

Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva MARCO del Agua

Protocolos de muestreo y análisis para

MACROFITOS



OCTUBRE 2005



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva MARCO del Agua

Protocolos de muestreo y análisis para



Este protocolo ha sido realizado por la **Confederación Hidrográfica del Ebro** con la asistencia técnica de **URS** y la colaboración de:

Santos Cirujano. Real Jardín Botánico. Madrid

Jaume Cambra. Universidad de Barcelona

Cesar Gutiérrez. Consultor. Sant Celoni. Barcelona

INTRODUCCIÓN	5
PARTE I: GENERALIDADES	
1. DEFINICIONES	9
2. VALOR INDICADOR DE LOS MACRÓFITOS	9
3. SISTEMAS INDICADORES EXISTENTES	11
4. PROPUESTA DE MÉTRICAS PARA LA DEMARCACIÓN DEL EBRO	15
5. DIRECTRICES PARA EL CONTROL DE VIGILANCIA Y CONTROL OPERATIVO EN BASE A LOS MACRÓFITOS	16
5.1. Selección de las estaciones de control	16
5.1.1. Red de referencia	16
5.1.2. Control de vigilancia	16
5.1.3. Control operativo	17
5.2. Frecuencia de muestreo	17
PARTE II: PROTOCOLOS	
6. INTRODUCCIÓN	21
7. EQUIPOS Y REACTIVOS	21
7.1. Equipos de muestreo	21
7.2. Reactivos fijadores	21
8. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO EN LAGOS	21
8.1. Selección del punto de muestreo	21
8.2. Directrices para la toma de muestras	22
8.3. Datos y/o muestras complementarios al muestreo de los macrófitos en lagos	23
9. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO EN RÍOS	24
9.1. Selección de la estación de muestreo	24
9.2. Directrices para la toma de muestras	24
9.3. Datos y/o muestras complementarios al muestreo de los macrófitos en ríos	25
10. SELECCIÓN DEL PERIODO DE MUESTREO Y FRECUENCIA	26
10.1. Periodo de muestreo	26
10.2. Frecuencia de muestreo en los controles de vigilancia y operativos	26
11. DIRECTRICES PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LOS MACRÓFITOS	26
12. CONSERVACIÓN Y ETIQUETADO DE LAS MUESTRAS	26
12.1. Técnicas de conservación	26
12.2. Etiquetado	27

13. IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS Y TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS	27
13.1. Equipos de laboratorio	27
13.2. Identificación de los macrófitos	27
13.3. Tratamiento de los resultados	27
14. CONTROL DE LA CALIDAD EN EL MUESTREO, TRATAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE MACRÓFITOS	27
14.1. Introducción	27
14.2. Directrices para el control de la calidad	28
GLOSARIO Y BIBLIOGRAFÍA	29
APÉNDICE	35

INTRODUCCIÓN

La aplicación de la Directiva 2000/60/CE de la Unión Europea (Directiva Marco del Agua, DMA) y especialmente el desarrollo del Anexo V requiere la identificación de los elementos de calidad biológica, parámetros y métricas que permitan establecer el estado ecológico de las masas de agua epicontinentales.

La Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) ha abordado esta tarea a partir de la realización de las siguientes tareas:

- Selección de los elementos de calidad biológica, parámetros y métricas¹ más adecuados para establecer el estado ecológico en ríos y lagos.
- Identificación de directrices relativas a los elementos de calidad biológica y parámetros seleccionados que faciliten el diseño de las redes de control de vigilancia y control operativo².
- Elaboración de los protocolos de muestreo, identificación y cálculo de métricas.

Los elementos de calidad biológica inicialmente considerados para las categorías de ríos y lagos, de acuerdo con la DMA, son los siguientes:

ELEMENTOS DE CALIDAD BIOLÓGICA (AP. I. I. ANEXO V)	RÍOS	LAGOS
Composición, abundancia y biomasa del fitoplancton	–	■
Composición y abundancia de la flora acuática	■	■
Composición y abundancia de la fauna bentónica de invertebrados	■	■
Composición, abundancia y estructura de edades de la fauna íctica	■	■

Se considera prioritario que la elección de los parámetros y métricas de los elementos de calidad biológica y los procedimientos metodológicos para su aplicación surjan de los estudios que la comunidad científica ha realizado o está desarrollando en las cuencas ibéricas y del resto de Europa, y reflejen las directrices de los estándares europeos existentes (normas y pre-normas elaboradas por la Comisión Europea de Normalización). Con esto se persigue que los trabajos que se presentan sean reflejo de las tendencias metodológicas más recientes y de mayor seguimiento, y que su futura aplicación facilite la comparación de los resultados y el aprovechamiento (siempre que sea posible) de los datos históricos.

Como punto de partida la Confederación organizó unos Seminarios dedicados a: fitoplancton, fitobentos (microalgas), macrófitos, invertebrados bentónicos y peces. El objetivo de los seminarios fue la puesta en común de experiencias que permitieran avanzar en la definición de los grupos taxonómicos a considerar como parte de los elementos de calidad biológica para el establecimiento del estado ecológico, y la determinación de los métodos de muestreo y análisis más adecuados.

Este documento está dedicado al fitobentos constituido por macrófitos, especialmente hidrófitos. Los contenidos incluyen las opiniones y datos recogidos durante la reunión de trabajo mantenida el 10 de diciembre de 2004, entre los expertos Santos Cirujano (Real Jardín Botánico. CSIC. Madrid), Jaume Cambra (Dep. Biología Vegetal. Univ. de Barcelona), y César Gutiérrez (Consultor. Sant Celoni. Barcelona), y técnicos de la CHE (V. Sancho Tello, C. Durán y M. Pardos), del Ministerio de Medio Ambiente (A. Corrochano), del CEDEX (M. Toro) y de URS (M. Alonso, G. González e I. Moral).

¹ En el documento se adoptan los siguientes términos y definiciones extraídos de la DMA y de las Guías de monitorización/Monitoring guides y ECOSTAT:

- Elementos de calidad biológica: incluye fitobentos, macrófitos, fitoplancton, fauna de invertebrados y peces.
- Parámetros: descriptores de los elementos de calidad biológica (composición, abundancia, presencia de taxones sensibles, etc...).
- Métricas: resultados de las mediciones de los parámetros (nº de taxones, diversidad de Shannon, % de taxones dominantes, diferentes índices, concentración de clorofila, índice de pigmentos, etc.)

² Los controles de vigilancia y operativos son requeridos por la DMA (art. 1.3.1 y 1.3.2) para conocer el estado inicial de las masas de agua y completar la evaluación de impacto, y como medidas de seguimiento temporal que permitan establecer los cambios a largo plazo debidos a condiciones naturales o por actividades antropogénicas (control de vigilancia), así como para determinar el estado de las masas de agua que se considere que no pueden cumplir sus objetivos medioambientales y para evaluar los cambios en el estado de dichas masas como resultado de los programas de medidas (control operativo).

La información obtenida en el Seminario se ha completado con datos obtenidos de fuentes bibliográficas cuyas referencias se indican en la memoria. La información se presenta según lo siguiente:

GENERALIDADES

- Definiciones.
- Valor indicador de los macrófitos ante las presiones fisicoquímicas e hidromorfológicas.
- Métricas existentes.
- Propuesta de métricas para la cuenca del Ebro.
- Directrices para el control de vigilancia y control operativo relativos a los macrófitos.
- Selección de los puntos de control.
- Frecuencia de muestreo.

PROTOCOLOS

- Equipos y reactivos.
- Muestreo en lagos.
- Muestreo en ríos.
- Periodos de muestreo y frecuencia.
- Directrices para la cuantificación.
- Conservación y etiquetado de muestras.
- Identificación-Tratamiento de resultados.
- Control de calidad.

PARTE I. Generalidades

1. DEFINICIONES

El término *fitobentos* se aplica a los vegetales que viven asociados a cualquier sustrato sólido en los ecosistemas acuáticos. El término *macrófito* se refiere a las plantas acuáticas visibles a simple vista, entre las que se encuentran plantas vasculares (cormófitos), briófitos, macroalgas (algas caráceas y de otros grupos) y cianobacterias.

El término *hidrófito* describe a las plantas acuáticas en sentido estricto, es decir aquellas que completan su ciclo biológico cuando todas sus partes se encuentran sumergidas o flotando en la superficie (Cirujano y Medina, 2002). Por el contrario los *helófitos* son plantas anfibias con la parte inferior sumergida en el agua.

Este documento está dedicado a los macrófitos de aguas corrientes y de lagos, especialmente a los hidrófitos, y tiene como objetivo identificar y proponer métricas para el establecimiento del estado ecológico de las aguas fluyentes y estancadas de la cuenca del Ebro, en aplicación de la Directiva 2000/60, y especificar las directrices metodológicas para el muestreo y análisis de las muestras de los indicadores.

2. VALOR INDICADOR DE LOS MACRÓFITOS

El uso de los macrófitos como indicadores del estado ecológico está claramente señalado en la DMA, y procede de experiencias realizadas, en Europa, en el marco de la vigilancia de la calidad de las aguas en aplicación de otras Directivas europeas: Directiva de tratamiento de aguas urbanas residuales (91/271/EEC), Directiva de nitratos (91/676/EEC), y de normativas de diferentes países. En los EE.UU. los macrófitos se usan como indicadores de forma habitual y existen procedimientos estandarizados para el muestreo y procesado de muestras (*Environmental Protection Agency*).

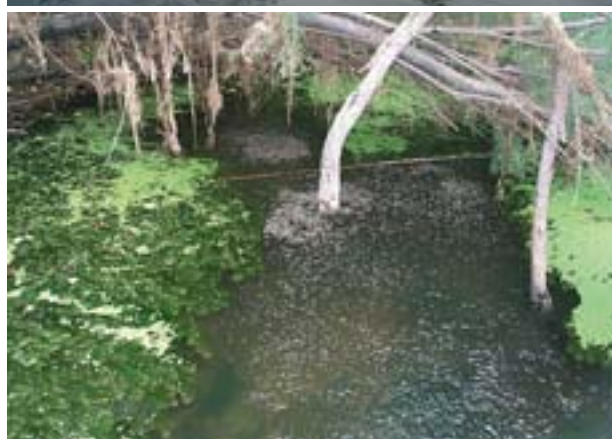
En España, las experiencias con indicadores basados en macrófitos (especialmente en hidrófitos) se limitan en muchos casos al ámbito de la investigación, y éstos todavía no se han incluido en las redes de control de calidad gestionadas por la Administración.

