS	Ostracoda	3
PAL004FAMI	Palaemonidae	6

CÓDIGO	DÍPTEROS	Punt.
ANT004FAMI	Anthomyiidae ²	4
ATH001FAMI	Athericidae	10
BLE001FAMI	Blephariceridae	10
CER006FAMI	Ceratopogonidae	4
CHIO01FAMI	Chironomidae	2
CUL001FAMI	Culicidae	2
DIX001FAMI	Dixidae	4
DOL001FAMI	Dolichopodidae	4
EMP001FAMI	Empididae	4
EPH003FAMI	Ephydriidae	2
LIM005FAMI	Limoniidae	4
PSY001FAMI	Psychodidae	4
PTY001FAMI	Ptychopteridae	4
RHA004FAMI	Rhagionidae	4
SCA002FAMI	Scatophagidae ²	4
SCIO02FAMI	Sciomyzidae	4
SIM002FAMI	Simuliidae	5
STRO03FAMI	Stratiomyidae	4
SYRO02FAMI	Syrphidae	1
TAB002FAMI	Tabanidae	4
THA003FAMI	Thaumaleidae	2
TIP001FAMI	Tipulidae	5

CÓDIGO	EFEMERÓPTEROS	Punt.
BAE001FAMI	Baetidae	4
CAE001FAMI	Caenidae	4
EPH002FAMI	Ephemerellidae	7
EPH001FAMI	Ephemeridae	10
HEP001FAMI	Heptageniidae	10
LEP003FAMI	Leptophlebiidae	10
OLI002FAMI	Oligoneuriidae	5
POL020FAMI	Polymitarcidae	5
POT003FAMI	Potamanthidae	10
PRO010FAMI	Prosopistomatidae	7
SIP001FAMI	Siphonuridae	10

CÓDIGO	HETERÓPTEROS	Punt.
APH001FAMI	Aphelocheiridae	10
COR004FAMI	Corixidae	3
GER002FAMI	Gerridae	3
HYD014FAMI	Hydrometridae	3
MES001FAMI	Mesoveliidae	3
NAU001FAMI	Naucoridae	3
NEP002FAMI	Nepidae	3
NOT003FAMI	Notonectidae	3
PLE004FAMI	Pleidae	3
VEL001FAMI	Veliidae	3

CÓDIGO	HIRUDÍNEOS	Punt.
ERP001FAMI	Erpobdellidae	3
GLO005FAMI	Glossiphoniidae	3
HIR002FAMI	Hirudidae (=Hirudinidae)	3
PIS003FAMI	Piscicolidae	4

CÓDIGO	NEURÓPTEROS	Punt.
SIA001FAMI	Sialidae	4

CÓDIGO	LEPIDÓPTEROS	Punt.
PYR004FAMI	Crambidae (=Pyrallidae)	4

CÓDIGO	MOLUSCOS	Punt.
ANC001FAMI	Ancylidae	6
BIT001FAMI	Bithyniidae	3
FER002GENE	Ferrissia ³	6
HYD005FAMI	Hydrobiidae	3
LYM001FAMI	Lymnaeidae	3
NER001FAMI	Neritidae	6
PHY003FAMI	Physidae	3
PLA003FAMI	Planorbidae ⁴	3
SPH006FAMI	Sphaeriidae	3
THI001FAMI	Thiaridae	6
UNI001FAMI	Unionidae	6
VAL001FAMI	Valvatidae	3
VIV001FAMI	Viviparidae	6

CÓDIGO	ODONATOS	Punt.
AES001FAMI	Aeshnidae	8
CAL004FAMI	Calopterygidae	8
COE001FAMI	Coenagrionidae	6
COR012FAMI	Cordulegasteridae	8
COR008FAMI	Corduliidae	8
GOM003FAMI	Gomphidae	8
LES001FAMI	Lestidae	8
LIB001FAMI	Libellulidae	8
PLA004FAMI	Platycnemididae	6

CÓDIGO	OLIGOQUETOS	Punt.
Todos		1

CÓDIGO	PLECÓPTEROS	Punt.
CAP003FAMI	Capniidae	10
CHL004FAMI	Chloroperlidae	10
LEU004FAMI	Leuctridae	10
NEM001FAMI	Nemouridae	7
PER004FAMI	Perlidae	10
PER006FAMI	Perlodidae	10
TAE001FAMI	Taeniopterygidae	10

CÓDIGO	TRICÓPTEROS	Punt.
BER001FAMI	Beraeidae	10
BRA006FAMI	Brachycentridae	10
CAL002FAMI	Calamoceratidae	10
ECN001FAMI	Ecnomidae	7
GLO004FAMI	Glossosomatidae	8
GOE001FAMI	Goeridae	10
HYD006FAMI	Hydropsychidae	5
HYD012FAMI	Hydroptilidae	6
LEP008FAMI	Lepidostomatidae	10
LEP004FAMI	Leptoceridae	10
LIM002FAMI	Limnephilidae	7
MOL001FAMI	Molannidae	10
ODO001FAMI	Odontoceridae	10
PHI001FAMI	Philopotamidae	8
PHR002FAMI	Phryganeidae	10
POL003FAMI	Polycentropodidae	7
PSY002FAMI	Psychomyiidae	8
RHY001FAMI	Rhyacophilidae	7
SER001FAMI	Sericostomatidae	10
UEN001FAMI	Uenoidae (=Thremmatidae)	10

CÓDIGO	TURBELARIOS	Punt.
DEN001FAMI	Dendrocoelidae	5
DUG001FAMI	Dugesidae	5
PLA005FAMI	Planariidae	5

¹ El suborden Hidracarina ha pasado a ser el superorden Acariformes

² Anthomyiidae y Scatophagidae se agrupaban antes como Muscidae

³ La Familia Ferrissidae ha pasado a ser el Género Ferrissia

⁴ Todos los géneros excepto Ferrissia

PROTOCOLO PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE IBCAEL DE INVERTEBRADOS EN LAGOS

CÓDIGO: IBCAEL-2013
Versión 1

Aprobado por instrucción del Secretario de Estado de Medio Ambiente de fecha 22 de noviembre de 2013



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: 280-12-023-X



ACTUALIZACIÓN Y CORRECCIÓN DE ERRORES

Versión del protocolo	Fecha	Modificaciones
Versión 1	19/12/2014	Se incluyen modificaciones en el texto del apartado 4.1 Cálculo del Índice ABCO y en la tabla del apartado 4.2 Cálculo del Índice RIC.



INDICE

1.	APLICABILIDAD	6
2.	OBJETIVO	6
3.	NORMATIVA DE REFERENCIA	6
4.	DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL ÍNDICE IBCAEL	7
4.1.	CÁLCULO DEL ÍNDICE ABCO	8
4.2.	CÁLCULO DEL ÍNDICE RIC	8
5.	TRATAMIENTO DE LOS DATOS.....	9
	ANEXO I: TAXONES SENSIBLES PARA EL CÁLCULO DEL ABCO	10
	ANEXO II: CONDICIONES DE REFERENCIA Y VALORES FRONTERA.....	14



1. APLICABILIDAD

Este protocolo para el cálculo del índice IBCAEL es de obligada aplicación en la explotación de las redes oficiales de evaluación del estado / potencial ecológico en cumplimiento de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, que explotan las Confederaciones Hidrográficas (CCHH), bien directamente o a través de contratos de servicios.

Este protocolo se aplica a muestras tomadas mediante el Protocolo de muestreo y laboratorio de invertebrados bentónicos en lagos (ML-L-I-2013) en masas de agua naturales de la categoría lagos (lagos, lagunas y humedales) que aparecen en la Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH)

El cálculo del índice IBCAEL para la clasificación del estado ecológico mediante el elemento de calidad fauna bentónica de invertebrados en lagos, se realizará mediante la aplicación del presente protocolo.

2. OBJETIVO

La Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, establece que los Estados miembros deberán poner en marcha programas de seguimiento. Estos programas de seguimiento deben permitir controlar y evaluar la composición y abundancia de la fauna bentónica de invertebrados.

Por lo tanto, el objetivo de este protocolo es establecer un método de cálculo del índice IBCAEL, de forma que el suministro de información sea de calidad y de comparabilidad científica equivalente entre Demarcaciones Hidrográficas, garantizando de este modo el cumplimiento de los requisitos mencionados anteriormente.

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 907/2007 por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica.
- 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.
- Orden ARM/2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica.
- 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.
- Protocolo de muestreo y laboratorio de invertebrados bentónicos en lagos (ML-L-I-2013)

Asimismo se ha considerado también la siguiente referencia:

- Tesoro para la clasificación del estado ecológico de las masas de agua continentales (TAXAGUA¹)

¹ <http://www.magrama.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/programas-seguimiento/TAXAGUA.aspx>



4. DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL ÍNDICE IBCAEL

Datos de partida

El procedimiento para el cálculo del índice IBCAEL requiere el muestreo, la identificación y el procesado en laboratorio de las diferentes especies de invertebrados identificadas mediante el protocolo de muestreo y laboratorio de invertebrados bentónicos en lagos (ML-L-I-2013)

Una vez procesada y analizada la muestra se obtiene la hoja de laboratorio del anexo II del protocolo de muestreo que contiene todas las especies identificadas y abundancia de Copépodos, Branquiópodos y Ostrácodos para el cálculo del índice ABCO. Además se dispondrá de un listado de otros invertebrados identificados (adultos de coleópteros y heterópteros y familias de larvas y pupas de insectos) pertinentes para el cálculo del índice RIC.

A partir del listado de taxones para el cálculo del RIC se obtendrá el número de géneros de coleópteros adultos, el número de géneros de heterópteros adultos, el número de familias de larvas de insectos y el número de familias de pupas de insectos.

Identificación del tipo de masa de agua

Una vez que se dispongan de los resultados del muestreo tal y como se ha indicado anteriormente, es preciso determinar el tipo IBCAEL en el que se encuentra la masa de agua objeto de evaluación. Para ello, en la siguiente tabla se presenta la relación de los tipos de lagos establecidos en la Instrucción de Planificación Hidrológica con los tipos de lagos establecidos para el desarrollo de la métrica IBCAEL.

Tabla 1 Correspondencia entre los tipos IBCAEL y los tipos de lagos IPH

Tipo IBCAEL	Denominación	Tipo de Masa de Agua IPH
1	Alta montaña	1, 2, 3, 4, 5 y 9
2	Media montaña y cárstico calcáreo	6, 7, 8, 10, 11 y 12
3	Cárstico evaporitas y cuenca de sedimentación de origen fluvial	14, 15, 24, 25, 26, 27 y 29
4	Interior en cuenca de sedimentación, permanente, mineralización baja o media	16 y 18
5	Interior en cuenca de sedimentación, permanente, mineralización alta o muy alta y litoral sin influencia marina	20 y 28
6	Interior en cuenca de sedimentación, permanente, hipersalino	22
7	Cárstico calcáreo, interior en cuenca de sedimentación y litoral en complejo dunar, temporal	13, 17 y 30 ²
8	Interior en cuenca de sedimentación, temporal, mineralización media y alta	19 y 21
9	Interior en cuenca de sedimentación, temporal, hipersalino	23

Cálculo del índice

La fórmula que deberá utilizarse para obtener el valor final del índice es:

$$IBCAEL = (ABCO + 1) * \log(RIC + 1)$$

Dónde:

- Índice ABCO (Abundancia de Branquiópodos, Copépodos y Ostrácodos) que valora la estructura y composición de las asociaciones de crustáceos.
- Índice RIC (Riqueza de Insectos y Crustáceos) que valora la riqueza taxonómica de insectos y crustáceos del conjunto de la comunidad bentónica de un modo simplificado.

² El tipo 30 de la IPH ha quedado incluido en el tipo IBCAEL 7 debido a su grado de mineralización.



Por tanto, una vez identificado el tipo IBCAEL de la masa de agua en cuestión, es necesario proceder con el cálculo de las dos métricas que componen el índice tal y como queda reflejado en la fórmula.

4.1. CÁLCULO DEL ÍNDICE ABCO

El valor del ABCO se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$ABCO = \sum_{i=1}^j ki \times ni$$

$$ni = \frac{Ni}{N_{tot}}$$

Dónde:

i =	taxones indicadores del tipo de lago	ni =	abundancia relativa del taxón i
j =	número de taxones indicadores del tipo de lago	Ni =	número de individuos del taxón i
ki =	valor de sensibilidad del taxón i	N _{tot} =	suma del número total de individuos de taxones indicadores del tipo de lago muestreados en ABCO

Para proceder con el cálculo se toman los resultados de la hoja de laboratorio del anexo II del Protocolo de muestreo y laboratorio de invertebrados bentónicos en lagos (ML-L-I-2013). De esta forma se tendrán las abundancias de las especies pertinentes para el cálculo del ABCO. Estas abundancias deberán expresarse en tanto por uno a efectos de cálculo, para lo que es necesario dividir el número de individuos del taxón indicador por el número total de individuos de los taxones indicadores del tipo obtenidos en la muestra ABCO.

A continuación se multiplica la abundancia relativa de cada una de las especies indicadoras (expresadas en tanto por uno) por el valor de sensibilidad que presente la especie en el tipo de masa de agua aplicable (ver anexo I). De esta forma obtenemos los valores de ABCO para cada una de las especies indicadoras muestreadas, que será necesario sumar para obtener el valor final de ABCO para ese muestreo.

Puesto que para el cálculo del índice ABCO solo se tienen en cuenta los taxones que presentan valores de sensibilidad, puede resultar valor 0 si se da el caso que en una masa de agua no se identifique ninguno de los taxones con valor de sensibilidad para el tipo de masa de agua en cuestión.

4.2. CÁLCULO DEL ÍNDICE RIC

El valor del RIC se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$RIC = A + B + C$$

Dónde:

Métrica	Descripción métrica	Codificación TAXAGUA
A	Número de géneros de crustáceos identificados en la muestra de RIC y en la muestra de ABCO (1)	SUBFILO Crustacea CRU002SBFI
B	Número de géneros de formas adultas de coleópteros y heterópteros (2)	Orden Coleoptera COL001ORDE SUBORDEN Heteroptera HET002SBOR
C	Número de familias de insectos en forma de larvas, ninfas y/o pupas (2)	CLASE Insecta INS001CLAS

(1) Para la determinación del número de géneros de crustáceos se tendrán en cuenta los crustáceos indicadores y no indicadores obtenidos en las muestras de ABCO y RIC. Como en el



inventario aparecerán taxones planctónicos y bentónicos mezclados, los taxones planctónicos se considerarán en el cálculo del RIC, excepto en los tipos 1 y 2 de IBCAEL.

(2) En caso de aparecer adultos de coleópteros y heterópteros junto con larvas o ninfas de estos grupos, tanto el adulto como la larva o ninfa se contarán como dos taxones.

Al número de géneros de crustáceos, se le sumará el número de géneros de los coleópteros y heterópteros adultos presentes en ambas muestras, así como el número de familias de insectos en forma de larva, ninfa y/o pupa.

Los taxones considerados en cada uno de los grupos deben estar incluidos en TAXAGUA. Para poder incluir en el cálculo de la métrica taxones muestreados que estén en la citada aplicación, será necesario solicitar el visto bueno de la Dirección General del Agua.

Para determinar el número de géneros de crustáceos se toman también en consideración los géneros obtenidos en el muestreo ABCO.

5. TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Con la puntuación del índice IBCAEL obtenida según el procedimiento descrito en el punto anterior, se procederá a determinar el estado ecológico de la masa de agua.

Para ello se deberán tener en cuenta, hasta que se establezcan legalmente, las condiciones de referencia de estado ecológico para cada tipo de masa de agua y los valores frontera establecidos en el anexo II.

ANEXO I: TAXONES SENSIBLES PARA EL CÁLCULO DEL ABCO



TAXONES SENSIBLES POR TIPO PARA EL CÁLCULO DEL ABCO										
Nombre taxón i = taxones indicadores	CODIGO TAXAGUA sistcodsup/ sistcodinf	TIPOS IBCAEL ³ ki = valor de sensibilidad del taxón i								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
BRANCHIOPODA										
<i>Acroperus angustatus</i>	ACR006ANG130		9	7						
<i>Acroperus harpae</i>	ACR006HAR026	7								
<i>Alona affinis</i>	ALO003AFF041	7	5							
<i>Alona elegans</i>	ALO003ELE075		1	1						
<i>Alona quadrangularis</i>	ALO003QUA094		8	5						
<i>Alona rectangula</i>	ALO003REC056		3		3	7		3		
<i>Alona salina</i>	ALO003SAL065								10	9
<i>Alonella excisa</i>	ALO004EXC040	9	4	1						
<i>Alonella nana</i>	ALO004NAN046	7	3							
<i>Artemia parthenogenetica</i>	ART003PAR030						10			
<i>Bosmina longirostris</i>	BOS002LON138				5					
<i>Branchinecta ferox</i>	BRA015FER007								10	
<i>Branchinectella media</i>	BRA025MED051								9	
<i>Branchipus schaefferi</i>	BRA024SCH124								8	
<i>Ceriodaphnia laticaudata</i>	CER023LAT126				5					
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	CER023QUA093				7			5		
<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	CER023RET027				4			3		
<i>Chirocephalus diaphanus</i>	CHI009DIA028								7	
<i>Chydorus sphaericus</i>	CHY001SPH037	8	2		3			6		
<i>Cyzicus grubei</i>	CYZ001GRU014								7	
<i>Cyzicus tetracerus</i>	CYZ001TET043								6	
<i>Daphnia curvirostris</i>	DAP001CUR077							10		
<i>Daphnia magna</i>	DAP001MAG029			4	3	10		3	7	5
<i>Daphnia mediterranea</i>	DAP001MED050								6	8
<i>Daphnia obtusa</i>	DAP001OBT066							1		
<i>Daphnia pulicaria</i>	DAP001PUL085				2			7		
<i>Dunhevedia crassa</i>	DUN002CRA089								7	
<i>Eurycerus lamellatus</i>	EUR008LAM026	8								
<i>Graptoleberis testudinaria</i>	GRA014TES025	6	3	6						
<i>Isaura mayeti</i>	ISA001MAY008								7	
<i>Macrothrix hirsuticornis</i>	MAC016HIR033	4	1	6		7			3	
<i>Magrebestheria maroccana</i>	MAG002MAR195								7	
<i>Moina brachiata</i>	MOI001BRA082							5	8	
<i>Moina micrura</i>	MOI001MIC081				1					
<i>Moina salina</i>	MOI001SAL067									8
<i>Oxyurella tenuicaudis</i>	OXY011TEN163				8					
<i>Pleuroxus aduncus</i>	PLE017ADU007		4	10	5	6				
<i>Pleuroxus denticulatus</i>	PIC001DEN070				1					
<i>Pleuroxus laevis</i>	PLE017LAE053				7					
<i>Pleuroxus letourneuxi</i>	PLE017LET001								4	
<i>Pleuroxus truncatus</i>	PLE017TRU042		6	10						
<i>Scapholeberis rammneri</i>	SCA009RAM016				5					
<i>Sida crystallina</i>	SID003CRY022		10							
<i>Simocephalus exspinosus</i>	SIM003EXS008				6	6		6		
<i>Simocephalus vetulus</i>	SIM003VET009		7	6	8			7		
COPEPODA										
<i>Arctodiaptomus salinus</i>	ARC013SAL064									9
<i>Acanthocyclops gr. robustus-vernalis</i>	ACA008ROB039 / ACA008VER085				5			5		
<i>Acanthocyclops vernalis</i>	ACA008VER085		1	1						
<i>Arctodiaptomus wierzejskii</i>	ARC013WIE004								10	

³ La Tabla 1 de este protocolo permite consultar la correspondencia entre los tipos IBCAEL y los tipos de masas de agua de la categoría Lagos



TAXONES SENSIBLES POR TIPO PARA EL CÁLCULO DEL ABCO										
Nombre taxón i = taxones indicadores	CODIGO TAXAGUA sistcodsup/ sistcodinf	TIPOS IBCAEL ³ ki = valor de sensibilidad del taxón i								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Canthocamptus staphylinus</i>	CAN002STA040							9		
<i>Cletocamptus retrogressus</i>	CLE001RET006						9			
<i>Cyclops sp. pl.</i>	CYC009GENE				8			5		
<i>Diacyclops bicuspidatus</i>	DIA013BIC075							8	9	
<i>Diacyclops bisetosus</i>	DIA013BIS036							4		
<i>Diaptomus cyaneus</i>	DIA012CYA007							10		
<i>Ectocyclops phaleratus</i>	ECT001PHA023				7					
<i>Eucyclops macruroides</i>	EUC009MAC129		8	7						
<i>Eucyclops serrulatus</i>	EUC009SER067	9	2	9	5					
<i>Hemidiaptomus roubauí</i>	HEM015ROU006								2	
<i>Macrocyclops albidus</i>	MAC015ALB090		7		8					
<i>Megacyclops viridis</i>	MEG004VIR081				10	9		5	1	
<i>Metacyclops minutus</i>	MET013MIN236							7	6	
<i>Mixodiaptomus incrassatus</i>	MIX001INC104							7	4	
<i>Mixodiaptomus kupelwieseri</i>	MIX001KUP002							6		
<i>Neolovenula alluaudi</i>	NEO021ALL017			7				4	5	
<i>Tropocyclops prasinus</i>	TRO009PRA056				6					
OSTRACODA										
<i>Candelacypris aragonica</i>	CAN003ARA019						5			3
<i>Cycloocypris ovum</i>	CYC011OVU008							4		
<i>Cypria ophtalmica</i>	CYP009OPH005				3					
<i>Cypridopsis vidua</i>	CYP007VID007		3	3	8			8		
<i>Eucypris virens</i>	EUC010VIR085				9			5		
<i>Herpetocypris chevreuxi</i>	HER006CHE015				5			7		
<i>Heterocypris barbara</i>	HET013BAR051							4		
<i>Heterocypris incongruens</i>	HET013INC109							5		
<i>Heterocypris salina</i>	HET013SAL069				2		7			10
<i>Plesiocypridopsis newtoni</i>	PLE019NEW004							4		

**ANEXO II: CONDICIONES DE REFERENCIA Y VALORES
FRONTERA**



Condiciones de referencia IBCAEL

Tipos IBCAEL	Denominación	Condición de Referencia (IBCAEL)
1	Alta montaña.	8,62
2	Media montaña y cárstico calcáreo.	4,66
3	Cárstico evaporitas y cuenca de sedimentación de origen fluvial	6,19
4	Interior en cuenca de sedimentación, permanente, mineralización baja o media	12,44
5	Interior en cuenca de sedimentación, permanente, mineralización alta o muy alta y litoral sin influencia marina.	9,2
6	Interior en cuenca de sedimentación, permanente, hipersalino.	6,62
7	Cárstico calcáreo, interior en cuenca de sedimentación y litoral en complejo dunar, temporal.	11,08
8	Interior en cuenca de sedimentación, temporal, mineralización media y alta.	6,78
9	Interior en cuenca de sedimentación, temporal, hipersalino.	9,33

El valor obtenido a partir de los datos de muestreo de una determinada masa de agua se deberá comparar con la condición de referencia que sea aplicable en función del tipo de masa de agua para obtener el Ratio de Calidad Ecológica.

Ratio de Calidad Ecológica (RCE) = Valor Observado / Valor de Referencia

Hasta que los valores frontera no sean establecidos legalmente, el valor final del RCE obtenido se comparará con los valores frontera del tipo de masa de agua para la métrica IBCAEL establecidos en la siguiente tabla.

Valores frontera para la clasificación del estado ecológico mediante el índice IBCAEL

TIPO	ESTADO ECOLÓGICO	Valores frontera IBCAEL	RCE
1	Muy Bueno	IBCAEL \geq 7,96	RCE \geq 0,92
	Bueno	5,97 \leq IBCAEL $<$ 7,96	0,69 \leq RCE $<$ 0,92
	Moderado	3,98 \leq IBCAEL $<$ 5,97	0,46 \leq RCE $<$ 0,69
	Deficiente	1,99 \leq IBCAEL $<$ 3,98	0,23 \leq RCE $<$ 0,46
	Malo	IBCAEL $<$ 1,99	RCE $<$ 0,23
2	Muy Bueno	IBCAEL \geq 4,32	RCE \geq 0,93
	Bueno	3,24 \leq IBCAEL $<$ 4,32	0,69 \leq RCE $<$ 0,93
	Moderado	2,16 \leq IBCAEL $<$ 3,24	0,46 \leq RCE $<$ 0,69
	Deficiente	1,08 \leq IBCAEL $<$ 2,16	0,23 \leq RCE $<$ 0,46
	Malo	IBCAEL $<$ 1,08	RCE $<$ 0,23



TIPO	ESTADO ECOLÓGICO	Valores frontera <i>IBCAEL</i>	RCE
3	Muy Bueno	$IBCAEL \geq 4,84$	$RCE \geq 0,78$
	Bueno	$3,63 \leq IBCAEL < 4,84$	$0,59 \leq RCE < 0,78$
	Moderado	$2,42 \leq IBCAEL < 3,63$	$0,39 \leq RCE < 0,59$
	Deficiente	$1,21 \leq IBCAEL < 2,42$	$0,20 \leq RCE < 0,39$
	Malo	$IBCAEL < 1,21$	$RCE < 0,20$
4	Muy Bueno	$IBCAEL \geq 10,70$	$RCE \geq 0,86$
	Bueno	$7,22 \leq IBCAEL < 10,70$	$0,58 \leq RCE < 0,86$
	Moderado	$6,34 \leq IBCAEL < 7,22$	$0,51 \leq RCE < 0,58$
	Deficiente	$4,85 \leq IBCAEL < 6,34$	$0,39 \leq RCE < 0,51$
	Malo	$IBCAEL < 4,85$	$RCE < 0,39$
5	Muy Bueno	$IBCAEL \geq 7,36$	$RCE \geq 0,80$
	Bueno	$5,52 \leq IBCAEL < 7,36$	$0,60 \leq RCE < 0,80$
	Moderado	$3,68 \leq IBCAEL < 5,52$	$0,40 \leq RCE < 0,60$
	Deficiente	$1,84 \leq IBCAEL < 3,68$	$0,20 \leq RCE < 0,40$
	Malo	$IBCAEL < 1,84$	$RCE < 0,20$
6	Muy Bueno	$IBCAEL \geq 5,94$	$RCE \geq 0,90$
	Bueno	$4,45 \leq IBCAEL < 5,94$	$0,67 \leq RCE < 0,90$
	Moderado	$2,97 \leq IBCAEL < 4,45$	$0,45 \leq RCE < 0,67$
	Deficiente	$1,48 \leq IBCAEL < 2,97$	$0,22 \leq RCE < 0,45$
	Malo	$IBCAEL < 1,48$	$RCE < 0,22$
7	Muy Bueno	$IBCAEL \geq 9,86$	$RCE \geq 0,89$
	Bueno	$7,53 \leq IBCAEL < 9,86$	$0,68 \leq RCE < 0,89$
	Moderado	$6,20 \leq IBCAEL < 7,53$	$0,56 \leq RCE < 0,68$
	Deficiente	$4,99 \leq IBCAEL < 6,20$	$0,45 \leq RCE < 0,56$
	Malo	$IBCAEL < 4,99$	$RCE < 0,45$
8	Muy Bueno	$IBCAEL \geq 5,43$	$RCE \geq 0,80$
	Bueno	$4,07 \leq IBCAEL < 5,43$	$0,60 \leq RCE < 0,80$
	Moderado	$2,71 \leq IBCAEL < 4,07$	$0,40 \leq RCE < 0,60$
	Deficiente	$1,36 \leq IBCAEL < 2,71$	$0,20 \leq RCE < 0,40$
	Malo	$IBCAEL < 1,36$	$RCE < 0,20$
9	Muy Bueno	$IBCAEL \geq 7,85$	$RCE \geq 0,84$
	Bueno	$5,89 \leq IBCAEL < 7,85$	$0,63 \leq RCE < 0,84$
	Moderado	$3,93 \leq IBCAEL < 5,89$	$0,42 \leq RCE < 0,63$
	Deficiente	$1,96 \leq IBCAEL < 3,93$	$0,21 \leq RCE < 0,42$
	Malo	$IBCAEL < 1,96$	$RCE < 0,21$

Una vez comparado el resultado obtenido con la tabla anterior se clasifica el estado ecológico de la masa de agua en cuestión mediante el índice IBCAEL.

PROTOCOLO DE ANÁLISIS Y CÁLCULO DE MÉTRICAS DE FITOPLANCTON EN LAGOS Y EMBALSES

CÓDIGO: MFIT- 2013
Versión 2

Aprobado por instrucción del Secretario de Estado de Medio Ambiente de fecha 22 de noviembre de 2013



**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.



Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización



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: 280-13-133-4

ACTUALIZACIÓN Y CORRECCIÓN DE ERRORES

Versión del protocolo	Fecha	Modificaciones
Versión 1	19/12/2014	Se incluye el apartado 10 Procedimiento para la combinación de métricas de fitoplancton en lagos y el apartado 11 Procedimiento para la combinación de métricas de fitoplancton en embalses
Versión 2	20/01/2016	Se corrige error en la fórmula %CIANO en el apartado 9.3. Se modifican los apartados 10 y 11, introduciendo explicaciones añadidas para la aplicación de las fórmulas para el cálculo de los RCE transformados y las tablas aplicables para la clasificación del estado ecológico en base a los RCE transformados.



INDICE

1. APLICABILIDAD	7
2. OBJETIVO.....	7
3. NORMATIVA DE REFERENCIA	7
4. EQUIPOS, REACTIVOS Y CONSERVANTES	8
4.1. EQUIPOS Y REACTIVOS PARA LA EXTRACCIÓN DE PIGMENTOS.....	8
4.2. EQUIPOS Y REACTIVOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CLOROFILA A	8
4.3. EQUIPOS Y REACTIVOS PARA LA IDENTIFICACIÓN, RECUENTO DE CÉLULAS Y CÁLCULO DEL BIOVOLUMEN DEL FITOPLANCTON.....	9
5. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN LABORATORIO	10
6. PROTOCOLO ANALÍTICO DE CLOROFILA <i>a</i>	10
6.1. CONCENTRACIÓN DEL FITOPLANCTON Y EXTRACCIÓN DE PIGMENTOS	10
6.2. DETERMINACIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICA DEL EXTRACTO Y CUANTIFICACIÓN DE CLOROFILA... 11	11
7. IDENTIFICACIÓN, RECUENTO DE CÉLULAS Y CÁLCULO DE BIOVOLUMEN DEL FITOPLANCTON	12
7.1. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO	12
7.2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.....	13
7.3. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA	14
7.4. RECUENTO DE CÉLULAS.....	14
7.5. CÁLCULO DEL BIOVOLUMEN	16
8. PROCESADO DE LOS DATOS	17
9. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE MÉTRICAS	17
9.1. CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA A.....	18
9.2. BIOVOLUMEN TOTAL DE FITOPLANCTON	18
9.3. PORCENTAJE DE CIANOBACTERIAS (SOLO PARA EMBALSES).....	18
9.4. ÍNDICE DE GRUPOS ALGALES (IGA) (SOLO PARA EMBALSES).....	18
10. PROCEDIMIENTO PARA LA COMBINACIÓN DE MÉTRICAS DE FITOPLANCTON EN LAGOS	19
10.1. CÁLCULO DEL RATIO DE CALIDAD ECOLÓGICA (RCE)	19
10.2. TRANSFORMACIÓN DEL RCE A ESCALAS NUMÉRICAS EQUIVALENTES.....	19



10.3. COMBINACIÓN DE RCE TRANSFORMADOS PARA CLASIFICACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO .20

11. PROCEDIMIENTO PARA LA COMBINACIÓN DE MÉTRICAS DE FITOPLANCTON EN EMBALSES
(*MARSP*)..... 20

11.1. CÁLCULO DEL RATIO DE CALIDAD ECOLÓGICA (RCE)20

11.2. TRANSFORMACIÓN DEL RCE A ESCALAS NUMÉRICAS EQUIVALENTES21

**11.3. COMBINACIÓN DE RCE TRANSFORMADOS PARA LA CLASIFICACIÓN DEL POTENCIAL
 ECOLÓGICO.....23**

ANEXO I: HOJA DE RESULTADOS..... 24





1. APLICABILIDAD

Este protocolo de análisis y cálculo de métricas de fitoplancton es de obligada aplicación en la explotación de las redes oficiales de evaluación del estado / potencial ecológico en cumplimiento de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, que explota las Confederaciones Hidrográficas (CCHH), bien directamente o a través de contratos de servicios.

Las estaciones en las que se utilizará este protocolo son las pertenecientes al programa de control de vigilancia, programa de control operativo, programa de control de investigación y redes de referencia.

Este protocolo se aplica a muestras tomadas con el Protocolo de muestreo de fitoplancton en lagos y embalses (Código: M-LE-FP-2013) en las masas de agua naturales de la categoría lagos (lagos, lagunas y humedales) así como en las masas de agua artificiales o muy modificadas asimilables a lagos (incluyendo embalses) que aparecen en la Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH), siendo aplicable al análisis en laboratorio de la concentración de clorofila *a*, identificación de taxones, recuento de células y cálculo de biovolumen para la determinación de las métricas correspondientes al elemento de calidad composición y abundancia de fitoplancton. En concreto, los procedimientos descritos comprenden el cálculo de las siguientes métricas, cuando proceda según la categoría de la masa de agua:

- Concentración de clorofila *a*.
- Biovolumen total de fitoplancton.
- Porcentaje de cianobacterias.
- Índice de Grupos Algales (IGA).

2. OBJETIVO

La Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, establece que los Estados miembros deberán poner en marcha programas de seguimiento. Estos programas deben permitir controlar y evaluar la composición y abundancia del fitoplancton.

La Directiva Marco del Agua establece que los métodos empleados para controlar los indicadores de evaluación de los elementos de calidad biológicos 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 establecer un método analítico de fitoplancton en laboratorio y un método de cálculo de métricas de fitoplancton que garantice el cumplimiento de los requisitos mencionados anteriormente.

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 907/2007 por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica.
- 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.
- Orden ARM/2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica.
- 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.

Otra documentación de referencia:

- Standard ISO 10260:1992, *Water quality– Measurement of biochemical parameters – Spectrometric determination of the chlorophyll-a concentration.*
- Standard Methods 10200H (APHA, 1998)¹
- UNE – EN 15204: 2007 – Guía para el recuento de fitoplancton con microscopía invertida (técnica de Utermöhl).
- *WISER Deliverable D3.1-4 Guidance document on sampling, analysis and counting standards for phytoplankton in lakes.*
- *Draft proposal of “Water quality – Phytoplankton biovolume determination by microscopic measurement of cell dimensions” (CEN TC 230 / WG 2 / TG 3/N116 30/03/2008).*
- Protocolo de muestreo de fitoplancton en lagos y embalses (Código: M-LE-FP-2013).
- Tesoro para la clasificación del estado ecológico de las masas de agua continentales (TAXAGUA²).
- CEDEX (2010): Selección de métricas para la evaluación del estado ecológico de las masas de agua de la categoría “lagos” basadas en el elemento de calidad “composición, abundancia y biomasa de fitoplancton”, en aplicación de la Directiva Marco del Agua.

4. EQUIPOS, REACTIVOS Y CONSERVANTES

Los trabajos de laboratorio se llevarán a cabo tomando todas aquellas medidas necesarias para garantizar que se desarrollan en unas condiciones adecuadas de seguridad e higiene.

4.1. EQUIPOS Y REACTIVOS PARA LA EXTRACCIÓN DE PIGMENTOS

- Equipo de filtración.
- Bomba de vacío.
- Probeta para medir el volumen filtrado.
- Filtros de microfibra de vidrio GF/F o similar.
- Tubos de centrífuga de vidrio de 15 mL con tapón de rosca y gradilla portadora.
- Solución de carbonato magnésico saturada: disolver 1 g de MgCO₃ en polvo en 100 mL de agua destilada.
- Solución de acetona (BP 56° síntesis) al 90%: mezclar 90 partes de acetona con 10 partes de agua destilada o de la solución saturada de carbonato magnésico.
- Nevera con congelador.
- Pinzas de punta roma.
- Triturador de tejidos vegetales o mejor un aparato de sonicación.
- Contenedor opaco para proteger los extractos de pigmentos de la luz ambiental.

4.2. EQUIPOS Y REACTIVOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CLOROFILA A

- Centrífuga refrigerada (opcional) o filtros de un solo uso resistentes a solventes orgánicos y jeringa de 10 mL de un solo uso, igualmente resistente a éstos.
- Espectrofotómetro con anchura de banda estrecha (de 0,5 a 2 nm), preferiblemente de barrido.
- Cubetas de vidrio o cuarzo con tapón esmerilado. Antes de medir, la cubeta debe ser lavada con una disolución de ácido nítrico al 20%, después lavada con agua destilada y finalmente

¹ APHA, 1998: *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 20.ª ed., Washington D.C. (EE.UU.), American Public Health Association.

² <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/programas-seguimiento/TAXAGUA.aspx>



pasada un par de veces por la acetona utilizada como solvente de extracción. Submuestreador (Wrona et al., 1982) opcional.

- Pipeta de 5 mL de vidrio de clase A o, alternativamente, pipeta automática de 5 mL con émbolo cerámico (para evitar que sea dañada por la acetona).
- Pipetas Pasteur de vidrio de un solo uso y chupete succionador.
- Papel absorbente.

