

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

Protocolos de muestreo y análisis para

ICTIOFAUNA



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:

Adolfo Sostoa. Universidad de Barcelona.

Diego García de Jalón. E.T.S. Ingenieros de Montes. Madrid.

Emili García-Berthou. Universidad de Girona.

INTRODUCCIÓN	5
PARTE I: GENERALIDADES	
1. OBJETIVOS	9
2. VALOR INDICADOR DE LOS PECES	9
3. SISTEMAS INDICADORES EXISTENTES	9
3.1. Antecedentes en la cuenca del Ebro	9
3.2. Métricas e índices existentes	11
3.2.1. Métricas usadas en los estudios de ictiofauna	11
3.2.2. Índices y métodos estandarizados para el estudio de la ictiofauna ..	12
4. PROPUESTA DE MÉTRICAS PARA LA DEMARCACIÓN DEL EBRO	15
5. DIRECTRICES PARA EL CONTROL DE VIGILANCIA Y CONTROL OPERATIVO EN BASE A LA ICTIOFAUNA	16
5.1. Selección de las estaciones de control	17
5.1.1. Red de referencia	17
5.1.2. Control de vigilancia	17
5.1.3. Control operativo	17
5.2. Frecuencia de muestreo	18
PARTE II: PROTOCOLOS	
6. INTRODUCCIÓN	21
7. EQUIPOS Y REACTIVOS	21
7.1. Equipos de muestreo	21
7.2. Productos para anestesia, conservación y desinfección	22
7.2.1. Anestésicos	22
7.2.2. Conservantes	22
7.2.3. Desinfectantes de los equipos	22
8. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO MEDIANTE PESCA ELÉCTRICA	22
8.1. Base metodológica de la pesca eléctrica	22
8.2. Selección de la estación de muestreo y del área de captura	23
8.3. Procedimientos de pesca eléctrica	23
8.3.1. Pesca eléctrica en aguas vadeables	23
8.3.2. Pesca eléctrica desde embarcación	25
8.4. Medidas de seguridad específicas de los procedimientos de pesca eléctrica	25
9. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO CON REDES Y OTRAS ARTES DE PESCA	26
9.1. Tipos de redes y artes de pesca	26
9.2. Selección de las estaciones de muestreo	26
9.3. Directrices para la pesca con redes	27

10. IDENTIFICACIÓN, RECUENTO Y MEDIDAS BIOMÉTRICAS	29
10.1. Identificación	29
10.2. Recuento y medidas biométricas	29
10.3. Determinación de la edad de los ejemplares	29
11. CONSERVACIÓN Y ETIQUETADO DE LAS MUESTRAS	30
11.1. Técnicas de conservación	30
11.2. Etiquetado	30
12. SELECCIÓN DEL PERIODO DE MUESTREO Y FRECUENCIA	30
12.1. Periodo de muestreo	30
12.2. Frecuencia de muestreo en los controles de vigilancia y operativos	30
13. TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS	31
14. CONTROL DE LA CALIDAD EN EL MUESTREO, TRATAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE ICTIOFAUNA	32
14.1. Introducción	32
14.2. Directrices para el control de la calidad	32
GLOSARIO Y BIBLIOGRAFÍA	33
APÉNDICE	41

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 a la ictiofauna de ríos, lagos y embalses. Los contenidos incluyen las opiniones y datos recogidos durante la reunión de trabajo mantenida el 19 de noviembre de 2004, entre los expertos Adolfo Sostoa (Departamento de Biología Animal. Universidad de Barcelona), Diego García de Jalón (E.T.S. Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid) y Emili García-Berthou (Institut d'Ecologia Aquàtica. Universidad de Girona) y técnicos de la CHE (V. Sancho-Tello, C. Durán y M. Pardos), del Ministerio de Medio Ambiente (J. Ruza, A. Corrochano), de la Universidad de Barcelona (N. Caiola) y de URS (M. Alonso, G. González y X. Julià).