En el marco de la aplicación de la DMA, los macrófitos se consideran útiles para la detección y seguimiento de las **presiones fisicoquímicas** que produzcan:

- Reducción de la transparencia del agua.
- Variación de la mineralización (conductividad y salinidad).
- Eutrofia.

Los macrófitos también son sensibles a las **presiones hidromorfológicas** que produzcan:

- Variaciones del régimen de caudal, continuidad del río y características morfológicas del lecho en ríos.
- Variación del nivel del agua en lagos o cambios en la duración del periodo de inundación en humedales.
- Variación de las características morfológicas del vaso en lagos.



Lemna sobre pies de *Myriophyllum* y *Ceratophyllum*.

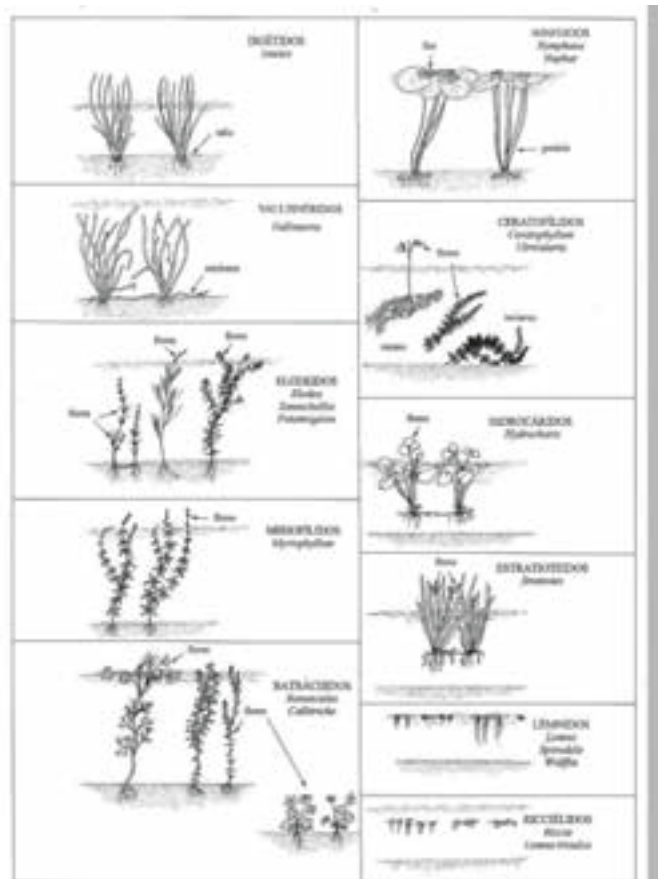
En el análisis del valor indicador de los macrófitos hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

Hidrófitos (macroalgas, briófitos y cormófitos)

- Son sensibles a los cambios de calidad fisicoquímica (nutrientes, mineralización, temperatura, transparencia), al igual que las microalgas; no obstante a diferencia de éstas tienen un tiempo de respuesta mayor, o sea que son indicadores de cambios a medio y largo plazo (las microalgas son indicadoras a corto plazo). La comunidad de hidrófitos presente en una estación refleja las condiciones de calidad existentes durante los últimos meses o incluso años. La desaparición de una especie de un sistema acuático (especialmente las de pequeño tamaño) puede ser altamente significativo.
- Reflejan las alteraciones hidromorfológicas relacionadas con la estabilización del caudal en los ríos. La respuesta suele ser el aumento de la cobertura de las especies.
- No todos los hidrófitos tienen el mismo valor indicador: El nivel taxonómico de *especie* es esencial para poder utilizarlos como indicadores. Su utilidad a nivel de *género* queda reducida al valor de presencia o ausencia.
- El valor indicador de la abundancia (biomasa) está influido por variaciones anuales e interanuales, luego su uso como indicador del estado ecológico está limitado y en todo caso debe acotarse dentro de cada tipo de masa de agua, y analizarse para un periodo de tiempo de varios años.

Helófitos

Son buenos indicadores de la estructura de las riberas fluviales y lacustres, y también son sensibles a cambios en la calidad del agua (mineralización y nutrientes) aunque de forma menos acusada que los hidrófitos.



Tipos de hidrófitos (según Den Hartog y Segal, 1964; in Cirujano y Medina, 2002)

3. SISTEMAS INDICADORES EXISTENTES

Se ha realizado una revisión de los sistemas indicadores basados en macrófitos recogidos en la bibliografía. Se han identificado algunos métodos e índices que pueden

ser de utilidad para el desarrollo de una metodología a usar en la cuenca del Ebro. Esta información se presenta resumida en las tablas 3.1 (ríos) y 3.2 (lagos).

TABLA 3.1
Métricas y métodos para la determinación del estado ecológico de ríos en base a los macrófitos

ÍNDICE/ MÉTODO	AUTORES	DESCRIPCIÓN	MÉTODO DE EVALUACIÓN												
Índice de macrófitos (IM) de ríos de la cuenca del Segura	M.L. Suarez, A. Mellado, M.M. Sánchez-Montoya y MR Vidal-Abarca (en prensa)	<ul style="list-style-type: none"> • Índice aditivo que tiene en cuenta el valor indicador de los taxones, grupos o formaciones consideradas, la diversidad funcional-morfológica de los macrófitos y su abundancia (<5%, 5-50%, y >50%). • No requiere la determinación de la especie sino que incluye géneros y formaciones vegetales (musgos, hepáticas, Caráceas, clorofíceas filamentosas, etc.). • Existe un protocolo de aplicación. 	Se han establecido 5 clases de calidad a juicio de experto y de acuerdo con los características observadas en la cuenca del río Segura.												
Índice Biológico de macrófitos en ríos IBMR	AFNOR, 2003	<p>La aplicación del índice requiere la determinación "in situ" de los macrófitos en un tramo fluvial y la estima de su recubrimiento usando una escala de 1 a 5 (K_i). Los taxones recogidos se caracterizan según su valor indicador respecto a la eutrofia (C_{si}, varía de 1 a 20) y su grado de estenoicidad (sensibilidad) (E_i entre 1 y 3). Estos valores están determinados para las especies más comunes. La puntuación del IBMR se obtiene a partir de la siguiente fórmula:</p> $IBMR = \frac{\sum_{i=1}^n E_i * K_i * C_{si}}{\sum_{i=1}^n E_i * K_i}$ <p>El manual de aplicación del IBMR presenta los C_{si} y E_i para 207 especies de macrófitos (bacterias, algas, líquenes, hepáticas, musgos, pteridófitos y fanerógamas); la mayoría son hidrófilos aunque también hay helófitos.</p>	<p>El IBMR se aplica en Francia y permite determinar el nivel trófico del tramo fluvial. Las puntuaciones del índice se agrupan en las siguientes cinco clases de calidad:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nivel trófico</th> <th>Valor IBMR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muy bajo</td> <td>IBMR >14</td> </tr> <tr> <td>Bajo</td> <td>12 < IBMR ≤ 14</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>10 < IBMR ≤ 12</td> </tr> <tr> <td>Elevado</td> <td>8 < IBMR ≤ 10</td> </tr> <tr> <td>Muy elevado</td> <td>IBMR ≤ 8</td> </tr> </tbody> </table>	Nivel trófico	Valor IBMR	Muy bajo	IBMR >14	Bajo	12 < IBMR ≤ 14	Medio	10 < IBMR ≤ 12	Elevado	8 < IBMR ≤ 10	Muy elevado	IBMR ≤ 8
Nivel trófico	Valor IBMR														
Muy bajo	IBMR >14														
Bajo	12 < IBMR ≤ 14														
Medio	10 < IBMR ≤ 12														
Elevado	8 < IBMR ≤ 10														
Muy elevado	IBMR ≤ 8														
Índice de eutrofización / Polución (E/P-I)	Dell'Uomo, 1991	Basado en macroalgas, valora la calidad del agua de forma general.	<p>Se ha aplicado en ríos de Cataluña (Ter y Francolí) (ACA, 2003). Se han usado los siguientes rangos de calidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Muy buena (0 – 1) - Buena (1 – 1,5) - Aceptable (1,5 – 2) - Mala (2 – 2,5) - Muy Mala (2,5 – 4) 												
Índice SLA Índice SAP	Sládecek y Sládeckova, 1996 Wegl, 1983	<ul style="list-style-type: none"> • Índices para macroalgas basados en el sistema de los Saprobios. Su fórmula se basa en la expresión de Zelinka y Marvan (1961): $\text{Índice} = \sum a_j s_j v_j / a_j s_j$ <p>a = abundancia relativa (1 a 5) s = valor de sensibilidad frente al grado de perturbación (1 a 4) v = valor indicador de la especie (1 a 5)</p>	<p>Estos índices se han aplicado en ríos de Cataluña (Ter y Francolí) con resultados prometedores. Para estos ríos se han usado los siguientes rangos de calidad (ACA 2003):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Muy buena (0 – 1,39) - Buena (1,4 – 1,7) - Aceptable (1,71 – 2,1) - Mala (2,11 – 2,5) - Muy Mala (>2,51) <p>Se observan desviaciones cuando el número de especies es bajo.</p>												