4.3. EQUIPOS Y REACTIVOS PARA LA IDENTIFICACIÓN, RECUENTO DE CÉLULAS Y CÁLCULO DEL BIOVOLUMEN DEL FITOPLANCTON

- Microscopio invertido: Debe estar equipado con un condensador de apertura numérica (AN) de 0,5 como mínimo y objetivos de bajos aumentos (4x o 10x) y de aumentos altos 20x y 40x (60x o un objetivo de inmersión 100x es recomendado para la identificación y cálculos de biovolúmenes de pequeñas especies). Los oculares x10 o x12,5 estarán equipados, uno de ellos, con un micrómetro ocular calibrado y el otro con una cuadrícula de recuento calibrada (necesaria en el caso de contar transectos). Estas piezas de los oculares no son necesarias si el microscopio está conectado a un ordenador y se dispone de un programa de análisis de imagen que permita realizar medidas. Para exámenes en detalle es aconsejable usar un microscopio equipado con contraste de fases o mejor con contraste interferencial de Nomarski.
- Cámara digital acoplada al microscopio.
- Aceite de inmersión, si se va a utilizar el objetivo de inmersión 100x.
- Cámara o cubeta de sedimentación de 10 a 100 mL de capacidad y de aproximadamente 25 mm de diámetro: consiste en una columna vertical con una base a través de la cual el contenido puede ser observado con el microscopio invertido. La columna, de volumen variable según el tipo de lago, se llena de muestra y las partículas sedimentan en el fondo de la cámara. El tipo habitual de cámara consta de dos piezas: una columna superior y una base. Ésta última lleva una arandela enroscable y un cubreobjetos redondo del diámetro adecuado que delimitan una cámara cilíndrica de pequeña altura. Una vez que las algas han sedimentado en el fondo, la columna superior se desliza hacia un lado y se sustituye por una tapa de vidrio. Se recomienda que el grosor del fondo de la cubeta (cubreobjetos circular) no exceda los 0,17 mm.
- Pipetas variadas para el caso de que sea necesario hacer diluciones o concentraciones.
- Cilindros de sedimentación graduados para concentrar la muestra en el caso de aguas muy oligotróficas, con densidades de fitoplancton extremadamente bajas.
- Etanol (C₂H₅OH) al 96% para el lavado de las cubetas.
- Ácido acético glacial.
- Agua con lugol, a la misma concentración de la muestra (indicado en el protocolo de muestreo de fitoplancton), para realizar las diluciones necesarias.
- Formularios para anotar el recuento de las especies. Pueden contener una lista de taxones con espacios donde anotar el recuento; también puede usarse un programa de ordenador preparado para la entrada directa de datos.
- Claves de identificación de los elementos de calidad biológicos (ID-TAX³) y/o guías de identificación e iconografía adecuadas al ámbito de estudio.
- Versión más actualizada del Tesauro para la clasificación del estado ecológico de las masas de agua continentales (TAXAGUA⁴).

³<http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/programas-seguimiento/ID-TAX.aspx>

⁴<http://www.magrama.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/programas-seguimiento/TAXAGUA.aspx>



5. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN LABORATORIO

A partir de las muestras tomadas mediante el Protocolo de muestreo de fitoplancton en lagos y embalses (Código: M-LE-FP-2013) se llevarán a cabo los análisis en laboratorio correspondientes que permitan el cálculo de las métricas de estado / potencial ecológico.

Las muestras tomadas mediante el protocolo citado anteriormente son:

- Muestras para el análisis de la concentración de clorofila *a*.
- Muestras para la identificación, recuento y cálculo de biovolumen del fitoplancton.
- Muestras de red para la ayuda en la identificación del fitoplancton en el control de investigación.

A partir de estas muestras se seguirán los procedimientos analíticos descritos a continuación para obtener la información necesaria para el cálculo de las métricas aplicables a lagos y embalses.

6. PROTOCOLO ANALÍTICO DE CLOROFILA *a*

La concentración de clorofila *a* es una medida indirecta de la biomasa del fitoplancton. El procedimiento para su análisis consiste en la concentración del fitoplancton; la extracción de los pigmentos con una solución acuosa de acetona (90%); y la determinación de la densidad óptica (absorbancia) del extracto por medio de un espectrofotómetro.

El procedimiento que se describe está basado en *Standard Methods* 10200 H (APHA, 1998)⁵, y es compatible con el Standard ISO 10260:1992, "*Water quality– Measurement of biochemical parameters – Spectrometric determination of the chlorophyll-a concentration*", aunque éste último recomienda la extracción de clorofila mediante etanol.

6.1. CONCENTRACIÓN DEL FITOPLANCTON Y EXTRACCIÓN DE PIGMENTOS

La alícuota destinada al análisis de clorofila obtenida a partir de la muestra integrada (Protocolo de muestreo de fitoplancton en lagos y embalses Código: M-LE-FP-2013) puede filtrarse en campo o en laboratorio.

En caso de filtrado en laboratorio éste se llevará a cabo a partir de la muestra refrigerada a 4º C y conservada en oscuridad, durante las siguientes 24 horas al muestreo.

- Cuando la muestra se filtre en laboratorio se concentrará mediante el filtrado de un volumen suficiente de agua (normalmente entre 0,1 y 2 litros, dependiendo del estado trófico de la masa de agua), a través de un filtro de microfibras de vidrio (tipo GF/F o equivalente) y a una presión de menos de 100 mm Hg (~0,15 atm). La adición de una suspensión acuosa de carbonato magnésico al 1% aumenta la eficiencia de retención del filtro y evita la degradación de la clorofila (APHA, 1998). Los filtros utilizados para la filtración deben ser de microfibras de vidrio de 47 mm de diámetro, con capacidad para retener todas las partículas de tamaño superior a 0,7 µm.
- Posteriormente es necesario retirar el filtro del dispositivo de filtración mediante unas pinzas de punta roma. El filtro deberá quedar lo más escurrido posible. Si el filtro retiene un exceso de agua, ésta alterará el volumen final del solvente de extracción añadido y también su concentración. Tras retirar el filtro del soporte de filtración, se depositará sobre un papel de filtro blanco, seco y limpio durante unos segundos, para que por capilaridad pierda el agua sobrante. Si es necesario se repetirá la operación moviendo el filtro a una nueva posición seca del papel de filtro. Finalmente, se colocará el filtro cuidadosamente enrollado en el tubo

⁵ En aguas muy oligotróficas con muy bajo contenido en clorofila se filtrará un volumen suficiente de agua, incluso utilizando varios filtros, para que la medida sea fiable.



donde se va a realizar la extracción (normalmente un tubo de vidrio de 15 mL de capacidad, con tapón de rosca resistente a la acetona).

- En caso de filtrado en campo, el análisis se iniciará a partir de los filtros congelados a una temperatura inferior a -20°C , siempre antes de que transcurran 2-3 semanas desde el muestreo. En cualquier caso (filtrado en campo o en laboratorio), se deberá mantener el filtro congelado (-20°C), preferiblemente en el mismo tubo donde se realizará posteriormente la extracción, y protegido de la luz. El filtro se puede conservar así hasta 2-3 semanas, aunque es recomendable proceder a su procesado cuanto antes.
- Para iniciar el procedimiento de extracción se añadirá al tubo con el filtro de fitoplancton 5 mL de solución de acetona 90% de manera que cubra totalmente al filtro (añadir más cantidad de acetona si fuera necesario).
- Posteriormente se realizará, como mínimo, una trituración mecánica que garantice la rotura de las células pues de lo contrario la cantidad de pigmento extraído de algunas algas de paredes robustas puede verse mermada hasta en un 50%. Dado el pequeño tamaño de algunas algas y cianobacterias (picoplancton) la mera trituración mecánica puede no ser efectiva, por lo que se recomienda complementar esta trituración con una serie de tres tratamientos de sonicación de la muestra, a intervalos de 1-2 horas tras añadir el solvente de extracción, durante los que se les aplicará ultrasonidos en un baño sonicador con agua fría y hielo picado. El tiempo de sonicación no debe exceder los 2 minutos y, tras aplicar los ultrasonidos, la muestra debe volver al congelador o nevera durante 1-2 horas. El procedimiento se completará agitando los tubos a intervalos periódicos una o dos veces entre sonicaciones.
- Finalizada la trituración o sonicación, se mantendrá la muestra en frío ($0 - 4^{\circ}\text{C}$) y en la oscuridad, al menos 12 horas pero no más de 24 horas, pues en esas condiciones podría empezar la degradación del pigmento. También puede realizarse la extracción durante al menos 24 horas en congelador a -20°C y siempre en oscuridad pero sin exceder los 2-3 días.
- Todo el proceso debe realizarse en la oscuridad o con una iluminación indirecta lo más tenue posible.

6.2. DETERMINACIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICA DEL EXTRACTO Y CUANTIFICACIÓN DE LA CLOROFILA

La determinación espectrofotométrica y cuantificación de la clorofila *a* del extracto se realizará después de que el proceso de concentración y extracción de pigmentos haya terminado. Para ello se seguirán los pasos descritos a continuación:

- Una vez concluida la extracción, y después de agitar los tubos por última vez para homogenizar su contenido, se procederá a retirar los restos grandes del filtro con ayuda de unas pinzas y seguidamente a centrifugar los tubos en una centrifugadora preferiblemente refrigerada (4°C) y en oscuridad durante 5 minutos a 3.500 rpm, o bien a filtrar el solvente a través de un filtro de un solo uso, de pequeño volumen muerto y de membrana filtrante resistente a solventes orgánicos.
- Se medirá el volumen del extracto. Es importante trabajar rápido para evitar la evaporación de la acetona y la variación del volumen del extracto.
- La medida del extracto en el espectrofotómetro debe realizarse en cubetas de vidrio o cuarzo, preferiblemente de boca esmerilada provistas del correspondiente tapón hermético, del tipo utilizado para medidas con solventes volátiles.
- La cubeta ha de lavarse con una pequeña alícuota de la muestra antes de su llenado para efectuar la lectura. Es muy importante que cuando se toma la muestra del tubo de centrifugación no se resuspenda el sedimento. Cualquier medida en la que se aprecie turbidez debida a restos del material u otros detritus no tiene validez. La espectrofotometría solo es aplicable a soluciones completamente transparentes.
- Una vez llenada la cubeta, se medirán las densidades ópticas del extracto para las longitudes de onda que requiere la fórmula señalada a continuación. Las absorbancias de las muestras se miden frente a un blanco realizado con el solvente de extracción utilizado (acetona 90 %).
- Las medidas pueden realizarse en espectrofotómetros de bandas fijas, aunque es preferible realizar un barrido entre 350 y 850 nm y de ahí extraer las absorbancias a las longitudes de



onda necesarias para el cálculo, ya que al disponer de un espectro de absorción entre 350 y 850 se podrían hacer cálculos adicionales de otros pigmentos, ajustar mejor los cálculos de corrección y calcular diversos índices pigmentarios del fitoplancton.

- Los pigmentos en extracto son muy sensibles a la luz por lo que hay que realizar este proceso, así como la lectura espectrofotométrica, con la luz de la habitación muy atenuada, y mantener los tubos a baja temperatura en un contenedor opaco o debidamente protegidos de la luz.

Para el cálculo de la concentración de se utilizará la fórmula tricromática de Jeffrey y Humphrey (1975)⁶:

$$\text{Chl. "a"} \text{ (mg/m}^3\text{)} = \frac{[11,85 * (A664 - A750) - 1,54(A647 - A750) - 0,08 * (A630 - A750)] * v}{V * Z}$$

Dónde:

A630, A647, A664, A750 = Densidad óptica (absorbancia) medida a las longitudes de onda indicadas (en nm)

v = volumen del extracto, en mL

V = volumen de agua filtrada, en L

Z = Paso óptico de la cubeta, en cm

7. IDENTIFICACIÓN, RECUENTO DE CÉLULAS Y CÁLCULO DE BIOVOLUMEN DEL FITOPLANCTON

Para el análisis de la composición del fitoplancton se utilizará el método de Utermöhl con microscopio invertido, siguiendo la norma para el recuento de fitoplancton: UNE – EN 15204:2007 – Guía para el recuento de fitoplancton con microscopía invertida (técnica de Utermöhl) y las recomendaciones establecidas en *Deliverable D3.1-4 Guidance document on sampling, analysis and counting standards for phytoplankton in lakes (WISER)*.

El análisis cuantitativo que se describe a continuación comprende la descripción de los siguientes procedimientos:

- Calibración del equipo.
- Preparación de la muestra.
- Identificación taxonómica.
- Recuento de células.
- Cálculo de biovolúmenes.

7.1. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO

Las operaciones señaladas a continuación para calibrar el equipo únicamente es necesario realizarlas una vez.

- Asegurarse de que el volumen de la cámara de sedimentación (las combinaciones de base y columna) tienen el volumen esperado (5, 10, 25, 50 o 100 mL). Si hay variaciones, se harán los cálculos posteriores con los volúmenes exactos. Se puede calcular el volumen pesando la cámara, incluidos el cubreobjetos y la placa de vidrio, antes y después de llenarla con agua destilada. La diferencia, en gramos, es equivalente al volumen de la cámara, en mililitros. Se repetirá 3 veces esta operación y se considerará el valor medio de los volúmenes obtenidos.
- Se calculará el área de la superficie de cada cámara, midiendo 5 veces el diámetro con la ayuda de, por ejemplo, un calibrador micrométrico.
- El micrómetro y la cuadrícula de recuento de los oculares del microscopio tienen que estar

⁶ JEFFREY, S.W. y G.F. HUMPHREY. 1975. *New spectrophotometric - equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton*. Biochem. Physiol. Pflanz 167:191-194



calibrados para cada uno de los objetivos. Se puede hacer con un portaobjetos micrométrico graduado (por ejemplo, 100 μm divididas en 10 divisiones de 10 μm cada una).

- Para cada uno de los aumentos que se va a usar, hay que calcular el área de los campos de recuento y el área de los transectos. Los campos de recuento pueden ser: todo el campo ocular, el delimitado por la cuadrícula ocular (que puede ser un cuadrado o una rejilla) o el de la pantalla del ordenador (en el caso de usar esta opción de recuento). Para calcular el área de los transectos se tendrá en cuenta el diámetro de la cámara y las dimensiones de la cuadrícula ocular o del área observada en la pantalla del ordenador (si se elige esta opción).

7.2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

El siguiente procedimiento incluye la aclimatación y homogeneización de la muestra fijada con lugol, la concentración o dilución de la misma, en caso de que sea necesario, y la preparación de las submuestras que se van a observar al microscopio.

Antes de iniciar los procesos que se señalan a continuación, las diferentes partes de las cámaras de sedimentación deben estar limpias y secas. Se debe cuidar especialmente la limpieza del fondo de la cubeta. Para ello se limpiará con etanol (96%) entre dos recuentos, si fuera necesario.

Aclimatación de la muestra

Las muestras, las cubetas de sedimentación y los equipos que se vayan a utilizar deben someterse a un periodo de aclimatación a temperatura ambiente (en general de 12 horas aunque puede variar según las diferencias de temperatura y el volumen de la muestra). De este modo se limitarán las corrientes de convección y se favorecerá la distribución al azar del fitoplancton sedimentado en la muestra.

Homogeneización de la muestra

Durante el tiempo en el que las muestras están almacenadas, las partículas sedimentan en la botella y se forman agregados entre algas pequeñas y otras algas, colonias más grandes o detritus. La homogeneización de la muestra supone la resuspensión y separación de las partículas. Mediante giros horizontales y verticales de la botella durante aproximadamente dos minutos se deben mezclar suavemente las muestras a fondo.

Preparación de las muestras

- Se usará una cámara de sedimentación de un tamaño adecuado, dependiendo de la concentración del fitoplancton en la muestra (la concentración de clorofila puede servir como guía). No se recomienda utilizar cámaras de menos de 5 mL o de más de 100 mL. Para densidades de fitoplancton muy altas o muy bajas es necesario diluir o concentrar la muestra. Como regla general, hay que conseguir de 4 a 20 unidades de recuento por campo al máximo aumento (400x-1000x).
- Se llenará la cubeta de sedimentación con la muestra. Tapar la cubeta con una pieza cuadrada o circular de cristal, evitando la formación de burbujas de aire. Se colocará la cámara de sedimentación en una superficie horizontal plana evitando fuentes de calor, luz y vibración. Es necesario poner una nota al lado de la cámara con el sitio y la fecha de muestreo, así como el volumen de muestra sedimentado.
- El tiempo de sedimentación recomendado para las cámaras de 10 mL es de al menos 12 horas, para las de 25 mL, de al menos 24 horas, para las de 50 mL, al menos 48 horas y para las de 100 mL, 72 h. Hay que tener en cuenta que un tiempo de sedimentación demasiado largo (varios días) aumenta el peligro de formación de burbujas y produce alteraciones en la sedimentación.
- Después de la sedimentación, si se están utilizando cámaras de dos piezas (base y columna), se deslizará la columna hacia un lado y se reemplazará por un cubreobjetos procurando que en este proceso no se introduzcan burbujas de aire en la cámara. Se colocará la cámara suavemente en el microscopio. Las cámaras abiertas no se deben mover, ya que las algas sedimentadas se pueden desplazar.



- Se observará la cámara con un objetivo de pocos aumentos. Si no se ha conseguido una distribución uniforme, hay que preparar una nueva submuestra.
- Si se observan, con el objetivo de menos aumentos, muchos organismos flotando en la parte superior de la cámara (cianobacterias o *Botryococcus*), preparar de nuevo la muestra añadiendo de 5 a 10 gotas de ácido acético glacial directamente sobre la muestra antes de la homogeneización, o bien utilizar alguna otra técnica, de las señaladas en la norma UNE-EN 15204:2007, para solucionar este problema.

Concentración o dilución de las muestras

- En aguas con densidad de algas muy baja (aguas ultra-oligotróficas), se recomienda concentrar la muestra. Normalmente, 250 mL es suficiente. El método más utilizado consiste en dejar sedimentar la muestra en cilindros de sedimentación graduados que se mantienen a oscuras y a temperatura ambiente constante durante 3 días. Posteriormente se eliminará el agua sobrenadante hasta dejar 25 mL en el fondo del cilindro.
- En aguas con densidad de algas elevada (aguas eutróficas e hipereutróficas) donde la sedimentación de 5 mL de muestra da lugar a una concentración de fitoplancton demasiado elevada para su recuento, es necesario diluir la muestra antes de su sedimentación. Para ello se añadirá, a un volumen conocido de submuestras, la cantidad necesaria de agua con lugol. Se utilizará agua del grifo, mejor que agua destilada, para que los procesos osmóticos no afecten a la morfología celular.

7.3. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

Antes de empezar los recuentos debe hacerse un inventario de los taxones presentes explorando la muestra a varios aumentos.

La identificación de los taxones se realizará preferentemente con el apoyo de las claves y guías elaboradas por la DGA a tal efecto (ID-TAX). Es importante comprobar las descripciones escritas de las especies (no sólo comparar con dibujos o fotos) y tener en cuenta la información ecológica (distribución, hábitat, requerimientos). TAXAGUA proporciona información de interés sobre las propiedades de los diferentes taxones, sinónimos, nombre aceptado actualmente, etc.

Se identificarán los taxones encontrados hasta el nivel taxonómico más preciso posible (género o especie), pero hay que tener en cuenta que es mejor identificar correctamente a un nivel superior que hacer una identificación errónea a un nivel inferior. Se codificará a las especies según el código TAXAGUA.

La muestra de fitoplancton de red recogida en el muestreo puede ayudar, si es necesario, a la identificación de algunos taxones del microplancton (>20 µm) poco abundantes en la muestra sedimentada.

Se recomienda realizar dibujos y fotografías, de utilidad como colección de referencia.

El trabajo de identificación y recuento sólo puede realizarlo personal especializado (con entrenamiento de varios años). Para la identificación de las especies en las muestras de referencia se recomienda contar con el apoyo de expertos, así como para la verificación de los taxones encontrados que susciten dudas.

7.4. RECUENTO DE CÉLULAS

Proceso de recuento

La estrategia del área de la cámara a contar depende de la composición del fitoplancton de la muestra. Siempre habrá que contar los taxones de menor tamaño a muchos aumentos, en campos elegidos al azar (ver apartado sobre calibración del equipo). Los organismos de mayor tamaño deberán ser contados en transectos, a menos aumentos. Si hay taxones de gran tamaño a veces es necesario realizar un recuento de toda la cámara, a bajos aumentos.



A la hora de hacer los recuentos hay que tener en cuenta las siguientes normas:

- Las células vacías (ej.: diatomeas, *Dinobryon*) no se contarán.
- Los organismos que presenten la propiedad nutrición heterótrofos (consultar TAXAGUA), sí se contarán, aunque no se tienen en cuenta para el cálculo de las métricas.
- Los taxones típicos del bentos, muy abundantes en aguas someras, sí se contarán.
- El picoplancton (< 2 µm) que forma colonias (ej. *Aphanothece*) sí se contará.
- El picoplancton unicelular (< 2 µm) no se contará, en tanto no se desarrollen protocolos específicos al efecto.
- Los heterocistes y acinetos de las cianobacterias nostocales deben contarse, y, si son muy abundantes, es conveniente separarlos en grupos diferentes al del resto de células.
- Para estimar el número de células por colonia o cenobio, es necesario contar el número total de células de la colonia, si se puede. Si la colonia es muy grande (ej. *Microcystis*), se estimará el número de células contando las células en un área restringida (subcolonia) a 400x o más aumentos. Luego se estimará el número de subcolonias, de tamaño similar, que existen en el campo de recuento. Finalmente se multiplicará el número de células de la subcolonia por el número de subcolonias del campo.
- Para estimar el número de células por filamento, se contarán directamente, si es posible. Si no es posible porque no se pueden diferenciar células o se están contando transectos, medir la longitud de los filamentos. Sólo se medirá la parte de los filamentos que entra dentro del campo de recuento o transecto. En el recuento por transectos, si hay muchos filamentos, se pueden contar y estimar la longitud media de los filamentos midiendo la longitud de al menos 30. Si a muchos aumentos es posible diferenciar las células (ej. *Aphanizomenon*), se calculará la media del número de células por unidad de longitud (ej. 20 µm) contando las células que hay en al menos 20 filamentos. Posteriormente se calculará el número de células contadas multiplicando el número medio de células en la unidad de longitud por la longitud de los filamentos contados. Si no es posible diferenciar células a muchos aumentos (ej. *Planktothrix*) se dará el resultado en longitud de filamentos (en µm).

Recuento por campos

Los organismos pequeños (aproximadamente < de 20 µm) se contarán a 400x o más aumentos, en campos de recuentos seleccionados al azar. El objetivo es contar de 50 a 100 campos de forma que, asumiendo la concentración de la muestra recomendada (ver en apartado 7.2, preparación de las submuestras), tras el recuento total se consigan al menos 400 organismos. Al seleccionar los campos a contar, no se mirará a través de los oculares, para asegurarse de que la selección se hace al azar.

Se aplicarán criterios estándar sobre los organismos que cruzan los campos de recuento, de forma que por ejemplo, se cuenten los individuos que toquen arriba y a la derecha pero no abajo y a la izquierda del campo o cuadrícula. En cuanto a las colonias y filamentos, se tomará como criterio no tener en cuenta las células que quedan fuera del campo de recuento.

Los resultados, para cada uno de los taxones, se expresarán en número de células (o en µm de filamento, en el caso de los filamentos en los que no se pueden diferenciar las células, como se explica en el apartado *Proceso de recuento*), por unidad de volumen de muestra, según la siguiente fórmula:

$$N = X * [(A * d) / (a * v)]$$

Donde:

- N** = número de células en la muestra (cel/mL)
- X** = número medio de células contadas por campo
- A** = área de la cámara
- v** = volumen de muestra sedimentado en la cámara
- a** = área del campo óptico o de la cuadrícula utilizada



d = factor de dilución o de concentración de la muestra (en caso de que se haya diluido o concentrado según la densidad de algas)

Recuento por transectos

Los organismos que no se hayan contado en el recuento por campos, se contarán a 200x-250x aumentos en 2 transectos que recorran el diámetro de la cámara, independientemente del número de individuos contados.

Si se ha usado el objetivo de 100x con aceite de inmersión en el recuento anterior, se limpiará bien la base de la cámara con etanol al 96 % para poder tener una correcta visión de los organismos a aumentos inferiores.

Es conveniente utilizar la cuadrícula del ocular (o la pantalla del ordenador). Hay que aplicar un criterio para las algas que quedan cortadas por las líneas del transecto. Por ejemplo, contar las que quedan arriba (o a la derecha, si se trata de un transecto vertical) y no contar las que cortan la línea de abajo (o de la izquierda).

Los resultados, para cada uno de los taxones, se calcularán aplicando la fórmula del apartado anterior, donde "a" es el área del transecto y X el número medio de células contadas por transecto.

Recuento de la cámara completa

Cuando no se haya llegado, en el recuento por transectos, a un recuento de 40 individuos en los taxones de gran tamaño (como *Ceratium*, colonias grandes de cianobacterias, etc), se contará la cámara entera. Esto se hará a 40-100x siguiendo transectos horizontales o verticales que cubran todo el área de la cámara. Para calcular el número de células por colonia se seguirán los pasos explicados en el apartado "Proceso de recuento". Se seguirán los mismos criterios del apartado anterior para los organismos que cortan las líneas de los transectos.

Los resultados, para cada uno de los taxones, se expresarán en número de células por unidad de volumen de muestra, según la siguiente fórmula:

$$N = X * d / v$$

Donde:

- N** = número de células en la muestra (cel/mL)
- X** = número de células contadas
- v** = volumen de muestra sedimentado en la cámara
- d** = factor de dilución o de concentración de la muestra (en caso de que se haya diluido o concentrado según la densidad de algas)

7.5. CÁLCULO DEL BIOVOLUMEN

Para facilitar el cálculo de biovolúmenes y asegurar la calidad de la información generada se han estandarizado biovolúmenes medios para algunas especies de fitoplancton. Estos valores pueden obtenerse en TAXAGUA.

Como norma general, para calcular el biovolumen se utilizará de forma preferente la información asociada a TAXAGUA. En caso de que esta información no esté disponible se podrá recurrir a las siguientes alternativas:

- Utilizar biovolúmenes de la bibliografía.
- Calcular los biovolúmenes celulares de las especies en cada masa de agua.



Para conocer el biovolumen por mL de cada especie en la muestra (expresado en mm^3/l) se multiplicará el biovolumen (estándar o calculado para cada especie) por el número de células/ml obtenido en el recuento. En el caso de los filamentos en los que no se pueden diferenciar las células (ver apartado *Proceso de recuento*) se multiplicará el área de la sección del filamento por la longitud de filamentos obtenida en el recuento.

Cálculo del biovolumen celular

Cuando resulte necesario calcular el biovolumen celular (o el área de la sección del filamento, en el caso de los filamentos en los que no se pueden diferenciar las células, como se explica en el apartado *Proceso de recuento*) se seguirán los siguientes criterios:

- Asignar a cada especie la figura geométrica indicada en TAXAGUA.
- Medir las dimensiones apropiadas.
- Aplicar la fórmula correspondiente (indicada en TAXAGUA) para calcular el biovolumen y los factores de corrección en caso de que procedan.

Las medidas de las dimensiones requeridas (longitud, anchura, diámetro) se realizarán a los aumentos apropiados, utilizando un micrómetro ocular calibrado o un programa de análisis de imagen. Se medirá como mínimo 20 individuos de cada especie. El volumen celular de cada especie se calculará como la media de los biovolúmenes individuales resultantes de aplicar las dimensiones lineales en la fórmula asociada a la figura geométrica correspondiente.

Normas a tener en cuenta:

- En las especies con esqueletos externos mucho mayores que el contenido celular (ejemplo *Dinobryon*), únicamente hay que medir el contenido orgánico (plasma) de la célula, no el esqueleto externo.
- Para estimar el biovolumen de los filamentos, se seguirá el método de recuento que se describe en el apartado anterior y, si se ha calculado el número de células, se multiplicará este número por el biovolumen celular. Si no se ha podido calcular el número de células, se calculará el área de la sección de los filamentos y se multiplicará por la longitud de filamentos calculada en el recuento.
- Los heterocistes y acinetos de las cianobacterias nostocales, si son muy abundantes y se han contado en grupos separados, han de ser medidos para estimar el biovolumen celular de cada tipo de célula.

8. PROCESADO DE LOS DATOS

Los datos de los análisis correspondientes a la muestra se incluirán en la hoja de resultados facilitada en el anexo I.

9. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE MÉTRICAS

En los apartados siguientes se facilitan los procedimientos de cálculo aplicables a cada una de las métricas en lagos y embalses para la clasificación del estado / potencial ecológico de las masas de agua.

Las métricas aplicables a embalses son concentración de clorofila *a*, biovolumen total de fitoplancton, porcentaje de cianobacterias e índice de grupos algales (IGA).

Las métricas aplicables a lagos son concentración de clorofila *a* y biovolumen total de fitoplancton.

Es necesario señalar que los resultados obtenidos del análisis en laboratorio del fitoplancton consistirán en dos analíticas correspondientes a los dos muestreos realizados en el período estival, tal y como indica el protocolo de muestreo. Por tanto es necesario integrar los resultados de cálculo



de las métricas en cada muestra para dar un valor anual. Para ello se realizará la media de los valores de las métricas obtenidas en cada uno de los análisis.

9.1. CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA A

La concentración anual de clorofila *a* expresada en mg/m³, será la media de los valores de este parámetro obtenidos en los análisis llevados a cabo según el apartado 6 en las muestras recogidas en los dos muestreos anuales realizados según el protocolo de muestreo (M-LE-FP-2013).

9.2. BIOVOLUMEN TOTAL DE FITOPLANCTON

La estimación del Biovolumen total, para cada una de las muestras, se realizará integrando todos los taxones de fitoplancton identificados y analizados según el apartado 7. Para ello se llevará a cabo el sumatorio de los biovolúmenes de los taxones (BIOVOLMUES⁷) de fitoplancton determinados en la muestra y analizados de acuerdo al apartado 7. En este biovolumen no se incluirán los taxones que presentan la propiedad nutrición heterótrofa en TAXAGUA.

El biovolumen total anual (expresado en mm³/l) será la media de los valores de biovolumen total obtenidos en los análisis de los dos muestreos anuales.

9.3. PORCENTAJE DE CIANOBACTERIAS (SOLO PARA EMBALSES)

Los valores relativos al porcentaje de Cianobacterias se calcularán en función del biovolumen correspondiente a los taxones del filo Cyanobacteria de la muestra (excluidos el orden Chroococcales excepto los géneros *Microcystis* y *Woronichinia*) y el biovolumen total, según la siguiente fórmula:

$$\% \text{CIANO} = \left(\frac{\text{BVOL}_{\text{CIA}} - [\text{BVOL}_{\text{CHR}} - (\text{BVOL}_{\text{MIC}} + \text{BVOL}_{\text{WOR}})]}{\text{BVOL}_{\text{TOT}}} \right) \times 100$$

Donde:

ABREVIATURA	SIGNIFICADO	GRUPO TAXONÓMICO	SISTCODSUP TAXAGUA
BVOL _{CIA}	Biovolumen de cianobacterias	Cyanobacteria	CYA001FILO
BVOL _{CHR}	Biovolumen de Chroococcales	Chroococcales	CHR003ORDE
BVOL _{MIC}	Biovolumen de <i>Microcystis</i>	<i>Microcystis</i>	MIC003GENE
BVOL _{WOR}	Biovolumen de <i>Woronichinia</i>	<i>Woronichinia</i>	WOR001GENE
BVOL _{TOT}	Biovolumen total de fitoplancton		

El valor anual del porcentaje de cianobacterias será la media de los valores obtenidos para este parámetro en las muestras correspondientes a los dos muestreos anuales.

9.4. ÍNDICE DE GRUPOS ALGALES (IGA) (SOLO PARA EMBALSES)

Datos de partida

El cálculo del IGA (Índice de Grupos Algales, Catalán⁸ 2003) se basa en las proporciones de biovolúmenes de los distintos grupos del fitoplancton presentes en la muestra respecto al biovolumen total, que se obtienen por el procedimiento descrito en el apartado 7. En este biovolumen no se incluirán los taxones heterótrofos (consultar TAXAGUA).

El cálculo se realizará aplicando la siguiente fórmula:

⁷ Código empleado en la Base de datos de la Dirección General del Agua.

⁸ Catalán, J., M. Ventura, A. Munné & L. Godé. 2003. *Desenvolupament d'un index integral de qualitat ecològica i regionalització ambiental dels sistemes lacustres de Catalunya*. Agència Catalana del Aigua. Generalitat de Catalunya.

<http://mediambient.gencat.net/aca/ca/planificacio/directiva/treballs.jsp#D>



$$IGA = \frac{[1 + 0,1Cr + Cc + 2(Dc + Chc) + 3Vc + 4Cia]}{[1 + 2(D + Cnc) + Chnc + Dnc]}$$

Donde:

ABREVIATURA	GRUPO TAXONÓMICO	SISTCODSUP TAXAGUA
Cr	Criptófitos	CRY001FILO
Cc	Crisofíceas coloniales*	CHR001CLAS
Dc	Diatomeas coloniales*	BAC001FILO
Chc	Clorococales coloniales*	CHL002ORDE
Vc	Volvocales coloniales*	VOL001ORDE
Cia	Cianobacterias	CYA001FILO
D	Dinoflagelados	DIN001FILO
Cnc	Crisofíceas no coloniales*	CHR001CLAS
Chnc	Clorococales no coloniales*	CHL002ORDE
Dnc	Diatomeas no coloniales*	BAC001FILO

* La propiedad Colonial / no colonial se obtendrá de TAXAGUA

Cada grupo algal debe ir expresado como el porcentaje de biovolumen que representa sobre el biovolumen total de fitoplancton⁹.

El valor del IGA será la media de los valores obtenidos para este índice en las muestras recogidas en los dos muestreos anuales realizados según el protocolo de muestreo de fitoplancton (M-LE-FP-2013).

10. PROCEDIMIENTO PARA LA COMBINACIÓN DE MÉTRICAS DE FITOPLANCTON EN LAGOS

10.1. CÁLCULO DEL RATIO DE CALIDAD ECOLÓGICA (RCE)

Los valores del Ratio de Calidad Ecológica (RCE) de las métricas concentración de clorofila *a* y biovolumen total de fitoplancton se calcularán de forma inversa al procedimiento general, es decir, como la relación entre la condición de referencia (CR) y el valor de la métrica obtenido.

- Cálculo para concentración de clorofila *a* (CONCLOa):

$$RCE = \frac{(1/CONCLOa)}{(1/CR_CONCLOa)}$$

- Cálculo para biovolumen total (BVOL_{TOT}):

$$RCE = \frac{(1/BVOL_{TOT})}{(1/CR_BVOL_{TOT})}$$

Se utilizarán los valores de las Condiciones de Referencia (CR) de las métricas, para cada tipo de masa de agua, recogidos en la legislación.

10.2. TRANSFORMACIÓN DEL RCE A ESCALAS NUMÉRICAS EQUIVALENTES

Los valores de RCE obtenidos se deben transformar a escalas numéricas equivalentes para normalizarlos a una escala lineal común.

Los RCE transformados se obtendrán mediante la aplicación de la siguiente fórmula, que no es más que una interpolación lineal entre los límites de cambio de clase de estado de los Ratios de Calidad

⁹ En caso de que la suma de biovolúmenes de los grupos taxonómicos contemplados en el IGA no llegue a representar el 70% del biovolumen total de fitoplancton de la muestra, se descarta el cálculo de la métrica para la clasificación del estado ecológico.



Ecológica establecidos en condiciones de referencia para cada indicador, y los que se corresponden con una escala lineal.

$$RCE_trans = Val.trans_i + (RCE - Val_i) \times \frac{(Val.trans_s - Val.trans_i)}{Val_s - Val_i}$$

Donde:

- RCE_trans = Ratio de Calidad Ecológica transformado
- RCE = Ratio de Calidad Ecológica sin transformar
- Val.trans_i = Valor de RCE de cambio de clase de estado ecológico inferior transformado
- Val_i = Valor de RCE de cambio de clase de estado ecológico inferior sin transformar
- Val.trans_s = Valor de RCE de cambio de clase de estado ecológico superior transformado
- Val_s = Valor de RCE de cambio de clase de estado ecológico superior sin transformar

Se utilizarán para cada tipo de masa de agua los valores del Ratio de Calidad Ecológica (RCE) de las métricas recogidos en la legislación, con los que se comparará el RCE sin transformar de la muestra. Se considerará el RCE de cambio de clase de estado ecológico sin transformar inferior al RCE de la muestra, que se denomina en la fórmula como (Val_i). Los valores de RCE de cambio de clase de estado ecológico superior sin transformar (Val_s) –que constituyen el límite superior de una clase de estado ecológico- se calcularán como el valor inmediatamente inferior con 2 decimales de los valores del RCE de cambio de clase de estado ecológico inferior sin transformar, recogidos en la legislación.

Para el cálculo, se utilizarán los valores de RCE de cambio de clase de estado ecológico superior transformado (Val.trans_s) y de RCE de cambio de clase de estado ecológico inferior transformado (Val.trans_i) que figuran en la tabla siguiente.

CLASE DE ESTADO	VALORES DE RCE DE CAMBIO DE CLASE DE ESTADO ECOLÓGICO SUPERIOR TRANSFORMADO	VALORES DE RCE DE CAMBIO DE CLASE DE ESTADO ECOLÓGICO INFERIOR TRANSFORMADO
MUY BUENO	1,00	0,80
BUENO	0,79	0,60
MODERADO	0,59	0,40
DEFICIENTE	0,39	0,20
MALO	0,19	0,00

10.3. COMBINACIÓN DE RCE TRANSFORMADOS PARA LA CLASIFICACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO

La combinación de los RCE transformados de los indicadores para la clasificación del estado ecológico del elemento de calidad composición, abundancia y biomasa de fitoplancton se realizará utilizando la siguiente fórmula:

$$RCE\ trans\ final = 0,75\ RCE_trans\ (CONCLOa) + 0,25\ RCE_trans\ (BVOL_{TOT})$$

El valor final de la combinación de los RCE transformados (*RCE trans final*) se utilizará para la clasificación del estado ecológico, de acuerdo a la escala de clases de estado ecológico indicada en la tabla del apartado anterior.

11. PROCEDIMIENTO PARA LA COMBINACIÓN DE MÉTRICAS DE FITOPLANCTON EN EMBALSES (MARSP)

11.1. CÁLCULO DEL RATIO DE CALIDAD ECOLÓGICA (RCE)

Los valores del Ratio de Calidad Ecológica (RCE) de las métricas concentración de clorofila *a*, biovolumen total de fitoplancton, Índice de Grupos Algales y porcentaje de cianobacterias se



calcularán de forma inversa al procedimiento general, es decir, como la relación entre los valores de máximo potencial ecológico (MPE) y el valor de la métrica obtenido.

- Cálculo para concentración de clorofila a (*CONCLOa*):

$$RCE = \frac{(1/CONCLOa)}{(1/MPE_CONCLOa)}$$

- Cálculo para biovolumen total (*BVOL_{TOT}*):

$$RCE = \frac{(1/BVOL_{TOT})}{(1/MPE_BVOL_{TOT})}$$

- Cálculo para el Índice de Grupos Algales (*IGA*):

$$RCE = \frac{(400 - IGA)}{(400 - MPE_IGA)}$$

- Cálculo para el porcentaje de cianobacterias (*%CIANO*):

$$RCE = \frac{(100 - \%CIANO)}{(100 - MPE_ \%CIANO)}$$

Si en alguna de estas transformaciones el RCE obtenido es mayor de 1, el valor de RCE que se considera es 1.

