

# **PROTOCOLO DE LABORATORIO Y CÁLCULO DE MÉTRICAS DE OTRO TIPO DE FLORA ACUÁTICA (MACRÓFITOS) EN LAGOS**

**CÓDIGO: OFALAM-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: 280-12-020-3



# INDICE

1.	APLICABILIDAD .....	5
2.	OBJETIVO .....	5
3.	NORMATIVA DE REFERENCIA .....	6
4.	EQUIPOS, REACTIVOS Y CONSERVANTES .....	6
5.	PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO.....	7
5.1.	IDENTIFICACIÓN Y PROCESADO DE LAS MUESTRAS.....	7
5.2.	PROCESAMIENTO DE LOS DATOS .....	7
6.	AGREGACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO .....	8
6.1.	ESTIMACIÓN DE LA COBERTURA POR TRANSECTO .....	8
6.2.	AGREGACIÓN DE LOS DATOS DE COBERTURA DE LOS TRANSECTOS PARA EL CONJUNTO DE LA MASA DE AGUA .....	10
7.	MÉTRICAS PARA CLASIFICAR EL ESTADO ECOLÓGICO POR MEDIO DEL ELEMENTO OTRO TIPO DE FLORA ACUÁTICA (MACRÓFITOS) EN LAGOS .....	10
7.1.	MÉTRICAS PARA EVALUAR PRESIONES DE TIPO HIDROMORFOLÓGICO.....	13
7.1.1.	PRESENCIA DE HIDRÓFITOS .....	13
7.1.2.	RIQUEZA DE ESPECIES DE MACRÓFITOS TÍPICOS .....	13
7.1.3.	COBERTURA TOTAL DE HIDRÓFITOS TÍPICOS.....	13
7.1.4.	COBERTURA TOTAL DE HELÓFITOS TÍPICOS .....	14
7.1.5.	COBERTURA TOTAL DE MACRÓFITOS TÍPICOS (HIDRÓFITOS + HELÓFITOS) .....	14
7.2.	MÉTRICAS PARA EVALUAR PRESIÓN POR EUTROFIZACIÓN .....	14
7.2.1.	COBERTURA DE ESPECIES DE MACRÓFITOS INDICADORAS DE CONDICIONES EUTRÓFICAS .....	14
7.3.	MÉTRICAS PARA EVALUAR PRESIÓN POR ESPECIES EXÓTICAS .....	15
7.3.1.	COBERTURA DE ESPECIES EXÓTICAS DE MACRÓFITOS .....	15
8.	PROCESADO Y TRATAMIENTO DE LA MUESTRA EN LABORATORIO .....	15
	ANEXO I: IDENTIFICACIÓN EN LABORATORIO Y NORMALIZACIÓN DE COBERTURAS DE MACRÓFITOS .....	17
	ANEXO II: AGREGACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LOS TRANSECTOS .....	23
	ANEXO III: HOJA DE RESULTADOS DEL CÁLCULO DE MÉTRICAS.....	27





## 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).
- Tesouro para la clasificación del estado ecológico de las masas de agua continentales (TAXAGUA<sup>1</sup>).
- 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.

<sup>1</sup> <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 TAXAGUA<sup>2</sup>.

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<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Tesouro taxonómico para la clasificación del estado ecológico de las masas de agua continentales. TAXAGUA

<sup>3</sup> Tesouro 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:

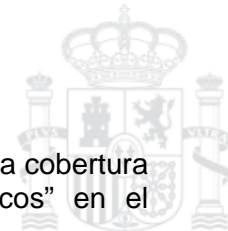
- **CASO 1:** Todas las especies identificadas en el transecto son típicas y esto se confirma con las identificaciones de laboratorio. La cobertura total estimada en campo para el transecto prevalece.

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 <sup>(1)</sup>	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 <sup>(2)</sup>	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
14	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
15	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
16 <sup>(3)</sup>	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
17 <sup>(3)</sup>	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI
18 <sup>(3)</sup>	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
19 <sup>(3)</sup>	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI
20 <sup>(3)</sup>	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI
21 <sup>(3)</sup>	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI
22 <sup>(3)</sup>	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI
23 <sup>(3)</sup>	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI
24 <sup>(3)</sup>	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
25 <sup>(3)</sup>	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
26 <sup>(3)</sup>	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
27 <sup>(3)</sup>	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
28 <sup>(3)</sup>	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
29 <sup>(3)</sup>	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
30 <sup>(4)</sup>	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

<sup>1</sup>Se 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.

<sup>2</sup>No 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.

<sup>3</sup>En lagunas de estos tipos que tengan permanentemente turbidez de manera natural (por resuspensión o formación de coloides) no se utilizarán las métricas de macrófitos en la evaluación del estado ecológico. En las lagunas de los tipos 20 a 23, las especies propias

<sup>4</sup>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 colonizables<sup>4</sup>, 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

---

<sup>4</sup> 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:

$$Valor.cal = \sum cober.hidro.exo_i$$

Donde:

- cober.hidro.exo<sub>i</sub>: cobertura promedio del taxón de hidrófitos exóticos i.

$$Valor.cal = \sum cober.helo.exo_i$$

Donde:

- cober.helo.exo<sub>i</sub>: 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**









**ESPECIES DE HIDRÓFITOS DE LAS QUE NO SE ESTIMA SU COBERTURA**

***Especies identificadas por debajo de 2m de profundidad***

Nombre o Código especie	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 rocosas***

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



**ANEXO II: AGREGACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LOS  
TRANSECTOS**









Cobertura total promedio de especies de macrófitos indicadores de condiciones eutróficas			Cobertura total promedio de especies de exóticas		
Lista de especies		Coberturas promedio	Lista de especies		Coberturas Promedio
Especies	CÓDIGO		Especies	CÓDIGO	

**ANEXO III: HOJA DE RESULTADOS DEL CÁLCULO DE  
MÉTRICAS**





		<b>MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>HOJA DE RESULTADOS: MACROFITOS EN LAGOS</b>
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 <sup>5</sup> por hidrófitos <input type="checkbox"/> > 80 % de la zona emergida de la orilla ocupada por zona no colonizable <sup>5</sup> por helófitos <input type="checkbox"/> Turbidez natural <input type="checkbox"/> Otras razones (detallar)	
Observaciones <sup>1</sup>			
<sup>1</sup> 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			