TABLA 3.1 Continuación

ÍNDICE/MÉTODO	AUTORES	DESCRIPCIÓN	MÉTODO DE EVALUACIÓN
Trophic Index of Macrophytes (TIM)	S. Schneider y A. Melzer. 2003	<ul style="list-style-type: none"> Su cálculo se basa en la fórmula del índice de Saprobios de Zelinka y Marvan (1961). $TIM = \frac{\sum IVa \cdot Wa \cdot Qa}{\sum Wa \cdot Qa}$ IVa = Valor indicador de la especie a. Wa = Sensibilidad (tolerancia) de la especie a Qa = Cantidad de la especie a en la sección fluvial El valor indicador de las especies respecto a la trofia está basado en los resultados del análisis de fósforo reactivo en el agua próxima al macrófito y del agua del sedimento. Presentan valores indicadores para 49 especies de macrófitos sumergidos. Existe procedimiento de muestreo. 	Los valores de TIM varían entre 1 y 4 y se diferencian 7 categorías tróficas. <ul style="list-style-type: none"> - oligotrófico (1 - <1,45) - oligo-mesotrófico (1,45 - <1,87) - mesotrófico (1,87 - <2,25) - meso-eutrófico (2,25 - <2,63) - eutrófico (2,63 - <3,05) - eu-politrófico (3,05 - <3,5) - politrófico (3,5 - 4)
Mean Trophic Rank (MTR)	Holmes, 1995; Holmes 1996; Newman et al., 1997	Se identifican todas las especies presentes dentro del agua, en el tramo en estudio, y se determina su cobertura según unas clases de abundancia predefinidas. El índice <i>Mean Trophic Rank (MTR)</i> se calcula según la siguiente expresión: $MTR = \left[\frac{\sum SCV}{\sum CVS} \right] * 10$ Donde <ul style="list-style-type: none"> • <i>SCV (Species Cover Value)</i> = Cobertura especies según tablas predefinidas. • <i>CVS (Cover Value Score)</i> = STR * SCV STR (Species Trophic Rank): valor indicador de la especie (está determinado para 129 especies que incluyen algas, hepáticas, pteridófitos y fanerógamas) Requiere seguir un procedimiento de campo específico.	Se elaboró para su aplicación en Inglaterra con objeto de evaluar el nivel trófico de los ríos, en aplicación de la Directiva de Tratamiento de Residuos urbanos. Los valores de MTR varían entre 10 y 100. Su aplicación en otros países y para evaluar otras presiones que las debidas a vertidos puntuales orgánicos requeriría de experimentación previa.
The Scientific group GIS Index	G. Thiebault, F. Guérol y S. Muller, 2002	Sigue la metodología del índice MTR. Las especies tienen asignado una puntuación según su tolerancia a la eutrofización (mayor puntuación significa menor tolerancia) y además se calcula una puntuación media, que se pondera según la abundancia de las especies. Los valores varían entre 1 (eutrofia baja) y 10 (eutrofia elevada). Se calcula según la siguiente expresión: $GIS(Aq) \text{ presencia / ausencia} = \frac{\sum Csi}{n}$ Csi = puntuación específica especie i n = n° especies $GIS(Aq) \text{ abundancia / dominance} = \frac{\sum Adi \times Csi}{\sum Adi}$ Adi = porcentaje de cobertura planta i (escala 1 a 5)	Calculan correlaciones entre los valores del índice y parámetros fisicoquímicos indicadores de eutrofia (nutrientes) y de mineralización (calcio, sulfato, cloruro).



Chara vulgaris.

TABLA 3.2
Métricas y métodos para la determinación del estado ecológico de lagos y humedales en base a los macrófitos

ÍNDICE/ MÉTODO	AUTORES	DESCRIPCIÓN	MÉTODO DE EVALUACIÓN
Método ECOFRAME (lagos someros)	Moss et al. 2003	<p>Se evalúa y registra la comunidad vegetal presente en el 10% (aprox.) de la superficie del lago. Se identifican los siguientes indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de comunidad (ver descripción en Moss et al): <ul style="list-style-type: none"> Alg: Biomasa baja, comunidades de sustrato rocoso, con musgos, algas filamentosas desmidiaceas y Zygnematales, algas rojas y a veces colonias de cianofitos (<i>Aphanocapsa</i> y <i>Nostoc</i>). Iso: Lagos dominados por Isoétidos. Char: Biomasa media. Dominan carófitos. Sphag: Domina Sphagnum. EIPo: Biomasa elevada, con Elodeidos y otros grupos enraizados acompañados de ninfeidos y carófitos invasores. CanNym: Comunidades extensas de ninfeidos y /o plantas con sistema redicular débil (<i>Ceratophyllum</i>, <i>Lemna</i>). • Diversidad calculada respecto a la inspección del 10% de la superficie del lago • Abundancia según lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> - 0: sin plantas, nada en los rastrillos - 1: algunas plantas en los rastrillos - 2: plantas presentes pero escasas, algunos rastrillos recogen plantas (hasta 70%, las plantas no interfieren en el movimiento de la barca. - 3: plantas abundantes (>70% de los rastrillos con plantas); las plantas interfieren en el movimiento de la barca. 	<ul style="list-style-type: none"> - ECOFRAME considera que no se pueden identificar lagos de referencia de los tipos ya que cada ecosistema incluso sin alteración antrópica puede presentar escenarios diferentes. - El método usado está basado en la determinación de condiciones de referencia según juicio de experto, a partir de la selección y muestreo de lagos que presumiblemente pueden representar el buen estado ecológico.
Índice de valoración de humedales españoles	Cirujano et al., 1992	<p>Permite clasificar los humedales españoles en función de criterios botánicos. Se requiere el conocimiento previo de la flora acuática y marginal, y se ponderan los elementos botánicos según sus características (abundancia, rareza, representatividad) y el humedal según los taxones acuáticos presentes, el número total de plantas y su diversidad. Responde a la siguiente expresión:</p> $I_H = (I_F + I_D) / 2$ <p>donde</p> $I_F \text{ (índice florístico)} = \sum I_T / n^a \text{ hidrófitos}$ $I_D \text{ (índice de diversidad)}$ <p>I_T refleja la importancia de la especie en el territorio y se obtiene de la suma de I_p (índice de frecuencia nacional), I_C (índice de conservación) y I_E (índice de frecuencia europea).</p> $I_T = (I_p + I_C + I_E) / 3$ <p>I_D se calcula a partir de la siguiente relación:</p> <ul style="list-style-type: none"> 2 = enclave con 1 ó 2 plantas 4 = enclave donde se han citado de 3 a 5 plantas 6 = enclave donde se han citado de 6 a 10 plantas 8 = enclave donde se han citado de 11 a 20 plantas 10 = enclave donde se han citado más de 20 plantas 	<ul style="list-style-type: none"> - El índice se elaboró en base a datos bibliográficos (citas existentes) y se calculó en 445 enclaves del territorio español. Se identifican zonas húmedas de importancia europea ($I_H > 6,5$); zonas húmedas de importancia nacional ($I_H > 5,5$); y zonas húmedas con interés singular (presentan especies calificadas como singulares). - Este índice forma parte de las métricas que el Gobierno Vasco ha usado para la determinación del estado ecológico de los humedales de su territorio.
Índice de macrófitos (IM)	Seele et al., 2000	<ul style="list-style-type: none"> • Usado en lagos pre-alpinos de Alemania, responde a la fórmula $IM = \sum I_i Q_i / \sum Q_i$ I_i = Valor indicador de la especie i. Q_i = Cantidad de la especie i. • La frecuencia de cada especie se determina mediante la medida de la cobertura según una escala de cinco niveles, entre 1 (muy rara) y 5 (abundante). 	<p>Se compara el IM con un índice de diatomeas y se establecen los valores en función de las categorías tróficas:</p> <p>IM = 1-1,99 para aguas oligotróficas a IM = 4-5 para aguas eutróficas.</p>

TABLA 3.2 Continuación

ÍNDICE/ MÉTODO	AUTORES	DESCRIPCIÓN	MÉTODO DE EVALUACIÓN
Elementos indicadores para la determinación del estado ecológico en humedales del País Vasco. Se usan tres indicadores.	Gobierno Vasco. "Red de seguimiento del estado ecológico de los humedales interiores de la CAPV".	• Seleccionan carófitos, plantas acuáticas (sumergidas) y helófitos. Para cada humedal se selecciona la comunidad más representativa. Los carófitos han sido el elemento de calidad más usado.	Comparan la cobertura de la comunidad vegetal seleccionada del tramo a evaluar con la que debería tener en condiciones óptimas (de referencia). Éstas últimas se determinan a partir de los datos obtenidos en las estaciones de referencia o a través de otros métodos indirectos.
		• Índice de valoración de humedales (lvh) de Cirujano et al. (1992).	El estado de referencia se calcula según los datos históricos disponibles en la bibliografía, la comparación con humedales semejantes en otras zonas de la Península Ibérica y el criterio de experto.
		• Presencia de plantas acuáticas o marginales introducidas.	Se adjudican los siguientes estados: – Muy bueno y Bueno: Ausencia de plantas introducidas – Moderado: Presencia puntual de plantas introducidas – Malo y Muy malo: Presencia extensiva e invasora de plantas introducidas.
Elementos indicadores para la determinación del estado ecológico en lagos de montaña y cársticos de Cataluña	Agencia Catalana de l'Aigua (ACA) – Centre d'Estudis Avançats de Blanes, 2003	• Número de especies de macrófitos (excluidos musgos, carófitos y helófitos).	Comparación con los valores de referencia: - Entre 0 y 3 (en los tipos de lagos de Pirineos). - 4 en los lagos cársticos.
		• Cinturón de vegetación helofítica (sólo lagos cársticos). Se estima el porcentaje de perímetro ocupado.	Comparación con los valores de referencia: – 90% del perímetro del lago
Elementos indicadores para la determinación del estado ecológico en zonas húmedas de Cataluña	Agencia Catalana de l'Aigua (ACA) – Institut d'Ecologia Aquàtica (Universitat de Girona). 2004	<ul style="list-style-type: none"> • No se evalúan los macrófitos de forma individual sino como parte del índice ECELS (Índice del estado de conservación de los ecosistemas leníticos someros). • En el bloque 5 de ECELS se evalúa la cantidad de vegetación sumergida o flotante con raíz y de vegetación flotante en la superficie; la puntuación final del bloque 5 se modula en función del tipo de vegetación (plantas vasculares, carófitos, algas filamentosas, lenteja de agua, especies alóctonas). 	No existen sistemas de referencia. Se considera condición de referencia el valor máximo del ECELS (≥ 80).



Myriophyllum spicatum.

4. PROPUESTA DE MÉTRICAS PARA LA DEMARCACIÓN DEL EBRO

Dentro de la flora acuática, los macrófitos hidrófitos se consideran un elemento de calidad biológica principal para la determinación del estado ecológico de los lagos de la demarcación del Ebro. Para los ríos se han propuesto las microalgas diatomeas como elemento de calidad biológica principal, y los macrófitos se proponen como elementos de calidad biológica complementarios.

Existe poca experiencia en el uso de los macrófitos como indicadores de calidad de las aguas españolas y en particular en las de la cuenca del Ebro. El uso de cualquiera de las métricas existentes (ver capítulo 3) o la elaboración de métricas adaptadas a las condiciones específicas de los tipos de masas de agua lacustres y fluviales de la cuenca del Ebro, requerirá de un fase de experimentación.