Se utilizarán, para cada tipo de masa de agua y cada métrica, los valores de Máximo Potencial Ecológico (MPE) recogidos en la legislación.

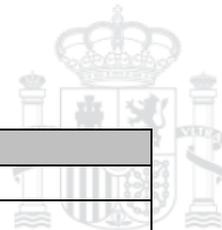
11.2. TRANSFORMACIÓN DEL RCE A ESCALAS NUMÉRICAS EQUIVALENTES

Es necesario llevar a cabo la transformación de los valores de RCE obtenidos mediante el procedimiento descrito en el apartado anterior a una escala numérica equivalente para los cuatro indicadores, de acuerdo con el siguiente procedimiento.

Las ecuaciones para llevar a cabo esta transformación varían en función del tipo de embalse y los valores de Ratio de Calidad Ecológica (RCE) de las métricas recogidos en la legislación. Son las que se indican a continuación:

Tipos 1, 2 y 3

Clorofila a	
RCE > 0,21	$RCE_{trans} = 0,5063 \times RCE + 0,4937$
RCE ≤ 0,21	$RCE_{trans} = 2,8571 \times RCE$
Biovolumen	
RCE > 0,19	$RCE_{trans} = 0,4938 \times RCE + 0,5062$
RCE ≤ 0,19	$RCE_{trans} = 3,1579 \times RCE$
% Cianobacterias	
RCE > 0,91	$RCE_{trans} = 4,4444 \times RCE - 3,4444$
RCE ≤ 0,91	$RCE_{trans} = 0,6593 \times RCE$



Índice de Grupos Algaes (IGA)	
RCE >0,9737	$RCE_{trans} = 15,234 \times RCE - 14,233$
RCE ≤ 0,9737	$RCE_{trans} = 0,6162 \times RCE$

Tipos 4 y 5

Clorofila a	
RCE >0,25	$RCE_{trans} = 0,5333 \times RCE + 0,4667$
RCE ≤ 0,25	$RCE_{trans} = 2,4 \times RCE$

Biovolumen	
RCE >0,248	$RCE_{trans} = 0,5316 \times RCE + 0,4684$
RCE ≤ 0,248	$RCE_{trans} = 2,4234 \times RCE$

% Cianobacterias	
RCE >0,647	$RCE_{trans} = 1,1318 \times RCE - 0,1318$
RCE ≤ 0,647	$RCE_{trans} = 0,928 \times RCE$

Índice de Grupos Algaes (IGA)	
RCE >0,897	$RCE_{trans} = 3,8929 \times RCE - 2,8929$
RCE ≤ 0,897	$RCE_{trans} = 0,6687 \times RCE$

Tipos 6 y 12

Clorofila a	
RCE >0,195	$RCE_{trans} = 0,497 \times RCE + 0,503$
RCE ≤ 0,195	$RCE_{trans} = 3,075 \times RCE$

Biovolumen	
RCE > 0,175	$RCE_{trans} = 0,4851 \times RCE + 0,5149$
RCE ≤ 0,175	$RCE_{trans} = 3,419 \times RCE$

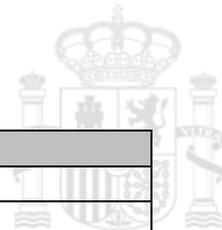
% Cianobacterias	
RCE > 0,686	$RCE_{trans} = 1,2726 \times RCE - 0,2726$
RCE ≤ 0,686	$RCE_{trans} = 0,875 \times RCE$

Índice de Grupos Algaes (IGA)	
RCE > 0,929	$RCE_{trans} = 5,6325 \times RCE - 4,6325$
RCE ≤ 0,929	$RCE_{trans} = 0,6459 \times RCE$

Tipos 7, 8, 9, 10 y 11

Clorofila a	
RCE >0,43	$RCE_{trans} = 0,7018 \times RCE + 0,2982$
RCE ≤ 0,43	$RCE_{trans} = 1,3953 \times RCE$

Biovolumen	
RCE >0,36	$RCE_{trans} = 0,625 \times RCE + 0,375$
RCE ≤ 0,36	$RCE_{trans} = 1,6667 \times RCE$



% Cianobacterias	
RCE > 0,72	$RCE_{trans} = 1,4286 \times RCE - 0,4286$
RCE ≤ 0,72	$RCE_{trans} = 0,8333 \times RCE$

Índice de Grupos Algaes (IGA)	
RCE > 0,9822	$RCE_{trans} = 22,533 \times RCE - 21,533$
RCE ≤ 0,9822	$RCE_{trans} = 0,6108 \times RCE$

Tipo 13

Clorofila a	
RCE > 0,304	$RCE_{trans} = 0,575 \times RCE + 0,425$
RCE ≤ 0,304	$RCE_{trans} = 1,9714 \times RCE$

Biovolumen	
RCE > 0,261	$RCE_{trans} = 0,541 \times RCE + 0,459$
RCE ≤ 0,261	$RCE_{trans} = 2,3023 \times RCE$

% Cianobacterias	
RCE > 0,931	$RCE_{trans} = 5,7971 \times RCE - 4,7971$
RCE ≤ 0,931	$RCE_{trans} = 0,6445 \times RCE$

Índice de Grupos Algaes (IGA)	
RCE > 0,979	$RCE_{trans} = 18,995 \times RCE - 17,995$
RCE ≤ 0,979	$RCE_{trans} = 0,6129 \times RCE$

RCE = Ratio de Calidad Ecológico

RCE_{trans} = Ratio de Calidad Ecológica transformado

Los valores de los RCE transformados se clasificarán de acuerdo a la siguiente tabla:

CLASE DE ESTADO	LÍMITES DE CAMBIO DE CLASE DE ESTADO RCE TRANSFORMADO
MUY BUENO / BUENO	0,80
BUENO / MODERADO	0,60
MODERADO / DEFICIENTE	0,40
DEFICIENTE / MALO	0,20

11.3. COMBINACIÓN DE RCE TRANSFORMADOS PARA LA CLASIFICACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

La combinación de los valores de las métricas transformados se realizará utilizando la siguiente fórmula:

$$MASRP = \frac{\left(\frac{RCEn(Clo) + RCEn(BV)}{2} + \frac{RCEn(IGA) + RCEn(Cia\%)}{2} \right)}{2}$$

Dicha ecuación será aplicable siempre y cuando se disponga de datos de al menos una de las métricas relativa a la biomasa y al menos una de las métricas relativa a la composición.

El valor final de la combinación de los valores de las métricas transformados (*MARSF*) se utilizará para la clasificación del estado ecológico de acuerdo a la escala de clases de estado ecológico indicada en la tabla del apartado anterior.

ANEXO I: HOJA DE RESULTADOS





MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

HOJA DE RESULTADOS: FITOPLANCTON EN LAGOS Y EMBALSES

NOMBRE DEL LABORATORIO:		CÓDIGO ENTIDAD COLABORADORA: EC - /	
ANALISTA:		FECHA DE ANÁLISIS: __/__/__	
REFERENCIAS IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA	CLAVE:	BIBLIOGRAFÍA:	
CÓDIGO MASA DE AGUA	NOMBRE DE LA MASA DE AGUA:		
CÓDIGO MUESTRA	FECHA DE MUESTREO: __/__/__		
OBSERVACIONES:			

CLOROFILA

	RESULTADOS MUESTRA
Organismo / empresa	
Analista	
Fecha análisis	
Volumen agua filtrado (l)	
Volumen extracto (ml)	
Paso óptico de cubeta (cm)	
Absorbancia a 630 nm	
Absorbancia a 647 nm	
Absorbancia a 664 nm	
Absorbancia a 750 nm	
Concentración clorofila	

FITOPLANCTON

	RESULTADOS MUESTRA
Organismo / empresa	
Analista	
Fecha análisis	
Volumen de muestra sedimentado (ml)	
Factor de dilución	
Factor de concentración	



BIOVOLUMEN (mm ³ /l)		
GRUPOS IGA	CÓDIGO TAXAGUA	RESULTADOS MUESTRA
Cianobacterias*	CYA001FILO	
Diatomeas coloniales	BAC001FILO	
Criptofitos	CRY001FILO	
Crisoficeas coloniales	CHR001CLAS	
Clorococales coloniales	CHL002ORDE	
Volvocales coloniales	VOL001ORDE	
Dinoflagelados	DIN001FILO	
Crisoficeas no coloniales	CHR001CLAS	
Clorococales no coloniales	CHL002ORDE	
Diatomeas no coloniales	BAC001FILO	
Biovolumen total		

* Excluir el orden Chroococcales excepto los géneros *Microcystis* y *Woronichinia*.
La propiedad colonial / no colonial se obtiene de TAXAGUA

RESULTADOS DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS DETERMINADAS EN LABORATORIO	
	RESULTADOS MUESTRA
Fósforo total (mg P/L)	
Nitrógeno total (mg N/L)	
Fosfatos (mg PO ₄ /L)	
Amonio total (mg NH ₄ /L)	
Nitratos (mg NO ₃ /L)	
Alcalinidad (mg CaCO ₃ /L)	

RESULTADOS DE LAS MÉTRICAS EN EL AÑO			
RESULTADOS MÉTRICAS	RESULTADOS MUESTRA 1	RESULTADOS MUESTRA 2	RESULTADO FINAL
CONCENTRACIÓN CLOROFILA			
BIOVOLUMEN TOTAL FITOPLANCTON			
INDICE DE GRUPOS ALGALES (IGA)			
PORCENTAJE DE CIANOBACTERIAS			

PROTOCOLO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE POLUSENSIBILIDAD ESPECÍFICA

CÓDIGO: IPS-2013

Aprobado por instrucción del Secretario de Estado de Medio Ambiente de fecha 22 de noviembre de 2013



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.



Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización



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: 280-13-132-9



INDICE

1.	APLICABILIDAD	5
2.	OBJETIVO	5
3.	NORMATIVA DE REFERENCIA	5
4.	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE IPS.....	6
5.	TRATAMIENTO DE LOS DATOS.....	6
	ANEXO I: HOJA PARA EL CÁLCULO DEL IPS	7



1. APLICABILIDAD

Este protocolo para el cálculo del índice IPS es de obligada aplicación en la explotación de las redes oficiales de evaluación del estado / potencial ecológico en cumplimiento de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, que explotan las Confederaciones Hidrográficas (CCHH), bien directamente o a través de contratos de servicios.

Este protocolo se aplica a muestras tomadas mediante el Protocolo de muestreo y laboratorio de flora acuática (organismos fitobentónicos) en ríos (Código: ML-R-D-2013) en masas de agua naturales de la categoría ríos y en las masas de agua artificiales o muy modificadas asimilables a ríos.

El cálculo del índice de polusensibilidad específica (IPS) para la clasificación del estado ecológico mediante el elemento de calidad flora acuática (fitobentos) en ríos, se realizará mediante la aplicación del presente protocolo.

2. OBJETIVO

La Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, establece que los Estados miembros deberán poner en marcha programas de seguimiento. Estos programas de seguimiento deben permitir controlar y evaluar la composición y abundancia de la flora acuática.

Por lo tanto, el objetivo de este protocolo es establecer un método de cálculo del índice IPS, de forma que el suministro de información sea de calidad y de comparabilidad científica equivalente entre Demarcaciones Hidrográficas, garantizando de este modo el cumplimiento de los requisitos mencionados anteriormente.

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 907/2007 por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica.
- 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.
- Orden ARM/2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica.
- 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.
- MAGRAMA (2013). Protocolo de muestreo y laboratorio de flora acuática (organismos fitobentónicos) en ríos (Código: ML-R-D-2013).

Asimismo se ha considerado también la siguiente referencia:

- Tesoro para la clasificación del estado ecológico de las masas de agua continentales (TAXAGUA¹).

¹ <http://www.magrama.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/programas-seguimiento/TAXAGUA.aspx>



4. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE IPS

Datos de partida

El procedimiento para el cálculo del índice IPS requiere el muestreo, la identificación y el procesado en laboratorio de las diferentes especies de diatomeas identificadas mediante el Protocolo de muestreo y laboratorio de flora acuática (organismos fitobentónicos) en ríos (Código: ML-R-D-2013)

Una vez procesada y analizada la muestra se obtiene la hoja de laboratorio del anexo II del protocolo de muestreo que contiene todas las especies identificadas siguiendo la nomenclatura establecida en TAXAGUA y su abundancia en forma de número de valvas (2 valvas = 1 individuo).

Cálculo del índice

El índice IPS se calcula sobre la base de las medias ponderadas de los valores de sensibilidad a la contaminación (S_j), valores de tolerancia a la contaminación (V_j) y la abundancia relativa de cada especie.

La fórmula para obtener el valor del índice es:

$$IPS = 4,75 * \frac{\sum A_j * S_j * V_j}{\sum A_j * V_j} - 3,75$$

Dónde:

Abreviatura	Nombre	Fuente
A_j =	Abundancia relativa de la especie j	Muestreo y analítica de laboratorio
S_j =	Valor de sensibilidad de la especie j	TAXAGUA
V_j =	Valor de tolerancia de la especie j	TAXAGUA

Una vez obtenidos los valores de los productos de las abundancias relativas de cada una de las especies por sus correspondientes valores² de indicación y tolerancia se calcula el sumatorio, cuyo resultado se divide por el sumatorio de las abundancias de las especies multiplicadas por los valores de tolerancia. Este dato se pondera por medio de los coeficientes indicados en la fórmula.

5. TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Con la puntuación del índice IPS obtenida según el procedimiento descrito en el punto anterior, se procederá a determinar el estado / potencial ecológico de la masa de agua. Para ello se deberán tener en cuenta las condiciones de referencia y los valores frontera de estado ecológico establecidos legalmente para el indicador IPS en el tipo de masa de agua que corresponda.

En este sentido habrá que comparar el valor de IPS obtenido en el muestreo con el valor de referencia establecido para el tipo de masa de agua en cuestión para obtener un Ratio de Calidad Ecológica (RCE). El valor final del RCE obtenido se compara con los valores frontera del tipo de masa de agua para la métrica IPS y se clasifica el estado ecológico.

Ratio de Calidad Ecológica = Valor Observado / Valor de referencia.

² Es necesario tener en cuenta que las formas teratogénicas pueden presentar valores de sensibilidad y tolerancia diferentes.

ANEXO I: HOJA PARA EL CÁLCULO DEL IPS

PROTOCOLO DE LABORATORIO Y CÁLCULO DE MÉTRICAS DE OTRO TIPO DE FLORA ACUÁTICA (MACRÓFITOS) EN LAGOS

CÓDIGO: OFALAM-2013
Versión 1

Aprobado por instrucción del Secretario de Estado de Medio Ambiente de fecha 22 de noviembre de 2013



**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: 280-12-020-3



ACTUALIZACIÓN Y CORRECCIÓN DE ERRORES

Versión del protocolo	Fecha	Modificaciones
Versión 1	28/01/2014	Se modifica el pie de tabla 3 de la Tabla 1: Métricas aplicables por tipo de masa de agua



INDICE

1.	APLICABILIDAD	7
2.	OBJETIVO	7
3.	NORMATIVA DE REFERENCIA	8
4.	EQUIPOS, REACTIVOS Y CONSERVANTES	8
5.	PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO.....	9
5.1.	IDENTIFICACIÓN Y PROCESADO DE LAS MUESTRAS.....	9
5.2.	PROCESAMIENTO DE LOS DATOS	9
6.	AGREGACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO	10
6.1.	ESTIMACIÓN DE LA COBERTURA POR TRANSECTO	10
6.2.	AGREGACIÓN DE LOS DATOS DE COBERTURA DE LOS TRANSECTOS PARA EL CONJUNTO DE LA MASA DE AGUA	12
7.	MÉTRICAS PARA CLASIFICAR EL ESTADO ECOLÓGICO POR MEDIO DEL ELEMENTO OTRO TIPO DE FLORA ACUÁTICA (MACRÓFITOS) EN LAGOS	12
7.1.	MÉTRICAS PARA EVALUAR PRESIONES DE TIPO HIDROMORFOLÓGICO.....	15
7.1.1.	PRESENCIA DE HIDRÓFITOS	15
7.1.2.	RIQUEZA DE ESPECIES DE MACRÓFITOS TÍPICOS	15
7.1.3.	COBERTURA TOTAL DE HIDRÓFITOS TÍPICOS.....	15
7.1.4.	COBERTURA TOTAL DE HELÓFITOS TÍPICOS	16
7.1.5.	COBERTURA TOTAL DE MACRÓFITOS TÍPICOS (HIDRÓFITOS + HELÓFITOS)	16
7.2.	MÉTRICAS PARA EVALUAR PRESIÓN POR EUTROFIZACIÓN	16
7.2.1.	COBERTURA DE ESPECIES DE MACRÓFITOS INDICADORAS DE CONDICIONES EUTRÓFICAS	16
7.3.	MÉTRICAS PARA EVALUAR PRESIÓN POR ESPECIES EXÓTICAS	17
7.3.1.	COBERTURA DE ESPECIES EXÓTICAS DE MACRÓFITOS	17
8.	PROCESADO Y TRATAMIENTO DE LA MUESTRA EN LABORATORIO	17
	ANEXO I: IDENTIFICACIÓN EN LABORATORIO Y NORMALIZACIÓN DE COBERTURAS DE MACRÓFITOS	19
	ANEXO II: AGREGACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LOS TRANSECTOS	25
	ANEXO III: HOJA DE RESULTADOS DEL CÁLCULO DE MÉTRICAS.....	29



1. APLICABILIDAD

Este protocolo de laboratorio y cálculo de métricas de otro tipo de flora acuática en lagos es de obligada aplicación en la explotación de las redes oficiales de evaluación del estado / potencial ecológico en cumplimiento de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, que explotan las Confederaciones Hidrográficas (CCHH), bien directamente o a través de contratos de servicios.

Este protocolo se aplica a la identificación en laboratorio y cálculo de las métricas de evaluación del estado ecológico correspondientes al elemento de calidad “otro tipo de flora acuática” (macrófitos), y a partir de la información obtenida mediante el “Protocolo de muestreo de otro tipo de flora acuática (macrófitos) en lagos (Código: ML- L- OFM - 2013)” en las masas de agua de la categoría lagos naturales (lagos, lagunas y humedales), y lagos declarados como muy modificados o artificiales que no sean embalses.

Las métricas contempladas son:

- Presencia/ausencia de hidrófitos típicos.
- Riqueza de especies de macrófitos típicos.
- Cobertura total de hidrófitos típicos.
- Cobertura total de helófitos típicos.
- Cobertura total de macrófitos típicos (hidrófitos+helófitos).
- Cobertura de especies de macrófitos indicadoras de condiciones eutróficas.
- Cobertura de especies exóticas de macrófitos.

Este protocolo es aplicable a todos los tipos de lagos naturales, con las debidas especificaciones según los tipos, incluso para aquellos en los que, debido a la deficiencia de información al respecto, no se hayan podido establecer aún ni condiciones de referencia ni valores frontera entre clases de estado ecológico. Únicamente para aquellas masas de agua incluidas dentro de la categoría lago que no tienen macrófitos en condiciones naturales conforme a la actual tipología española de lagos (Orden ARM/2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica), no se aplicarán las pautas que se recogen en este protocolo (lagos de los tipos 1-4 que se localicen por encima de los 2.300 msnm y los pertenecientes al tipo 9).

2. OBJETIVO

La Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, establece que los Estados miembros deberán poner en marcha programas de seguimiento que deben permitir controlar y evaluar la composición y abundancia de los organismos pertenecientes al elemento de calidad denominado “Otro tipo de flora acuática”.

Por lo tanto, el objetivo de este protocolo es establecer un método de laboratorio y de cálculo métricas de evaluación del estado ecológico correspondientes al elemento de calidad “otro tipo de flora acuática” (macrófitos), de forma que el suministro de información sea de calidad y de comparabilidad científica equivalente entre las Demarcaciones Hidrográficas, garantizando de este modo el cumplimiento de los requisitos mencionados anteriormente.



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 907/2007 por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica.
- Orden MAM/3207/2006 por el que se aprueba la ITC-MMA EECC–1/06 Instrucción técnica complementaria sobre determinaciones químicas y microbiológicas para el análisis de las aguas.
- Orden ARM/2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica.
- 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.

La presente Instrucción se ha redactado teniendo en cuenta también las siguientes referencias e informes técnicos:

- UNE EN 15460: 2008. Guía para el estudio de macrófitos en lagos.
- UNE EN 14996: 2007. Guía para el aseguramiento de la calidad de las evaluaciones biológicas y ecológicas en el medio ambiente acuático.
- MAGRAMA (2013) Protocolo de muestreo de fitoplancton en lagos y embalses (Código: M-LE-FP-2013).
- MAGRAMA (2013) Protocolo de muestreo de otro tipo de flora acuática (macrófitos) en lagos (Código: M - L- OFM - 2013).
- Tesauro para la clasificación del estado ecológico de las masas de agua continentales (TAXAGUA¹).
- CEDEX (2010a): Selección de métricas para la evaluación del estado ecológico de las masas de agua de la categoría “lagos” basadas en el elemento de calidad “composición y abundancia de otro tipo de flora acuática”, en aplicación de la Directiva Marco del Agua.
- CEDEX (2010b): Establecimiento de condiciones de referencia y valores frontera entre clases de estado ecológico en masas de agua de la categoría lago para los elementos de calidad “composición, abundancia y biomasa de fitoplancton” y “composición y abundancia de otro tipo de flora acuática”, en aplicación de la Directiva Marco del Agua.

4. EQUIPOS, REACTIVOS Y CONSERVANTES

Equipos y material para el análisis de muestras de macrófitos

- Claves de identificación de los elementos de calidad biológicos ID-TAX (DGA) y guías complementarias.
- Lupa binocular para la observación de determinados caracteres taxonómicos.
- Ácido acético o clorhídrico para procesado de muestras de macroalgas y su identificación.
- Azul de metileno y carmín acético para teñir estructuras celulares.
- Hoja de campo del protocolo de muestreo de otra flora acuática (macrófitos) con los datos del muestreo (M - L- OFM - 2013).
- Listados taxonómicos del protocolo de muestreo de otra flora acuática (macrófitos) en lagos (M - L- OFM - 2013).

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

¹ <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/programas-seguimiento/TAXAGUA.asp>



5. PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO

En caso de que no se haya podido determinar la identidad de un taxón en campo con un alto grado de fiabilidad, se procederá a su identificación en laboratorio tal y como establece el protocolo de muestreo de otro tipo de flora acuática. Estos taxones aparecerán en la hoja de campo con el código asignado a la muestra que contenga al espécimen en cuestión.

Una vez identificados todos los taxones pendientes en la hoja de campo del anexo I del Protocolo de muestreo de otro tipo de flora acuática, se procederá a la agregación de los datos y se estimarán las coberturas por transecto, siguiendo los criterios definidos a continuación en el punto 6.1.

5.1. IDENTIFICACIÓN Y PROCESADO DE LAS MUESTRAS

El nivel de determinación taxonómica será el de especie, excepto para las algas filamentosas que será el de género. La identificación se llevará a cabo utilizando las Claves de identificación de los elementos de calidad biológicos elaboradas por la Dirección General del Agua (ID-TAX) y guías taxonómicas complementarias, siendo las primeras prioritarias. En caso de utilizar material complementario deberá referenciarse a la entrega de resultados. En cualquier caso la nomenclatura y clasificación de los taxones se adaptará a lo establecido en TAXAGUA².

Para la identificación de macroalgas suele ser necesario recurrir a preparaciones microscópicas y al uso de los siguientes reactivos:

- Ácido acético o clorhídrico diluido, según convenga, para eliminar los carbonatos de las algas incrustantes o las incrustaciones que diversos grupos algales pueden presentar y que dificultan su identificación (ej. Caráceas).
- Azul de metileno y carmín acético para teñir estructuras celulares.

En caso de realizar preparaciones microscópicas de algas filamentosas, se montarán en glicerina o en un medio apropiado y se sellarán con laca.

Los musgos y plantas recogidas y mantenidas en la prensa de campo se identificarán y conservarán de forma permanente en seco: los musgos en sobres de papel y las fanerógamas en pliegos de hojas blancas.

Los ejemplares fotografiados se documentarán y formarán parte de la colección taxonómica correspondiente a cada punto de muestreo.

Se conservarán colecciones de comprobación en forma de especímenes prensados o preservados para permitir el aseguramiento de la calidad en la identificación de los macrófitos. También será necesario almacenar fotografías digitales de las identificaciones realizadas en campo.

5.2. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Para cada masa de agua y para cada muestreo se generará, además de la información habitual relativa a la localización y características del muestreo, un listado de especies presentes en cada transecto muestreado con sus coberturas correspondientes, tal como se especifica en el "Protocolo de muestreo de otro tipo de flora acuática (macrófitos) en lagos" (Código: M - L - OFM - 2013). La nomenclatura y clasificación de las especies se adaptará a lo establecido en TAXAGUA.

² Tesoro taxonómico para la clasificación del estado ecológico de las masas de agua continentales. TAXAGUA



6. AGREGACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO

6.1. ESTIMACIÓN DE LA COBERTURA POR TRANSECTO

La información inicial para la estimación de las coberturas por transecto será la consignada en la hoja de campo para muestreo del anexo I del “Protocolo de muestreo de otro tipo de flora acuática (macrófitos) en lagos” (Código: M - L - OFM-2013) en la que se habrán incluido los taxones que quedaron pendientes de identificar en campo y las coberturas totales necesarias para el cálculo de las métricas estimadas en campo. Esta hoja de resultados se incluye también en el anexo I de este protocolo.

La aplicación del conjunto de métricas específicas de cada tipo de lago requiere la disponibilidad de los datos de coberturas totales estimadas o presencia de las especies identificadas para los transectos establecidos (o para el conjunto de la masa de agua cuando corresponda) para hidrófitos y helófitos.

Como resultado de las identificaciones realizadas en el laboratorio puede resultar necesario corregir alguno de los datos de cobertura total estimados en campo, todos ellos por transecto. Para ello será necesario consultar los listados taxonómicos del anexo II del Protocolo de muestreo de otro tipo de flora acuática (macrófitos) en lagos” (Código: M - L - OFM – 2013) para determinar si se trata de macrófitos típicos, macrófitos indicadores de condiciones eutróficas (o especies cuyo crecimiento se ve beneficiado por la eutrofización) o macrófitos exóticos.

En este sentido se podrán dar los siguientes casos:

- **CASO 1:** Todas las especies identificadas en el transecto son típicas y esto se confirma con las identificaciones de laboratorio. La cobertura total estimada en campo para el transecto prevalece.

Especies	TRANSECTO 1									
Especie típica 1	30							20		
Especie típica 2	30									10
Especie típica 3	30									
Especie típica 4 confirmada en laboratorio	30					10				
Cobertura total de hidrófitos en transecto estimada en campo	70									
Cobertura total de hidrófitos en transecto estimada en laboratorio	70									

- **CASO 2:** En laboratorio se identifican una o varias especies no típicas:
 - Si la especie no típica no estaba en multiestrato: la “Cobertura total de hidrófitos típicos” será la cobertura total estimada en campo menos la cobertura que se haya anotado en campo para esta especie no típica.

Especies	TRANSECTO 1									
Especie típica 1	30							20		
Especie típica 2	30									10
Especie típica 3	30									
Especie NO típica confirmada en laboratorio						20				
Cobertura total de hidrófitos en transecto estimada en campo	80									
Cobertura total de hidrófitos en transecto corregida en laboratorio	60									



- Si la especie no típica estaba en un multiestrato, pero no era la que tenía cobertura dominante en el multiestrato: la “Cobertura total de hidrófitos típicos” en el transecto será la cobertura total estimada en campo.

Especies	TRANSECTO 1									
Especie típica 1	30							20		
Especie típica 2	30									10
Especie típica 3	40									
Especie NO típica confirmada en laboratorio	30									
Cobertura total de hidrófitos en transecto estimada en campo	70									
Cobertura total de hidrófitos en transecto estimada en laboratorio	70									

- Si la especie no típica estaba en un multiestrato y además, era la dominante en el multiestrato: el valor de “Cobertura total de hidrófitos típicos” en el transecto será la cobertura total estimada en campo para el transecto menos la diferencia en dicho transecto entre la cobertura que hayamos anotado en campo para esta especie dominante no típica y la de la siguiente de mayor cobertura en el multiestrato que sí sea típica.

(Cobertura total de hidrófitos típicos en el transecto) = (Cobertura total de hidrófitos típicos en el transecto estimada en campo) – (Cobertura en el transecto de la especie no típica dominante en el multiestrato - Cobertura en el transecto de la especie típica subdominante en el multiestrato)

Especies	TRANSECTO 1									
Especie típica 1	30							20		
Especie típica 2	30									10
Especie típica 3	40									
Especie NO típica confirmada en laboratorio	50									
Cobertura total de hidrófitos en transecto estimada en campo	80									
Cobertura total de hidrófitos en transecto corregida en laboratorio	70									

- Si la especie no típica estaba tanto en multiestrato como en solitario: la “Cobertura total de hidrófitos típicos” será la cobertura total estimada en campo menos la cobertura que se haya anotado en campo para esta especie no típica en solitario, siempre que no fuera la dominante del multiestrato. Si es la dominante del multiestrato; habrá que restar, además, la diferencia entre la cobertura en multiestrato que hayamos anotado en campo para esta especie dominante no típica y la de la siguiente del multiestrato de mayor cobertura en dicho transecto que si sea típica.

Especies	TRANSECTO 1									
Especie típica 1	30							20		
Especie típica 2	30									10
Especie típica 3	40									
Especie NO típica confirmada en laboratorio	30						20			
Cobertura total de hidrófitos en transecto estimada en campo	90									
Cobertura total de hidrófitos en transecto corregida en laboratorio	70									



- **CASO 3:** En laboratorio se identifican una o varias especies exóticas: Por lo que se refiere a la estimación de la “Cobertura total de hidrófitos típicos” se procederá de la misma manera que en el caso anterior considerando la especie exótica como especie no típica. Por lo que se refiere a la estimación de la “Cobertura de especies exóticas” se tomará la cobertura anotada en campo para esta especie, cuando la especie sólo haya aparecido en solitario. Cuando haya aparecido en solitario y en multiestrato, sea o no la dominante del multiestrato se sumarán las coberturas anotadas en campo para esta especie. En caso de multiestratificación de varias especies exóticas, a efectos de cálculo de la “Cobertura de especies exóticas” se tomará la de la especie que sea dominante en el multiestrato.

Especies	TRANSECTO 1					
Especie típica 1	30				20	
Especie típica 2	30					10
Especie típica 3	40					
Especie EXÓTICA confirmada en laboratorio	30		20			
Cobertura total de hidrófitos en transecto	70					
Cobertura total de especies exóticas	50					

- **CASO 4:** En laboratorio se identifican una o varias especies indicadoras de eutrofia Se realizará de la misma forma que en el caso 3 pero considerando la “Cobertura de especies de macrófitos indicadoras de condiciones de eutrofia” en lugar de la de “Cobertura de especies exóticas”, distinguiéndose entre aquellos taxones que son indicadores de elevados niveles tróficos, que contabilizan para este indicador en cualquier caso, y aquellos taxones cuyo crecimiento se ve favorecido por la eutrofización (*Ceratophyllum demersum*, *Polygonum amphibium*, y *Potamogeton pectinatus*), que sólo contabilizan en el caso de que su cobertura promedio supere el 50% de la cobertura ocupada por hidrófitos en el transecto.

Estos mismos criterios serán aplicables también para el cálculo de la métrica cobertura total de macrófitos.

Los resultados de las coberturas totales normalizadas por transecto como consecuencia de las identificaciones en laboratorio deberán consignarse en la hoja de resultados del anexo I “Identificación en laboratorio y normalización de coberturas de macrófitos” de este protocolo. Se incluirán además las coberturas o presencias de todas las especies identificadas, tanto en campo como en laboratorio.

6.2. AGREGACIÓN DE LOS DATOS DE COBERTURA DE LOS TRANSECTOS PARA EL CONJUNTO DE LA MASA DE AGUA

Los datos de cobertura de especies de macrófitos obtenidos en los transectos se deben agregar al conjunto del lago para cada fecha de muestreo. Para ello se realizará un promedio de la cobertura de cada una de las especies en los transectos para obtener un valor de cobertura de cada taxón en la masa de agua.

El resultado de la agregación de los datos de cobertura de taxones obtenidos en los transectos se debe reflejar de acuerdo con la ficha que se recoge en el anexo II “Agregación de los datos obtenidos en los transectos” de este protocolo.

7. MÉTRICAS PARA CLASIFICAR EL ESTADO ECOLÓGICO POR MEDIO DEL ELEMENTO OTRO TIPO DE FLORA ACUÁTICA (MACRÓFITOS) EN LAGOS

Como se ha comentado con anterioridad, no todas las métricas se utilizan en todos los tipos de lagos, sino en función del tipo de masa de agua se aplican unas métricas determinadas. En la siguiente tabla se resume la aplicabilidad de las métricas para la evaluación del estado ecológico del elemento de calidad biológica “Otro tipo de flora acuática” a cada uno de los tipos de lagos.



Tabla 1 Métricas aplicables por tipo de masa de agua

Tipos	Presencia / ausencia de hidrófitos	Riqueza de especies de macrófitos	Cobertura total de hidrófitos	Cobertura total de helófitos	Cobertura total de macrófitos (hidrófitos + helófitos)	Cobertura de especies de macrófitos indicadoras de condiciones eutróficas	Cobertura de especies exóticas de macrófitos
1	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI
2	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI
3	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI
4	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI
5	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI
6	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI
7	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI
8	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI
9 ⁽¹⁾	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
10	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
11	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
12	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
13 ⁽²⁾	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
14	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
15	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
16 ⁽³⁾	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
17 ⁽³⁾	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI
18 ⁽³⁾	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
19 ⁽³⁾	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI
20 ⁽³⁾	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI
21 ⁽³⁾	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI
22 ⁽³⁾	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI
23 ⁽³⁾	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI
24 ⁽³⁾	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
25 ⁽³⁾	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
26 ⁽³⁾	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
27 ⁽³⁾	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
28 ⁽³⁾	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
29 ⁽³⁾	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
30 ⁽⁴⁾	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

¹Se trata de un tipo en el que la única masa declarada, la Laguna de la Caldera, no tiene macrófitos en condiciones naturales, ya que está situada a 3040 msnm. Por ello no se pueden utilizar los macrófitos en la evaluación de su estado ecológico.

²No se ha dispuesto de información para el establecimiento de condiciones de referencia, por tanto no se puede proponer el uso de estas métricas para la evaluación del estado ecológico en este tipo, actualmente representado por una única masa de agua.

³ En lagunas de estos tipos que tengan permanentemente turbidez de manera natural (por resuspensión o formación de coloides), únicamente se utilizarán las métricas de Cobertura total de Helófitos y Cobertura de especies exóticas de macrófitos (teniendo en cuenta únicamente los helófitos) en la evaluación del estado ecológico. En las lagunas de los tipos 20 a 23, las especies propias del salicorniar que crecen en las orillas se asimilarán a helófitos para la evaluación de la métrica "Cobertura total de Helófitos".

⁴ Se trata de sistemas extremadamente variables y las condiciones de referencia dependerían mucho del tipo de alimentación hídrica, que es variable (Borja *et al.*, 2008), existiendo actualmente una carencia de información sobre la asociación de las características ecológicas y los patrones de alimentación hídrica, y su asociación a patrones de desarrollo de los macrófitos, que hace recomendable que no se establezcan valores de referencia para el elemento de calidad "Otra flora acuática" en tanto no se disponga de los estudios necesarios al respecto.



De manera general y por lo que se refiere a las métricas basadas en la estimación de cobertura (“Cobertura total de hidrófitos”, “Cobertura total de helófitos”, “Cobertura total de macrófitos (hidrófitos+helófitos)”, “Cobertura de especies de macrófitos indicadoras de condiciones eutróficas” y “Cobertura de especies exóticas de macrófitos”), el procedimiento de cálculo para cada uno de las métricas, salvo las excepciones o particularizaciones que se reseñan, será el siguiente:

- Para calcular el valor de la métrica para el conjunto del lago se realizará un promedio simple entre los valores de cobertura total en cada transecto (ya corregidos de la manera que se especifica en el apartado 6.1 Estimación de la cobertura por transecto), el cual se consignará en la hoja de resultados que se incluye en el anexo III. Además se procederá a estimar los valores de cobertura por especie en el conjunto del lago, promediando la cobertura de la especie en cada uno de los transectos, incluyéndose estos resultados en el anexo II.
- En el caso de helófitos, en lagos con un perímetro inferior a 1 km y dado que sólo se realiza un único transecto que abarca todo el perímetro, los valores de coberturas específicas y cobertura total de helófitos identificados en campo serán los correspondientes al resultado estimado para ese transecto.
- Para la métrica “Cobertura total de macrófitos (hidrófitos+helófitos)”, aplicable en los tipos de lagos 17 y 19, en los que la vegetación típica de toda la cubeta corresponde a todo el conjunto de macrófitos, la cobertura total se realizará calculando primero el promedio de la cobertura total estimada en cada transecto de la zona inundada, luego el promedio de los transectos o transecto de las orillas, y posteriormente el promedio de ambos, mientras que la agregación por especies se realizará separadamente para los transectos de la zona inundada y los de las orillas.
- Para calcular el indicador “Cobertura de especies de macrófitos indicadoras de condiciones eutróficas”, las especies cuyo crecimiento se ve beneficiado por la eutrofización (*Ceratophyllum demersum*, *Polygonum amphibium*, y *Potamogeton pectinatus*) serán consideradas como tales a efectos del cálculo del indicador para el conjunto del lago únicamente cuando ocupen más 50 % de cobertura en la zona ocupada por los hidrófitos como promedio para el conjunto de los transectos realizados.