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

PROCOLOS

- Equipos y reactivos.
- Pesca eléctrica.
- Pesca con redes.
- Identificación, recuento y toma de medidas biométricas.
- Conservación y etiquetado de muestras.
- Periodos de muestreo y frecuencia.
- Tratamiento de los resultados.
- Control de calidad.

PARTE I. Generalidades

1. OBJETIVOS

Este documento está dedicado a la ictiofauna, y tiene como objetivo identificar y proponer métricas para establecer el estado ecológico de los ríos, lagos y embalses de la demarcación del Ebro, en aplicación de la Directiva 2000/60, y especificar las directrices metodológicas para el muestreo y análisis de la ictiofauna.

2. VALOR INDICADOR DE LOS PECES

La ictiofauna es uno de los elementos de calidad biológica cuyo estudio es requerido por la DMA. Existen como antecedente, las experiencias realizadas en Europa, EE.UU y otros países, que señalan a los peces como buenos indicadores de la calidad medioambiental. En Europa se comenzó a utilizar la ictiofauna para la vigilancia de la calidad de las aguas en el ámbito de aplicación de diferentes Directivas europeas: Directiva de tratamiento de aguas urbanas residuales (91/271/EEC), Directiva de nitratos (91/676/EEC), y de las normativas de diferentes países. En los EE.UU. la ictiofauna se usa para la vigilancia de la calidad de las aguas de forma habitual y se han desarrollado procedimientos estandarizados para el muestreo y procesado de muestras (IBI).

Las comunidades de peces incluyen diferentes niveles tróficos: omnívoro, insectívoro, planctívoro, piscívoro; y se sitúan en los niveles próximos al vértice de la pirámide trófica. De este modo la composición y estructura de la comunidad integran la información de los niveles tróficos inferiores (especialmente de algas e invertebrados), y reflejan el estado de calidad de todo el ecosistema acuático.

En los cursos fluviales las comunidades de peces (*fish assemblage*) varían desde la cabecera a la desembocadura, siguiendo las variaciones de la profundidad del agua, velocidad de la corriente y sustrato. En los sistemas lóticos inalterados o con alteración mínima, la densidad de los peces y la biomasa aumenta, de una manera general, desde la cabecera hacia la desembocadura.

Desde el punto de vista indicador, los peces tienen características propias que les diferencian de otros elementos biológicos (fitobentos, plancton, macroinvertebrados, macrófitas) y les hacen complementarios ineludibles. Su mayor longevidad (hasta 20 y 30 años) permite a los peces ser testigos e indicadores de afecciones e impactos históricos a las masas de aguas cuyas causas ya han desaparecido. Además, su mayor tamaño y movilidad les permite jugar un papel preponderante en los ecosistemas, al influir en el flujo de energía y transporte de sustancias y elementos. Por todo ello, su valor indicador peculiar reside en ser los indicadores con una escala espacio-temporal mayor. Además a diferencia del fitobentos, macroinvertebrados y macrófitas cuyo valor indicador reside en la escala del 'microhábitat', en el caso de los peces su



*Salmo trutta**.

valor indicador se refiere a la escala del *meso-hábitat*, es decir del tramo o del segmento fluvial.

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

- Alteración del hábitat con producción de cambios en:
 - profundidad y anchura del río,
 - velocidad del agua,
 - composición granulométrica,
 - morfología del lecho,
 - vegetación de ribera.
- Continuidad del río.

La ictiofauna también es sensible a las **presiones fisicoquímicas** que produzcan:

- Contaminación del agua.
- Eutrofia y aparición de toxicidad por algas.
- Desoxigenación del agua.

En España, las experiencias con indicadores basados en peces son escasas y, existen pocos casos en los que éstos se hayan incluido en las redes de control de calidad gestionadas por las Confederaciones y los servicios de Medio Ambiente de las Comunidades Autónomas.