Procedimiento general de trabajo

Este se esquematiza en la figura adjunta, y comprende las siguientes tareas:



Recopilación de datos existentes

Se recogerá la información existente en bases de datos y en la bibliografía. En la actualidad existen varios proyectos en los que se están elaborando bases de datos con objetivos florísticos y de conservación:

- FICODAT – Base de datos de algas continentales de la Península Ibérica (en el ámbito del proyecto “Flora ibérica de las algas continentales”). Se ha recogido información sobre diatomeas, clorófitos y carófitos. Persona de contacto: Jaume Cambra. Universidad de Barcelona.
- Base de datos del grupo de investigación de Macrófitos Acuáticos del Real Jardín Botánico de Madrid, CSIC. Tiene 40.000 registros de carófitos, plantas vasculares y una parte de helófitos. Persona de contacto: Santos Cirujano. Real Jardín Botánico de Madrid.

- Sociedad Española de Ficología (SEF). Persona de contacto: Marina Aboal. Universidad de Murcia.

Muestreo de lagos (y ríos)

- Se realizarán muestreos en las masas de agua de referencia y en las sometidas a diferentes grados de alteración fisicoquímica e hidromorfológica, con objeto de conocer la composición de los hidrófitos y su abundancia relativa. El procedimiento de muestreo recomendado se presenta en la parte II de este documento y está basado en las directrices CEN para lagos y ríos; no obstante hay que tener en cuenta que la aplicación de índices ya existentes puede requerir procedimientos de muestreo específicos.

El número de masas de referencia para cada tipo deberá ser estadísticamente suficiente, así como el esfuerzo de muestreo (nº de transectos en un lago, longitud de tramo fluvial, etc.).

- Se obtendrán datos fisicoquímicos e hidromorfológicos de las estaciones de muestreo que permitan conocer la ecología de las especies de hidrófitos (propuesta en los apartados 8.3 y 9.3).

Análisis y tratamiento de resultados

- Se analizarán los inventarios de las masas de referencia con objeto de identificar:

- Especies A: Específicas de las masas de agua prístinas o no alteradas de forma sensible (masas de referencia).
- Especies B: Aparecen tanto en masas de agua de referencia como en masas de agua con alteración.
- Especies C: Dominan las masas de agua más alteradas. Pueden ser especies invasoras.

En las masas de referencia el porcentaje de especies A y su abundancia constituirán las condiciones de referencia del tipo. En caso de no existir masas de referencia, las condiciones se determinarán mediante juicio de experto.

Se trabajará con inventarios que posean como mínimo 4 especies. Se realizarán análisis estadísticos y se contrastarán los resultados con expertos.

- Diseño de una base de datos que responda a los requerimientos de la DMA. El tipo de datos a incluir sería:

- Nombre de la especie
- Categoría de masa en la que se encuentra: Lago, río, aguas de transición
- Tipo de la masa (según la tipificación realizado según la DMA)
- Masa de referencia / No referencia
- Localización geográfica (coordenadas) (inicio y final de tramo en caso de ríos)
- Clasificación en función de su abundancia en el tramo fluvial / lago: Se puede usar una escala del tipo 1: rara; 2: ocasional; 3: frecuente; 4 abundante; 5 dominante
- Datos fisicoquímicos: conductividad y nutrientes

– Datos hidromorfológicos: profundidad, sustrato, rangos de velocidad del agua, grado de sombra, fluctuación del nivel, etc.

– Otros datos complementarios (resultados de IHF, QBR, IVF,...).

- Diseño de índices específicos. Con un número suficiente de datos (1.000 inventarios) podría abordarse el diseño de un índice específico para los tipos de masas de aguas.

Dado que la elaboración de índices es un proceso que requerirá un cierto tiempo de trabajo, se recomienda que en la fase inicial de trabajo se usen métricas sencillas como el **número de especies**. Esta opción ha sido adoptada por la Agencia Catalana del Agua para los lagos de montaña y cársticos de Cataluña (“InMac = n° especies de macrófitos” excluidos los musgos, carófitos y helófitos) (ACA 2003). También pueden usarse índices existentes (ver tablas 3.-1 y 3.2). Entre éstos los siguientes se podrían aplicar fácilmente:

Ríos

- Índice **SLA, SAP** (se han aplicado previamente en ríos de Cataluña) y especialmente el índice **IBMR** (recomendado por AFNOR).
- Índice **IM** para una caracterización rápida de los tramos fluviales.

Lagos

- Índice I_H (Id.e valoración de humedales): Se ha aplicado en humedales del País Vasco para la determinación del estado ecológico.

5. DIRECTRICES PARA EL CONTROL DE VIGILANCIA Y CONTROL OPERATIVO EN BASE A LOS MACRÓFITOS

La DMA establece la puesta en marcha de programas de seguimiento que permitan el diagnóstico y el seguimiento del estado ecológico de las masas de agua. Estos programas se indican en el diagrama adjunto:



Los objetivos de las redes de control de vigilancia y control operativo se indican en el siguiente cuadro (según Anexo V apartados 1.3.1. y 1.3.2.):

CONTROL DE VIGILANCIA
<ul style="list-style-type: none"> • Completar y aprobar el procedimiento de evaluación de impacto (análisis de presiones e impactos). • Contribuir al diseño eficaz de los futuros programas de vigilancia. • Evaluar los cambios a largo plazo en las condiciones naturales. • Evaluar los cambios a largo plazo resultantes de actividad antropogénica muy extendida.
CONTROL OPERATIVO
<ul style="list-style-type: none"> • Establecer el estado de las masas identificadas en riesgo de no cumplimiento de los objetivos medioambientales. • Evaluar los cambios que se produzcan en las aguas indicadas, como resultado de los programas de medidas.

En los apartados siguientes se indican las directrices a considerar para el uso del elemento de calidad biológica macrófitos en las redes de control de vigilancia y control operativo.

5.1. SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE CONTROL

5.1.1. Red de referencia

Realizar seguimientos en lagos seleccionados dentro de los diferentes tipos, con la finalidad de recabar información que permita perfilar las condiciones de referencia. La selección de los lagos se realizará teniendo en cuenta los datos sobre las presiones e impactos y mediante la consulta a expertos.

En el caso de los ríos, se sugiere analizar los macrófitos en las estaciones de la red de referencia existente (la cual se ampliará y modificará en 2005).

En el procedimiento que se presenta en la memoria (capítulo 8 y 9) se indican las directrices para la selección del punto de muestreo.

5.1.2. Control de vigilancia

La red de control de vigilancia deberá estar integrada por suficientes masas de agua representativas de las condiciones naturales de la demarcación y de las presiones e impactos identificados.

En la demarcación del Ebro se han identificado 92 masas de agua de la categoría lago. De éstas sólo un tipo (alta montaña septentrional, dimítico, aguas ácidas) agrupa un número considerable de lagos (58), mientras que el resto de tipos están representados por cantidades que varían entre 1 y 7 lagos. Por esta razón se recomienda estudiar los macrófitos de todos los lagos (34) que pertenecen a los diferentes tipos (distintos al de montaña) y añadir a éstos una selección del grupo de lagos de montaña (5 o 6).

En el caso de los ríos se han identificado 697 masas de agua fluviales, y existen unos 200 puntos de muestreo



Ceratophyllum demersum.

de diatomeas y unos 400 puntos de muestreo de macroinvertebrados. Se recomienda introducir el estudio de los macrófitos en la totalidad de las estaciones de la red de control de vigilancia, cuando ésta se defina.

Para la selección de los puntos de muestreo hay que tener en cuenta que:

- Estén representados tramos de referencia para los tipos que dispongan de ellos (según el estudio de Presiones e Impactos).
- Existan tramos representativos de los diferentes grados de calidad.
- Coincida el punto de la red de macrófitos con el de diatomeas y macroinvertebrados y de calidad fisicoquímica.

En el procedimiento que se presenta en la memoria (capítulo 8 y 9) se indican las directrices para la selección del punto de muestreo referidas a los macrófitos. No obstante en términos generales se recomienda:

- Evitar situar la estación de muestreo de la red de vigilancial muy cerca de puntos de vertido directos, siendo más adecuado situar la estación donde el agua vertida se ha mezclado totalmente con la del medio receptor.
- Evitar los tramos con azudes, ya sea embalsados o bajo presas o infraestructuras hidráulicas que pueden favorecer a los macrófitos.

Analizar la posibilidad de muestrear en más de una estación en masas de agua muy extensas. La longitud media de las masas de agua fluviales de la cuenca del Ebro es de 19 km pero existen algunas masas de agua que alcanzan hasta 80 km (Jalón, Piedra, Manubles). En estos casos se debería disponer de más de una estación de muestreo.

5.1.3. Control operativo

Las estaciones de control operativo deben cubrir todas las masas identificadas en riesgo de no cumplir los

objetivos medioambientales. No obstante no se requiere el análisis de todos los parámetros indicadores de los elementos de calidad que indica la DMA, sino aquellos más sensibles a las presiones a las que está sujeta la masa.

La localización de las estaciones de control operativo referidos al elemento de calidad macrófitos hidrófitos debe tener en cuenta que:

- debe permitir evaluar la magnitud e impacto de los procesos de eutrofización y alteraciones hidromorfológicas,
- y en caso de existir varios puntos de contaminación-alteración puntuales, las estaciones de control se situarán de modo que sean representativos de la magnitud y el impacto del conjunto.

5.2. FRECUENCIA DE MUESTREO

Periodo de muestreo

Los macrófitos se tienen que muestrear dentro de su periodo vegetativo que comprende el periodo primavera-otoño. En el apartado 10 se recomiendan los periodos de muestreo para los diferentes tipos de lagos y ríos.

Frecuencia de los controles de vigilancia y operativo

Según la DMA se debe realizar un control de vigilancia durante un periodo de un año dentro del periodo que abarque el plan de cuenca (6 años). No obstante en las primeras etapas de reconocimiento de la demarcación y durante los tres primeros años de funcionamiento de la red de control (2006-2008) se recomienda una mayor frecuencia de muestreo (anual o bianual).

En el apartado 10.2 se indican algunas directrices para la determinación de la frecuencia de muestreo de los macrófitos.