Para la agregación de las métricas que no estiman coberturas (“Presencia/ausencia de hidrófitos” y “Riqueza de especies de macrófitos”) se procederá de la siguiente manera:

- Presencia/ausencia de hidrófitos. Dado que se trata de una métrica cualitativa, la aparición de hidrófitos típicos en cualquiera de los transectos realizados se considerará como presencia. Este resultado se consignará en la hoja de resultados que se incluye en el anexo III.
- Riqueza de especies de macrófitos. Se sumará el número de taxones típicos identificados en el conjunto de los transectos, tanto de hidrófitos como de helófitos y su resultado se consignará en la hoja de resultados que se incluye en el anexo III. Las especies no típicas pero que sean acreditadas como tales y aprobadas al respecto por la Subdirección General de Gestión Integrada del Dominio Público Hidráulico (que es la unidad encargada de coordinar el tesoro taxonómico para la clasificación del estado ecológico de las masas de agua continentales) se contabilizarán, una vez aceptadas como tales, como si fueran macrófitos típicos. Igualmente se contabilizarán para el valor agregado de este indicador para el conjunto del lago las especies típicas identificadas por debajo de 2 metros de profundidad (por tanto fuera de los transectos), o especies de briófitos encontradas en zonas rocosas, cuyas coberturas no tendrán que ser estimadas, pero su presencia si deberá serlo a efectos del cálculo de este indicador.

A continuación se presenta una descripción de las métricas utilizadas para la evaluación del estado ecológico conforme al elemento de calidad “Otro tipo de flora acuática” agrupadas de acuerdo al tipo de presión y se describe el procedimiento para su cálculo.



7.1. MÉTRICAS PARA EVALUAR PRESIONES DE TIPO HIDROMORFOLÓGICO

7.1.1. PRESENCIA DE HIDRÓFITOS

Se trata de una métrica que se aplica a los lagos de los tipos de montaña (**tipos 1-8**), y entre estos, sólo en aquellos que en condiciones naturales tienen macrófitos (se establece un límite superior de altitud de 2.300 msnm), que discrimina a algunos de los lagos de los tipos de alta montaña (tipos 1-4).

Se considerarán también en la aplicación de esta métrica, aparte de los taxones de hidrófitos y helófitos identificados en los puntos de muestreo localizados en zonas colonizables³, todos aquellos que se correspondan con alguna de las situaciones que a continuación se describen:

- especies en capas multiestratificadas no típicas del tipo de lago, o que, siendo típicas, no sean dominantes.
- especies identificadas por debajo de 2 metros de profundidad.
- especies de briófitos en zonas rocosas.

Se trata de una métrica que sólo tiene dos posibles resultados:

- Presencia.
- Ausencia.

7.1.2. RIQUEZA DE ESPECIES DE MACRÓFITOS TÍPICOS

Esta métrica se aplica exclusivamente para los lagos que cuenten con una diversidad de macrófitos significativa en condiciones naturales (tipos 10-12, 14-19, 24-29).

Evalúa la riqueza de especies típicas, esto es, el número de especies presentes, tanto de hidrófitos como de helófitos (y anfífitos, en su caso) pertenecientes a cualquiera de los grupos de macrófitos: plantas vasculares, briófitos o carófitos, siempre que el taxón en cuestión sea característico del tipo.

El procedimiento de cálculo consiste en el recuento de todos los taxones típicos de macrófitos presentes en una masa de agua.

Se considerarán también en la aplicación de esta métrica, aparte de los taxones de hidrófitos y helófitos identificados en los puntos de muestreo localizados en zonas colonizables, todos aquellos que se correspondan con alguna de las situaciones que a continuación se describen:

- especies en capas multiestratificadas no características, o que, siendo características, no sean dominantes.
- especies identificadas por debajo de 2 m de profundidad.
- especies de briófitos en zonas rocosas.

7.1.3. COBERTURA TOTAL DE HIDRÓFITOS TÍPICOS

Esta métrica se aplica en aquellos tipos de lagos que, en condiciones naturales, presentan una cobertura significativa de hidrófitos en las zonas colonizables (tipos 10-12, 14-16, 18 y 20-29).

Evalúa el porcentaje de cobertura de hidrófitos típicos (y anfífitos sumergidos) en aquellas partes de la cubeta del lago que reúnan unas condiciones tales que permitan su desarrollo. En el caso de los tipos salinos (tipos 20-23) no se tendrán en consideración (no se considerarán como zonas

³ En el caso de los hidrófitos se considerarán como colonizables aquellas zonas inundadas no rocosas ni pedregosas con pendiente < 30° hasta 2 metros de profundidad, mientras que en el caso de los helófitos se considerarán como zonas colonizables las orillas no rocosas ni pedregosas con pendiente < 30°.



colonizables por hidrófitos) las partes de la cubeta ocupadas por tapetes microbianos multiestratificados (no confundir con biofilms algales asociados a condiciones eutróficas).

El cálculo para el conjunto del lago se realizará mediante un promedio simple entre los valores de cobertura total de hidrófitos estimados en cada transecto (ya corregidos de la manera que se especifica en el apartado 6.1 Estimación de la cobertura por transecto) recogidos en el anexo I, el cual se consignará en la hoja de resultados que se incluye en el anexo III.

7.1.4. COBERTURA TOTAL DE HELÓFITOS TÍPICOS

Esta métrica se aplica en aquellos tipos de lagos que, en condiciones naturales, presentan una cobertura significativa de helófitos litorales y/o anfífitos emergentes. En el caso de los tipos de lagos salinos (tipos 20-23) el salicorniar se considera un tipo de vegetación característica de este tipo de sistemas. Aunque este tipo de vegetación estrictamente no se puede considerar helofítica, será considerada para el cálculo de esta métrica. Por tanto, esta métrica será de aplicación en los tipos de lago 10-12, 14-16, 18 y 20-29.

Evalúa el porcentaje de cobertura de helófitos litorales, anfífitos emergentes o asimilables (como el salicorniar de los tipos 20 a 23), en aquellas partes del litoral de la cubeta que permiten su colonización.

El cálculo se realizará mediante un promedio simple entre los valores de cobertura total de helófitos en cada transecto (ya corregidos de la manera que se especifica en el apartado 6.1 Estimación de la cobertura por transecto) recogidos en el anexo I, el cual se consignará en la hoja de resultados que se incluye en el anexo III.

7.1.5. COBERTURA TOTAL DE MACRÓFITOS TÍPICOS (HIDRÓFITOS + HELÓFITOS)

Esta métrica se aplica exclusivamente en los tipos de lagos con hidroperiodo temporal (tipos 17 y 19), en los que la vegetación característica de la cubeta está constituida por el conjunto de los macrófitos, es decir, tanto hidrófitos como helófitos. Se realizará una evaluación de la cobertura conjunta de hidrófitos y helófitos (y anfífitos, en su caso) en aquellas partes inundadas de la cubeta y las no inundadas de las orillas que permitan su colonización.

Su cálculo se realiza mediante un promedio simple entre los valores de cobertura total de macrófitos estimados en cada transecto en la zona inundada y en las orillas (ya corregidos de la manera que se especifica en el apartado 6.1 Estimación de la cobertura por transecto) recogidos en el anexo I. Posteriormente se promediarán ambos en un único valor para la masa de agua, el cual se consignará en la hoja de resultados que se incluye en el anexo III.

7.2. MÉTRICAS PARA EVALUAR PRESIÓN POR EUTROFIZACIÓN

7.2.1. COBERTURA DE ESPECIES DE MACRÓFITOS INDICADORAS DE CONDICIONES EUTRÓFICAS

Es la única métrica definida para evaluar la presión eutrofización por medio de los macrófitos y se aplicará en todos los tipos de lagos naturales excepto en los tipos 9, 13 y 30.

Evalúa la abundancia (cobertura) de especies de hidrófitos propias de aguas eutróficas, es decir, de aquellas especies de hidrófitos (incluyendo las plantas vasculares, los carófitos, los briófitos y las algas filamentosas) que sean tolerantes a un alto grado de eutrofización y cuya presencia, por lo tanto, se vea favorecida con el incremento de ésta.

Su cálculo se realizará a partir del sumatorio de las coberturas promedio para cada taxón recogidas en el anexo II, de todas aquellas especies que sean indicadores de condiciones eutróficas, distinguiéndose entre aquellos taxones que sean indicadores de elevados niveles tróficos, que contabilizan para este indicador en cualquier caso, y aquellos taxones cuyo crecimiento se ve



favorecido por la eutrofización, que solo contabilizan en el caso de que su cobertura promedio supere el 50% de la cobertura total de hidrófitos en la masa de agua.

7.3. MÉTRICAS PARA EVALUAR PRESIÓN POR ESPECIES EXÓTICAS

7.3.1. COBERTURA DE ESPECIES EXÓTICAS DE MACRÓFITOS

Para valorar la presión por presencia de especies exóticas utilizando los macrófitos se utiliza una única métrica para todos los tipos de lagos naturales excepto en los tipos 9,13 y 30.

Evalúa la abundancia (cobertura) de especies exóticas (incluyendo las plantas vasculares, los carófitos, los briófitos y las algas filamentosas), estimando para ello la cobertura total de estas especies en la masa de agua. La evaluación de esta métrica se realizará siempre respecto de la zona colonizable específica de cada tipo de macrófito:

- zona somera de la cubeta (<2 m) para los hidrófitos exóticos

Para los tipos 17 y 19, la zona colonizable de los helófitos e hidrófitos será toda la cubeta, mientras que para los helófitos litorales incluirá además la parte emergida de la orilla.

- zona emergida de la orilla para los helófitos exóticos.

Su cálculo se realizará a partir del sumatorio de las coberturas promedio de cada taxón exótico. Este cálculo se tendrá que aplicar tanto para las coberturas promedio de hidrófitos exóticos como para las coberturas promedio de helófitos exóticos. Se aplicarán por lo tanto los siguientes sumatorios:

$$Valor.cal = \sum cober.hidra.exo_i$$

Donde:

- cober.hidro.exo_i: cobertura promedio del taxón de hidrófitos exóticos i.

$$Valor.cal = \sum cober.helo.exo_i$$

Donde:

- cober.helo.exo_i: cobertura promedio del taxón de helófitos i incluido dentro del listado de taxones macrófitos exóticos recogido en el anexo III o que se acredite como tal en un futuro.

El resultado final será el peor valor de los dos resultados obtenidos, es decir, aquel en el que se obtenga una mayor cobertura, dado que esto implica un peor estado ecológico.

8. PROCESADO Y TRATAMIENTO DE LA MUESTRA EN LABORATORIO

Para el análisis de las variables físico-químicas se seguirán los protocolos de análisis internacionales estandarizados y las especificaciones establecidas en el Protocolo de muestreo de Fitoplancton en lagos y embalses (Código: M-LE-FP-2013).

**ANEXO I: IDENTIFICACIÓN EN LABORATORIO Y
NORMALIZACIÓN DE COBERTURAS DE MACRÓFITOS**

**ANEXO II: AGREGACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LOS
TRANSECTOS**

**ANEXO III: HOJA DE RESULTADOS DEL CÁLCULO DE
MÉTRICAS**



		MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE	HOJA DE RESULTADOS: MACROFITOS EN LAGOS
NOMBRE DEL LABORATORIO:		CÓDIGO ENTIDAD COLABORADORA: EC - /	
ANALISTA:		FECHA DE ANÁLISIS: __/__/__	
REFERENCIAS IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA	CLAVE:	BIBLIOGRAFÍA:	
CÓDIGO MASA DE AGUA		NOMBRE DE LA MASA DE AGUA:	
CÓDIGO MUESTRA		FECHA DE MUESTREO: __/__/__	
OBSERVACIONES:			
Indicadores		Valor de métrica	
Presencia / ausencia de hidrófitos			
Riqueza específica de macrófitos			
Cobertura total de hidrófitos			
Cobertura total de helófitos			
Cobertura total de macrófitos (hidrófitos + helófitos)			
Cobertura total de especies de macrófitos (hidrófitos) indicadoras de condiciones eutróficas			
Cobertura total de especies de macrófitos exóticas (hidrófitos y helófitos)			
Excepciones			
Especificar motivos que lo justifican		<input type="checkbox"/> Altitud > 2300 msnm <input type="checkbox"/> > 80 % de superficie total de la zona somera ocupada por zona no colonizable ⁵ por hidrófitos <input type="checkbox"/> > 80 % de la zona emergida de la orilla ocupada por zona no colonizable ⁵ por helófitos <input type="checkbox"/> Turbidez natural <input type="checkbox"/> Otras razones (detallar)	
Observaciones ¹			
¹ Indicar cualquier tipo de observación que sea de interés para la evaluación del estado ecológico conforme al elemento de calidad "Otro tipo de flora acuática", como sería el hecho de utilizar en el caso de los indicadores "cobertura total de hidrófitos", "cobertura total de helófitos", y "cobertura total de macrófitos", el procedimiento alternativo de cálculo propuesto en este protocolo			

PROTOCOLO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE BIOLÓGICO DE MACRÓFITOS EN RÍOS EN ESPAÑA

CÓDIGO: IBMR-2015



**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: 280-15-121-0



INDICE

1. APLICABILIDAD	5
2. OBJETIVO	5
3. NORMATIVA DE REFERENCIA	5
4. CÁLCULO DEL IBMR EN ESPAÑA	6
5. TRATAMIENTO DE LOS DATOS.....	7
ANEXO I: VALORES DE INDICACIÓN Y SENSIBILIDAD DE LOS TAXONES PARA EL CÁLCULO DEL IBMR EN ESPAÑA	8



1. APLICABILIDAD

Este protocolo para el cálculo del Índice Biológico de Macrófitos en Ríos en España (IBMR-2015) es de obligada aplicación en la explotación de las redes oficiales de evaluación del estado / potencial ecológico en cumplimiento de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, que explotan las Confederaciones Hidrográficas (CCHH), bien directamente o a través de contratos de servicios.

Este protocolo se aplica al cálculo del IBMR en España a partir de muestras tomadas mediante el protocolo de muestreo y laboratorio de macrófitos en ríos (ML-R-M-2015) en las masas de agua de la categoría ríos y en las masas de agua artificiales o muy modificadas asimilables a ríos.

El cálculo del IBMR en España para la clasificación del estado / potencial ecológico mediante el elemento de calidad flora acuática: macrófitos, se realizará mediante la aplicación del presente protocolo.

2. OBJETIVO

La Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, establece que los Estados miembros deberán poner en marcha programas de seguimiento. Estos programas de seguimiento deben permitir controlar y evaluar la composición y abundancia de la flora acuática.

Por lo tanto, el objetivo de este protocolo es establecer un método de cálculo del IBMR en España, de forma que el suministro de información sea de calidad y de comparabilidad científica equivalente entre las Demarcaciones Hidrográficas, garantizando de este modo el cumplimiento de los requisitos mencionados anteriormente.

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.
- 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 el 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 la Planificación Hidrológica.
- Orden ARM/2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de planificación hidrológica.

Otra documentación de referencia:

Haury, J., Peltre, M.C., Termolieres, M., Barba, J., Thiebaut, G., Bernez, I., Daniel, H., Chatenet, P., Haan-Archipof, G., Muller, S., Dutartre, A., Laplace-Treyture, C., Cazaubon, A. & Lambert-Servien E. 2006. A new method to assess water trophy and organic pollution: the Macrophyte Biological Index for Rivers (MBIR): its application to different types of river and pollution. *Hydrobiologia* 570: 153-158.



4. CÁLCULO DEL IBMR EN ESPAÑA

Datos de partida

El procedimiento para el cálculo del IBMR en España requiere la identificación y el procesado en laboratorio de los diferentes taxones recogidos mediante el protocolo de muestreo y laboratorio de macrófitos en ríos (ML-R-M-2015) elaborado por la Dirección General del Agua.

La información de partida consistirá en el listado de los taxones y sus porcentajes de cobertura obtenidos en el tramo de muestreo. Las clases de cobertura se transformarán a escalas de abundancia, según la siguiente tabla:

Clases de cobertura	Escala de abundancia IBMR en España
< 0,1-Presencia	1
0,1 - <1%-Raro	2
1 - <5%	3
5 - <10%	3
10 - <20%	4
20 - <30%	4
30 - <40%	4
40 - <50%	4
50 - <60%	5
60 - <70%	5
70 - <80%	5
80 - <90%	5
90 - 100%	5

Cálculo del índice

La puntuación del IBMR en España se obtiene a partir de la fórmula de Zelinka y Marvan (1961), en la que se usan la abundancia de los taxones (K_i , de 1 a 5), los valores de sensibilidad respecto a la eutrofia (C_{si} , de 1 a 20) y la indicación de la estenoicidad (E_i , de 1 a 3) asignados a cada uno de los 51 taxones considerados por este índice:

$$\text{IBMR} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \times K_i \times C_{si}}{\sum_{i=1}^n E_i \times K_i}$$

Dónde:

- E_i : Valor de indicación de la estenoicidad (1-3)
- K_i : estima de abundancia de cada taxón utilizando una escala del 1 al 5
- C_{si} : valores de sensibilidad respecto a la eutrofia (1-20)



Los valores Ei y Csi de cada taxón pueden consultarse en el anexo I y en TAXAGUA.

En relación al trabajo de Haury *et. al* (2006), la aplicación del IBMR en España requiere la eliminación e inclusión de varias especies en la composición de taxones a utilizar, así como pequeñas variaciones en los valores de indicación y sensibilidad de algunas especies para mejorar la evaluación del estado de las masas de agua mediante la utilización de este índice

5. TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Con la puntuación del IBMR, obtenida según el procedimiento descrito en el punto anterior, se procederá a determinar el estado / potencial ecológico de la masa de agua. Para esta clasificación se deberán tener en cuenta las fronteras de estado ecológico establecidas legalmente para el indicador IBMR en el tipo de masa de agua que corresponda.

En este sentido habrá que comparar el valor de IBMR obtenido con el valor de referencia establecido para el tipo de masa de agua en cuestión, para obtener un Ratio de Calidad Ecológica (RCE). El valor final del RCE obtenido se compara con los valores frontera del tipo de masa de agua para la métrica IBMR y se clasifica el estado ecológico.

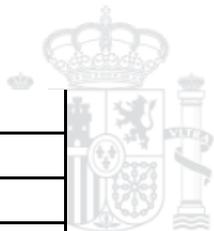
$$\text{Ratio de Calidad Ecológica} = \text{Valor Observado} / \text{Valor de referencia}$$

**ANEXO I: VALORES DE INDICACIÓN Y SENSIBILIDAD DE LOS
TAXONES PARA EL CÁLCULO DEL IBMR EN ESPAÑA**





ID_TAXON	Nombre taxón	Csi	Ei
3166	<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	8	2
40827	<i>Hygroamblystegium fluviatile</i> (Hedw.) Loeske	11	2
40828	<i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst.	5	2
3040	<i>Apium nodiflorum</i> L. (Lag.)	10	1
8227	<i>Audouinella</i> sp. Bory de St Vincent	13	2
3588	<i>Bangia</i> sp. Lyngbye	10	2
17422	<i>Batrachospermum</i> sp. Roth	16	2
17497	<i>Brachythecium plumosum</i> (Hedw.) Schimp.	18	3
17501	<i>Brachythecium rivulare</i> Schimp.	15	2
3197	<i>Chara vulgaris</i> var. <i>longibracteata</i> (Kütz.) J. Groves & Bull.-Webst.	19	3
3198	<i>Chara vulgaris</i> var. <i>vulgaris</i> L.	19	3
7656	<i>Cinclidotus fontinaloides</i> (Hedw.) P.Beauv.	12	2
33002	<i>Cinclidotus riparius</i> (Host ex Brid.) Arn.	13	2
3009	<i>Cladophora</i> sp. Kützing	6	1
33021	<i>Compsopogon</i> sp. Montagne	10	2
7760	<i>Conocephalum conicum</i> (L.) Dumort.	15	2
7828	<i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruce	18	3
40494	<i>Draparnaldia</i> sp. Bory de St. Vincent	18	3
2994	<i>Enteromorpha</i> sp. Link	3	2
8167	<i>Eucladium verticillatum</i> (Brid.) Bruch & Schimp.	19	3
40061	<i>Fissidens crassipes</i> Bruch & Schimp. subsp. <i>crassipes</i>	12	2
8398	<i>Fissidens grandifrons</i> Brid.	15	3
33162	<i>Fissidens pusillus</i> (Wilson) Milde	14	2
3082	<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	10	1
40126	<i>Hildenbrandia rivularis</i> (Liebmann) Agardh	15	2
9090	<i>Lemanea</i> sp. Bory de St Vincent	15	2
3105	<i>Lemna minor</i> L.	10	1
2316	<i>Melosira varians</i> Agardh	10	1
502	<i>Mougeotia</i> sp. Agardh	13	2
3116	<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	8	2
936	<i>Nostoc</i> sp. Vaucher	9	1
31571	<i>Nostoc verrucosum</i> Vaucher	9	1
1153	<i>Oedogonium</i> sp. Link	6	2
958	<i>Oscillatoria</i> sp. Vaucher	11	1
31663	<i>Palustriella falcata</i> (Brid.) Hedenäs	18	3
31662	<i>Palustriella commutata</i> (Hedw.) Ochyra	15	2
31708	<i>Pellia endiviifolia</i> (Dicks.) Dumort.	19	3
960	<i>Phormidium</i> sp. Kützing	13	2
3137	<i>Potamogeton crispus</i> L.	7	2



3140	<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	2	2
3233	<i>Ranunculus peltatus</i> subsp. <i>pseudofluitans</i> (Syme) Franco	11	2
32079	<i>Rivularia</i> sp. Agardh	19	3
503	<i>Spirogyra</i> sp. Link	10	1
1168	<i>Tetraspora</i> sp. Link	12	1
32430	<i>Thamnobryum alopecurum</i> (Hedw.)Nieuwl.	15	2
1595	<i>Tribonema</i> sp. Derbès & Solier	11	2
2986	<i>Ulothrix</i> sp. Kützing	10	1
2248	<i>Vaucheria</i> sp. De Candolle	4	1
3162	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	11	2
3163	<i>Veronica beccabunga</i> L.	10	1
8589	<i>Zygnema</i> sp. Agardh	13	3

PROTOCOLO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE MULTIMÉTRICO ESPECÍFICO DEL TIPO DE INVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN RÍOS

CÓDIGO: METI-2015

Versión 1



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: 280-15-123-1



ACTUALIZACIÓN Y CORRECCIÓN DE ERRORES

Versión del protocolo	Fecha	Corrección de errores
Versión 1	20/01/2016	Se sustituyen las referencias al Índice de disimilitud de Bray-Curtis por el Índice de Bray-Curtis en el texto del protocolo y en las tablas 1, 3a y 3b. Se corrige el algoritmo para obtener el índice en el apartado 4.1 y en la explicación se sustituyen los términos “diferencia” por semejanza y “disimilitud” por similitud.



INDICE

1.	APLICABILIDAD	5
2.	OBJETIVO	5
3.	NORMATIVA DE REFERENCIA	6
4.	DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL ÍNDICE MULTIMÉTRICO ESPECÍFICO DEL TIPO.....	6
4.1.	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA CADA UNA DE LAS MÉTRICAS QUE INTEGRAN EL MULTIMÉTRICO	6
4.2.	PROCEDIMIENTO DE COMBINACIÓN DE LAS MÉTRICAS EN ÍNDICES MULTIMÉTRICOS ESPECÍFICOS DEL TIPO	9
	ANEXO I.....	12



1. APLICABILIDAD

Este protocolo para el cálculo del índice multimétrico de invertebrados en ríos es de obligada aplicación en la explotación de las redes oficiales de evaluación del estado / potencial ecológico en cumplimiento de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, que explotan las Confederaciones Hidrográficas (CCHH), bien directamente o a través de contratos de servicios.

Este protocolo se aplica al cálculo del Índice Multimétrico Específico del Tipo (METI-2015) a partir de muestras tomadas mediante el protocolo de muestreo y laboratorio de invertebrados bentónicos en ríos (ML-Rv-I-2013) en las masas de agua de la categoría ríos y en las masas de agua artificiales o muy modificadas asimilables a ríos.

El cálculo del índice multimétrico de invertebrados en ríos para la clasificación del estado ecológico o potencial ecológico mediante el elemento de calidad fauna bentónica de invertebrados, se realizará mediante la aplicación del presente protocolo.

El conjunto de métricas descritas en este protocolo son aplicables a los tipos de masas de agua siguientes: 21, 22, 23, 25, 28, 29, 30, 31 y 32.

MÉTRICAS APLICABLES POR TIPO DE MASA DE AGUA											
Métricas		Tipo de masa de agua									
		21	22	23	25	28	29	30	31	32	
Riqueza	Número de familias		x	x		x	x	x	x	x	
	Número de familias EPT	x	x	x	x		x	x	x	x	
	Número de familias PT					x					
	Número de familias sensibles	x			x			x			
Porcentaje	Porcentaje de familias sensibles	x			x			x			
	Porcentaje de 3 taxones dominantes	x			x			x			
	Porcentaje de 6 taxones dominantes		x	x		x	x		x	x	
	Porcentaje de Oligochaeta		x	x			x	x	x	x	
Abundancia	Abundancia de clases familias EPT	x	x	x	x		x		x	x	
	Abundancia de PT							x			
Bray-Curtis	Índice de Bray – Curtis	x			x	x		x			
Diversidad	Diversidad de Margalef		x	x		x	x		x	x	

Tabla 1. Métricas aplicables por tipo de masa de agua

2. OBJETIVO

La Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, establece que los Estados miembros deberán poner en marcha programas de seguimiento. Estos programas de seguimiento deben permitir controlar y evaluar la composición y abundancia de la fauna bentónica de invertebrados.

Por lo tanto, el objetivo de este protocolo es establecer un método de cálculo del índice multimétrico de invertebrados en ríos, de forma que el suministro de información sea de calidad y de comparabilidad científica equivalente entre las Demarcaciones Hidrográficas, garantizando de este modo el cumplimiento de los requisitos mencionados anteriormente.



3. NORMATIVA DE REFERENCIA

- 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.
- 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 la Planificación Hidrológica.
- Orden ARM/2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de planificación hidrológica.

Otra documentación de referencia:

- Pardo, I., Abraín, R., Gómez-Rodríguez, C., García-Roselló, E. 2010. Aplicación de los sistemas de evaluación del estado ecológico desarrollados para ríos en la aplicación de la Directiva Marco del agua en las Demarcaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil. 2010. NIPO 282-12-001-X.

4. DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL ÍNDICE MULTIMÉTRICO ESPECÍFICO DEL TIPO

El procedimiento para el cálculo del índice multimétrico específico del tipo, requiere la identificación previa de los distintos taxones recogidos y la determinación de las abundancias de cada uno de ellos, mediante el protocolo de muestreo y laboratorio de invertebrados en ríos (ML-Rv-I-2013).

Una vez identificados los taxones y determinadas sus abundancias (nº individuos), se procede al cálculo de cada una de las métricas que integran el Índice Multimétrico Específico del Tipo al que corresponda la masa de agua. Posteriormente deben integrarse las métricas en el Índice Multimétrico Específico del Tipo que corresponda, tal y como se especifica en este protocolo.

4.1. PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA CADA UNA DE LAS MÉTRICAS QUE INTEGRAN EL MULTIMÉTRICO

A continuación se indica el procedimiento de cálculo para cada uno de las métricas que integran el índice multimétrico de cada uno de los tipos. Las métricas se calculan usando el nivel taxonómico de identificación de familia, excepto para los niveles superiores Oligochaeta y Acariformes.

Métricas de riqueza:

- **Número de familias.** Suma del número total de familias y niveles superiores¹ presentes en la muestra.
- **Número de familias EPT.** Suma del número de familias de los órdenes *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*.
- **Número de familias PT.** Suma del número de familias de los órdenes *Plecoptera* y *Trichoptera*.

¹ Solo para Oligochaeta y Acariformes para los que todas sus familias contabilizan máximo 1 para cada uno



- **Número de familias sensibles.** Suma del número de familias sensibles presentes en cada muestra. Las familias sensibles varían en función del tipo de masa de agua al que pertenezca la muestra que se quiere evaluar. A continuación se ofrece un listado con las familias sensibles aplicables a cada tipo de masa de agua (Tabla 2). Tal y como queda reflejado en la tabla 1, la métrica número de familias sensibles sólo es aplicable a los tipos 21, 25 y 30 según la tipología española de ríos.

Métricas de porcentaje:

- **Porcentaje de riqueza de familias sensibles.** Porcentaje de la riqueza de las familias sensibles frente al total de la riqueza de familias. Las familias sensibles son las especificadas en la tabla 2.
- **Porcentaje de los 3 taxones dominantes.** Suma de la abundancia relativa (porcentaje del número de individuos) de los 3 taxones de invertebrados bentónicos dominantes respecto a la abundancia total de la muestra.
- **Porcentaje de los 6 taxones dominantes.** Suma de la abundancia relativa (porcentaje del número de individuos) de los 6 taxones de invertebrados bentónicos dominantes respecto a la abundancia total de la muestra.
- **Porcentaje de Oligochaeta.** Porcentaje de los individuos pertenecientes a la clase Oligochaeta respecto a la abundancia total de individuos en la muestra.

Familias de invertebrados sensibles	CÓDIGO	Tipo de masa de agua		
		21	25	30
<i>Aphelocheiridae</i>	APH001FAMI			x
<i>Athericidae</i>	ATH001FAMI			x
<i>Brachycentridae</i>	BRA006FAMI	x	x	x
<i>Dixidae</i>	DIX001FAMI	x	x	
<i>Dugesiidae</i>	DUG001FAMI			x
<i>Elmidae</i>	ELM001FAMI			x
<i>Empididae</i>	EMP001FAMI	x	x	
<i>Ephemerellidae</i>	EPH002FAMI			x
<i>Heptageniidae</i>	HEP001FAMI	x	x	x
<i>Hydropsychidae</i>	HYD006FAMI			x
<i>Leuctridae</i>	LEU004FAMI			x
<i>Limoniidae</i>	LIM005FAMI	x	x	
<i>Nemouridae</i>	NEM001FAMI	x	x	x
<i>Perlidae</i>	PER004FAMI	x	x	
<i>Perlodidae</i>	PER006FAMI	x	x	x
<i>Philopotamidae</i>	PHI001FAMI	x	x	
<i>Psychomyiidae</i>	PSY002FAMI			x
<i>Scirtidae</i>	SCI001FAMI	x	x	
<i>Ueonidae</i>	UEN001FAMI			x

Tabla 2. Listado de familias pertenecientes a las especies sensibles (ordenada por orden alfabético) para los tipos nacionales de la categoría ríos.



Métricas de abundancia:

- **Abundancia relativa de familias EPT.** Previamente al cálculo y para obtener esta métrica, las abundancias (nº de individuos) de todas las familias existentes en la muestra deben codificarse teniendo en cuenta la siguiente escala:

Clases de abundancia	Nº de individuos en la muestra
0	n = 0
1	0 < n < 2,5
2	2,5 ≤ n < 10,5
3	10,5 ≤ n < 30,5
4	30,5 ≤ n < 100,5
5	100,5 ≤ n < 300,5
6	300,5 ≤ n < 1000,5
7	1000,5 ≤ n

Una vez codificadas todas las abundancias, se procede con el cálculo de la métrica, que resulta de dividir la suma de las clases de abundancia de las familias correspondientes a los órdenes *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera* (EPT) por la suma de las clases de abundancia de todos los taxones de la muestra.

- **Abundancia absoluta de PT.** Suma del número de individuos de las familias muestreadas correspondientes a los órdenes *Plecoptera* y *Trichoptera* (PT).

Índices:

- **Índice de Bray – Curtis.** Expresa la semejanza entre la composición de taxones de las muestras que pertenecen a localidades de referencia y cualquier muestra con la que queramos compararlas. Este índice se obtiene con el siguiente algoritmo:

$$\text{ÍndiceBC} = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^S |x_{ij} - x_{ik}|}{\sum_{i=1}^S [x_{ij} + x_{ik}]} \right) * 100$$

Dónde:

Índice BC = medida de similitud Bray-Curtis entre las muestras j y k (expresada como porcentaje)

x_{ij} = número de individuos de la especie i en la muestra j



x_{ik} = número de individuos de la especie i en la muestra k

S = número de taxones

El índice de Bray-Curtis sólo se aplica a los tipos 21, 25, 28 y 30 según la tipología nacional de la categoría ríos. En la tabla del anexo 1 se presentan los valores de las medianas de las abundancias de las comunidades biológicas-tipo de referencia para cada uno de los tipos en los que se aplica esta métrica.

▪ **Índice de Diversidad de Margalef**

$$d = S - 1 / \ln(N)$$

Dónde:

S = número de taxones

N = número total de individuos en la muestra

4.2. PROCEDIMIENTO DE COMBINACIÓN DE LAS MÉTRICAS EN ÍNDICES MULTIMÉTRICOS ESPECÍFICOS DEL TIPO

La combinación de las distintas métricas para el cálculo de los índices multimétricos específicos de cada tipo deberá realizarse en dos pasos según el procedimiento descrito a continuación:

1) **Transformación** (sólo en aquellas métricas que sea necesario). La transformación se aplica a las métricas de abundancia absoluta o porcentajes:

- A todas las métricas que expresen datos de abundancia absoluta² se les aplicará una **transformación** logarítmica mediante $\log_{10}(x+1)$.
- Las métricas en forma de abundancia relativa o **porcentaje**³ deben ser expresadas **en tanto por uno**.
- Además, todas aquellas métricas⁴ con una respuesta creciente respecto a los gradientes de presión, deben **invertirse** antes de poder integrarse en el multimétrico. Para ello se transformarán mediante $1 - \text{valor de la métrica}$.

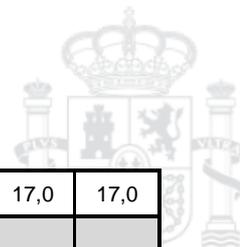
2) **Estandarización**. Es el paso previo a la suma de las métricas. Permite asignar a cada métrica valores comparables (entre 0 y >1), mediante la división del valor de la métrica observado en la muestra test (ya transformado y/o invertido) por el valor de la métrica esperado de la mediana de la referencia (también transformado y/o invertido según corresponda), para cada tipo de río. En las tablas 3a y 3b se facilitan los valores de referencia para cada una de las métricas componentes de los multimétricos.

MEDIANAS DE LAS MUESTRAS DE REFERENCIA										
Métricos		Tipo de masa de agua								
		21	22	23	25	28	29	30	31	32
Riqueza	Número de familias		32,0	32,0		39,0	35,5	33,0	35,5	35,5

² Abundancia de familias PT

³ %Oligochaeta, % familias EPT, % 3/6 taxones dominantes, % familias sensibles y el índice de Bray-Curtis

⁴ %Oligochaeta, % 3/6 taxones dominantes



	Número de familias EPT	16,0	15,0	15,0	16,0		17,0	16,5	17,0	17,0
	Número de familias PT					11,0				
	Número de familias sensibles	7,0			7,0			8,0		
Porcentaje	Porcentaje de familias sensibles	0,2000			0,2000			0,2457		
	Porcentaje de 3 taxones dominantes	0,5689			0,5689			0,5677		
	Porcentaje de 6 taxones dominantes		0,8029	0,8029		0,7988	0,7439		0,7439	0,7439
	Porcentaje de Oligochaeta		0,0037	0,0037			0,0202	0,0078	0,0202	0,0202
Abundancia	Abundancia de clases familias EPT	0,5345	0,5098	0,5098	0,5345		0,5097		0,5097	0,5097
	Abundancia de PT							871,5000		
Bray Curtis	Índice de Bray – Curtis	51,1510			51,1510	52,4660		59,3747		
Diversidad	Diversidad de Margalef		3,7125	3,7125		4,2789	4,0376		4,0376	4,0376

Tabla 3a. Valores de referencia (sin transformar) para cada uno de las métricas componentes de los 5 multimétricos de los tipos nacionales de la categoría ríos.

MEDIANAS DE LAS MUESTRAS DE REFERENCIA										
Métricos		Tipo de masa de agua								
		21	22	23	25	28	29	30	31	32
Riqueza	Número de familias		32,0	32,0		39,0	35,5	33,0	35,5	35,5
	Número de familias EPT	16,0	15,0	15,0	16,0		17,0	16,5	17,0	17,0
	Número de familias PT					11,0				
	Número de familias sensibles	7,0			7,0			8,0		
Porcentaje	Porcentaje de familias sensibles	0,2000			0,2000			0,2457		
	Porcentaje de 3 taxones dominantes	0,4311			0,4311			0,4323		
	Porcentaje de 6 taxones dominantes		0,1971	0,1971		0,2012	0,2561		0,2561	0,2561
	Porcentaje de Oligochaeta		0,9963	0,9963			0,9798	0,9922	0,9798	0,9798
Abundancia	Abundancia de clases familias EPT	0,5345	0,5098	0,5098	0,5345		0,5097		0,5097	0,5097
	Abundancia de PT							2,9408		
Bray Curtis	Índice de Bray – Curtis	0,5115			0,5115	0,5247		0,5937		
Diversidad	Diversidad de Margalef		3,7125	3,7125		4,2789	4,0376		4,0376	4,0376

Tabla 3b. Valores de referencia transformados para cada uno de las métricas componentes de los 5 multimétricos de los tipos nacionales de la categoría ríos

3) Una vez realizados estos procedimientos, las métricas seleccionadas se suman, obteniéndose el valor del **multimétrico**.