3. SISTEMAS INDICADORES EXISTENTES

3.1. ANTECEDENTES EN LA CUENCA DEL EBRO

La ictiofauna de la demarcación del Ebro se conoce relativamente bien y cuenta con 15 especies autóctonas, 15 especies introducidas y 1 especie migradora considerada continental (*Anguilla anguilla*), según los trabajos de Doadrio (2001) y Doadrio y Madeira (2004). Este último estudio presenta los resultados del análisis de secuenciación del ADN para las poblaciones ibéricas de *Gobio* y se demuestra que éstas pertenecen a una especie endémica de las aguas peninsulares ibéricas y del suroeste francés (*Gobio lozanoi*).

En las tablas adjuntas se presenta el listado de las especies citadas en la cuenca del Ebro, excluidas las del Delta del Ebro.

* Todas las fotografías son de ejemplares vivos durante la toma de medidas biométricas o de individuos destinados a análisis toxicológicos.

TABLA 3.1.
Listado de especies de peces autóctonos presentes en la demarcación del Ebro (según Doadrio, 2001 y Doadrio y Madeira, 2004; Caiola y Sostoa com.per.) (no se incluye el Delta del Ebro)

FAMILIA	ESPECIES	AUTOR	NOMBRE COMÚN
Salmonidae	<i>Salmo trutta</i>	Linnaeus, 1758	Trucha común
Blenniidae	<i>Salaria fluviatilis</i>	(Asso, 1801)	Fraille, blenio de río
Balitoridae	<i>Barbatula barbatula</i>	(Linnaeus, 1758)	Lobo de río
Cobitidae	<i>Cobitis calderoni</i>	Bacescu, 1962	Lamprehuela
	<i>Cobitis paludica</i>	(de Buen, 1930)	Colmilleja
Cyprinidae	<i>Barbus graellsii</i>	Steindachner, 1866	Barbo de Graells
	<i>Barbus haasi</i>	Mertens, 1925	Barbo colirrojo
	<i>Chondrostoma arcasii</i>	(Steindachner, 1866)	Bermejuela
	<i>Chondrostoma miegii</i>	Steindachner, 1866	Madrilla
	<i>Gobio lozanoi</i>	Doadrio y Madeira, 2004	Gobio
	<i>Squalius cephalus</i>	(Linnaeus, 1758)	Bagre
	<i>Squalius pyrenaicus</i>	Günther, 1868	Cacho
	<i>Phoxinus phoxinus</i>	(Linnaeus, 1758)	Piscardo
	<i>Tinca tinca</i>	(Linnaeus, 1758)	Tenca
Cottidae	<i>Cottus gobio</i> ³	Linnaeus, 1758	Cavilat

TABLA 3.2.
Listado de especies de peces exóticos presentes en la demarcación del Ebro (según Doadrio, 2001 y Carol et al. 2003) (no se incluye el Delta del Ebro)

FAMILIA	ESPECIES	AUTOR	NOMBRE COMÚN
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i>	(Linnaeus, 1758)	Pez sol
	<i>Micropterus salmoides</i>	(Lacepède, 1802)	Perca americana
Cyprinidae	<i>Abramis bjoerkna</i>	Linnaeus, 1758	Brema blanca
	<i>Alburnus alburnus</i>	Linnaeus, 1758	Alburno
	<i>Carassius auratus</i>	(Linnaeus, 1758)	Pez rojo
	<i>Cyprinus carpio</i>	(Linnaeus, 1758)	Carpa
	<i>Rutilus rutilus</i>	(Linnaeus, 1758)	Rutilo
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	(Linnaeus, 1758)	Escardinio
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	(Linnaeus, 1758)	Lucio
Ictaluridae	<i>Ameiurus melas</i>	(Rafinesque, 1820)	Pez gato
Percidae	<i>Sander lucioperca</i>	(Linnaeus, 1758)	Lucioperca
Poeciliidae	<i>Gambusia holbrooki</i>	(Girard, 1859)	Gambusia
Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	(Walbaum, 1792)	Trucha arco-iris
	<i>Salvelinus fontinalis</i>	(Mitchell, 1815)	Salvelino
Siluridae	<i>Silurus glanis</i>	Linnaeus, 1758	Siluro

TABLA 3.3.
Listado de especies migradoras consideradas continentales presentes en la cuenca del Ebro (según Doadrio, 2001) (no se incluye el Delta del Ebro)

FAMILIA	ESPECIES	AUTOR	NOMBRE COMÚN
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	(Linnaeus, 1758)	Anguila

³ El cavilat está presente en el río Garona.