PARTE II. Protocolos

En las páginas siguientes se incluye un procedimiento destinado al uso de los macrófitos sumergidos (hidrófitos) como elemento de calidad biológica de lagos y ríos. El objetivo es facilitar la obtención de inventarios comparables que permitan la identificación de las especies de referencia y la determinación del estado ecológico en ríos y lagos de la cuenca del Ebro. No obstante debe advertirse que la aplicación de alguno de los índices existentes en la bibliografía puede requerir procedimientos específicos.

6. INTRODUCCIÓN

El procedimiento está basado en la información obtenida de:

- Documento de trabajo “Guidance standard for the surveying of macrophytes in lakes- Complementary element” del Comité técnico CEN/TC 230 Water analysis (2003).
- Norma CEN prEN 14184 “Guidance standard for the surveying of aquatic macrophytes in running water (2002).
- Información recogida en la reunión de expertos realizada en la CHE, y de la consulta de la bibliografía adjunta.

El procedimiento abarca los siguientes temas:

- Identificación del equipo de muestreo
- Muestreo en lagos
- Muestreo en ríos
- Selección del periodo de muestreo
- Directrices para la cuantificación de los macrófitos
- Conservación y etiquetado de muestras
- Identificación de ejemplares
- Control de la calidad

7. EQUIPOS Y REACTIVOS

7.1. EQUIPOS DE MUESTREO

- Equipo de protección personal
 - Botas o vadeadores de caucho.
 - Guantes de latex (para aguas sospechosas de contaminación)
 - Gafas de sol polarizadas
 - Salvavidas
- Equipo para la recolección de muestras
 - Rastrillo con mango extensible para aguas someras
 - Gancho en corona con cuerda larga para aguas profundas
 - 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 de plástico y tubos pequeños de plástico o cristal (para especies pequeñas)
 - Nevera portátil
 - Prensa portátil con pliegos y almohadillas para la conservación en seco de plantas vasculares.
 - Aparato de localización geográfica (GPS)
 - Mapas, con escalas compatibles con el muestreo de macrófitos
 - Bolígrafo o rotulador permanente (o cualquier otro método para etiquetar las muestras). Si se usan etiquetas, estas deben ser resistentes a la humedad
 - Lupa, x10 aumentos

- Claves de identificación y guías de campo
- Cámara fotográfica con lentes polarizadas
- Instrumentos adicionales para muestreos con embarcación y buceo:
 - Barca adecuada para las condiciones locales con el equipo de seguridad apropiado (salvavidas)
 - Equipo de buceo
 - Cuerdas y boyas para fijar transectos
 - Profundímetro o cinta métrica lastrada para medir profundidades
 - Cámara fotográfica sumergible

7.2. REACTIVOS FIJADORES

Alternativamente a la conservación de los macrófitos por medio del prensado de los especímenes, pueden usarse reactivos fijadores, lo cual es preferible para los cormófitos de pequeño tamaño y para las macroalgas. Los reactivos fijadores más usuales son:

- Formaldehído (HCHO) al 4% vv. Dada la naturaleza tóxica de esta sustancia, en caso de utilización se deben tomar precauciones (trabajar en un ambiente bien ventilado, usar guantes y recipientes herméticos.
- Alcohol etílico con glicerina y agua (líquido de Kew modificado) en proporción 65%, 5% y 30%. También puede utilizarse este conservante de forma concentrada eliminando el agua.

8. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO EN LAGOS

8.1. SELECCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO

- Identificar estaciones de muestreo que sean representativas de la diversidad de hábitats existente y de los posibles impactos humanos debidos a las actividades y/o usos existentes en el lago y en zonas circundantes. Para esto se recomienda examinar fotos aéreas del lago y de su cuenca previamente a la visita.
- La caracterización de los hábitats debe incluir: tipo de sustrato, profundidad, condiciones de iluminación, y tipo de vegetación de ribera.
- En lagos grandes (> 50 ha) habrá que identificar varias estaciones de muestreo, en las que realizar transectos perpendiculares a la orilla. El número de transectos puede estimarse empíricamente o por aproximaciones matemáticas. Los transectos podrán ser de anchuras y largos variables pero esto debe estandarizarse lo más posible para la comparación de lagos con las mismas características hidromorfológicas.
- Una vez identificadas las estaciones de muestreo de muestreo se fijará su posición tomando las coordenadas geográficas con un GPS, y referencias topográficas que faciliten su localización posterior.

8.2. DIRECTRICES PARA LA TOMA DE MUESTRAS

Lagos vadeables (profundidad < 1,5 m)

- Recorrer la zona a muestrear extrayendo las plantas mediante ganchos y rastrillos. Realizar transectos de orilla a zona profunda, en diferentes puntos del lago (si es extenso) o bien atravesar el lago en dos direcciones (si no es muy extenso). El uso de rastrillos con mango extensible permite muestrear las zonas más profundas.
- Identificar las plantas de “visu” y anotar su abundancia según el método indicado en el apartado II (escala de 1 a 5).
- Si se requiere la identificación posterior de la especie, introducir una muestra en una bolsa de plástico hermética y rotular convenientemente.
- El uso de un visor (aqua scope) puede facilitar la observación de la distribución y cobertura de las especies.
- Anotar las coordenadas de inicio y final de cada transecto.

Lagos profundos

El muestreo de los macrófitos requiere el uso de embarcaciones o de equipos de buceo. Para el caso de usar embarcación se recomienda lo siguiente:

- Iniciar la navegación en un punto de la orilla (se recomienda marcarlo de alguna forma) y nave-

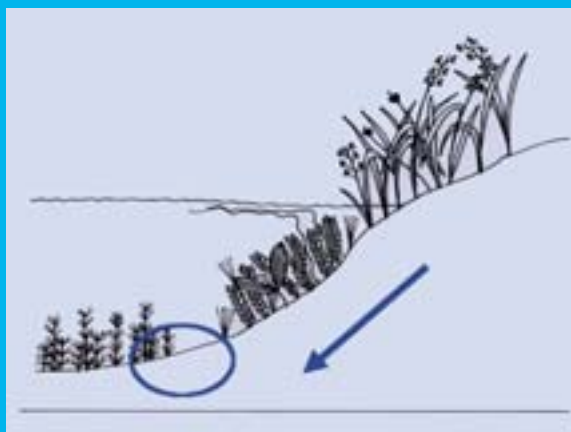
gar despacio perpendicularmente a la orilla. Cada cierta longitud del transecto (0,5 m o bien cada 2-5 m o >5 m según la escala de trabajo) se tomarán muestras del fondo con ganchos o dragas (varias extracciones), se identificarán las especies “in situ” o bien se conservarán muestras (en bolsas herméticas convenientemente rotuladas) para su determinación en el laboratorio. En cada punto de muestreo, anotar como mínimo la profundidad y si es posible las características del sustrato (muestras con draga). Estimar la abundancia según el método indicado en el apartado II (escala de 1 a 5). Repetir este procedimiento hasta completar la longitud del transecto.

El uso de una cámara subacuática permitirá obtener un mayor detalle en la determinación de la cobertura y distribución de las especies de hidrófitos.

Como método complementario, cuando sea posible, se recomienda muestrear con la ayuda de un buzo que realice la toma directa de los ejemplares anotando su cobertura.

- Completar el muestreo recorriendo tramos de orilla a pie para recoger las especies que se encuentran en el límite de las aguas (musgos,...).
- Cada transecto debe identificarse mediante la toma de las coordenadas geográficas con un GPS, al menos al inicio y final de cada uno.

TRANSECTOS



En lagos vadeables (profundidad <1,5 m)



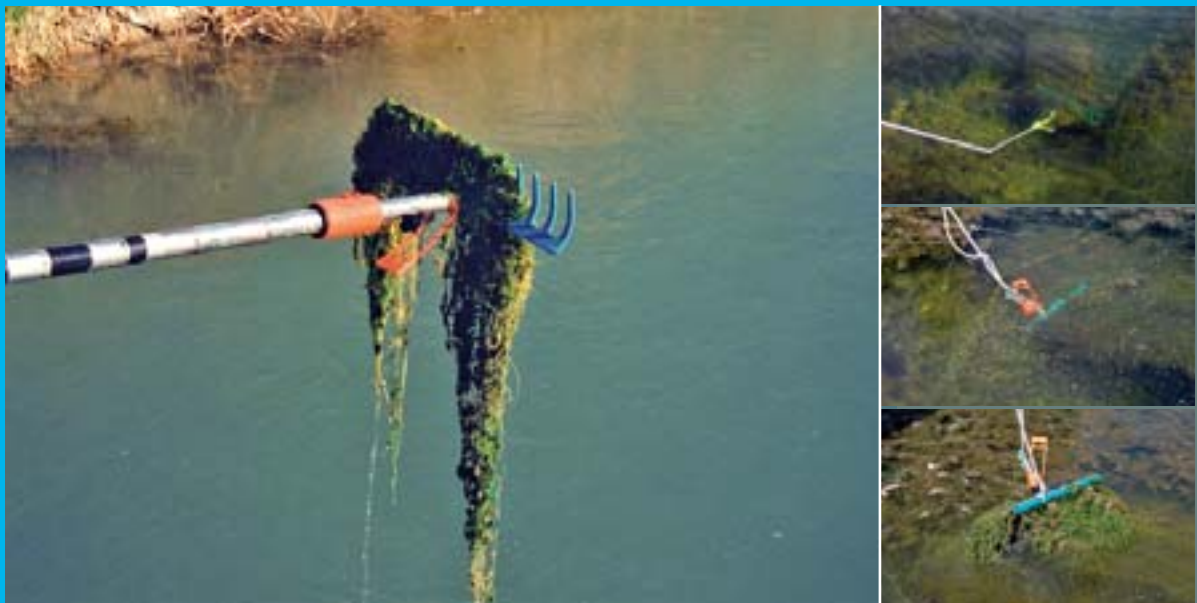
En lagos profundos

8.3. DATOS Y/O MUESTRAS COMPLEMENTARIOS AL MUESTREO DE LOS MACRÓFITOS EN LAGOS

Se considera recomendable disponer de los siguientes datos tomados en los puntos de muestreo de macrófitos en lagos y zonas húmedas:

PARÁMETROS HIDROMORFOLÓGICOS	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS
Sustrato: Roca madre; piedras; gravas; arenas; limos	Básicos (control de vigilancia): – Temperatura del agua – Conductividad, pH y alcalinidad – Nutrientes: nitrato, nitrito, amonio, fósforo soluble, fósforo total
Profundidad: < 50 cm; 50-1 m; >1m (lagos someros) o bien anotar la profundidad (lagos profundos).	
Turbidez: – Determinación cualitativa según una escala: Transparente; algo turbia; turbia; muy turbia. – Determinación cuantitativa: Profundidad del Disco Secchi y/o nefelómetro.	Complementarios o específicos (controles operacionales) – Calcio, sulfato, cloruro – Sólidos en suspensión – DBO, DQO – Metales (especialmente cobre y zinc)
Color del agua: Sin color; azulada; verde; lechosa; marrón; etc.	
Morfología de las orillas: Pendiente, playas, sinuosidad, etc.	
Tipo de recubrimiento vegetal de las orillas: Carrizal, juncal, prados, estrato arbóreo, etc.	
Índice de estructura y conservación del lago: ECELS – Índice de estado de conservación de ecosistemas leníticos someros (opcional). (índice de la Agència Catalana de l'Aigua)	

TOMA DE MUESTRAS DE MACRÓFITOS MEDIANTE RASTRILLO



9. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO EN RÍOS

9.1. SELECCIÓN DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO

- Identificar una estación (tramo) representativa de las condiciones de la masa fluvial. Este tramo debe tener una longitud suficiente para reflejar de forma adecuada la composición florística y abundancia de las especies características del tipo de masa de agua. La longitud del tramo debe establecerse al inicio del muestreo y para los diferentes tipos de ríos, y mantenerlo en todos los muestreos para que los resultados sean comparables.
- Las características del tramo (sustrato, profundidad del agua, grado de sombra, rango de caudal) deberán de ser similares a las que se encuentran en las estaciones de referencia del tipo fluvial (o a las condiciones de referencia fijadas). 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.

9.2. DIRECTRICES PARA LA TOMA DE MUESTRAS

Se recomienda usar un método de muestreo semicuantitativo que permita obtener el listado de las especies más relevantes del tramo, y una estima aproximada de su abundancia en el tramo. De acuerdo con el objetivo del procedimiento, el objetivo de muestreo son los hidrófitos (especies sumergidas); no obstante algunas especies de este grupo pueden encontrarse a veces fuera del agua como es el caso de los musgos.

Ríos vadeables

La toma de muestras se realiza a partir de recorridos de la totalidad del tramo (si la longitud es pequeña - <50

m), en zigzag desde una orilla a la otra. Se van recogiendo los diferentes macrófitos, los cuales se identifican "in situ" o bien se recoge muestra en una bolsa de plástico, vial o prensa para su posterior análisis (ver apartado 13). Asimismo se anota su abundancia considerando una escala de 1 a 5 (ver apartado 11), así como otras características como el tipo de sustrato, profundidad y velocidad del agua (rango), grado de sombra etc. (ver estadillo en Apéndice).

Si el tramo a analizar tiene una longitud superior a 50 m o bien hay partes profundas, se realizarán varios transectos desde una orilla hacia el centro volviendo otra vez hacia la orilla; en este recorrido se recogerá muestra de los macrófitos (y datos morfológicos del cauce) existentes en un radio de 2 metros por lado del muestreador.

En las zonas profundas y pozas se pueden usar rastrillos con mango telescópico, o ganchos atados en el extremo de una cuerda para extraer las muestras.

Se anotarán las coordenadas geográficas de inicio y final del tramo recorrido mediante un GPS. Se tomará nota de aspectos que ayuden a la repetición del muestreo en posteriores campañas (localización del tramo y de los transectos realizados, muestreo en pozas, etc...).

Ríos profundos

El muestreo en ríos profundos se realizará desde una embarcación, y siguiendo las directrices indicadas para los lagos profundos (ver apartado 8.2).

La navegación puede ser en zigzag, o bien mediante el recorrido de una orilla y posteriormente de la otra. Se extraerán los macrófitos con ganchos atados al extremo de una cuerda y/o dragas cada 1-5 m o bien cada 25-50 metros (dependiendo de la escala de trabajo). Se fijarán los puntos de inicio y final de cada transecto mediante las coordenadas geográficas de un GPS; también es recomendable tomar nota de particularidades de la orilla que permitan la identificación de los puntos en posteriores muestreos (en algunos casos se pueden realizar marcas con pintura).



Typha sp.



Potamogeton crispus.



Potamogeton pectinatus,

9.3. DATOS Y/O MUESTRAS COMPLEMENTARIOS AL MUESTREO DE LOS MACRÓFITOS EN RÍOS

Se considera importante disponer de los siguientes datos tomados en los puntos de muestreo de macrófitos:

PARÁMETROS HIDROMORFOLÓGICOS	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS
Sustrato: Roca madre; piedras; gravas; arenas; limos	Básicos (control de vigilancia): – Temperatura del agua – Conductividad, pH y alcalinidad – Nutrientes: nitrato, nitrito, amonio, fósforo soluble, fósforo total Complementarios o específicos (controles operacionales) – Calcio, sulfato, cloruro – Sólidos en suspensión – DBO, DQO – Metales (especialmente cobre y zinc)
Corriente: Alta; media; baja; nula	
Profundidad: < 50 cm; 50-1 m; >1m o bien anotar la profundidad.	
Anchura del río: medida aproximada.	
Turbidez: – Determinación cualitativa según una escala: Transparente; algo turbia; turbia; muy turbia. – Determinación cuantitativa: Profundidad del Disco Secchi y/o nefelómetro.	
Color del agua: Sin color; azulada; verde; lechosa; marrón; etc.	
Índice de estructura del cauce y de la ribera: En los controles de vigilancia sería deseable la aplicación de los siguientes índices: IHF – Índice de hábitat fluvial (Pardo <i>et al.</i> , 2002) IVF – Índice de vegetación fluvial (C. Gutiérrez - ACA) QBR – Índice de calidad de ribera (Munné <i>et al.</i> , 1998)	

10. SELECCIÓN DEL PERIODO DE MUESTREO Y FRECUENCIA

10.1. PERIODO DE MUESTREO

El muestreo de los macrófitos debe 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. La recolección de ejemplares inmaduros puede dar origen a errores de identificación.

Para los lagos, los periodos inicialmente recomendados, son:

Lagos de montaña	Agosto - Septiembre
Lagos cársticos	Julio - Agosto-Septiembre - Octubre
Lagos llanura sedimentaria permanentes	Junio - Julio
Lagos llanura sedimentaria temporales	Abril - Mayo - Junio
Lagunas litorales	Mayo - Junio -Julio

Los periodos recomendados para los ríos son:

Ríos de alta montaña Ríos de montaña húmeda calcárea	Julio-Agosto-Septiembre
Ríos de montaña mediterránea silíceo Ríos de montaña mediterránea calcárea Ríos mineralizados de baja montaña mineralizada	Junio - Julio
Grandes Ejes en ambiente mediterráneo Ejes mediterráneo-continentales mineralizados Ejes mediterráneo continentales poco mineralizados	Agosto - Septiembre

Inicialmente puede realizarse un único muestreo por periodo, no obstante si los recursos lo permiten sería recomendable realizar dos muestreos (al inicio y final del periodo vegetativo de las plantas). Esto permitiría un mejor análisis de la comunidad, teniendo en cuenta que las tasas de crecimiento de las diferentes especies pueden variar a lo largo del periodo vegetativo.

10.2. FRECUENCIA DE MUESTREO EN LOS CONTROLES DE VIGILANCIA Y OPERATIVOS

En los trabajos iniciales de identificación de las condiciones de referencia y del diseño de la red de vigilancia, se recomienda realizar muestreos cada año (entre 2005 y 2007). Posteriormente se recomienda muestrear cada 3 años.

Para la red de control operativo la frecuencia de muestreo podría ser anual o bianual, con dos o tres

muestreos por año dependiendo del impacto que se está evaluando.

- Seguimiento de un impacto hidromorfológico: muestreo en aguas altas y aguas bajas (ejemplo: ver los efectos de puntas de caudal sobre crecimientos de macrófitos).

- Seguimiento de eutrofia: muestreo a inicio (primavera) y final (inicio otoño) del periodo vegetativo.

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

11. DIRECTRICES PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LOS MACRÓFITOS

La cuantificación de los hidrófitos puede realizarse mediante evaluación visual y por medio de una escala de cinco niveles, que describa la abundancia de cada especie en el área de muestreo. Se propone usar la siguiente escala de coberturas:

	ABUNDANCIA DE CADA ESPECIE	PORCENTAJE DE COBERTURA (%)
ESCALA	DESCRIPTOR	CLASE
1	Rara	Individuos aislados
2	Ocasional	1-10%
3	Frecuente	10-50%
4	Abundante	50-70%
5	Muy abundante (dominante)	>70%

Se utilizará una hoja de campo en la que se anotarán las características de distribución y abundancia de las especies, y su situación en la masa de agua por medio de un esquema.

12. CONSERVACIÓN Y ETIQUETADO DE LAS MUESTRAS

Se recomienda obtener y conservar muestras de las diferentes especies, con la finalidad de asegurar la identificación de las especies y mantener una colección de referencia que podría depositarse en un herbario o institución pública.

12.1. TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN

Conservación en el campo

- Se pueden conservar en fresco en bolsas de plástico y dentro de una nevera eléctrica o con hielo.
- En caso de no poder conservarse las muestras en fresco se pueden usar formaldehído, o bien alcohol etílico o líquido de Kew modificado y proceder según una de las dos opciones siguientes:

– Empapar los ejemplares con un poco de formaldehído 4-5%v/v e introducirlos en bolsas de plástico con cierre hermético.

– Introducir el ejemplar en una pequeña bolsa de plástico, vial o bote de plástico y añadir el líquido de Kew modificado en cantidad suficiente para que la muestra quede cubierta. Si se utiliza el líquido concentrado se deberá añadir un poco de agua (aproximadamente el 30%) del punto de muestreo.

En todo caso las muestras se deben conservar a oscuras y en lugar fresco durante el traslado al laboratorio para lo cual se utilizará una nevera portátil con hielo.