4) El estado ecológico de las muestras analizadas en cada tipo, en función de la composición de invertebrados, se expresa mediante un Ratio de Calidad Ecológica (RCE), que se obtiene dividiendo el valor del multimétrico obtenido para la muestra de la masa de agua, por la mediana del valor del multimétrico en las muestras de referencia del tipo. Para la clasificación del estado / potencial ecológico de la masa de agua, se deberán tener en cuenta las fronteras de estado ecológico establecidas legalmente para el indicador METI en el tipo de masa de agua que corresponda.

$$\text{Ratio de Calidad Ecológica} = \text{Valor Observado} / \text{Valor de referencia}$$



ANEXO I

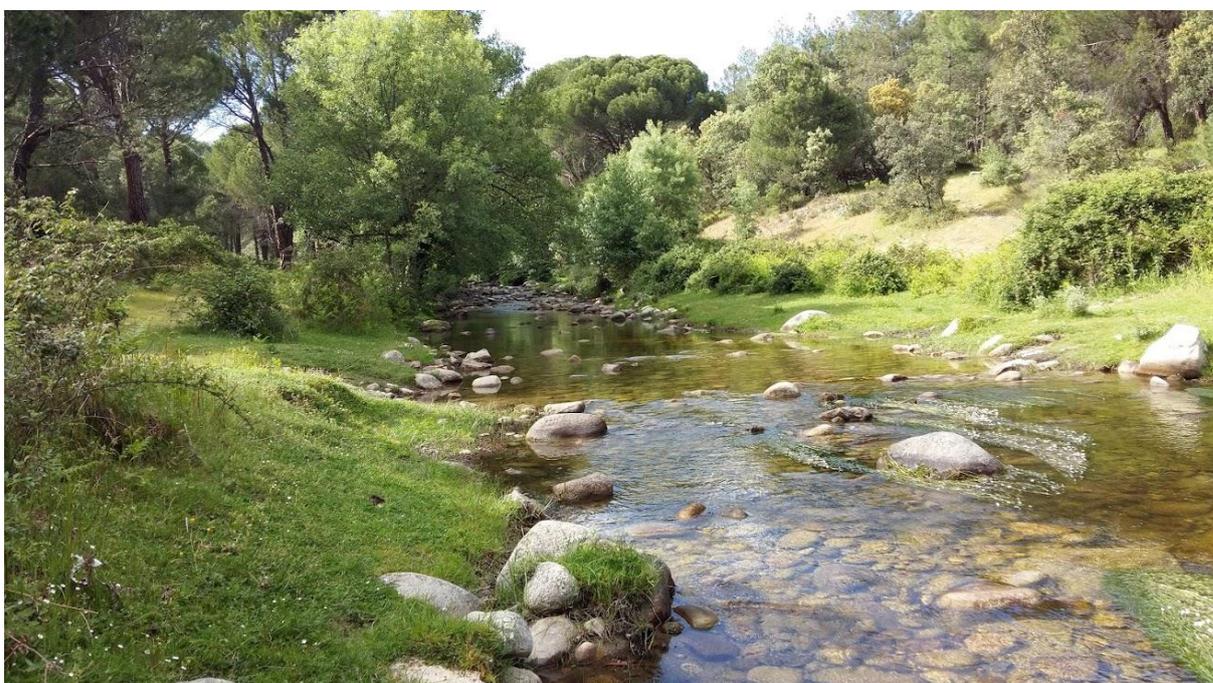
**MEDIANAS DE LAS ABUNDANCIAS DE INVERTEBRADOS EN
LAS ESTACIONES DE REFERENCIA – CÁLCULO ÍNDICE BRAY –
CURTIS**





Familia	Tipos de intercalibración de la categoría de ríos		
	30	21 y 25	28
Aeshnidae	2	0	1
Ancylidae	0	9	91
Aphelocheiridae	0	0	24
Asellidae	0	0	51
Athericidae	33,5	20	11
Baetidae	302	197	477
Brachycentridae	6,5	16	13
Caenidae	0	0	328
Calamoceratidae	0,5	0	28
Calopterygidae	13,5	1	26
Ceratopogonidae	0,5	0	1
Chironomidae	979,5	745	1077
Cordulegastridae	3	1	0
Dixidae	0	1	0
Dytiscidae	1	0	3
Elmidae	418	203	624
Empididae	21,5	8	8
Ephemerellidae	23	8	144
Ephemeridae	0,5	0	0
Erpobdellidae	0	0	10
Gammaridae	0	0	68
Gerridae	0,5	1	4
Glossiphoniidae	0	0	4
Goeridae	0	0	1
Gomphidae	1	0	0
Gyrinidae	0	1	2
Heptageniidae	142,5	169	9
Hydraenidae	5	20	0
Hydridae	0	0	0
Hydrobiidae	1	0	184
Hydropsychidae	152	146	48
Lepidostomatidae	1,5	1	0
Leptoceridae	1	1	8
Leptophlebiidae	116,5	116	1
Leuctridae	197	144	111
Limnephilidae	0,5	1	6
Limoniidae	2	6	0
Lymnaeidae	0	0	106
Nemouridae	72,5	104	0
Oligochaeta	27	43	284
Perlidae	7,5	17	0
Philopotamidae	11	12	0
Planariidae	0	1	0
Planorbidae	0	0	13
Polycentropodidae	1,5	7	22
Rhagionidae	0,5	1	0
Rhyacophilidae	18,5	17	2
Scirtidae	0	1	0
Sericostomatidae	54,5	50	29
Sialidae	0	0	4
Simuliidae	56	61	28
Sphaeriidae	0	0	128

PROTOCOLO PARA EL CÁLCULO DE METRICAS DE LOS INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS DE LAS MASAS DE AGUA CATEGORÍA RÍO



CÓDIGO: MET-R-HMF-2019

22 de abril de 2019



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA



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

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



ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	4
2 OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DEL MECANISMO DE VALORACIÓN	4
3 VALORACIÓN DE LA HMF PARA RIOS PERMANENTES O TEMPORALES CON FAUNA PISCÍCOLA Y VEGETACIÓN DE RIBERA.	6
3.1 RÉGIMEN HIDROLÓGICO	7
3.1.1 CAUDAL E HIDRODINÁMICA.....	7
3.1.2 CAUDALES SÓLIDOS	13
3.2 RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEAS	17
3.3 CONTINUIDAD DEL RÍO: CONTINUIDAD PISCÍCOLA.....	18
3.3.1 ÍNDICE DE COMPARTIMENTACIÓN (IC).....	18
3.3.2 ÍNDICE DE CONTINUIDAD LONGITUDINAL (ICL)	19
3.4 CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: VARIACIÓN DE PROFUNDIDAD Y ANCHURA	20
3.5 CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO	23
3.6 CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA.....	24
4 VALORACIÓN PARA RÍOS TEMPORALES O EFÍMEROS QUE NO TENGAN CAPACIDAD PARA ALBERGAR FAUNA PISCÍCOLA Y/O VEGETACIÓN DE RIBERA.	27
4.1 RÉGIMEN HIDROLÓGICO	28
4.1.1 CAUDAL E HIDRODINÁMICA.....	28
4.1.2 CAUDALES SÓLIDOS	30
4.2 RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEAS	31
4.3 CONTINUIDAD DEL RÍO: CONTINUIDAD AL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.	32
4.4 CONDICIONES MORFOLÓGICAS: PROFUNDIDAD Y ANCHURA.....	33
4.5 CONDICIONES MORFOLÓGICAS: ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO	35
4.6 CONDICIONES MORFOLÓGICAS: ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA.....	36
5 PONDERACIÓN DE LOS VALORES Y FORMA DE REPRESENTACIÓN DE LAS METRICAS.	38
6 UMBRALES PARA EL MUY BUEN ESTADO ECOLÓGICO.....	39
ANEXOS	
ANEXO I: CURVAS DE NATURALIDAD.....	41



1 INTRODUCCIÓN

En este documento se expone el procedimiento planteado para el cálculo de métricas relacionadas con los elementos de calidad relacionados con la hidromorfología fluvial (en adelante HMF) de las masas de agua de categoría río, incluyendo tanto las que cuentan con flujo permanente, como las caracterizadas por un patrón hidrológico temporal o efímero. La propuesta se fundamenta en el contenido del “Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos” (en adelante, Protocolo de caracterización HMF).

El procedimiento de valoración propuesto intenta dar respuesta igualmente a los requerimientos del Real Decreto por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental (R.D. 817/2015), del Reglamento de Planificación Hidrológica (R.D. 907/2007), y de la Instrucción homónima (Orden ARM/2656/2008), así como a lo establecido al respecto de la evaluación del estado ecológico de las masas de agua por la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) (en adelante, DMA), y por los documentos asociados a la Estrategia Común de Implantación de dicha Directiva (CIS).

2 OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DEL MECANISMO DE VALORACIÓN

Dando respuesta a lo establecido por la DMA, el Protocolo recoge los siguientes elementos para la valoración del estado de los indicadores hidromorfológicos de las masas de agua de la categoría río:

1. CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO
 - 1.1. Caudales e hidrodinámica del flujo de las aguas.
 - 1.2. Conexión con masas de agua subterráneas (MASb).
2. CONTINUIDAD DEL RÍO
3. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA
 - 3.1. Variación de la profundidad y anchura del río.
 - 3.2. Estructura y sustrato del lecho del río.
 - 3.3. Estructura de la zona ribereña.

La valoración/cuantificación de todos estos elementos debe permitir, a priori, la diferenciación entre el “muy buen estado” y el “buen estado” de la masa de agua o, en su caso, la identificación provisional de la masa de agua como “muy modificada”, colaborar con el resto de elementos de calidad para la correcta determinación del estado de una masa de agua, así como evaluar los efectos que una actuación determinada puede influir en la HMF fluvial.

El Protocolo plantea la importancia de recabar información variada y de diferente nivel de detalle sobre los aspectos hidromorfológicos de cada masa de agua analizada a nivel de cuenca vertiente. A partir de toda esta información, y de su periódica recolección, podría establecerse un diagnóstico sobre su funcionamiento hidromorfológico, y una valoración del mismo:

- i. El diagnóstico resulta de importancia, desde la óptica de la gestión fluvial, para entender e interpretar correctamente los procesos hidromorfológicos propios de cada masa de agua, así como la manera en que se produce su interacción con diversos aspectos biológicos y físico-químicos. Igualmente, resulta una herramienta fundamental para comprender la influencia ejercida en la dinámica espacio-temporal de la masa por diversos tipos de presiones de origen natural o artificial.



- ii. Por su parte, la posibilidad de realizar una valoración del estado da respuesta directa a la exigencia de la DMA de determinar el estado de los indicadores hidromorfológicos en que se encuentran las masas de agua de una demarcación, y la evolución que dicho estado ha sufrido desde la finalización del anterior ciclo de planificación. Asimismo, el mecanismo de valoración propuesto puede servir para determinar la mejora o empeoramiento de los elementos de calidad hidromorfológica de una masa de agua, después de la realización en ella de una actuación potencialmente impactante o de una medida de recuperación.

Por lo tanto, el objetivo perseguido por el procedimiento propuesto es contribuir a un mejor diagnóstico del funcionamiento hidromorfológico de las masas de agua españolas, y a una mejor y más funcional valoración del estado de los indicadores hidromorfológicos en el que se encuentran.

Para ello, el procedimiento planteado adopta una estructura similar a la utilizada por el Protocolo de caracterización HMF. Se presentan 6 bloques de valoración, correspondientes a los aspectos cuyo análisis exige la DMA para determinar correctamente los indicadores hidromorfológicos de las masas de agua categoría río:

1. Régimen hidrológico (posibles fuentes de alteración)
 - a. Caudal e hidrodinámica
 - b. Caudales sólidos
2. Régimen hidrológico - Conexión con masas de agua subterránea
3. Continuidad del río.
4. Condiciones morfológicas del cauce: variación de la profundidad y anchura del río
5. Condiciones morfológicas del cauce: estructura y sustrato del lecho del río
6. Condiciones morfológicas del cauce: estructura de la zona ribereña

Para cada uno de estos bloques se proponen indicadores de valoración, así como unos grados de alteración (potencial o medida, según lo posible en cada caso) y unos niveles de naturalidad de los indicadores. La alteración o naturalidad se divide, en todos los casos, en cuatro clases, con el fin de contribuir a una mayor homogeneidad del procedimiento, y de facilitar el tratamiento conjunto de los indicadores y sus resultados.

Finalmente, se propone un valor de naturalidad ponderada máxima por indicador, dado que no todos cuentan con la misma relevancia de cara a la valoración y a la definición del estado de los indicadores hidromorfológicos total. Cada uno de los bloques de valoración cuenta con un peso similar (expresado con una puntuación máxima de 10 sobre 60 puntos totales).

Así, para cada indicador, se tomará el valor correspondiente al valor de naturalidad que a su vez, será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máximo que aportará la puntuación ponderada del indicador.

Para un mayor acercamiento a la gran diversidad fluvial existente se ha clasificado la valoración en dos tipologías:

- Ríos permanentes o temporales con fauna piscícola y con vegetación de ribera.
- Ríos temporales o efímeros sin fauna piscícola y sin vegetación de ribera.



3 VALORACIÓN DE LA HMF PARA RÍOS PERMANENTES O TEMPORALES CON FAUNA PISCÍCOLA Y VEGETACIÓN DE RIBERA.

La Instrucción de Planificación Hidrológica (ARM/2656/2008) (IPH, 2008) define los *Ríos permanentes* como los “cursos fluviales en los que, en régimen natural, presentan agua fluyendo, de manera habitual, durante todo el año”. Del mismo modo, define los *Ríos temporales o estacionales* como “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”.

En este apartado se desarrollarán los indicadores hidromorfológicos indicados para aquellos ríos que, por sus condiciones de caudal, puedan albergar fauna piscícola y desarrollar una vegetación de ribera definida. A continuación, se expone la estructura planteada para valorar cada uno de los bloques de valoración, de manera detallada y justificada.

El primer bloque (1. Régimen hidrológico (posibles fuentes de alteración del régimen hidrológico); está diseñados de manera que la valoración se realiza sobre la totalidad de cuenca vertiente de la masa de agua. Los dos siguientes bloques (2. Régimen hidrológico: conexión con masas de agua subterráneas y 3 continuidad del río) se estudiarán a nivel masa de agua. Por último los otros tres bloques restantes relativos a las condiciones morfológicas del cauce (4. Variación de profundidad y anchura; 5. Estructura y sustrato del lecho, y 6. Estructura de la zona ribereña) se valoran en tramos representativos y subtramos de muestreo. A continuación se muestra una Tabla 1 para facilitar la identificación de la escala de trabajo para cada bloque de valoración. (Para más detalle ver Protocolo de caracterización HMF apartado 1.5.).

En el Anexo nº I se presentan las curvas de valoración para cada indicador que son las que se emplean para valorar los distintos indicadores. Los resultados numéricos que se presentan en las tablas son simplemente valores representativos dentro de cada intervalo. Solo coinciden cuando son variables de valoración cualitativa.

NIVEL DE TRABAJO PARA LOS BLOQUES DE VALORACIÓN		
NIVEL	INDICADOR	BLOQUE DE VALORACIÓN
CUENCA VERTIENTE	RÉGIMEN HIDROLÓGICO	Régimen hidrológico: Posibles fuentes de alteración
		Conexión con masas de agua subterránea y grado de alteración de la misma
MASA DE AGUA	CONTINUIDAD DEL RÍO	Estudio del efecto barrera para las especies piscícolas en la masa de agua
TRAMO HIDROMORFOLÓGICO	CONDICIONES MORFOLÓGICAS	Profundidad y anchura del cauce
SUBTRAMO DE MUESTREO		Estructura y sustrato del lecho
		Estructura de la zona ribereña

Tabla 1. Nivel de trabajo correspondiente a cada bloque de valoración del estado hidromorfológico de una masa de agua (Ríos permanentes y temporales con fauna piscícola y vegetación de ribera).



3.1 RÉGIMEN HIDROLÓGICO

El régimen hidrológico se divide en dos partes con la intención de analizar por un lado, las posibles alteraciones al régimen de caudales líquidos y por otro, la limitación al flujo de sedimentos así como las extracciones dentro de la cuenca vertiente que puedan estar afectando al régimen de caudales sólidos de la masa de agua.

3.1.1 CAUDAL E HIDRODINÁMICA

Para el primer bloque de valoración se proponen 6 indicadores de caracterización de las posibles fuentes de alteración hidrológica (ICAHs) y sus posibles efectos sobre los caudales líquidos (Ver Tabla 2). Estos indicadores se valoran en términos de “Grado de potencial alteración”, por cuanto su estimación se realiza de manera indirecta, a través de la existencia de presiones significativas sobre el patrón del régimen de caudales (Para ampliar información ver apartado 2.2.1 del Protocolo de caracterización HMF).

ICAH 1: EMBALSES/DETRACCIONES/TRASVASES – Regulación: alteración de magnitud, variabilidad y estacionalidad de las aportaciones

Este indicador se refiere tanto al efecto de los embalses por grandes presas, detracciones de agua no asociadas a grandes presas ni riegos, y trasvases con capacidad para transformar el régimen de caudales previo a su construcción (regulación hidrológica). A través de la comparación de la suma de las capacidades de almacenamiento de los embalses de grandes presas existentes aguas arriba de la masa de agua considerada (incluyendo los existentes en sus afluentes), considerando las aportaciones en régimen natural de la serie corta (SIMPA) de la cuenca vertiente de la masa de agua. En caso de que las alteraciones estén asociadas a la existencia de detracciones no asociadas a grandes presas o trasvases (incluyendo los relacionados con la explotación de centrales hidroeléctricas), el ICAH1 también se calculará para estas aportaciones, comparando el volumen total de las aportaciones detraídas o trasvasadas con las aportaciones que llegan a la masa en régimen natural.

El cálculo del ICAH 1 por tanto se realiza según las fórmulas establecidas en el Protocolo de caracterización HMF (Ver capítulo 2.2. del Protocolo de caracterización HMF). Siendo estas:

$$\text{ICAH 1} = \frac{\sum \text{VoIE} (hm^3)}{\text{ApRN} (hm^3)} \quad \text{ICAH 1} = \frac{\sum \text{Detmedia} (hm^3)}{\text{ApRN} (hm^3)} \quad \text{ICAH 1} = \frac{\sum \text{ApTRmedia} (hm^3)}{\text{ApRN} (hm^3)}$$

Para cada masa de agua se seleccionará la combinación de estos indicadores que mejor la represente. Valores altos de estos indicadores informan de una alta capacidad potencial de alteración hidrológica. Siendo:

- VoIE (hm³): Volumen útil de todas las grandes presas ubicadas aguas arriba de la sección de cierre de la masa de agua.
- ApRN (hm³): Aportación anual media en régimen natural en la sección de cierre de la masa de agua de la serie corta (1980/81 – actualidad)
- Detmedia (hm³): Detracción anual media autorizada.
- ApTRmedia (hm³): Aportación adicional anual media recibida por trasvase en la masa de agua.

En aquellos casos donde dentro de una misma cuenca vertiente se encuentren localizados tanto grandes presas como detracciones y/o trasvases, deberá tomarse el valor de ICAH que responda a la combinación más crítica de condiciones que pueda presentarse. Para ello, dado que ocasionalmente unos motivos de alteración pueden ser de signo contrario a otros, el valor del ICAH se determinará



sobre la base del conocimiento existente sobre los mecanismos específicos de manejo de cada una de las fuentes potenciales de alteración hidrológica citadas.

ICAH 2: EMBALSES – LAMINACIÓN: ALTERACIÓN EN MAGNITUD Y FRECUENCIA DE LAS AVENIDAS

Con este indicador, a partir de la consideración del efecto de los embalses sobre la magnitud de las aportaciones y sobre los fenómenos extremos (máximos) que se producen en la masa, queda caracterizada la influencia hidrológica de dichas obras sobre la masa de agua. Al menos la de aquellas con una importante capacidad de almacenamiento, y explotadas con objetivos básicamente de abastecimiento y laminación de avenidas. El cálculo se realiza mediante la comparación de la suma de las capacidades de almacenamiento de los embalses que regulan la cuenca vertiente a la masa de agua, y el volumen correspondiente a la avenida con 10 años de periodo de retorno, Q10 (datos CAUMAX).

$$ICAH\ 2 = \frac{\sum VolE\ (hm^3)}{0,0864 * Q10RN\ (m^3/s)}$$

Este cociente puede indicarse 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. Siendo:

- VolE (hm³): volumen útil de todas las grandes presas ubicadas aguas arriba de la sección de cierre de la masa de agua
- Q10RN (m³/s): caudal máximo instantáneo, en régimen natural, en la sección de cierre de la masa de agua, para un período de retorno de 10 años.
- 0,0864: Coeficiente de transformación a días.

ICAH 3: HIDROELÉCTRICAS – HIDRÓPICOS: ALTERACIÓN DE LA VARIABILIDAD Y LAS TASAS DE CAMBIO

Para incorporar el análisis de la alteración motivada por infraestructuras hidráulicas de menor capacidad de almacenamiento, pero con capacidad para modificar los flujos diarios e intra-diarios (como es el caso de las centrales hidroeléctricas), se incorpora un tercer indicador que se determina a partir del cociente entre el sumatorio del caudal medio concesional en las diferentes centrales existentes aguas arriba (no dominadas por embalses y no fluyentes según criterio del Organismo de cuenca) y el caudal medio anual en régimen natural en la misma sección de cierre.

$$ICAH\ 3 = \frac{\sum Q\ (Centrales)\ (m^3/s)}{QmRN\ (m^3/s)}$$

Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad potencial de generar hidrópicos significativos. Siendo:

- Q Centrales (m³/s): Sumatorio de caudales concesionales de las centrales hidroeléctricas (no fluyentes y no dominadas).
- QmRN (m³/s): caudal medio anual, en régimen natural, en la sección de cierre de la serie corta (1980-81 y actualidad).

Estos tres primeros indicadores pueden considerarse que realmente son indicadores de presión y a través de ellos se realiza una estimación de la posible alteración del régimen de caudales existente en



la masa de agua, todo ello debido a las dimensiones y al elevado número de masas de agua existentes, a la ausencia de estaciones de aforo en muchas de ellas y a otros factores, lo que hace que esta evaluación se considere como una primera evaluación a partir de las presiones existentes.

En cualquier caso, una vez realizada esta primera evaluación, se debe corregir caso a caso por el Organismo de cuenca, analizando el grado de implantación y cumplimiento de los caudales ecológicos en esa masa de agua. En este sentido, se puntúa positivamente la existencia de un régimen de **caudales ecológicos** aprobado por el Plan hidrológico de cada demarcación, por lo que:

- El ICAH1 tomará el valor directamente de “Bajo” si se ha adoptado un régimen temporalmente variable de caudales mínimos (y, en su caso, de máximos).
- El ICAH2 tomará el valor directamente de “Bajo” si se está aplicando un régimen de crecidas generadoras.
- El ICAH3 tomará el valor directamente de “Bajo” si se está cumpliendo el régimen de tasas máximas de cambio aguas abajo de centrales hidroeléctricas.

El resto de indicadores incluidos en el bloque 1.1 se relacionan con la manera en que los usos del suelo en la cuenca, así como los vertidos y retornos provenientes de determinados usos del agua, modifican el patrón hidrológico del río.

ICAH 4: Impermeabilización por zonas urbanas, periurbanas e industriales- MAGNITUD Y ESTACIONALIDAD DE LOS CAUDALES ORDINARIOS Y AVENIDAS HABITUALES

Este indicador compara la superficie de la cuenca cuyo suelo presenta un elevado nivel de impermeabilización o sellado por encontrarse urbanizado, con la superficie total de la cuenca vertiente a la sección de cierre de la masa de agua. En determinados casos, puede tratarse de una masa de agua con una gran superficie de drenaje asociada, en la que el suelo sellado se concentra, estrictamente, en sus inmediaciones (por ejemplo, en tramos que recorren aglomeraciones urbanas de cierta entidad). En estos casos, la formulación actual del indicador podría camuflar el efecto de la porción de cuenca impermeabilizada, al compararse su superficie con la de la totalidad de la cuenca de drenaje. Para ello, el indicador plantea la posibilidad de considerar no toda la cuenca vertiente a la masa de agua, sino solamente su intercuenca (entendida como la diferencia entre las cuencas vertientes al inicio y al final de masa), y seleccionar el valor más desfavorable.

$$ICAH\ 4 = \frac{Sc_imper\ (km^2)}{Sc\ (km^2)}$$

Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad potencial de incrementar la escurrentía. Siendo:

- Sc_imperm (km²): superficie impermeabilizada en la cuenca siendo la ocupada por usos del suelo que limitan significativamente la infiltración. Atributos SIOSE ID_COBER 101, 104 Y 111.
- Sc (km²): superficie de la cuenca vertiente en la sección de cierre de la masa de agua.

ICAH 5: Vertidos: Magnitud y estacionalidad de caudales ordinarios



El indicador ICAH5 se refiere al efecto hidrológico motivado por el sumatorio de los vertidos de aguas residuales depuradas desde las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) cuya capacidad de vertido sea superior a 10.000 habitantes-equivalentes, al comparar la suma de sus vertidos anuales (autorizados o registrados) con la aportación anual en régimen natural. Se tendrán en cuenta, a criterio de experto, para aquellas masas de agua donde la existencia de otro tipo de retornos de agua (industrial, de refrigeración, etc.) se considere significativa, la inclusión de estos volúmenes para el cálculo del indicador.

$$\text{ICAH 5} = \frac{\sum \text{Vertido anual autorizado EDAR (hm}^3\text{)}}{\text{ApRN (hm}^3\text{)}}$$

Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad potencial de alteración de la magnitud y estacionalidad de los caudales. Siendo:

- Vertido anual autorizado EDAR (hm³): vertido anual 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 cuanto los vertidos de más de 10.000 habitantes equivalentes.
- ApRN (m³/s): Aportación anual en régimen natural en la sección de cierre de la masa de agua de la serie corta (1980/81 – siguientes)

ICAH 6: Riegos (Derivaciones y retornos)-Magnitud y estacionalidad de los caudales ordinarios

Finalmente, el indicador ICAH6 valora el efecto hidrológico generado por las derivaciones y retornos de regadío, al calcular el cociente entre las superficies de regadío en la cuenca vertiente a la masa de agua y el área total de dicha cuenca. Al igual que ocurría con el ICAH4, este indicador plantea la posibilidad de considerar el nivel de cuenca vertiente completa, o bien el nivel de intercuenca, por razones similares a las expuestas en el caso del ICAH4. Al igual que para este último, se elegiría el valor más desfavorable de los dos.

$$\text{ICAH 6} = \frac{\text{Sc_regadío (km}^2\text{)}}{\text{Sc (km}^2\text{)}}$$

Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad potencial de afectar a la magnitud y estacionalidad de los caudales. Dónde:

- Sc_regadío (km²): superficie de regadío en la cuenca. Atributos SIOSE IS_COBER 32
- Sc (km²): superficie de la cuenca vertiente en la sección de cierre de la masa de agua.



AGENTE GENERADOR	INDICADOR	POSIBLES EFECTOS EN RÉGIMEN DE CAUDALES LÍQUIDOS
Embalses y trasvases: Alteración de aportaciones*	ICAH 1 (la combinación más crítica de) $\Sigma \text{VolE} / \text{ApRN}$ y $\text{Detmedia}(\text{hm}^3) / \text{ApRN}(\text{hm}^3)$ y $\text{ApTRmedia}(\text{hm}^3) / \text{ApRN}(\text{hm}^3)$	Los embalses existentes en la cuenca tienen capacidad potencial para regular más del 30% de las aportaciones naturales correspondientes a la sección de cierre de la masa de agua. Los volúmenes anuales detraídos o trasvasados a la masa de agua receptora tienen capacidad potencial para incrementar o reducir las aportaciones naturales en más del 30%.
Embalses: Laminación de avenidas*	ICAH 2 $\Sigma \text{VolE} / [0,0864 * \text{Q}10]$	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 $\Sigma \text{Q}(\text{CENTRALES}) / \text{QmRN}$	Las centrales hidroeléctricas existentes en la cuenca tienen alta capacidad potencial de generar hidrópicos significativos.
Impermeabilización del suelo	ICAH 4 $\text{Sc}_{\text{imper}} / \text{Sc}$	La superficie impermeabilizada existente en la cuenca tiene una alta capacidad potencial de incrementar la escorrentía.
Vertidos	ICAH 5 $\Sigma \text{Vertido anual} / \text{ApRN}$	Los vertidos 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 $\text{Sc}_{\text{regadío}} / \text{Sc}$	Los retornos de regadío existentes en la cuenca tienen una alta capacidad potencial de afectar a la magnitud y estacionalidad de los caudales.

Tabla 2. Conclusiones de valoración de las posibles fuentes de alteración hidrológica (ICAHs) y posibles efectos: caudales líquidos. (*Se tendrá en cuenta la existencia de caudales ecológicos).

Cálculo de la puntuación ponderada

A partir de los valores obtenidos de cada indicador (ICAHs), se obtiene un valor de naturalidad obtenido a través de la curva de naturalidad correspondiente (ver anexo I). Para la definición de las clases de naturalidad de los indicadores de alteración hidrológica se han considerado las aportaciones de los expertos en hidrología que han participado en la elaboración del Protocolo, así como lo establecido por el sistema de evaluación hidromorfológica de Francia (SYRAH-CE: SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau (2009)).

El valor de naturalidad obtenido se pondera por el valor de naturalidad ponderada máxima. Dado que la mayor influencia sobre la alteración hidrológica del régimen suele provenir del efecto de los embalses de regulación, el peso dado a los indicadores ICAH1 (1.1.1.) e ICAH2 (1.1.2.) (2,0 puntos), es superior al otorgado al resto de indicadores correspondientes a los ICAHs 3 a 6 (1.1.3., 1.1.4., 1.1.5., 1.1.6.), a los que se les otorga un peso de 0,75 puntos (ver Tabla 3). De manera que el peso total de los indicadores del bloque 1.1 alcanza un valor máximo de 7,0 puntos, que deberá ser agregado al otorgado al bloque 1.2 (3,0 puntos), tal y como se expone en el siguiente apartado.



INDICADORES		Grado de potencial alteración y Valor de naturalidad del indicador (valores representativos de las clases)				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA	
		ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO		
1.1.- CAUDAL E HIDRODINÁMICA (ICAHs)							
1.1.1	Embalses y trasvases: Alteración de aportaciones	ICAH 1 $\sum \text{VolE} / \text{ApRN}$ (o $\text{Detmedia}(\text{hm}^3)/\text{ApRN}(\text{hm}^3)$ o $\text{ApTRmedia}(\text{hm}^3)/\text{ApRN}(\text{hm}^3)$; ;	ICAH1 > 0,9	0,3 < ICAH1 < 0,9	0,1 < ICAH1 < 0,3 (o régimen ecológico de caudales aprobado en PHC y en cumplimiento)	ICAH1 < 0,1	2,00
			0	0,50	0,75	1	
1.1.2	Embalses: Laminación de avenidas	ICAH 2 $\sum \text{VolE} / [0,0864 * \text{QT10RN}]$	ICAH2 > 9	5 < ICAH2 < 9	1 < ICAH2 < 5 (o régimen de crecidas generadoras aprobado en PHC y en cumplimiento)	ICAH2 < 1	2,00
			0	0,33	0,66	1	
1.1.3	Hidrópicos	ICAH 3 $\sum Q(\text{CENTRALES}) / \text{QmRN}$	ICAH3 > 0,9	0,3 < ICAH3 < 0,9	0,1 < ICAH3 < 0,3 (o régimen de tasas de cambio aprobado en PHC y en cumplimiento)	ICAH3 < 0,1	0,75
			0	0,33	0,66	1	
1.1.4	Impermeabilización del suelo (NIVEL CUENCA VERTIENTE O INTERCUENCA)	ICAH 4 $\text{Sc}_{\text{imper}} / \text{Sc}$	ICAH4 > 0,4	0,2 < ICAH4 < 0,4	0,1 < ICAH4 < 0,2	ICAH4 < 0,1	0,75
			0	0,33	0,66	1	
1.1.5	Vertidos	ICAH 5 $\sum \text{Vertido anual} / \text{ApRN}$	ICAH5 > 0,5	0,3 < ICAH5 < 0,5	0,1 < ICAH5 < 0,3	ICAH5 < 0,1	0,75
			0	0,33	0,66	1	
1.1.6	Derivaciones y retornos por regadíos (NIVEL CUENCA VERTIENTE O INTERCUENCA)	ICAH 6 $\text{Sc}_{\text{regadío}} / \text{Sc}$	ICAH6 > 0,4	0,2 < ICAH6 < 0,4	0,1 < ICAH6 < 0,2	ICAH6 < 0,1	0,75
			0	0,33	0,66	1	
						7,00	

Tabla 3. Resumen de los indicadores de valoración del grado de potencial alteración de caudales líquidos y ponderación de cada uno de ellos. Los valores de naturalidad del indicador son simplemente valores representativos dentro de cada intervalo, los valores numéricos detallados se obtienen a partir de las curvas de naturalidad recogidas en el anexo I.



3.1.2 CAUDALES SÓLIDOS

La alteración existente en el régimen de caudales sólidos se determina a través de cuatro indicadores (ver Tabla 4) que estudian las fuentes de generación de déficit de sedimentos (Ver apartado 2.2.2 de Protocolo de caracterización HMF).

1. **GRANDES presas- APORTACIONES RETENIDAS**

El primero de ellos, referido al efecto de las grandes presas sobre el transporte sólido, se cuantifica mediante el porcentaje de la superficie de la cuenca vertiente de la masa de agua cuyos aportes quedan retenidos por las grandes presas existentes aguas arriba de ella.

$$\text{Superficie regulada (\%)} = \frac{\text{Sc Regulada (km}^2\text{)} + \Sigma \text{Sc Regulada}'(\text{km}^2)}{\text{Sc (km}^2\text{)}} * 100$$

Valores superiores a 20% indican que las masas de agua asociadas pueden tener un déficit de sedimentos moderado o alto, ya que la mayor parte de los sedimentos se generan en la cabecera de los cauces. Siendo:

- **Sc Regulada:** Superficie regulada por grandes presas en la sección de cierre de la masas de agua (superficie dominada)
- **Sc Regulada':** Superficie regulada por grandes presas en la sección de cierre de uno de los afluentes de la masa de agua, aguas bajo de la gran presa principal.
- **Sc:** Superficie de la cuenca vertiente de la masa de agua.

2. **Grado de afección de azudes y otros obstáculos al transporte de sedimentos en la masa de agua**

Este indicador tiene en cuenta aquellas barreras transversales al cauce que, no constituyendo una gran presa, pueden llegar a retener parte de los caudales sólidos circulantes dentro de una masa de agua. Para su cálculo se compara la longitud del remanso generado por los obstáculos que se localicen dentro de la cuenca no dominada frente a la longitud total de la masa de agua. Se entiende que los sedimentos que circulen aguas arriba de las grandes presas queden retenidos en las mismas, ya consideradas en el apartado anterior.

$$\text{Obstáculos al transporte de sedimentos (\%)} = \frac{\Sigma \text{longitud remansada}}{\text{Longitud de la masa de agua}} * 100$$

Valores superiores al 50% para esta afección unida con el indicador anterior, puede estar generando importantes déficit de sedimentos que pueden suponer un desequilibrio en la dinámica fluvial de la masa de agua.

3. **Existencia de extracciones de áridos en los cauces de las cuencas propias de la masa de agua y en los cauces de la cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua.**

Este indicador hace referencia a la existencia de extracciones de áridos en la cuenca (no regulada) vertiente al inicio de la masa de agua. De existir infraestructuras de regulación, se entiende que los materiales provenientes de dichas zonas de extracción ya quedarían retenidos en las grandes presas.



Esta valoración se analizará de forma cualitativa teniendo en cuenta los siguientes criterios:

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

4. Existencia de extracciones de áridos en los cauces de las cuencas propias de la masa

Finalmente, el último indicador evalúa la existencia de extracciones de áridos en los cauces de la propia masa de agua. La forma de evaluar este indicador será la misma indicada anteriormente, es decir, de forma cualitativa según los criterios ya mencionados para la cuenca no regulada.

AGENTE GENERADOR	INDICADOR	POSIBLES EFECTOS EN RÉGIMEN DE CAUDALES SÓLIDOS
Grandes presas	% de superficie de la cuenca vertiente de la masa de agua cuyos aportes quedan retenidos por las grandes presas situadas aguas arriba	Para valores superiores, las masas de agua asociadas pueden tener un déficit de sedimentos moderado o alto, ya que la mayor parte de los sedimentos se generan en la cabecera de los cauces, en general, regulada por embalses.
Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua	Grado de extracción	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 de la masa de agua	Grado de extracción	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 y otros obstáculos al transporte en la masa de agua	% Σ longitud remansada / longitud de la masa de agua	Para valores superiores, esta afección, unida con los factores anteriores, puede estar generando importantes déficit de sedimentos que pueden, en su caso, alterar el ecosistema fluvial.

Tabla 4. Conclusiones a la valoración de la alteración del régimen hidrológico: caudales sólidos.

Cálculo de la puntuación ponderada

A partir de los valores obtenidos de cada indicador, se obtiene un valor de naturalidad obtenido a través de unas curvas de naturalidad (ver anexo I). Al igual que se señalaba en el caso de los indicadores hidrológicos, cabe mencionar que para la definición de las clases de naturalidad de los indicadores de alteración del régimen de caudales sólidos se han considerado las aportaciones de los expertos en hidrología que han participado en la elaboración del Protocolo, así como lo establecido por el sistema de evaluación hidromorfológica de Francia (SYRAH-CE: SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau (2009)).



El valor de naturalidad obtenido se pondera por el valor de naturalidad ponderada máxima. En este caso el indicador referido a grandes presas es el de mayor relevancia de cuantos suele haber en la cuenca en relación con el flujo de caudales sólidos, por esta razón, se le otorga un peso de 1,25 puntos, sobre un total de 3,0 puntos para el conjunto del sub-bloque 1.2. El peso asignado al porcentaje de longitud remansada es de 0,5. Se ha tenido en cuenta la posibilidad de que alguno de los remansos puedan estar colmatados y por tanto, la capacidad de retención se vea anulada por esta situación. Con respecto a la extracción de áridos en la cuenca no dominada y en la cuenca propia de la masa tienen un peso de 0,5 y 0,75 respectivamente entendiendo que la afección de una extracción tendrá mayor efecto en la hidromorfología fluvial al realizarse en la propia masa de agua.

De esta manera, y sumando el peso de todos los indicadores, queda para el sub-bloque 1.2 un peso total de 3,0 puntos, que sumado al del sub-bloque 1.1 (7,0 puntos), hace el total de 10,0 puntos asignado a cada bloque del procedimiento de valoración propuesto. (Ver Tabla 5)



INDICADORES			Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador (valores representativos de las clases)				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
1.2.- RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CAUDALES SÓLIDOS (Q sol)			ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
AGENTE GENERADOR	INDICADOR						
1.2.1	Grandes presas	% de superficie de la cuenca vertiente de la masa de agua cuyos aportes quedan retenidos por las grandes presas situadas aguas arriba	100-50%	50-20%	20-10%	<10%	1,25
			0	0,33	0,66	1	
1.2.2	Obstáculos a la movilidad del sedimento por azudes y otros obstáculos ubicados en la propia masa de agua	\sum Long. Remanso / Long. Masa (%)	100-50%	50-20%	20-10%	<10%	0,50
			0	0,33	0,66	1	
1.2.3	Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua	Grado de extracción	Alto	Moderado	Bajo	Muy bajo	0,50
			0	0,33	0,66	1	
1.2.4	Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca propia de la masa de agua	Grado de extracción	Alto	Moderado	Bajo	Muy bajo	0,75
			0	0,33	0,66	1	
							3,00

Tabla 5. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo de grado de potencial de alteración de caudales sólidos



3.2 RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEAS

El análisis de la conexión de las masas de agua superficial con masas de agua subterráneas se establece a partir de la existencia o inexistencia de relaciones hidráulicas e interdependencia entre la 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.).

Esta caracterización 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, 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).