Conservación permanente

Los métodos de conservación recomendados son:

- En seco para los especies de fanerógamas de mayor tamaño y para los musgos. Colocar el ejemplar entre hojas de periódico o papel secante y prensar durante 3-5 días, cambiando los secantes cada dos días hasta que la planta esté lo suficientemente seca. Una vez secas guardar las plantas convenientemente etiquetadas en pliegos de papel blanco.
- En viales herméticos o pequeños botes de plástico herméticos con una solución de formaldehído al 4% o bien líquido de Kew modificado para macroalgas y fanerógamas de pequeño tamaño.
- En caso de realizar preparaciones microscópicas de macroalgas con glicerina, se recomienda conservar éstas selladas con laca.

12.2. ETIQUETADO

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, 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 usará un rotulador resistente al agua.

13. IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS Y TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

La identificación de macroalgas, musgos y cormófitos de pequeño tamaño puede requerir trabajos de laboratorio.

13.1. EQUIPOS DE LABORATORIO

La identificación de los macrófitos puede requerir del siguiente equipo:

- *Microscopio estereoscópico.*
- *Microscopio óptico:* equipado con una platina mecánica y objetivos de grandes aumentos y de inmersión.
- *Portaobjetos con escala micrométrica:* Es una preparación que tiene inscrita una distancia conocida, con divisiones y subdivisiones, para poder calibrar

el ocular micrométrico, o cualquier otro aparato de medida.

– *Guías de identificación y iconografías:* adecuadas al ámbito de estudio.

– Medios para verificar la identificación de las especies de difícil taxonomía: Esto puede hacerse de diversas formas: con dibujos y micro-fotografías de alta resolución; con imágenes de vídeo.

Para eliminar las incrustaciones de carbonatos presentes en determinadas algas es necesario tratar las muestras con un reactivo. Éstos pueden ser los siguientes:

- Ácido acético (ex IN)
- Ácido clorhídrico diluido (ex I M) (HCl)

Para visualizar las estructuras se pueden usar los siguientes colorantes:

- Lugol (detección de la presencia de almidón)
- Azul de metileno (contraste de estructuras aprietales)
- Carmín acético (teñir núcleos de las células)

13.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS MACRÓFITOS

La identificación de los macrófitos es una tarea a realizar por un experto botánico dado que se requiere alcanzar el nivel de especie. Esto es especialmente importante para los lagos en los que la diversificación de los macrófitos es mayor que en las aguas corrientes. En la bibliografía se incluyen los textos generales más importantes que se usan para la identificación de las especies.

En algunos casos se recomienda confirmar la identificación de las especies de taxonomía más difícil mediante consulta con expertos nacionales o internacionales.

13.3. TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

Los resultados de los muestreos realizados se deberían incluir en una base de datos centralizada diseñada para la cuenca del Ebro, o de ámbito nacional que recoja el marco de trabajo de la DMA (ver información requerida para cada especie en el capítulo 4).

Esto facilitará la aplicación de técnicas estadísticas para la identificación de las especies características de los diferentes tipos de ríos y lagos, y el diseño de índices específicos.

14. CONTROL DE LA CALIDAD EN EL MUESTREO, TRATAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE MACRÓFITOS

14.1. INTRODUCCIÓN

La implementación de la Directiva 2000/60/CE requiere que los métodos que se utilicen en el establecimiento del estado ecológico procedan de metodologías estandarizadas (ISO, CEN, o de organismos nacionales de estandarización), que los laboratorios dispongan de programas de aseguramiento de la calidad (EN ISO 17025) y participen regularmente en ejercicios de intercalibración (*Proficiency testing programmes*).

El muestreo e identificación de los macrófitos como elementos de calidad para la determinación de la DMA debe realizarse siguiendo procedimientos estandarizados y con sistemas de control de la calidad.

En el caso de los macrófitos, la correcta identificación de las especies es un aspecto de gran importancia dado que son éstas las que tienen el mayor grado de indicación, ante las presiones e impactos de origen antrópico.

Todo lo indicado hace necesario la elaboración y aplicación de métodos de control de calidad específicos para las actividades relacionadas con el muestreo e iden-

tificación de macrófitos. El grupo CEN TC 230 WG 2 está desarrollando programas para asegurar la calidad en las tareas de implantación de la DMA.

14.2. DIRECTRICES PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD

Las medidas a seguir persiguen garantizar la correcta identificación de las especies, así como la documentación de la toma de muestras y de la evaluación de la abundancia de las especies.

Objetivo: Asegurar la correcta identificación de las especies.

Medidas

- Contar con técnicos que posean formación botánica. En la actualidad la formación de este personal se realiza en Universidades y centros de investigación. Sería deseable favorecer la organización de cursos de capacitación.
- Realizar colecciones de las especies recogidas en las estaciones de referencia y estaciones de la red de vigilancia. Es aconsejable guardar al menos un duplicado de los materiales en un herbario o institución pública.
- Aportar documentación fotográfica de las especies y recubrimientos en la masa de agua.

Objetivo: Realizar el trabajo de campo y evaluaciones según los procedimientos estándar previamente definidos.

Medidas

- Preparar una hoja directriz que resuma de forma clara y didáctica las tareas y procedimientos a desarrollar en el trabajo de campo.
- Documentar los trabajos y usar hojas de campo previamente preparadas. Indicar la localización de las zonas / transectos de trabajo (coordenadas GPS y esquema del tramo), las especies encontradas (Nombre o número de muestra), su localización en la masa de agua (profundidad, sustrato, etc...), la abundancia asignada, y demás datos de interés (análisis fisicoquímicos, análisis biológicos, etc...).
- Aportar documentación fotográfica de las masas de agua y de los recubrimientos observados. La comparación de fotos realizadas en diferentes años será de gran ayuda para la identificación de tendencias.

Objetivo: Control del manejo de datos y análisis de los resultados.

Medidas

- Todos los datos de un muestreo específico se deben identificar de forma individual, en la base de datos por medio de códigos.
- La documentación de campo y laboratorio (muestras, estadillos, fotos) se guardará durante un periodo no inferior a 5-6 años.
- Los datos en formato electrónico deberán incluir identificación de su origen (autores, fechas, etc...) y referencias para ampliar la información.



Eichornia crasipes.



Nymphaea sp.

GLOSARIO Y BIBLIOGRAFÍA

GLOSARIO

Cianobacterias: Bacterias que llevan a cabo la fotosíntesis oxigénica gracias a que poseen pigmentos fotosintéticos (clorofila **a**, beta caroteno y ficobilinas).

Condiciones de referencia: Para cualquier masa de agua las condiciones de referencia del tipo al que pertenece son un estado ecológico, en el presente o en el pasado, donde los valores de los elementos hidromorfológicos, fisicoquímicos y biológicos corresponden a los que existen en ausencia de alteraciones antropogénicas o de muy escasa importancia (según Guía REFCOND, 2003).

DMA: Directiva Marco del Agua, Directiva 2000/60/CE. Establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

ECELS: Índice del estado de conservación de los ecosistemas leníticos someros. Herramienta para el establecimiento del estado ecológico de las zonas húmedas de Cataluña (Ver bibliografía).

ECOFRAME: Propuesta metodológica para la determinación del estado ecológico en lagos someros. Ver Moss *et al* (2003).

Estaciones de referencia: Estaciones de muestreo en las masas de agua de ríos, lagos y aguas de transición en las que se encuentran condiciones de referencia.

Estado ecológico: En el marco de aplicación de la DMA, se define como una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales.

Eutrofización: Enriquecimiento en nutrientes, de origen natural o antrópico, de una masa de agua. La eutrofización suele manifestarse por un aumento de las poblaciones de algunas algas (especialmente microalgas) y determinadas plantas acuáticas.

Fitobentos: Vegetales que viven asociados a cualquier sustrato del fondo de los ecosistemas acuáticos. Incluye cianobacterias, algas microscópicas (microalgas), macroalgas y macrófitos.

Helófitos: Plantas anfibas con la parte inferior sumergida en el agua, pero con hojas, la mayor parte del tallo y las flores aéreas.

Hidrófitos: Plantas acuáticas en sentido estricto, es decir aquellas que completan su ciclo biológico cuando todas sus partes se encuentran sumergidas o flotando en la superficie del agua.

IHF: Índice de hábitat fluvial (Pardo *et al.* 2002)

IVF: Índice de vegetación fluvial (ACA –C.Gutiérrez, 2001)

Macrófitos: Plantas acuáticas visibles a simple vista, entre las que se encuentran plantas vasculares (cormófitos), briófitos y macroalgas (algas caráceas y de otros grupos).

QBR: Índice de calidad de ribera (Munné *et al* 1998)