En general, se podrán analizar los siguientes parámetros:

- Existencia de la relación hidráulica masa de agua subterránea – río.
- Posición relativa cota nivel piezométrico y cota de la lámina de agua del río.
- Manantiales asociados.

Esta relación de las masas de agua subterránea con las aguas superficiales ya se valora en la evaluación del estado de las masas de agua subterránea. Por ello, en aquellas masas de agua superficial vinculadas a masas de agua subterránea consideradas en buen estado cuantitativo, será considerado un grado de alteración de la conexión bajo o muy bajo, en función de posibles alteraciones puntuales de lecho del río que puedan limitar esa conexión.

Por lo tanto, en relación con el indicador que se refiere al Grado de alteración de la conexión de la Masa de Agua Superficial (MAS) con masas de agua subterráneas (MASb), la valoración se realiza de manera cualitativa, diferenciando, a partir de dichos parámetros, cuatro niveles de alteración: “Alto”, “Moderado”, “Bajo” y “Muy bajo”:

- **Grado de alteración Muy Bajo**, indica que:
 - No hay conexión significativa
 - La superficie piezométrica y el funcionamiento hidrodinámico del acuífero, no están alterados significativamente, estando la masa de agua subterránea en buen estado cuantitativo.
 - No hay alteraciones significativas en la morfología del cauce que impidan su conexión.
- **Grado de alteración bajo**: se refiere a la existencia de una cierta alteración en la conexión natural en algunas zonas concretas de la masa de agua o durante periodos cortos del año.
- **Grado de alteración Moderado**: indica la existencia de una cierta alteración de la conexión natural en una parte relevante de la masa de agua o durante una serie de meses del año.
- **Grado de alteración Alto**, indica que:
 - La superficie piezométrica y el funcionamiento hidrodinámico del acuífero están alterados significativamente.
 - Hay alteraciones significativas en la morfología del cauce que impiden su conexión.



Cálculo de la puntuación ponderada

Como ya se ha explicado en el caso de caudales líquidos y sólidos, al valor del indicador obtenido, se le asigna un valor de la curva de naturalidad (Ver Anexo I). Este será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima, que como en todo los bloques será de un peso de 10 (Ver Tabla 6).

INDICADORES		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador (valores representativos de las clases)				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
2	2- RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CONEXIÓN CON AGUAS SUBTERRÁNEAS	ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
		Grado de alteración de la conexión de la MAS con masas de agua subterránea (MASb)	0	0,33	0,66	1
						10,00

Tabla 6. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo del grado de alteración potencial de la conexión de la masa de agua con aguas subterráneas asociadas.

3.3 CONTINUIDAD DEL RÍO: CONTINUIDAD PISCÍCOLA

La continuidad del río es esencial para posibilitar la transferencia a lo largo del río de caudales (tanto líquidos como sólidos), biomasa, los nutrientes y por supuesto, las distintas migraciones de la fauna piscícola. La consideración de todos los elementos que caracterizan esta continuidad es muy compleja, por lo que en el marco de este protocolo y para esta tipología de masa de agua, esta continuidad se evalúa de forma indirecta puesto que la continuidad del río se evalúa como continuidad tanto en ascenso como en descenso para la fauna piscícola, con los criterios y metodologías expuestas en el protocolo de caracterización HMF (Ver capítulo 3, Protocolo de caracterización HMF).

A partir de la metodología indicada en el protocolo de caracterización HMF se establecen dos indicadores que determinan la fragmentación del cauce por estructuras de mayor o menor franqueabilidad, considerando también la capacidad de las especies piscícolas que habitan o utilizan la masa de agua para desarrollar sus ciclos biológicos. No se consideran las especies que potencialmente podría sustentar la masa -en caso de no existir presiones humanas significativas-, sino solo aquellas que de manera efectiva pueden ser localizadas regularmente en ella.

3.3.1 ÍNDICE DE COMPARTIMENTACIÓN (IC)

El primero de los indicadores es el Índice de Compartimentación de la masa de agua (IC), que relaciona la longitud de la masa de agua con el número de obstáculos existentes en ella y su efecto de barrera en ascenso y descenso, de forma que a mayor valor del índice mayor grado de compartimentación.

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

L_r= Longitud de la masa de agua considerada (km)

N= Número obstáculos transversales existentes

ΣIF = Suma de los índices de franqueabilidad de los obstáculos existentes.



El efecto de barrera se establece considerando las características del obstáculo y las condiciones de franqueabilidad, por grupos de especies piscícolas. Estos grupos son los siguientes:

- *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 procedimiento de cálculo de este índice se encuentra detallado en el protocolo de caracterización de la HMF anteriormente citado (Ver apartado 3.4. del protocolo de caracterización HMF).

3.3.2 ÍNDICE DE CONTINUIDAD LONGITUDINAL (ICL)

Por su parte, el segundo indicador para la valoración es el Índice de continuidad longitudinal (ICL), que se calcula como el producto del IC por el coeficiente de prioridad de las especies piscícolas ($\sum k_i$). 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: un río sin obstáculos tendrá un ICL de 0, independientemente de las especies que lo habiten.

El índice de continuidad longitudinal (ICL) 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.

Las tablas y formas de cálculo del citado índice se recogen y detallan en el protocolo de caracterización de la HMF anteriormente descrito (Ver apartado 3.5. del Protocolo de caracterización HMF).



Cálculo de la puntuación ponderada

Dentro del Excel de valoración, estos indicadores se complementarán dentro de la pestaña "Indicadores de masa· 2.-Régimen hidrológico: conexión con masas de agua subterránea (MASb).

De nuevo, para cada indicador (IC, ICL), se corresponder un valor dentro de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver .Dado que ICL es directamente dependiente de IC, se pondera a este último con un peso de 6 sobre 10, y al ICL con un peso de 4 sobre 10. (Ver Tabla 7).

INDICADORES		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador (valores representativos de las clases)				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
3.- CONTINUIDAD PISCÍCOLA (CP)		ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
3.1	Índice de compartimentación de la masa de agua (IC)	IC>10	3<IC<10	1<IC<3	IC<1	6,00
		0	0,33	0,66	1	
3.2	Índice de continuidad longitudinal de masas de agua (ICL)	ICL>200	200≥ICL>100	100≥ICL>25	ICL<25	4,00
		0	0,33	0,66	1	
						10,00

Tabla 7. Resumen de los indicadores de valoración del grado de alteración de la continuidad del río y ponderación de cada uno de ellos. Los valores de naturalidad del indicador son simplemente valores representativos dentro de cada intervalo, los valores numéricos detallados se obtienen a partir de las curvas de naturalidad recogidas en el anexo I.

3.4 CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: VARIACIÓN DE PROFUNDIDAD Y ANCHURA

La valoración de la variación en profundidad y anchura del cauce se realiza mediante la aplicación de siete indicadores. Todos ellos permiten determinar la alteración morfométrica del cauce motivada por la existencia de obras de protección, estabilización, obstáculos transversales o zonas urbanizadas (en porcentaje de longitud de cauce, o de superficie de cauce y zona de policía). Este bloque se calculará a nivel de tramo hidromorfológico dentro de la masa de agua (Ver apartado 4.1. de Protocolo de caracterización HMF).

El primero de ellos (Ver Tabla 8) (4.1) hace referencia al Porcentaje (%) de longitud de cauce modificado morfológicamente por acciones directas en el cauce (desviado, acortado, canalizado, estrechado,..). El segundo (4.2), al porcentaje (%) de longitud de ocupación de las márgenes u orillas del cauce por obras de estabilización de taludes (escolleras, gaviones, muros, etc.), y el tercero (4.3), al porcentaje (%) de longitud de ocupación de margen (zona de policía) por obras de protección frente a inundaciones (motas, recrecimientos o rellenos, terraplenes, etc.). El indicador 4.4 hace también alusión a las obras de protección frente a inundaciones, pero desde la perspectiva de la distancia a la que se encuentran con respecto a la orilla del cauce activo del río. En el caso de estos tres últimos indicadores, es suficiente con que la ocupación se presente en una sola margen del cauce para contabilizar ese tramo de la masa como alterado.



El quinto indicador (4.5) se refiere a la superficie (%) urbanizada o impermeabilizada total o parcialmente en las márgenes (zona de policía). El sexto indicador (4.6) se establece como el porcentaje (%) de longitud del tramo remansado por los obstáculos transversales existentes. El séptimo indicador (4.7) incorpora la consideración del grado de incisión o dinámica vertical acelerada que puede sufrir el cauce como consecuencia de desequilibrios en su funcionamiento hidrogeomorfológico (por actuaciones como la regulación hidrológica, la artificialización del régimen de caudales a partir de vertidos o cambios en los usos del suelo de la cuenca, la construcción de obras de defensa u obstáculos transversales, la extracción de áridos, etc.). El grado de incisión puede evaluarse en puntos concretos del tramo a partir de estimadores directos o indirectos (evidencias geomorfológicas del rebaje de la cota del lecho, erosión lateral ligada a la incisión del lecho, presencia de vegetación colgada sobre el lecho, etc.).

Cálculo de la puntuación ponderada

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que en el resto de bloques, donde se tendrá en cuenta el valor de las curvas de naturalidad correspondientes (Ver Anexo I), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 8).



INDICADORES		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador (valores representativos de las clases)				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
		ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
4.- CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA (CM_VPA)						
4.1	Porcentaje (%) de longitud de cauce modificado morfológicamente por acciones directas en el cauce (desviado, acortado, canalizado, estrechado,...)	>30%	$30 \geq L > 10\%$	$10 \geq L > 3\%$	$L < 3\%$	2,00
		0	0,33	0,66	1	
4.2	Porcentaje (%) de longitud de ocupación de las márgenes u orillas del cauce por obras de estabilización de taludes (escolleras, gaviones, muros, etc...)	>30%	$30 \geq L > 10\%$	$10 \geq L > 3\%$	$L < 3\%$	2,00
		0	0,33	0,66	1	
4.3	Porcentaje (%) de longitud de ocupación de margen (zona de policía) por obras de protección frente a inundaciones (motas, recrecimientos o rellenos, terraplenes, etc...)	>30%	$30 \geq L > 10\%$	$10 \geq L > 3\%$	$L < 3\%$	1,00
		0	0,33	0,66	1	
4.4	Distancia (d) desde la orilla del cauce activo a la que se encuentran las obras de protección frente a inundaciones (motas, recrecimientos o rellenos, terraplenes, etc...)	$d < 0,5w$	$3w > d \geq 0,5w$	$5w > d \geq 3w$	$> 5w$	1,00
		0	0,33	0,66	1	
4.5	Superficie (%) urbanizada o impermeabilizada total o parcialmente en las márgenes (zona de policía)	>30%	$30 \geq S > 10\%$	$10 \geq S > 1\%$	$S < 3\%$	1,00
		0	0,33	0,66	1	
4.6	Porcentaje (%) de longitud del tramo remansado por los obstáculos transversales existentes.	>30%	$30 \geq L > 10\%$	$10 \geq L > 3\%$	$L < 3\%$	2,00
		0	0,33	0,66	1	
4.7	Grado de incisión o dinámica vertical acelerada	SINTOMAS CONTINUOS	SINTOMAS POR TRAMOS	SINTOMAS PUNTUALES	AUSENCIA DE SÍNTOMAS	1,00
		0	0,33	0,66	1	
						10,00

Tabla 8. Resumen de los indicadores de valoración del grado de alteración de la variación de profundidad y anchura del cauce y ponderación de cada uno de ellos. Los valores de naturalidad del indicador son simplemente valores representativos dentro de cada intervalo, los valores numéricos detallados se obtienen a partir de las curvas de naturalidad recogidas en el anexo I.



3.5 CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO

La condición de la estructura y sustrato del lecho se define a través de dos elementos de calidad, que cubren la evolución de la dinámica sedimentaria, de la estructura longitudinal del lecho, y de su estructura vertical. El análisis de estos elementos requiere hacer un reconocimiento por el espacio de muestreo, que permita identificar las particularidades y posibles alteraciones de la estructura y sustrato del lecho. Estos indicadores son cualitativos y deben ser analizados en el subtramo de muestreo una vez evaluado y conocida la historia y evolución de la masa de agua realizada previamente en gabinete (Ver apartado 4.2. del Protocolo de caracterización HMF).

El primero de los indicadores (5.1) se relaciona con el grado de alteración de la naturalidad del lecho en relación al origen, tamaño y clasificación del sedimento. El análisis se realiza mediante una inspección visual, que permite evaluar la existencia de cambios visibles y significativos en lo que se refiere al tipo de sedimento y a su ubicación en el cauce (en el lecho, barras, islas, etc.). El análisis visual se haría de manera global para todo el espacio de muestreo, centrándose en aquellos puntos en los que resulta posible la evaluación - considerando el caudal fluyente y el tipo de lecho y formas fluviales que existen en el subtramo de muestreo.

El segundo indicador (5.2) evalúa el grado de alteración de la naturalidad de la estructura longitudinal del lecho del cauce, entendida como la secuencia de elementos del fondo del cauce en el sentido de la pendiente dominante (salto/poza, rápido/poza, rápido/remanso, rápido continuo, etc.). La artificialización del cauce originada por diversas presiones humanas conduce potencialmente a la pérdida de dicha estructura longitudinal, o de sus características distintivas.

Cálculo de la puntuación ponderada

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que en el resto de bloques, donde se tendrá en cuenta el valor de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 9).

La determinación de estos dos indicadores se realizaría de manera similar para las diferentes tipologías fluviales, si bien se deberá adaptar su estudio a las condiciones consideradas de referencia para cada tipología.



INDICADORES		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador (valores representativos de las clases)				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
5.- CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO (CM_ESL)						
5.1	Grado de alteración de la naturalidad del lecho en relación al origen, tamaño y clasificación del sedimento.	ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	5,00
		0	0,33	0,66	1	
5.2	Grado de alteración de la naturalidad de la estructura longitudinal del lecho del cauce	ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	5,00
		0	0,33	0,66	1	
						10,00

Tabla 9. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo de grado de alteración de la variación de la estructura y sustrato del lecho.

3.6 CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA

Por lo que respecta a la estructura de la zona ribereña, se divide en tres apartados (Ver Tabla 10):

- Estructura de la vegetación de ribera
- Composición de la vegetación de ribera
- Alteración de la dinámica ribereña

El análisis del estado en que se encuentra la vegetación de ribera es un buen indicador (directo e indirecto) de la existencia de diversas presiones humanas sobre las zonas de ribera. No obstante, el buen estado de la vegetación es una condición necesaria, pero no suficiente, para contrastar la calidad de las zonas de ribera. Por esta razón se añade el tercer apartado, relativo a la existencia de alteraciones en los hábitats ribereños derivados de la existencia en ellas de infraestructuras y usos humanos.

La estructura de la zona ribereña es evaluada mediante la conectividad ecológica en sus tres dimensiones espaciales:

- la dimensión longitudinal (6.1.1), midiendo el porcentaje en que las orillas del cauce activo están cubiertas por vegetación leñosa autóctona (promedio entre ambas orillas);
- la dimensión transversal (6.1.2), determinando si al eje del cauce existe un dosel arbóreo o arbustivo autóctono –desde la orilla hasta el perímetro exterior de la ribera (promedio entre los transectos para ambas márgenes);
- la dimensión vertical (6.1.3), evaluando si existe conexión ecológica entre los diferentes estratos vegetales (en ambas márgenes). Cuando la falta de conectividad ecológica entre estratos se debe a causas naturales (como la competencia por la luz, la existencia de sustratos rocosos, o las características del valle), se otorga una puntuación idéntica a la correspondiente a condiciones de ausencia de alteración. La vegetación alóctona no computa en el cálculo de



la conectividad, dado que su presencia indica alteraciones en la estructura vegetal, y en las funciones y servicios que el bosque ribereño proporciona.

La composición de la vegetación de ribera se evalúa considerando:

- en qué medida cuenta con especies autóctonas, bien sean leñosas (árboles/arbustos/matorrales) o no (pastizales/helófitas,...) (6.2.1);
- si existen diversos pisos o edades como muestra de una adecuada regeneración y viabilidad futura (p.e., árboles extramaduros y maduros, arbolado joven, arbustos de diverso porte, matorral, regenerado, etc.) (6.2.2), considerando si esta variable está limitada por condiciones naturales.
- si en la ribera existe una presencia más o menos acusada de especies que, aun siendo autóctonas, indican condiciones ecológicas regresivas (especies espinosas, nitrófilas, muy vinculadas a la existencia de materia orgánica abundante,...) (6.2.3).

El análisis de la naturalidad se realiza calculando el porcentaje de superficie de la ribera funcional (ambas márgenes) que se encuentra cubierto por vegetación autóctona. La diversidad de pisos/edades se determina de manera cualitativa, observando la variabilidad de tipos que aparecen en la ribera (ambas márgenes). Al igual que en el caso de la conexión entre estratos, una menor diversidad de pisos o edades derivada de causas naturales (condiciones de luz, sustrato, valle) no sería penalizada. Finalmente, la presencia de especies indicadoras de etapas regresivas se calcula –de manera cualitativa- como el porcentaje aproximado de la superficie de ribera funcional (ambas márgenes) cubierta por ese tipo de especies.

Finalmente, la alteración de la dinámica ribereña se determina mediante dos indicadores.

- El primero de ellos (6.3.1) hace referencia al porcentaje (%) de la superficie de ribera funcional con limitaciones en su conexión transversal por la presencia de estructuras artificiales (motas, muros, etc...). La medición de este indicador se realizaría comparando la totalidad de la superficie de ribera funcional con la superficie que de manera efectiva sufre una desaceleración o limitación de su dinámica como consecuencia de la existencia de estructuras artificiales.
- El segundo indicador (6.3.2) se establece mediante el porcentaje (%) de la superficie de ribera funcional con alteración de los materiales del sustrato por actividades humanas. En este caso, la medición se lleva a cabo comparando la totalidad de la superficie de la ribera funcional con la superficie en la que el sustrato se encuentra alterado por el desarrollo de actividades humanas (agrícolas, urbanas, etc.).

Cálculo de la puntuación ponderada

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que en el resto de bloques, donde se tendrá en cuenta el valor de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 10).



6.- CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: INDICADORES DE LA ESTRUCTURA RIBEREÑA		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
6.1.- ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA		ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
6.1.1	Conectividad ecológica longitudinal (%)	<30% 0	30-60% 0,33	60-90% 0,66	>90% 1	1,50
6.1.2	Conectividad ecológica transversal (%)	<30% 0	30-60% 0,33	60-90% 0,66	>90% 1	1,50
6.1.3	Conexión entre estratos de la vegetación ribereña	ESCASA 0	MODERADA 0,33	CONECTADA 0,66	IMBRICADA (o limitada por causas naturales) 1	1,00
						4,00
6.2.- COMPOSICIÓN ESPECÍFICA DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA						NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
6.2.1	Naturalidad: porcentaje (%) de superficie de la ribera funcional con especies autóctonas (leñosas o no)	<30% 0	30-60% 0,33	60-90% 0,66	>90% 1	1,50
6.2.2	Categoría de diversidad de pisos/edades, incluyendo el regenerado.	UN ÚNICO PISO O EDAD 0	POCOS PISOS O EDADES 0,33	VARIOS PISOS O EDADES 0,66	VARIOS PISOS/EDADES Y REGENERADO (o diversidad limitada por causas naturales) 1	1,50
6.2.3	Porcentaje (%) de la superficie de ribera funcional con especies indicadoras de etapas regresivas	>90% 0	60-90% 0,33	30-60% 0,66	<30% 1	1,00
						4,00
6.3.- ALTERACIÓN DE LA DINÁMICA RIBEREÑA						NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
6.3.1	Porcentaje (%) de la superficie de ribera funcional con limitaciones en su conexión transversal por la presencia de estructuras artificiales (motas, muros, etc...)	>90% 0	60-90% 0,33	30-60% 0,66	<30% 1	1,00
6.3.2	Porcentaje (%) de la superficie de ribera funcional con alteración de los materiales del sustrato por actividades humanas.	>90% 0	60-90% 0,33	30-60% 0,66	<30% 1	1,00
						2,00

Tabla 10. Resumen de los indicadores de valoración del grado de alteración de la variación de la vegetación de ribera y ponderación de cada uno de ellos. Los valores de naturalidad del indicador son simplemente valores representativos dentro de cada intervalo, los valores numéricos detallados se obtienen a partir de las curvas de naturalidad recogidas en el anexo I. Los porcentajes relativos a superficies se obtendrán de las capas de información geográfica a realizar en gabinete tras la información recogida en campo.



4 VALORACIÓN PARA RÍOS TEMPORALES O EFÍMEROS QUE NO TENGAN CAPACIDAD PARA ALBERGAR FAUNA PISCÍCOLA Y/O VEGETACIÓN DE RIBERA.

La Instrucción de Planificación Hidrológica (ARM/2656/2008) (IPH, 2008) define los Ríos efímeros como los “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”. Dado el especial funcionamiento hidromorfológico de este tipo de ríos, las peculiaridades que suelen presentarse en su manejo como consecuencia de esa dinámica, y su relativa abundancia - en especial en las cuencas del este y sur de España -, resulta preciso desarrollar una metodología específica para su valoración hidromorfológica, al igual que sucede en ríos temporales (Ver capítulo 3) que debido a su grado de temporalidad no puedan albergar fauna piscícola.

El procedimiento de valoración parte del presentado como método de aplicación general del apartado anterior, y se basa en la eliminación de aquellos apartados que no resultan de aplicación en el caso de estos ríos y la reasignación de los pesos de los indicadores, de acuerdo con la importancia relativa que pueden tener los indicadores en la dinámica de estos ríos. El esquema de nivel de trabajo para este caso quedaría de la manera expuesta a continuación:

NIVEL DE TRABAJO PARA LOS BLOQUES DE VALORACIÓN		
NIVEL	INDICADOR	BLOQUE DE VALORACIÓN
CUENCA VERTIENTE	RÉGIMEN HIDROLÓGICO	Régimen hidrológico: Posibles fuentes de alteración
MASA DE AGUA		Conexión con masas de agua subterránea y grado de alteración de la misma
	CONTINUIDAD DEL RÍO	Estudio del efecto barrera para el transporte de sedimentos
TRAMO HIDROMORFOLÓGICO	CONDICIONES MORFOLÓGICAS	Profundidad y anchura del cauce
SUBTRAMO DE MUESTREO		Estructura y sustrato del lecho
		Estructura de la zona ribereña

Tabla 11. Nivel de trabajo correspondiente a cada bloque de valoración del estado hidromorfológico de una masa de agua (Ríos temporales y efímeros sin fauna piscícola ni vegetación de ribera).



4.1 RÉGIMEN HIDROLÓGICO

4.1.1 CAUDAL E HIDRODINÁMICA

En primer lugar, se han sustituido los apartados 1.1.1 y 1.1.2 referidos a la alteración de aportaciones y laminación de avenidas por grandes presas y trasvases, por la estimación de la superficie dominada en la cuenca. Esta modificación se debe en primer lugar a la dificultad de obtener datos de aportaciones y caudales máximos en algunos casos. Por otro lado, la existencia reducida de este tipo de infraestructuras (abastecimiento, hidroeléctricas) en ríos donde la presencia de caudales es tan limitada. (Ver Tabla 12).

La existencia de estructuras de menor porte para laminación de avenidas sí será más recurrente en algunos casos, siendo una estimación de la superficie dominada una aproximación a la alteración producida.

Del mismo modo, se ha eliminado el indicador 1.1.3. para el estudio de alteración de hidrópicos causado por hidroeléctricas. Se entiende nuevamente la inexistencia de las mismas de forma general, dadas las características singulares del régimen hidrológico de estos ríos.

Desde el punto de vista de la planificación y gestión hidrológicas, son masas que no suelen tener aprobado un régimen de caudales ecológicos definido, por lo que se ha retirado también la referencia a la consideración positiva (en la puntuación de los indicadores) de la existencia y cumplimiento de tales regímenes.

Para aquellos ríos temporales en los que existan infraestructuras de este tipo así como datos del régimen hidrológico deberá aplicarse la valoración para ríos permanentes y temporales (Ver apartado 4.1).

Por último, permanecen los indicadores referidos a superficie impermeabilizada (1.1.2.), vertidos (1.1.3.) y derivaciones y retornos de regadío (1.1.4.).

En este caso los vertidos se analizan de forma cualitativa. Se considera de forma negativa la presencia de caudales continuos provenientes de vertidos en ríos que, de forma natural poseen unas características hidromorfológicas adaptadas a caudales puntuales. Así se considerará:

- Grado de alteración Muy bajo: Cuando dentro de la cuenca vertiente de la masa no existan vertidos.
- Grado de alteración Bajo: Cuando exista uno o varios vertidos, que aporten pequeños volúmenes (<2.000 h.e.) en su conjunto, de aguas depuradas.
- Grado de alteración Medio: Existencia de uno o varios vertidos que aporten pequeños volúmenes (<2.000 h.e.) en su conjunto, de aguas no depuradas.
- Grado de alteración Alto: vertidos superiores a 2.000 h.e.



AGENTE GENERADOR	INDICADOR	POSIBLES EFECTOS EN RÉGIMEN DE CAUDALES LÍQUIDOS
Grandes presas	% de superficie de la cuenca vertiente de la masa de agua cuyos aportes quedan retenidos por las grandes presas situadas aguas arriba	Para valores superiores, las masas de agua asociadas pueden tener un déficit de sedimentos moderado o alto, ya que la mayor parte de los sedimentos se generan en la cabecera de los cauces, en general, regulada por embalses.
Impermeabilización del suelo	ICAH 4 Sc_imper / Sc	La superficie impermeabilizada existente en la cuenca tiene una alta capacidad potencial de incrementar la escorrentía.
Vertidos	ICAH 5 Incidencia de vertidos en la cuenca	Los vertidos existentes en la cuenca tienen una alta capacidad potencial de alteración de la dinámica fluvial del río y por tanto de sus hábitats naturales.
Derivaciones y retornos por regadíos	ICAH 6 Sc_regadío/ Sc	Los retornos de regadío existentes en la cuenca tienen una alta capacidad potencial de afectar a la magnitud y estacionalidad de los caudales.

Tabla 12. Indicadores de valoración de las posibles fuentes de alteración y posibles efectos: caudales líquidos para ríos sin capacidad de albergar fauna piscícola y/o vegetación de ribera

Cálculo de la puntuación ponderada

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que el descrito para ríos permanentes, donde se tendrá en cuenta el valor de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 13).

Se ha modificado el peso relativo asignado a los apartados 1.1 y 1.2. Los ríos efímeros tienen una notable dependencia funcional del régimen sedimentario, por lo que se ha incrementado el peso del apartado 1.2, hasta un valor de 4, sobre los 10 totales del bloque sobre Caudal e hidrodinámica. El peso asignado al apartado 1.1 es, por tanto de 6 sobre 10.

INDICADORES			Grado de potencial alteración y Valor de naturalidad del indicador (valores de referencia de las clases)				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
1.1- CAUDAL E HIDRODINÁMICA (ICAHs)			ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
1.1.1	Grandes presas	% de superficie de la cuenca vertiente de la masa de agua cuyos aportes quedan retenidos por grandes presas situadas aguas arriba	ICAH1 ≥ 0,9	0,3 ≤ ICAH1 < 0,9	0,1 ≤ ICAH1 < 0,3	ICAH1 < 0,1	1,80
			0	0,5	0,75	1	
1.1.2	Impermeabilización del suelo (NIVEL CUENCA VERTIENTE O INTERCUENCA)	ICAH 4 Sc_imper / Sc	ICAH4 ≥ 0,4	0,2 ≤ ICAH4 < 0,4	0,1 ≤ ICAH4 < 0,2	ICAH4 < 0,1	1,40
			0	0,33	0,66	1	
1.1.3	Vertidos	ICAH 5 Presencia de vertidos	ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	1,40
			0	0,33	0,66	1	
1.1.4	Derivaciones y retornos por regadíos (NIVEL CUENCA VERTIENTE O INTERCUENCA)	ICAH 6 Sc_regadío/ Sc	ICAH6 ≥ 0,3	0,25 ≤ ICAH6 < 0,3	0,1 ≤ ICAH6 < 0,25	ICAH6 < 0,1	1,40
			0	0,33	0,66	1	
							6,00

Tabla 13. Resumen de los indicadores de valoración del grado de potencial alteración de caudales líquidos y ponderación de cada uno de ellos. Los valores de naturalidad del indicador son simplemente valores representativos dentro de cada intervalo, los valores numéricos detallados se obtienen a partir de las curvas de naturalidad recogidas en el anexo I.

4.1.2 CAUDALES SÓLIDOS

En este caso se han mantenido todos los indicadores referidos a extracciones de áridos. La limitación de los sedimentos por pequeñas infraestructuras se ha pasado al apartado de continuidad del río.

AGENTE GENERADOR	INDICADOR	POSIBLES EFECTOS EN RÉGIMEN DE CAUDALES SÓLIDOS
Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua	Grado de extracción	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 de la masa de agua	Grado de extracción	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.

Tabla 14. Conclusiones a la valoración de la alteración al régimen hidrológico: caudales sólidos para ríos sin capacidad de albergar fauna piscícola y/o vegetación de ribera



Cálculo de la puntuación ponderada

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que el descrito para ríos permanentes, donde se tendrá en cuenta el valor de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I, mismas curvas que para ríos permanentes), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 15).

INDICADORES		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador (valores de referencia de las clases)				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA	
1.2.- RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CAUDALES SÓLIDOS (Q sol)		ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO		
AGENTE GENERADOR	INDICADOR						
1.2.1	Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua	Grado de extracción	0	0,33	0,66	1	1,50
1.2.2	Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca propia la masa de agua	Grado de extracción	0	0,33	0,66	1	2,50
							4,00

Tabla 15. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo de grado de alteración de régimen hidrológico: caudales sólidos

4.2 RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEAS

Este bloque de la valoración se ha mantenido tal y como se ha indicado en el apartado 3.2. En una buena parte de los ríos efímeros la conexión con las MASb puede ser poco significativa, y no contribuir a la existencia de un flujo continuado en casi ningún momento del año. Sin embargo, dada la amplia casuística que se puede presentar, se ha considerado oportuno mantener este atributo en el procedimiento de valoración.

Cálculo de la puntuación ponderada

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que el descrito para ríos permanentes, donde se tendrá en cuenta el valor de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 16).



INDICADORES		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
		ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
2	2- RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CONEXIÓN CON AGUAS SUBTERRÁNEAS	0	0,33	0,66	1	10,00
						10,00

Tabla 16. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo de grado de alteración de régimen hidrológico: conexión con aguas subterráneas

4.3 CONTINUIDAD DEL RÍO: CONTINUIDAD AL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.

En este bloque se valora la existencia de obstáculos a la movilidad del sedimento por la presencia de azudes y otros obstáculos transversales ubicados en la propia masa de agua, así como en los afluentes directos que no formen parte de ella.

Se considera algo necesario considerar no solo los azudes, sino cualquier obstáculo transversal que pueda suponer un freno a la movilidad del sedimento. Poniendo en relevancia considerar que esos obstáculos puedan estar, no solo en el interior de la masa de agua, sino en los afluentes principales que aportan sus caudales líquidos y sólidos a dicha masa.

La valoración será cualitativa en función de la densidad de obstáculos existentes por km de masa de agua. Teniendo en cuenta para el cálculo la cuenca no dominada por grandes presas y únicamente aquellos obstáculos que no se encuentren colmatados. Así:

- Grado de alteración Muy Bajo: ausencia de obstáculos.
- Grado de alteración Bajo: existencia de menos de un obstáculo por km de masa de agua.
- Grado de alteración Moderado: existencia de un obstáculo por km de masa de agua.
- Grado de alteración Alto: existencia de más de un obstáculo por km de masa de agua.

Cálculo de la puntuación ponderada

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que el descrito para ríos permanentes, donde se tendrá en cuenta el valor de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I, mismas curvas que para ríos permanentes), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 17).



INDICADORES		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
		ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
3	Existencia de obstáculos a la movilidad de sedimentos en la masa y afluentes colindantes	0	0,33	0,66	1	10,00
						10,00

Tabla 17. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo de grado de alteración de la continuidad del río

4.4 CONDICIONES MORFOLÓGICAS: PROFUNDIDAD Y ANCHURA

En el caso de las condiciones morfológicas relacionadas con la profundidad y la anchura de la masa de agua, se han mantenido los siete indicadores previamente existentes.

Cálculo de la puntuación ponderada

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que el descrito para ríos permanentes, donde se tendrá en cuenta el valor de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I, mismas curvas que para ríos permanentes), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 18).



INDICADORES	Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
	ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
4.- CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA (CM_VPA)					
4.1 Porcentaje (%) de longitud de cauce modificado por acciones directas en el cauce (desviado, acortado, canalizado, estrechado,...)	>30%	30≥L>10%	10≥L>3%	L=<3%	2,0
	0	0,33	0,66	1	
4.2 Porcentaje (%) de longitud de ocupación de las márgenes u orillas del cauce por obras de estabilización de taludes (escolleras, gaviones, muros, etc...)	>30%	30≥L>10%	10≥L>3%	L=<3%	2,0
	0	0,33	0,66	1	
4.3 Porcentaje (%) de longitud de ocupación de margen (zona de policía) por obras de protección frente a inundaciones (motas, recrecimientos o rellenos, terraplenes, etc...)	>30%	30≥L>10%	10≥L>3%	L=<3%	1,0
	0	0,33	0,66	1	
4.4 Distancia (d) desde la orilla del cauce activo a la que se encuentran las obras de protección frente a inundaciones (motas, recrecimientos o rellenos, terraplenes, etc...)	d<0,5w	3w>d≥0,5w	5w>d≥3w	>5w	1,0
	0	0,33	0,66	1	
4.5 Superficie (%) urbanizada o impermeabilizada total o parcialmente en las márgenes (zona de policía)	>30%	30≥S>10%	10≥S>1%	S<3%	1,0
	0	0,33	0,66	1	
4.6 Porcentaje (%) de longitud del tramo remansado por los obstáculos transversales existentes.	>30%	30≥L>10%	10≥L>3%	L=<3%	2,0
	0	0,33	0,66	1	
4.7 Grado de incisión o dinámica vertical acelerada	SINTOMAS CONTINUOS	SINTOMAS POR TRAMOS	SINTOMAS PUNTUALES	AUSENCIA DE SÍNTOMAS	1,0
	0	0,33	0,66	1	
					10,0

Tabla 18. Resumen de los indicadores de valoración del grado de alteración de la variación de profundidad y anchura del cauce y ponderación de cada uno de ellos. Los valores de naturalidad del indicador son simplemente valores representativos dentro de cada intervalo, los valores numéricos detallados se obtienen a partir de las curvas de naturalidad recogidas en el anexo I.



4.5 CONDICIONES MORFOLÓGICAS: ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO

En lo que respecta a la “Estructura y sustrato del lecho”, se han mantenido los indicadores existentes para la valoración de este apartado, su consideración cualitativa, y los pesos asignados para la ponderación. Los dos indicadores son significativos y de interés para el análisis del funcionamiento hidromorfológico de los ríos efímeros.

La determinación de estos dos indicadores se realizaría de manera similar para las diferentes tipologías fluviales, si bien se deberá adaptar su estudio a las condiciones consideradas de referencia para cada tipología. En el caso de los ríos temporales y efímeros sin capacidad de albergar bosque de ribera, los indicadores 4.1 y 4.2 se aplicarían de manera similar a la indicada para ríos temporales. Para la utilización del indicador 4.2 dado que en muchas ocasiones no resulta posible apreciar en esos ríos una secuencia de elementos en el lecho del cauce, se analizaría la existencia de alteraciones de la pendiente, dimensiones y materiales del lecho que indiquen, directa o indirectamente, el deterioro de su estructura.

Cálculo de la puntuación ponderada

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que el descrito para ríos permanentes, donde se tendrá en cuenta el valor de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I, mismas curvas que para ríos permanentes), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 19).

INDICADORES		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador (valores de referencia de las clases)				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
		ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
4.- CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO (CM_ESL)						
4,1	Grado de alteración de la naturalidad del lecho en relación al origen, tamaño y clasificación del sedimento.	0	0,33	0,66	1	5,00
4,2	Grado de alteración de la estructura longitudinal del lecho del cauce	0	0,33	0,66	1	5,00
						10,00

Tabla 19. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo de grado de alteración de las condiciones morfológicas referidas a variación de la profundidad y anchura



4.6 CONDICIONES MORFOLÓGICAS: ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA

En el caso de ríos sin bosque de ribera, el procedimiento de valoración incluye algunos cambios, al no ser correcta la evaluación basada en la presencia o ausencia de una vegetación que en condiciones naturales no tiene necesariamente que aparecer en la ribera, ni de otros atributos cuyo funcionamiento cuenta con una peor definición en ese tipo de ríos. Por otra parte, dado que en estos casos resulta complejo determinar la línea de rotura entre el cauce y las márgenes, los indicadores se refieren en ambos casos al espacio fluvial completo, en el que por otra parte suelen presentarse dinámicas complejas y una distribución irregular de la vegetación derivada de la alta variabilidad de los caudales fluyentes y de la existencia de periodos más o menos continuados de cese de caudal.

Por ello, se modifica planteando un solo indicador relativo a estructura, y otro a composición. En el primer caso (5.1.1) el indicador de estructura es el porcentaje de ocupación del espacio fluvial debida a la existencia de vías de comunicación, estructuras artificiales o usos humanos del suelo que limiten o alteren la estructura y dinámica fluviales. En otras palabras, se trata de cuantificar en qué medida el espacio fluvial (lecho+márgenes) registra una alteración relevante en la estructura y dinámica de su vegetación como consecuencia de presiones humanas de diversa índole. En el caso de la composición específica, el indicador (5.1.2) se refiere al porcentaje (%) de la superficie del espacio fluvial (lecho + márgenes) ocupado por vegetación alóctona. Con esta formulación de indicadores, quedarían igualmente cubiertos los aspectos relativos a la calidad del hábitat “ribereño”.

Cálculo de la puntuación ponderada

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que el descrito para ríos permanentes, donde se tendrá en cuenta el valor de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I, mismas curvas que para ríos permanentes), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 20).



5.-CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador (valores de referencia de las clases)				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
5.1.- ESTRUCTURA		ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
5.1.1	Porcentaje de ocupación del espacio fluvial por la existencia de vías de comunicación, estructuras artificiales o usos humanos del suelo que limiten o alteren la estructura y dinámica fluvial	>90%	60-90%	30-60%	<30%	6,00
		0	0,33	0,66	1	
4.2.- COMPOSICIÓN ESPECÍFICA DE LA VEGETACIÓN		ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	4,00
5.2.1	Porcentaje (%) de la superficie del espacio fluvial ocupada por vegetación alóctona	>90%	60-90%	30-60%	<30%	
		0	0,33	0,66	1	
10,00						

Tabla 20. Resumen de los indicadores de valoración del grado de alteración de la variación de la vegetación de ribera y ponderación de cada uno de ellos. Los valores de naturalidad del indicador son simplemente valores representativos dentro de cada intervalo, los valores numéricos detallados se obtienen a partir de las curvas de naturalidad recogidas en el anexo I. Los porcentajes relativos a superficies se obtendrán de las capas de información geográfica a realizar en gabinete tras la información recogida en campo.



5 PONDERACIÓN DE LOS VALORES Y FORMA DE REPRESENTACIÓN DE LAS METRICAS.

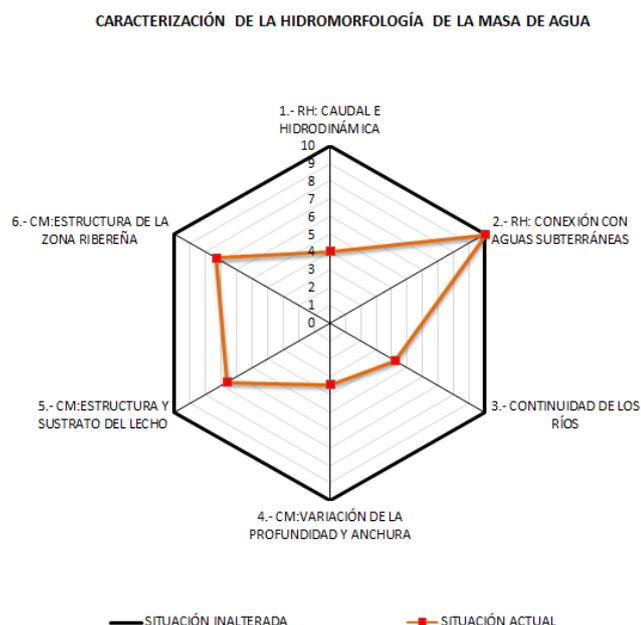
El resultado final se establece en primer lugar separando por tramos la puntuación ponderada de cada bloque. Los tres primeros bloques serán comunes en todos los tramos mientras que los bloques destinados a las condiciones morfológicas variarán en función del tramo hidromorfológico estudiado (ver Tabla 21).

Así para obtener el valor global de la masa de agua para cada uno de los seis bloques deberá ponderarse los bloques 4, 5 y 6 por el porcentaje correspondiente a cada tramo. Siendo el resultado global de cada uno de los tres bloques comentados, la suma de las ponderaciones de cada situación actual del tramo por su porcentaje de longitud en la masa.

Tramo 1			
CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLOGÍA	SITUACIÓN INALTERADA	MUY BUEN ESTADO	SITUACIÓN ACTUAL
1.- RH: CAUDAL E HIDRODINÁMICA	10,0	9,0	4,06
2.- RH: CONEXIÓN CON AGUAS SUBTERRÁNEAS	10,0	9,0	10,00
3.- CONTINUIDAD DE LOS RÍOS	10,0	9,0	4,19
4.- CM: VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA	10,0	9,0	3,46
5.- CM: ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO	10,0	9,0	5,94
6.- CM: ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA	10,0	9,0	8,82
Suma total			

Tabla 21. Ejemplo de tabla con los resultados de la puntuación ponderada del tramo 1 de una masa de agua

Para cada tramo estudiado, se genera un gráfico donde, en forma de hexágono se representa cada uno de los bloques analizados en un eje numerado de 0 a 10.





6 UMBRALES PARA EL MUY BUEN ESTADO ECOLÓGICO

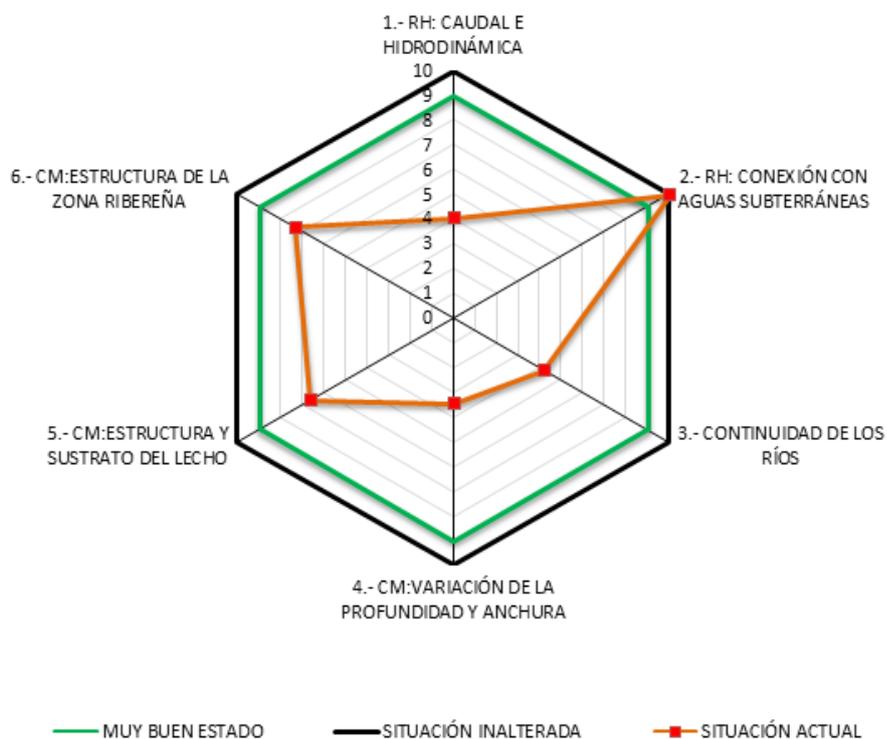
El hexágono resultante constituye un elemento visual que ayuda a interpretar de una forma sencilla y global qué elementos de la hidromorfología de una masa de agua están más afectados.

Este gráfico engloba en cada eje los seis bloques de valoración en un rango que varía de 0 a 10. Valores de 10 estarán indicando que ese bloque en cuestión no está siendo afectado por ninguna presión aparente y que por tanto se encuentra en una situación inalterada o natural. Por el contrario, valores muy próximo a 0 estarán indicando una alteración completa.

Una vez identificados qué ejes están más afectados, se podrá identificar, dentro de los indicadores que engloba ese eje, qué elementos son los que están siendo los causantes de esa alteración. Esta alteración podrá en consecuencia poder ser analizada en detalle y proponerse obras o medidas de mejora que a su vez, se podrán reflejar en el hexágono.

Para poder establecer un estado hidromorfológico que pueda incluirse dentro de la valoración del estado ecológico de una masa de agua, tal y como establece la DMA, se establece el límite para el muy buen estado hidromorfológico un valor de 9.

CARACTERIZACIÓN DE LA HIDROMORFOLOGÍA DE LA MASA DE AGUA





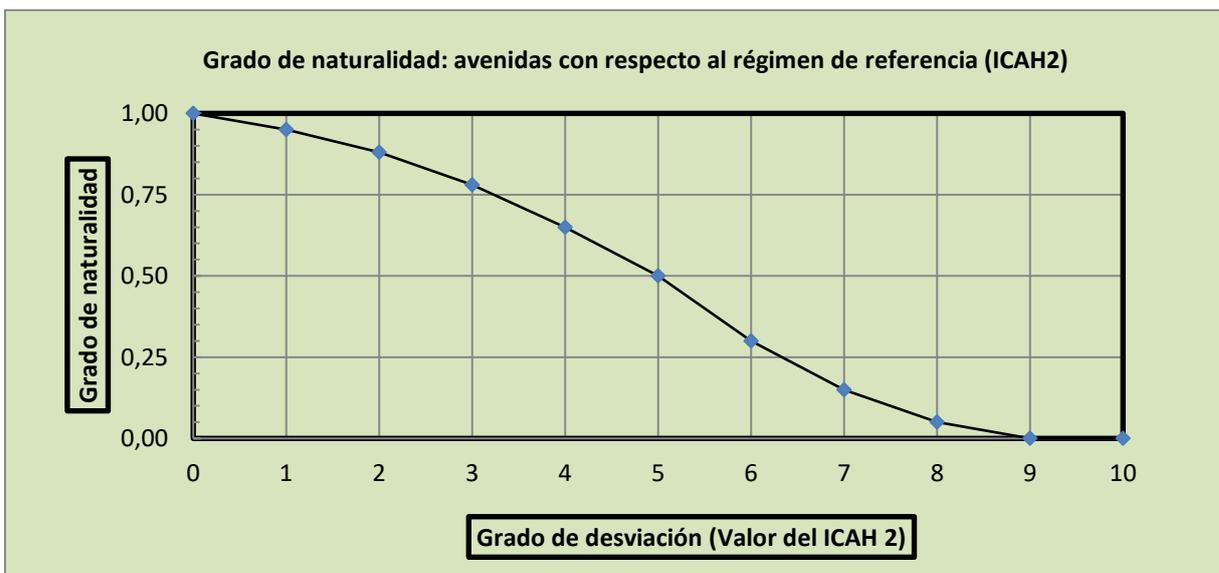
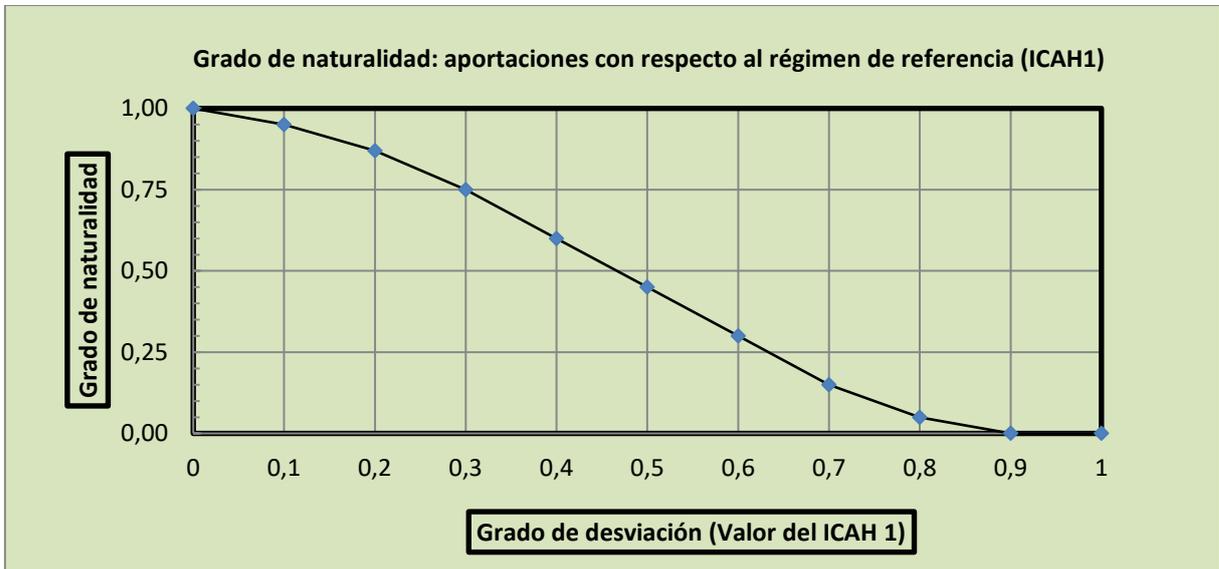
ANEXOS

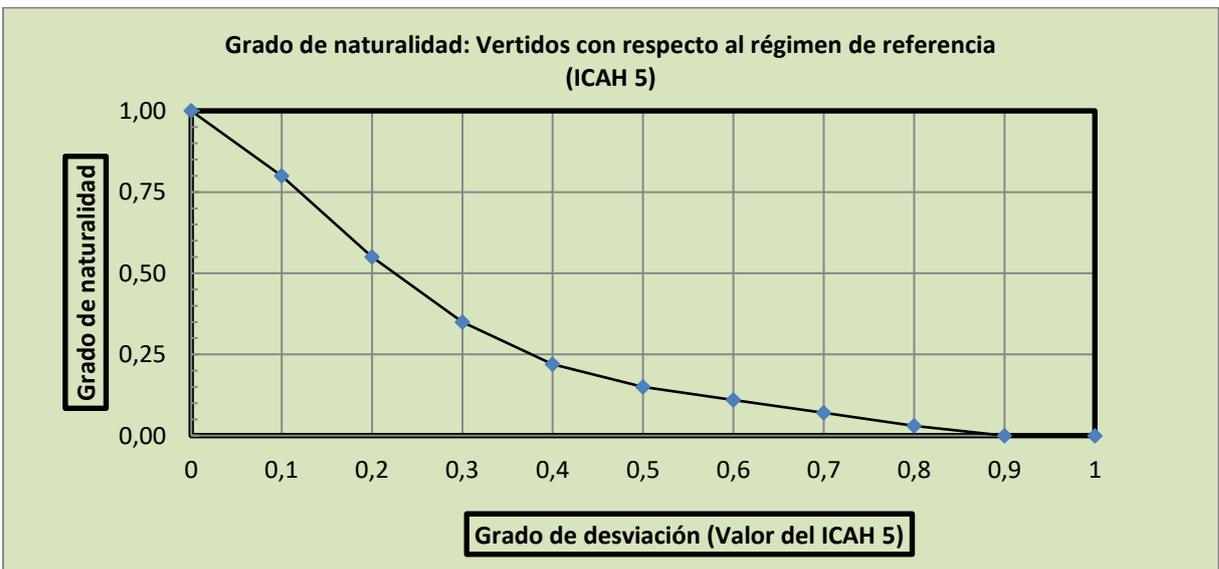
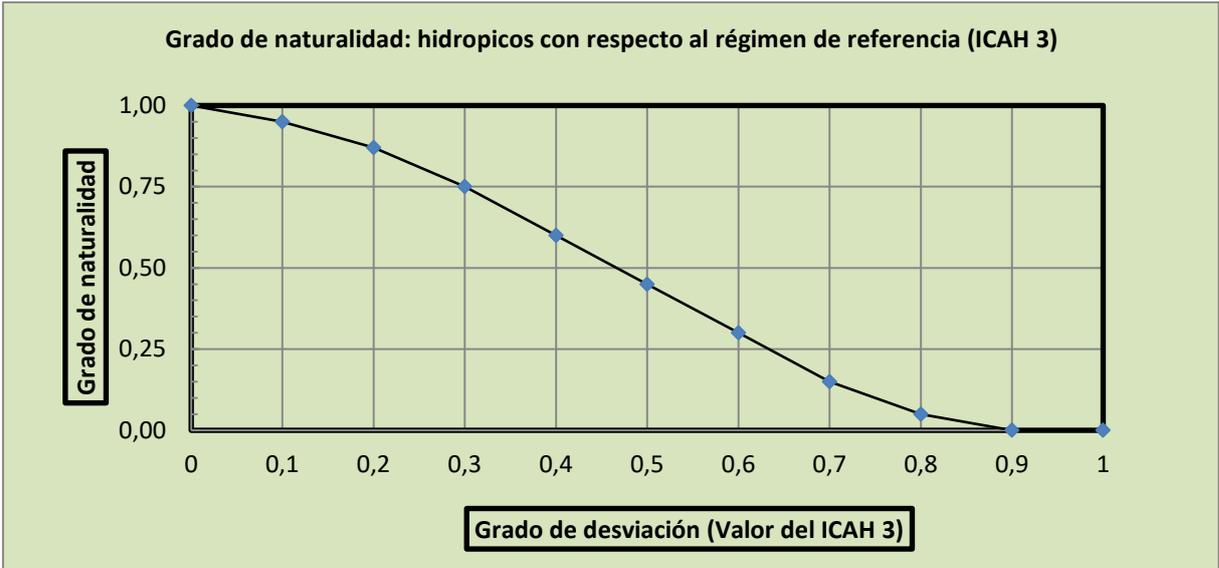


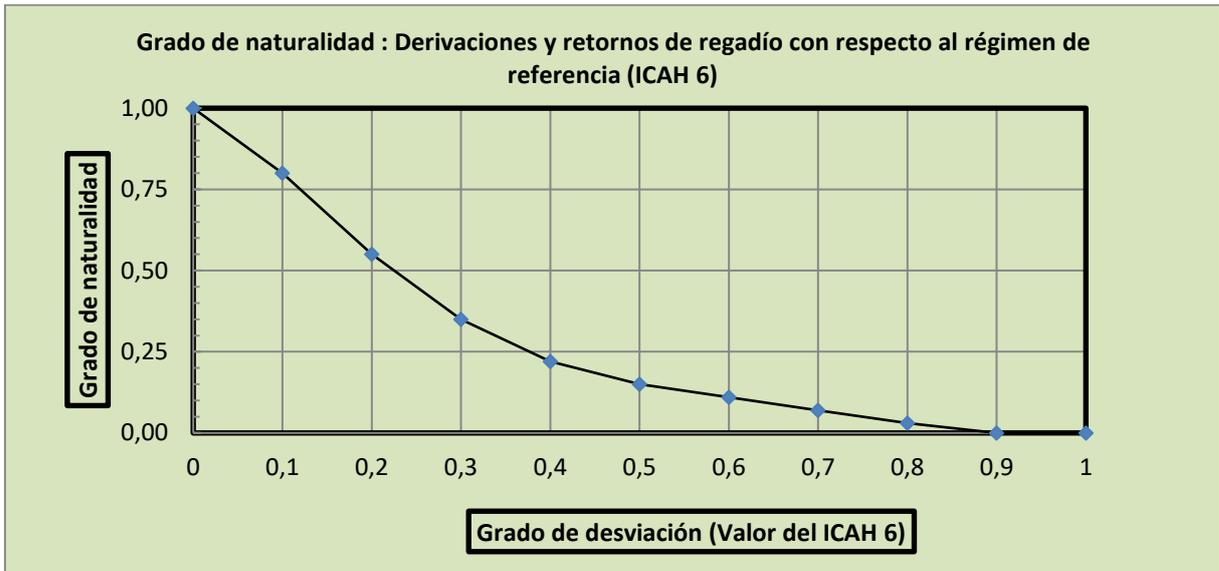
ANEXO I: CURVAS DE NATURALIDAD

1. Régimen hidrológico.

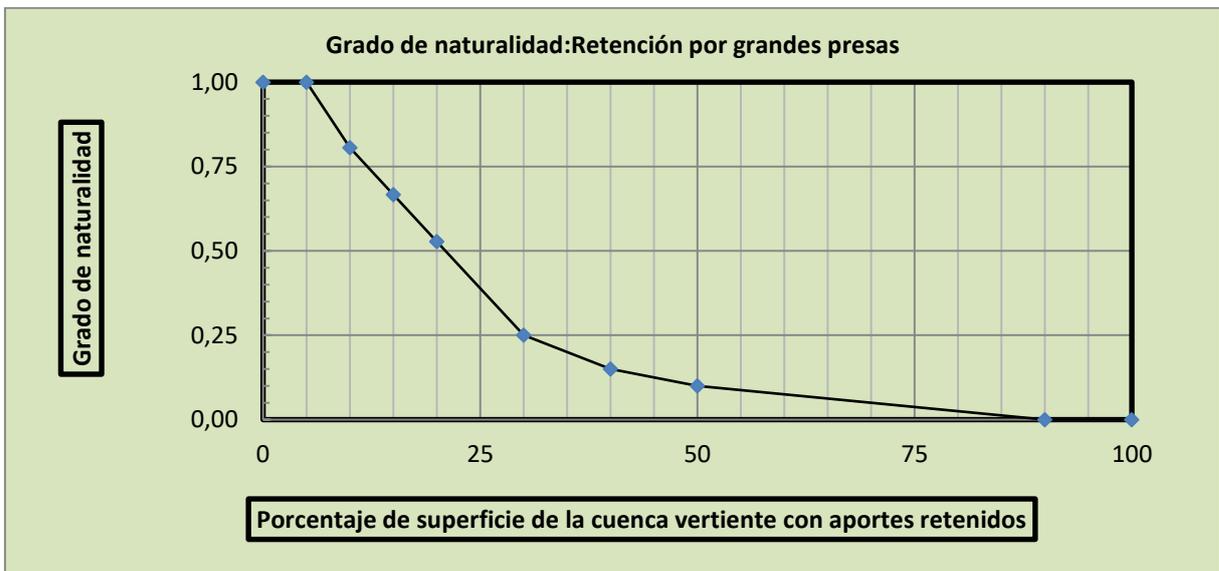
1.1. Alteración al régimen de caudales líquidos (ICAHs)

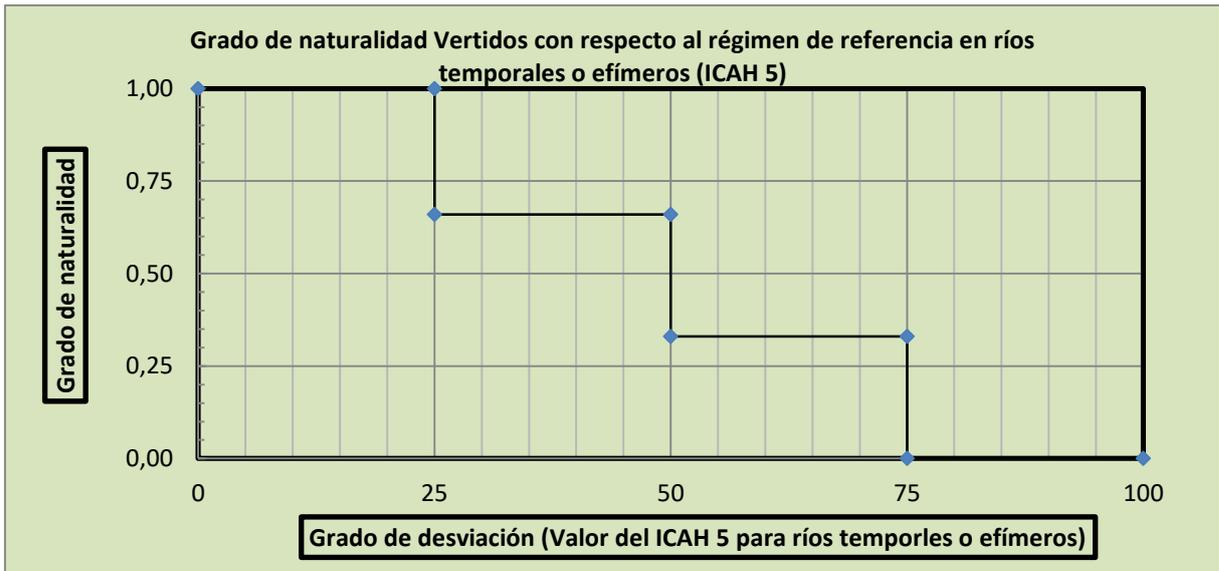




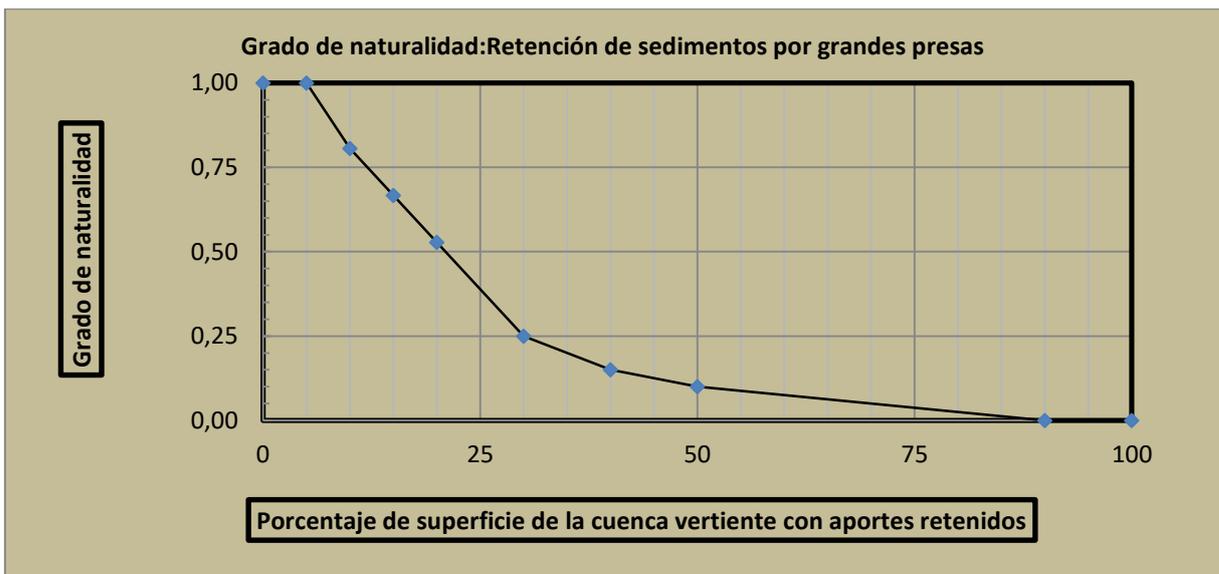


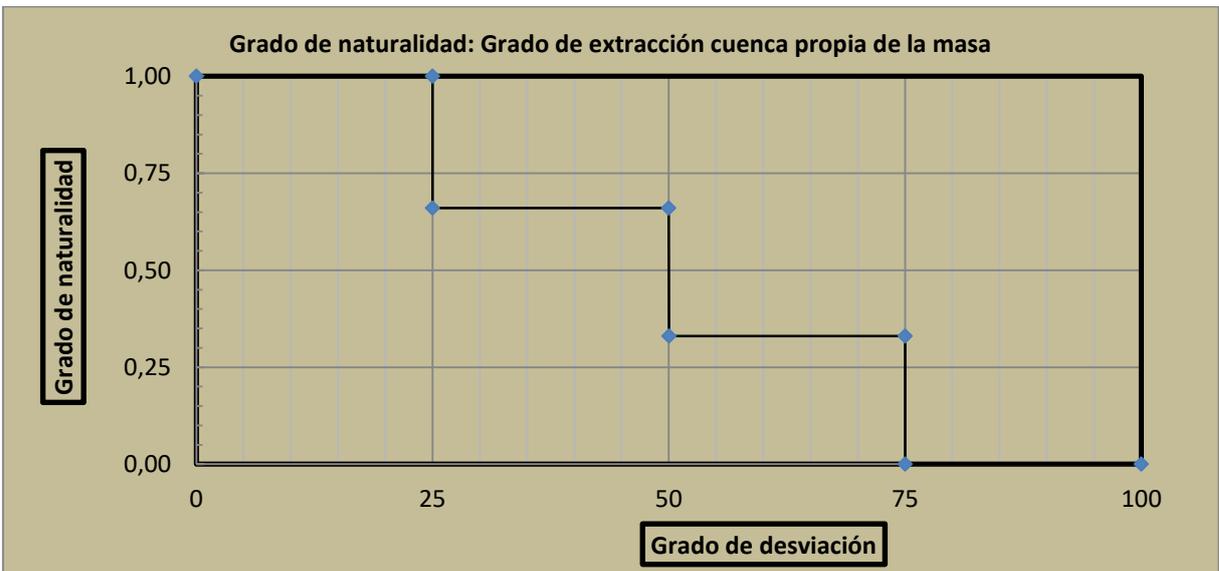
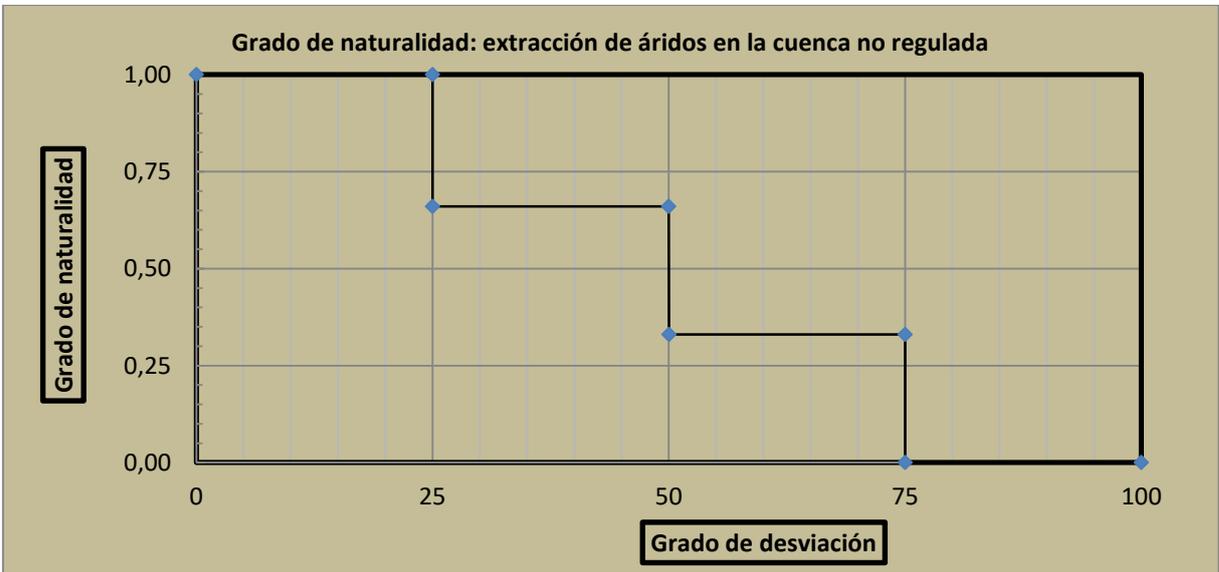
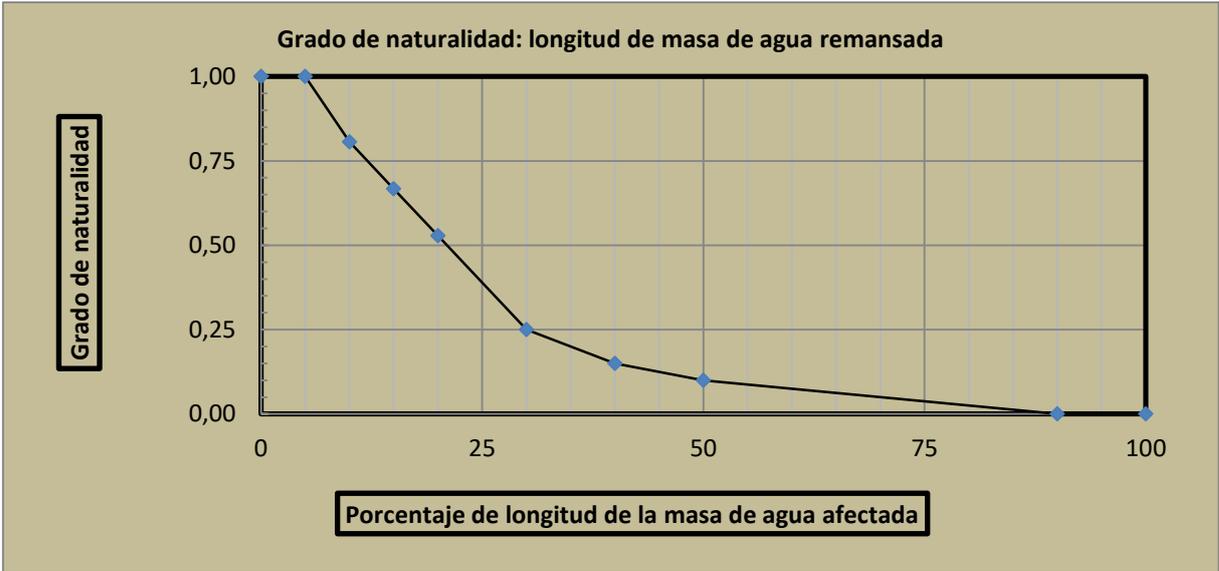
En el caso de **ríos temporales o efímeros** sin peces y sin ribera definida, el ICAH 1 se establece a partir del cálculo de la superficie nominada por grandes presas. El ICAH 5 se establecerá de forma cualitativa considerando la presencia de vertidos como un factor negativo para la naturalidad de los caudales e hidrodinámica de la masa.