Taxón: Unidad taxonómica, por ejemplo familia, género o especie.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- AFNOR (2003). Qualité de l'eau: Détermination de l'indice biologique macrophytique en rivière (IBMR) – NFT 90-395
- Agència Catalana de l'Aigua (2001). Índex per a l'avaluació de la qualitat del medi fluvial a partir de la vegetació de ribera (I.V.F.). Autores: Cesar Gutiérrez y Andreu Salvat; Coordinació F. Sabater (Universitat de Barcelona).
- Agència Catalana de l'Aigua (2003). Desenvolupament d'un índex integral de qualitat ecològica i regionalització ambiental dels sistemes lacustres de Catalunya. Centre d'estudis Avançats de Banes (CSIC). 88 pàgs.
- Agència Catalana de l'Aigua (2003). Anàlisi de la viabilitat i proposta d'indicadors fitobentònics de la qualitat de l'aigua per als cursos fluvials de Catalunya. Universitat de Girona (Institut d'Ecologia Aquàtica) y Universitat de Barcelona (Dep. Biologia vegetal. facultat de Biologia). 113 pàgs.
- Agència Catalana de l'Aigua (2004). Caracterització i elaboració d'eines d'establiment de l'estat ecològic de les zones humides de Catalunya. Institut d'Ecologia Aquàtica, Universitat de Girona. 86 pàgs.
- CEN European Committee for Standardization. 2002/TC 230. Water Quality. *Guidance standard for the surveying of aquatic macrophytes in running water*. prEN 14184.
- CEN European Committee for Standardization. 2003/TC 230. Water Quality. *Guidance standard for the surveying of macrophytes in lakes – Complementary element* (documento de trabajo).
- Cirujano S., M. Velayos, F. Castillo y M. Gil (1992). Criterios botánicos para la valoración de las lagunas y humedales españoles (Península Ibérica y las Islas Baleares). Colección Técnica, ICONA.
- Cirujano S. y L. Medina (2002). Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla – La Mancha. Real Jardín Botánico, CSIC – Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Madrid. 340 pàgs.
- Dell'Uomo A. (1991). Use of benthic macroalgae for monitoring rivers in Italy. In: Whitton, B.A., Rott, E. y G. Friedrich (eds). *Use of Algae for Monitoring Rivers*. *Inst. für botanik. Univ. Innsbruck*: 129-137.
- Holmes N. (1995). *Macrophytes for Water and other Quality Assessments*. Report to the National Rivers Authority. Anglian Region. National Rivers Authority, Peterborough, UK, 47 pp.
- Haury J., Peltre M. C., Muller S., Thiébaud G., Trémolières M., Demars B., Barbe J., Dutatre A., Daniel H., Bernez I., Guerlesquin M. y E. Lambert (2000). Les macrophytes aquatiques bioindicateurs de systèmes lotiques – Intérêts et limites des indices macrophytiques. Synthèse bibliographique des principales approches européennes pour le diagnostic biologique des cours d'eau - UMR INRA-ENESA EQHC Rennes & CREUM-Phytoécologie Univ. Metz, Agence de l'Eau, Artois-Picardie: 101pp.+ ann.
- Haury J., Peltre M.C., Muller S., Trémolières M., Barbe J., Dutatre A. y M. Guerlesquin (1996). Des indices macrophytiques pour estimer la qualité des cours d'eau français: premières propositions - *Écologie*, 27 (4): 233-244.
- Moss B et al. (y 48 autores más) (2003). The determination of ecological status in shallow lakes – a tested system (ECOFAME) for implementation of the European Water Framework Directive. *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems*, 13:507-549.
- Munné A., Solà C. y N. Prat (1998). QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del Agua*, 175: 20-37.
- Parlamento Europeo de la Unión Europea (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy. *Off. J. Eur. Comm.* 327: 1-72.
- Pardo I., Álvarez, M., Casas J., Moreno, J.L., Vivas S., Bonada, N., Alba-Tercedor, J., Jáimez-Cuellar, P., Moyà, G., Prat, N., Robles S., Suárez, M.L., Toro, M. y M.R. Vidal Abarca (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica* 21(3-4): 115-133.
- Schneider S. y A. Melzer (2003). The Trophic Index of Macrophytes (TIM) – a new tool for indicating the trophic state of running waters. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 88(1): 49-67.
- Seele J., M. Mayr, F. Staab y U. Raeder (2000). Combination of two indication systems in pre-alpine lakes – diatom index and macrophyte index. *Ecological Modelling* 130: 145 –149.
- Sládeček, V. y A. Saldeckova (1996). Atlas of aquatic organisms with respect to the water supply, surface water and wastewater treatment plants. Praga. 351 pp.
- Suarez M.L., A. Mellado, M.M. Sánchez Montoya y M.R. Vidal Abarca (en prensa). Propuesta de un índice de macrófitos (IM) para evaluar la calidad ecológica de los ríos de la cuenca del Segura. *Limnetica*.
- Thiebaut G, F. Guérol y S. Muller (2002). Are trophic and diversity indices based on macrophyte communities pertinent tools to monitor water quality?. *Water research* 36: 3602-3610.
- Wegl, R. (1983). Index für die limnosaprobität. *Wasser und Abwasser* 26: 1-175.
- Zelinka, M. y P. Marvan (1961). Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. *Arch. Hydrobiol.* 57: 389-407.

BIBLIOGRAFÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MACRÓFITOS

ALGAS (GENERAL):

- Bourrelly, P (1966). *Les algues d'eau douce. Initiation a la systematique. Les algues vertes*. Ed. Boubée. 511 pàgs.
- Bourrelly, P (1970). *Les algues d'eau douce. Initiation a la systematique. Les algues bleues et rouges*. Ed. N. Boubée. 512 pàgs.

CIANOBACTERIAS

- Anagnostidis, K. y J. Komárek (1988). Modern approach to the classification system of Cyanophytes, 3. Oscillatoriales. *Arch. Hydrobiol. / Algal. Studies* 50:327-472.
- Desikachary, T.V. (1959). Cyanophyta. ICAR 686 pàgs.
- Geitler, L. (1932). Rabenhorst's kryptogamenflora von Deutschland, osterreich und der Schweiz 14, Cyanophyceae. Leipzig..

XANTÓFITOS

- Ettl, H. (1978). Xanthophyceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heyning, H. (eds.) *Süsswasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 3. Ed. G. Fischer. 549 pp.
- Rieth, A. (1980). Xanthophyceae-2. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heyning, H. (eds.) *Süsswasserflora von Mitteleuropa*. Vol 4. Ed. G. Fischer. 147 pp.

CLORÓFITOS

- Comelles, M. (1985). Clave de identificación de las especies de carófitos de la Península Ibérica. *Asociación Española de Limnología* 1, 35 pàgs.
- Förster, (1982). Conjugatophyceae. *Das Phytoplankton des Süßwassers. Die Binnengewässer*. Vol. 3. 322 pp.
- Hoek, C. van den (1963). Revision of the european species of *Cladophora*. E.J.Brill Leiden, 248 pp.
- Komarek, J. y B. Fott (1983). Chlorophyceae. Chlorococcales: In: Elster, H.J., Ohle, W. (eds.) *Das Phytoplankton des Süßwassers. Die Binnengewässer*. Vol. 7. 1044 pp.
- Printz, H. (1964). Die Chaetophoralen der Binnengewässer. *Hydrobiologie.*, 24: 1-376.

RODÓFITOS

- Starmach, K. (1977). Rhodophyta. *Flora Slodkowodna Polski*.

MACRÓFITOS (GENERAL)

- Bolós, O de (1990). *Flora manual dels Països catalans*. Ed. Pòrtic. Barcelona.
- Casas C., M. Brugués y R.M. Cros (2001). *Flora dels briòfits dels Països Catalans, vol 1*. Molses. Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències Biològiques. Barcelona.
- Castroviejo *et al.* (Eds.) (1986-2005). *Flora Ibérica*. Vol. 1,2,3,4,5,6,7,8,10,14 y 21. Real Jardín Botánico. Madrid.
- Cirujano, S. y L. Medina (2002). *Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla-La Mancha*. Real Jardín Botánico de Madrid, CSIC-Junta de Castilla-La Mancha. Madrid. 340 pàgs.
- Comelles, M. (1985). Clave de investigación de las especies de carófitos de la Península Ibérica. *AEL*, n^a 1. 35 pàgs.
- Moore, J.A. (1986). *Charophytes of Great Britain and Ireland*. Botanical Society of British Isles n^o 5. London. 140 pàgs.
- Tutin, T.G. *et al.* (1964-1980) *Flora Europaea*. Vol. 1,2,3,4, y 5. Cambridge University Press.
- Valdés, V. *et al.* (1987). *Flora Vasculare de Andalucía Occidental*. Vol. 1,2 y 3. Ed. Ketres.

APÉNDICE

Hoja de campo para macrófitos de ríos

El inventario se debe ajustar a lo esperable en cada cuenca

Río:
Subcuenca:
Localidad / Municipio:
Código masa de agua:
Estación:

Técnico toma:
Técnico identificación:

Fecha / Hora:

Fotos (detalle ver detrás):

Anchura:
Profundidad:

	Rara	Ocasional	Frecuente	Abundante	Dominante
Perifiton de DIATOMEAS	1	2	3	4	5
CLORÓFITOS					
<i>Cladophora sp.</i>	1	2	3	4	5
Chaetophorales	1	2	3	4	5
<i>Chara sp.</i>	1	2	3	4	5
Clorofíceas incrustantes	1	2	3	4	5
CIANOFITOS					
<i>Rivularia sp.</i>	1	2	3	4	5
<i>Nostoc sp.</i>	1	2	3	4	5
RODOFICEAS	1	2	3	4	5
Tapetes de OSCILATORIAS	1	2	3	4	5
CONJUGADAS	1	2	3	4	5
HEPÁTICAS	1	2	3	4	5
MUSGOS	1	2	3	4	5
PTERIDÓFITOS	1	2	3	4	5
MONOCOTILEDONEAS					
<i>Groenlandia sp.</i>	1	2	3	4	5
<i>Potamogeton crispus</i>	1	2	3	4	5
<i>Potamogeton lucens</i>	1	2	3	4	5
<i>Potamogeton pectinatus</i>	1	2	3	4	5
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	1	2	3	4	5
<i>Potamogeton polygonifolius</i>	1	2	3	4	5
<i>Potamogeton sp.</i>	1	2	3	4	5
<i>Zannichelia sp.</i>	1	2	3	4	5
DICOTILEDONEAS					
<i>Callitriche</i>	1	2	3	4	5
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1	2	3	4	5
<i>Myriophyllum alternifolium</i>	1	2	3	4	5
<i>Myriophyllum spicatum</i>	1	2	3	4	5
<i>Myriophyllum sp.</i>	1	2	3	4	5
<i>Nasturtium officinale</i>	1	2	3	4	5
<i>Ranunculus sp.</i>	1	2	3	4	5
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	1	2	3	4	5
<i>Veronica beccabunga</i>	1	2	3	4	5
<i>Veronica sp.</i>	1	2	3	4	5
OTROS TAXONES					
	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5

COMENTARIOS:

Muestra/s tomada/s: Sí No

Hoja de campo para macrófitos de ríos

ESQUEMA:

Apuntar porcentajes de cobertura de los diferentes taxones

Detalles fotos	<u>La foto muestra</u>
Foto n° / Carrete n° / Estación n° 1	Aguas arriba: Orilla derecha: Aguas abajo: Orilla izquierda: Coordenadas:
Descripción:	
Foto n° / Carrete n° / Estación n° 2	Aguas arriba: Orilla derecha: Aguas abajo: Orilla izquierda: Coordenadas:
Descripción:	
Foto n° / Carrete n° / Estación n° 3	Aguas arriba: Orilla derecha: Aguas abajo: Orilla izquierda: Coordenadas:
Descripción:	
Foto n° / Carrete n° / Estación n° 4	Aguas arriba: Orilla derecha: Aguas abajo: Orilla izquierda: Coordenadas:
Descripción:	



Confederación Hidrográfica del Ebro. Comisaría de Aguas

Paseo Sagasta 24-28 • 50071 Zaragoza • Tel. 976 711 000 • Fax 976 214 596 • E-mail: che_calidad@chebro.es