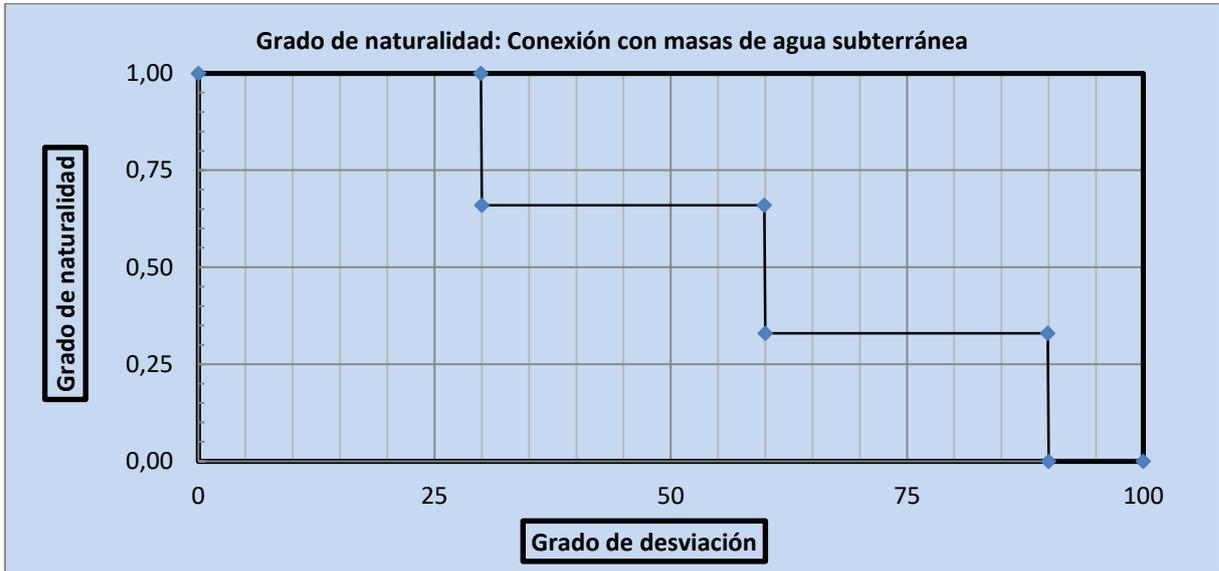


1.2. Régimen hidrológico: caudales sólidos

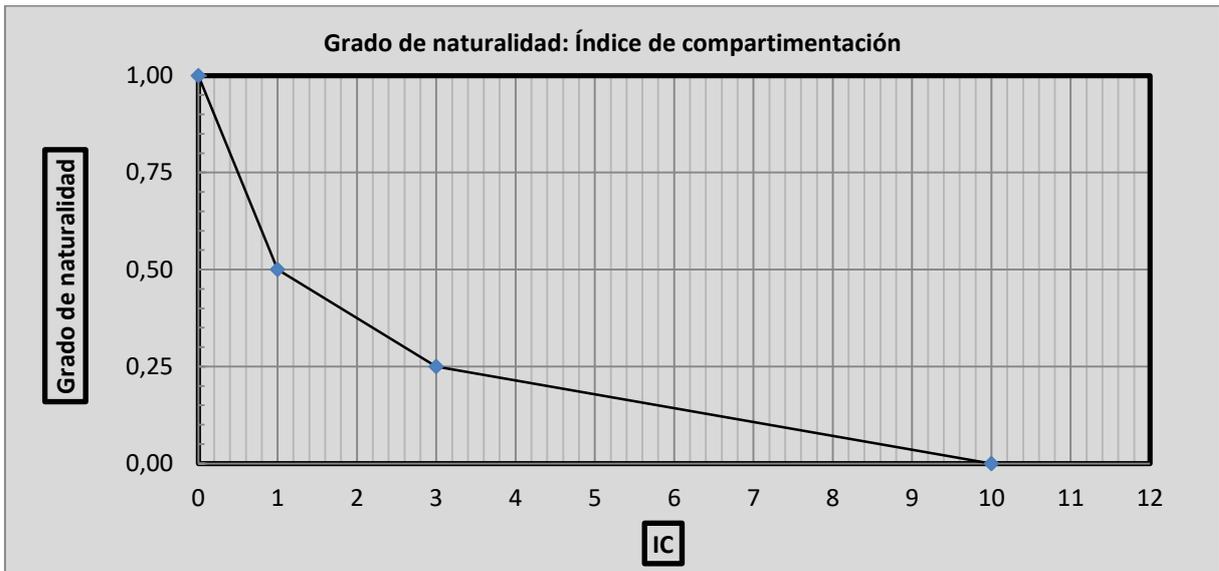


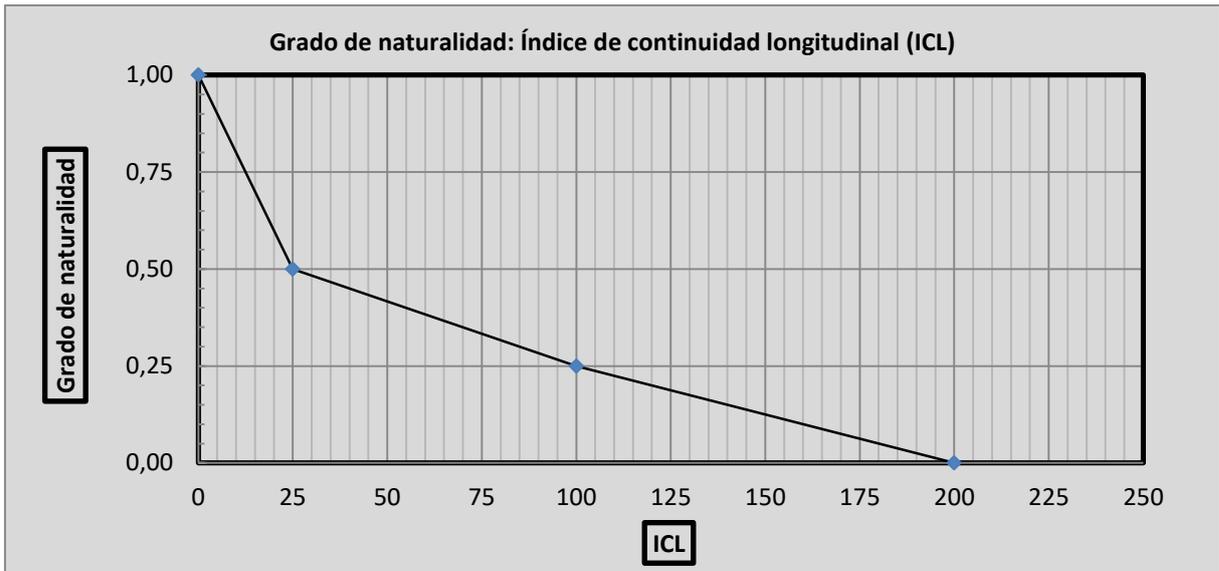


2. Régimen hidrológico: Conexión con aguas subterráneas

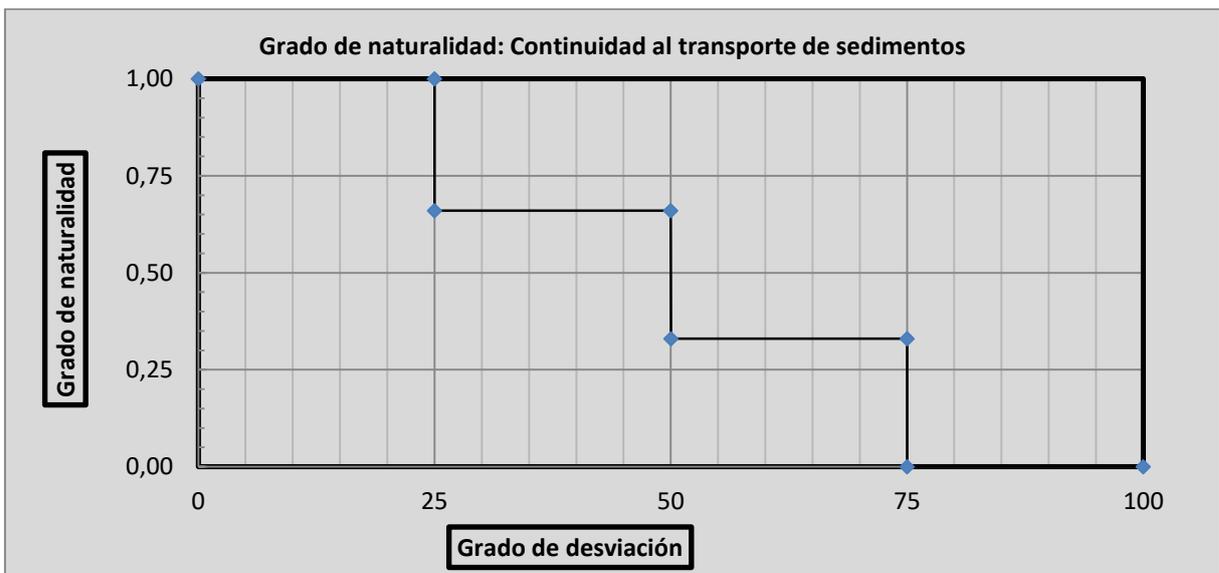


3. Continuidad del río.

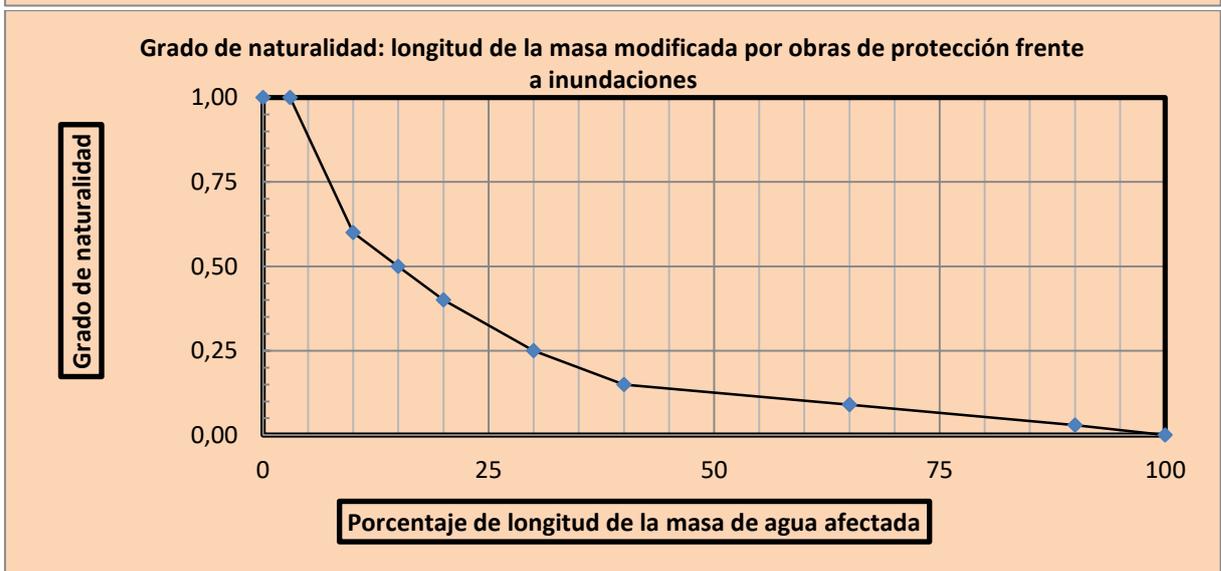
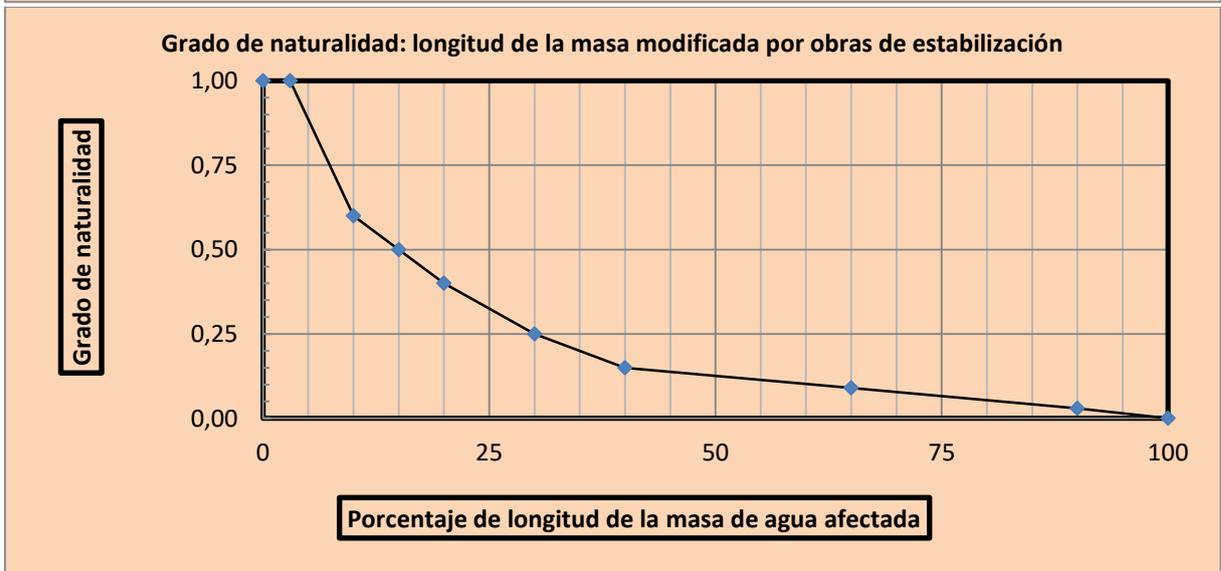
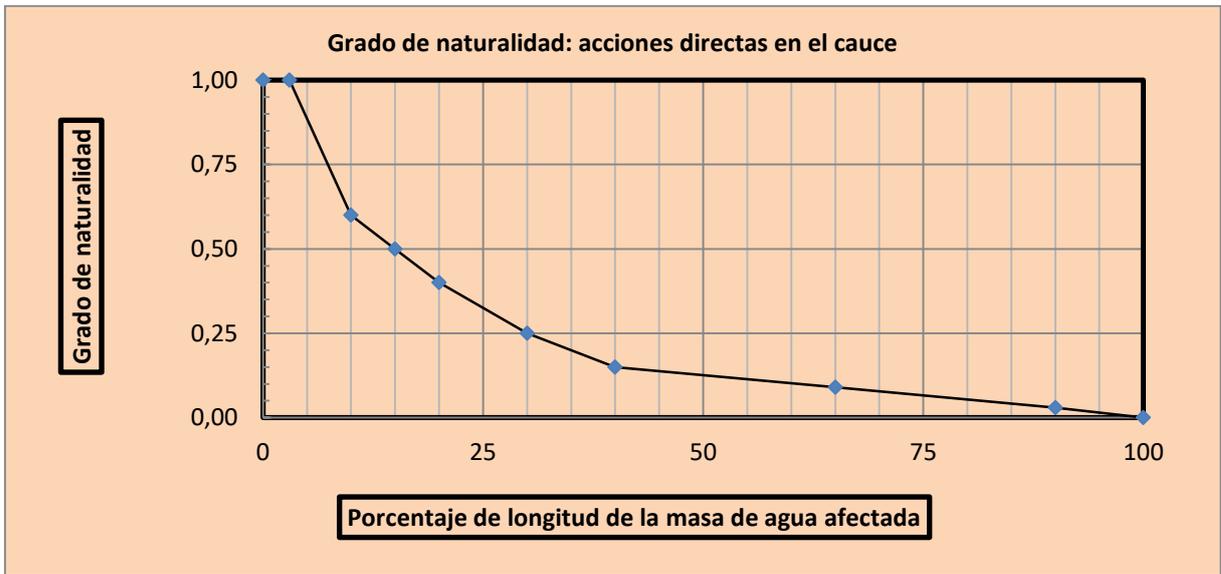


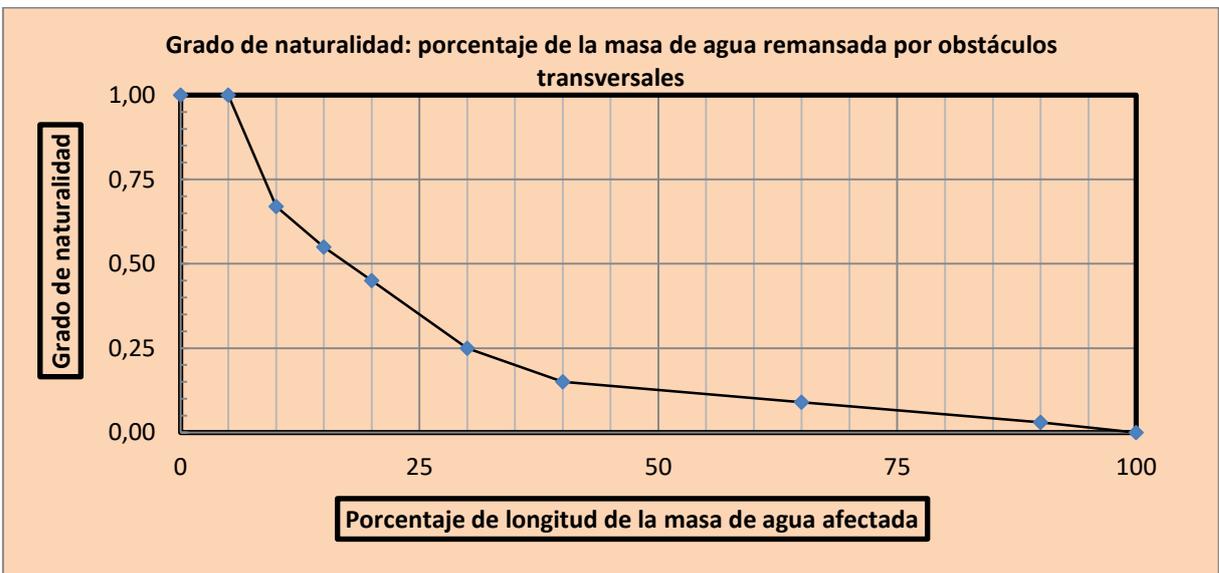
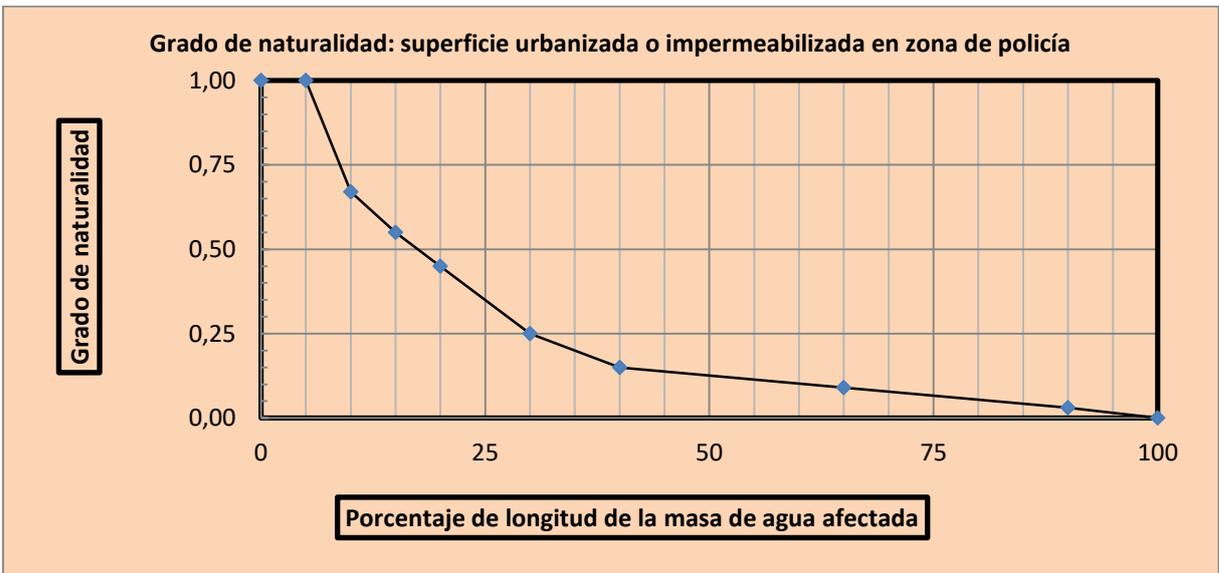
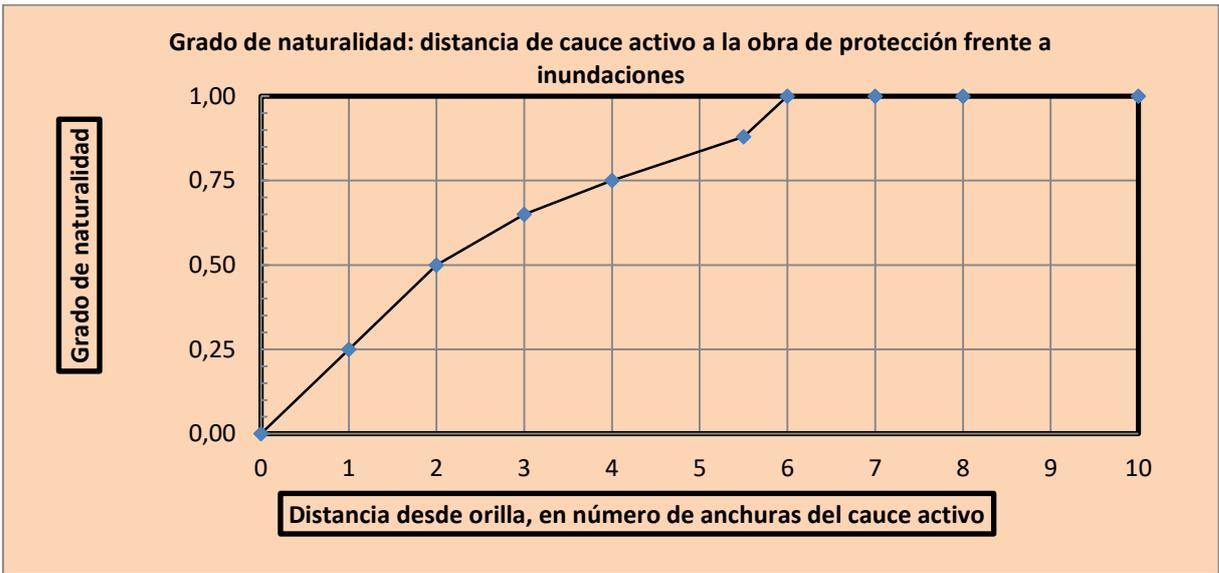


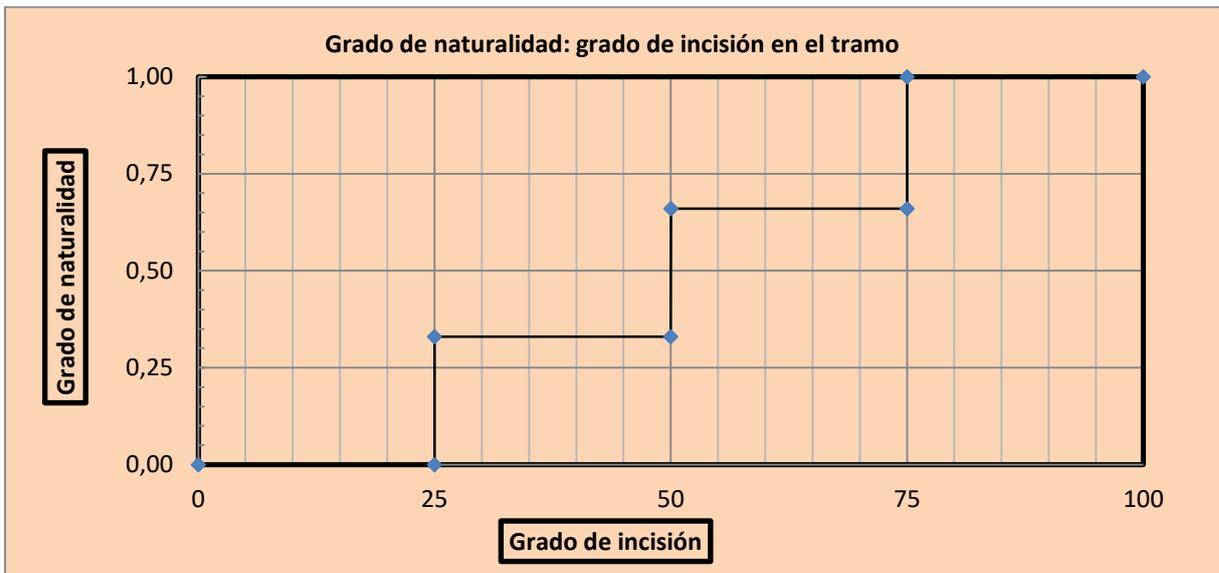
Para **ríos efímeros o temporales** sin peces y sin ribera el grado de naturalidad se establece de forma cualitativa en función de la densidad de obstáculos transversales por km de masa que pueden afectar a la dinámica fluvial de caudales sólidos.



4. Condiciones morfológicas del cauce: variación de la profundidad y anchura.



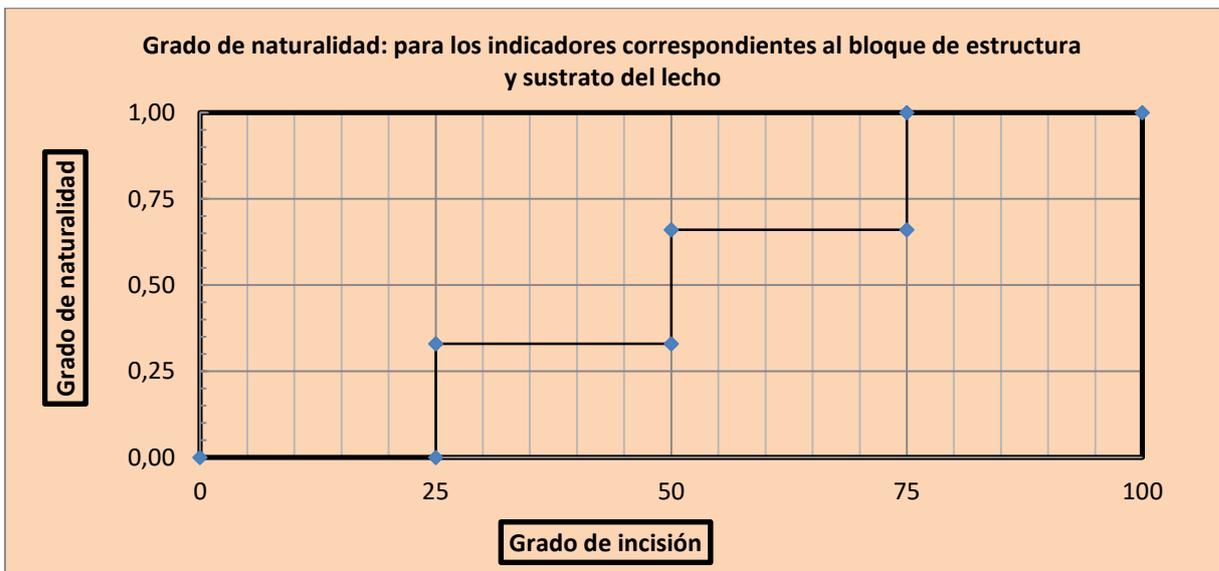




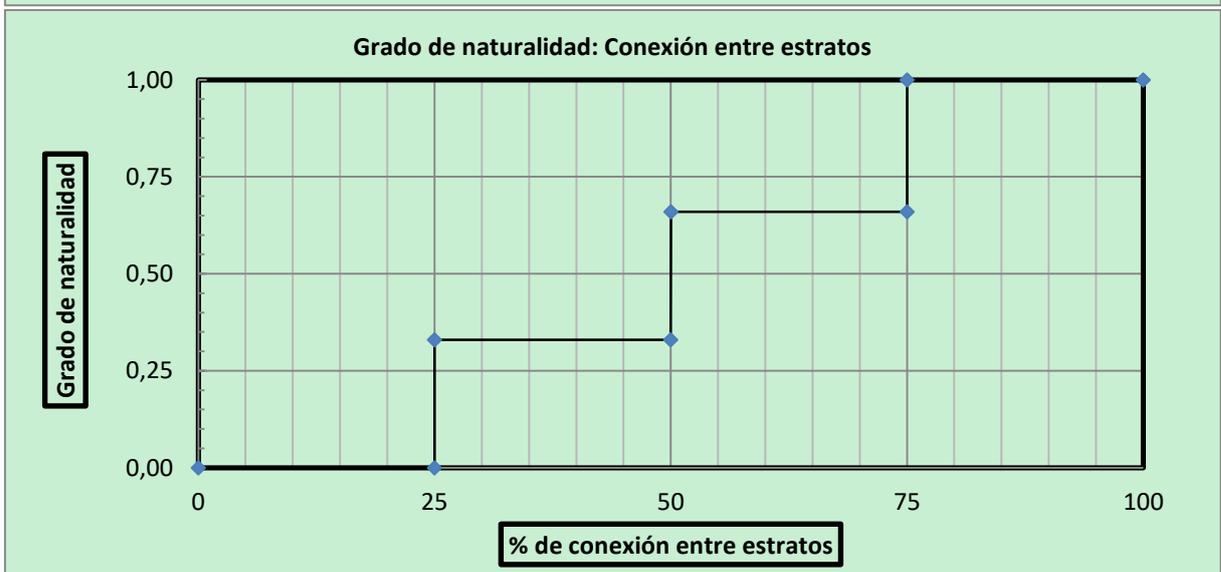
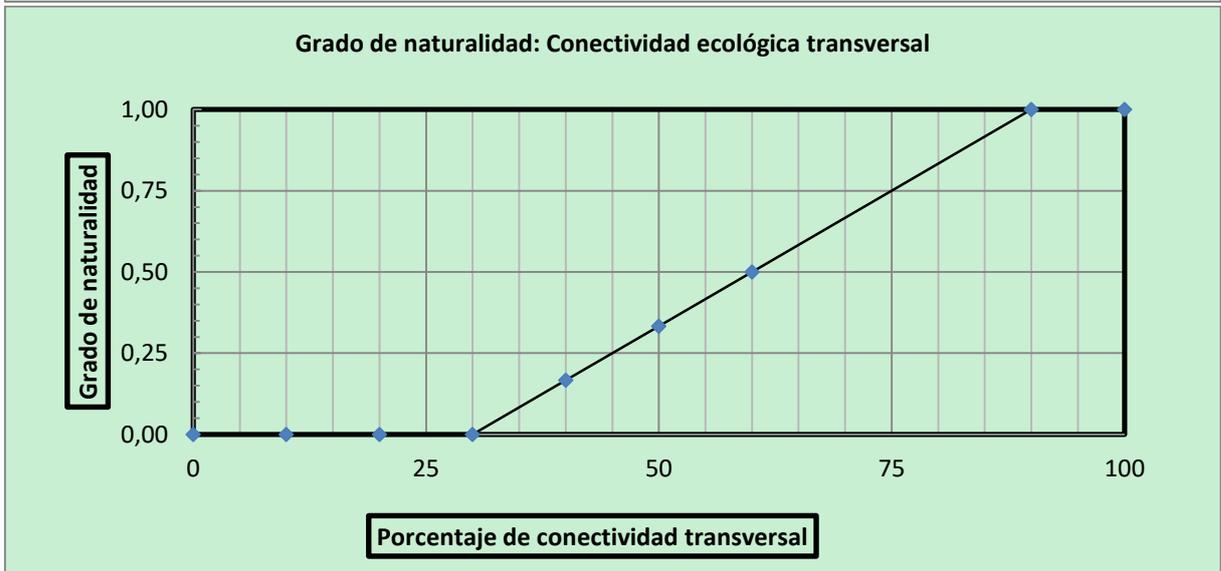
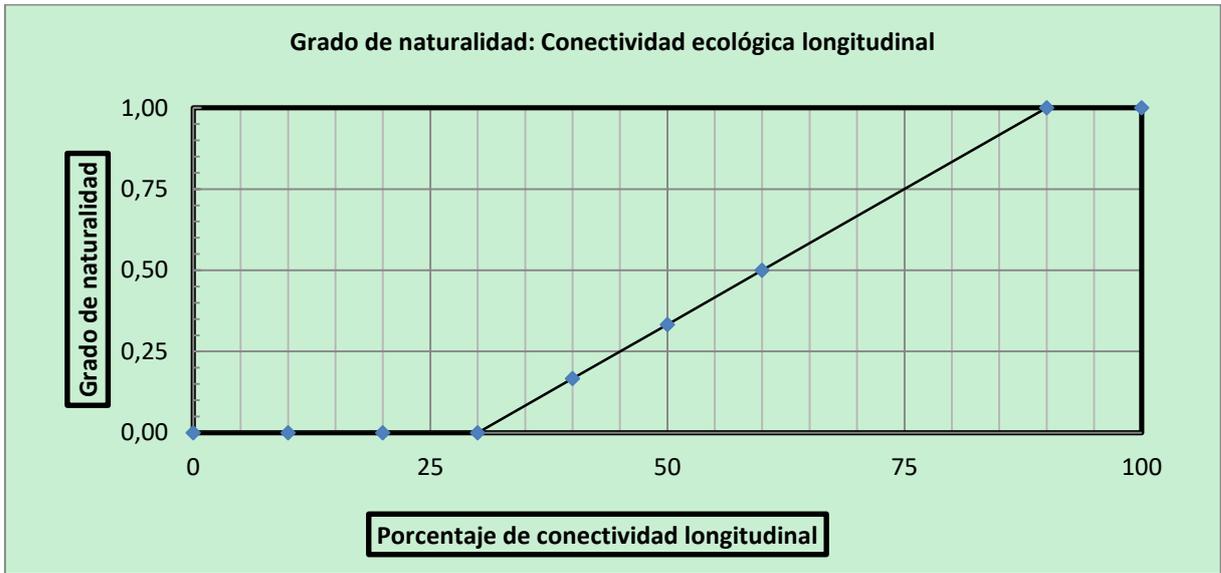
5. Condiciones morfológicas del cauce: estructura y sustrato del lecho

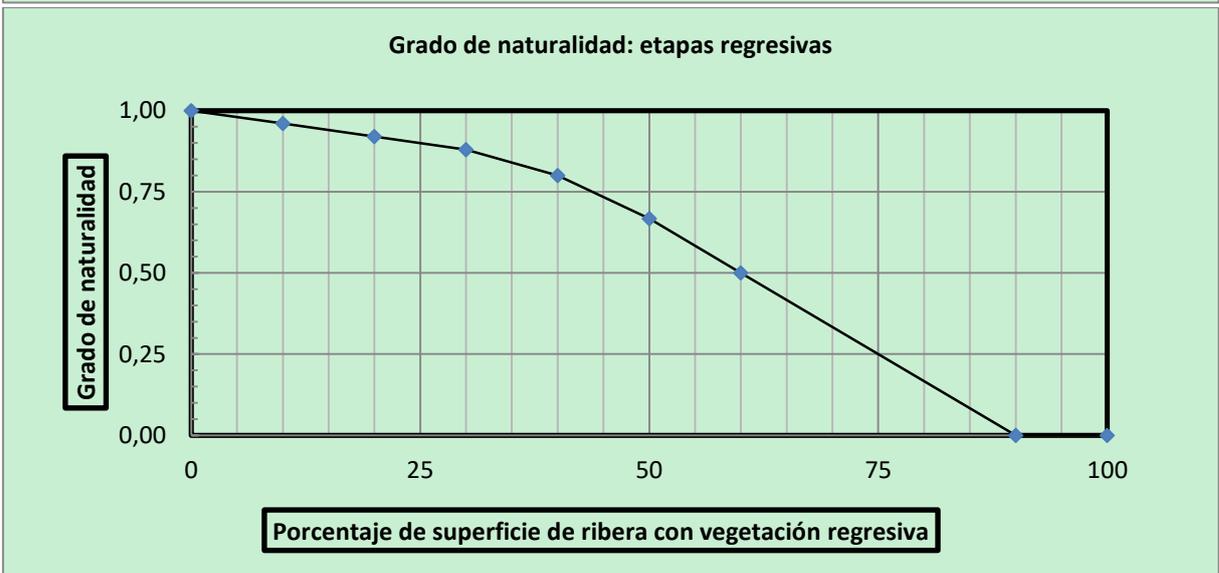
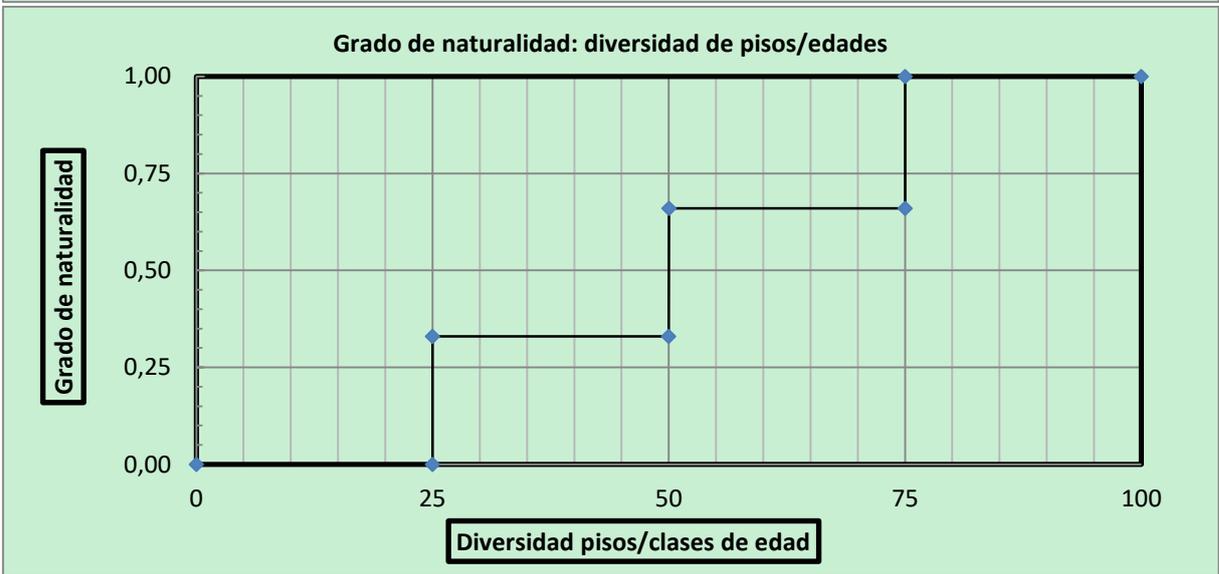
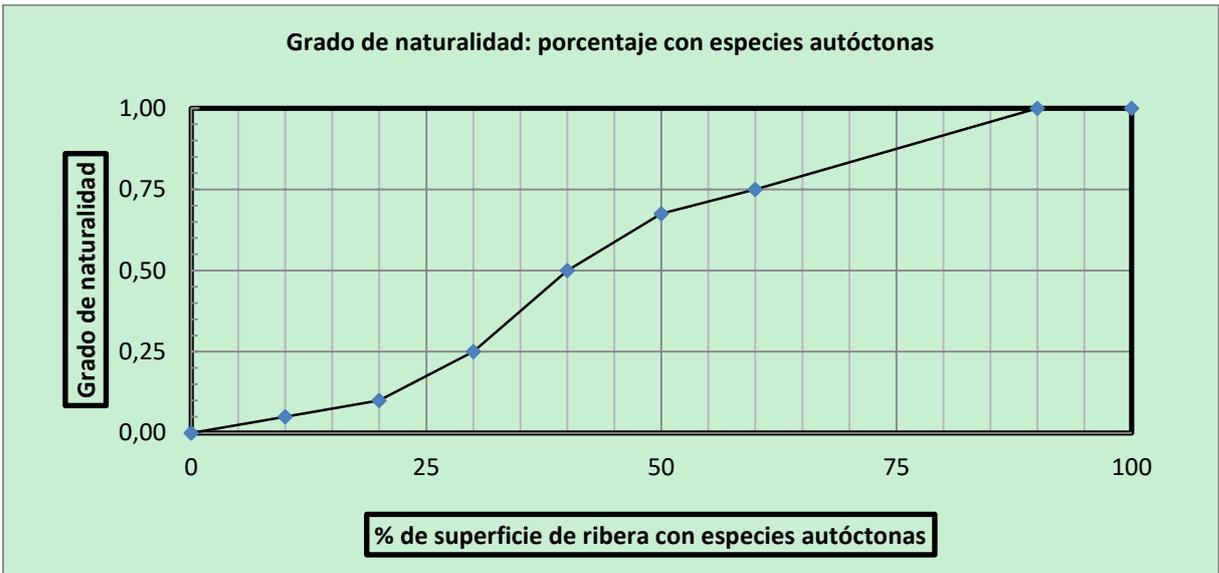
Para los indicadores contenidos en este bloque se utiliza una única curva de naturalidad puesto que los rangos en los que se divide el grado de naturalidad es el mismo para los dos:

- Grado de alteración de la naturalidad del lecho en relación al origen, tamaño y clasificación del sedimento. (5.1.)
- Grado de alteración de la naturalidad de la estructura longitudinal del lecho del cauce. (5.2.)

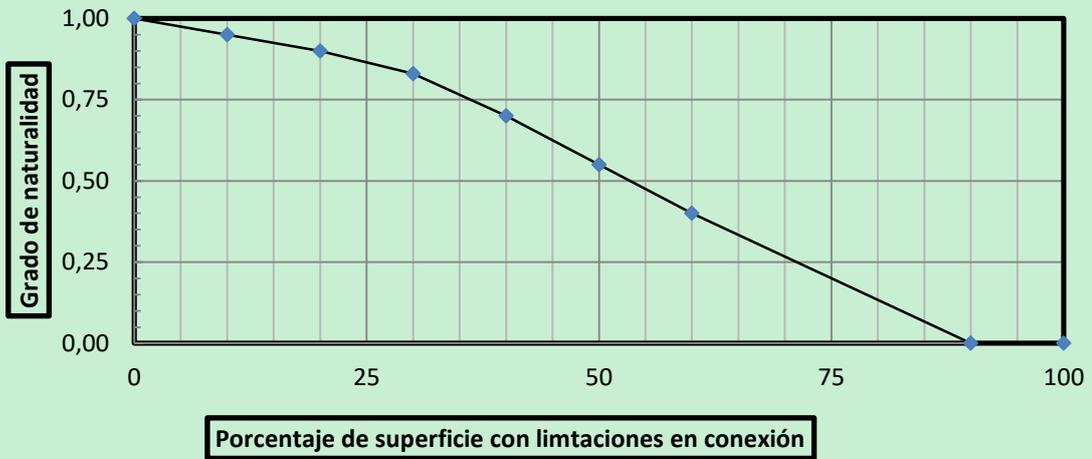


6. Condiciones morfológicas: Estructura de la zona ribereña

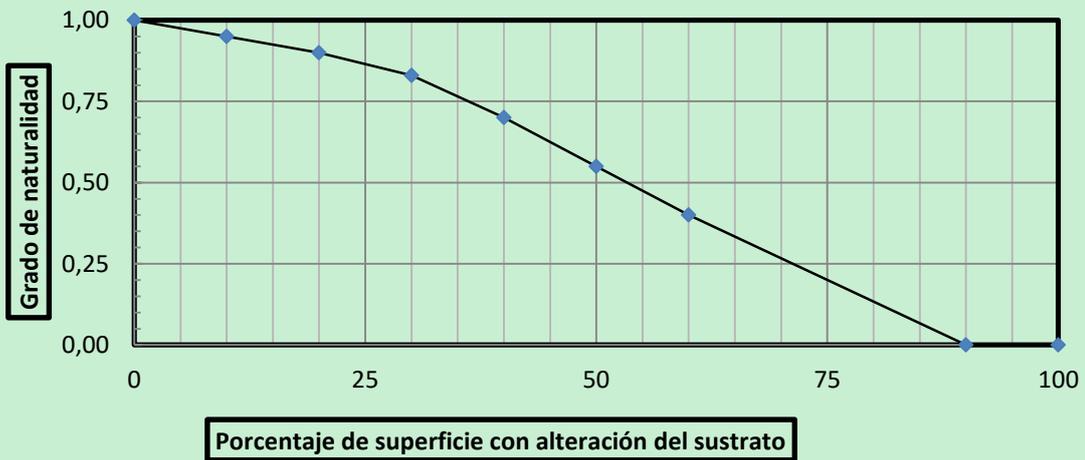




Grado de naturalidad: limitaciones en la conexión por presencia de estructuras



Grado de naturalidad: alteración del sustrato por actividades humanas



En el caso de ríos **temporales y efímeros** para el estudio de la alteración el entorno fluvial