Salaria fluviatilis.

Los datos disponibles sobre ictiofauna del Ebro proceden de:

- Estudio ictiológico realizado por la CHE en tramos fluviales en 1996.
- Pescas realizadas en las estaciones de la Red de Sustancias Peligrosas (desde 1999 hasta la fecha).
- Estudios realizados por las CCAA, empresas del sector eléctrico y por la Universidad (U. de Barcelona, U de Girona, etc.) y centros de investigación.

La información existente procede, en su mayoría de ríos, e incluye datos sobre la composición íctica, la abundancia en el tramo y, en algunos casos, sobre la estructura de la población (distribución de clases de edad). También existen estudios genéticos sobre las poblaciones de algunas especies (por ejemplo para la trucha). En otros casos los estudios de ictiofauna son parte de experiencias para la determinación del caudal ecológico (en aplicación de diferentes metodologías como IFIMPHABSIM).

La CHE está realizando un estudio extensivo de peces para desarrollar un índice de integridad biótica que permita determinar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Ebro. El desarrollo, validación e implementación de dicho índice presupone la realización de las siguientes tareas:

- Clasificar las especies piscícolas según sus requerimientos ecológicos (tipo de alimentación, hábitat de reproducción, etc.).
- Desarrollar una tipología biológica de los ríos de la cuenca del Ebro basada en las comunidades de peces originales (datos históricos) y de su respectiva correspondencia con las variables abióticas que caracterizan esas comunidades.
- Realizar un muestreo cuantitativo de la ictiofauna y de otras variables bióticas y abióticas asociadas a cada estación de muestreo.
- Identificar y valorar las presiones e impactos antrópicos.

- Proponer una lista de métricas candidatas para verificar.
- Desarrollar un índice para cada tipo de río verificando la respuesta a las presiones e impactos de las métricas candidatas.
- Aplicar el índice a un conjunto de datos independientes para su calibración y validación.

3.2. MÉTRICAS E ÍNDICES EXISTENTES

3.2.1. Métricas usadas en los estudios de ictiofauna

3.2.1.1. Métricas basadas en la composición

Se identifica el inventario de especies y, de forma adicional, pueden clasificarse éstas según diferentes requerimientos ecológicos relativos a su ciclo biológico, alimentación, reproducción, tolerancia a la contaminación, etc. Alguna de las métricas más usuales son:

- Número de especies autóctonas e introducidas.
- Número de especies bentónicas y planctónicas.
- Número de especies omnívoras, insectívoras, herbívoras, piscívoras, etc.
- Número de especies tolerantes e intolerantes.
- Número de especies que requieren sustratos de grava, piedras o vegetación acuática para la puesta.

3.2.1.2. Métricas basadas en la abundancia

Los recuentos de las pescas referidos a términos absolutos o relativos ofrecen una estima de la abundancia total de la ictiofauna, y de la abundancia de las diferentes especies. Las posibles métricas son:

- Número total de individuos. En general se expresa por unidad de esfuerzo (CPU, captura por unidad de esfuerzo).
- Número de individuos (o porcentaje) de los diferentes tipos de especies indicadas en el apartado 3.2.1.1.
- Biomasa total o por especies.

3.2.1.3. Métricas basadas en aspectos biométricos

En general se calculan:

- Distribución de tamaños de los ejemplares de cada especie.
- Distribución de edades. A partir de la distribución de tamaños se calculan las clases modales, y se considera que cada una corresponde a una clase de edad. En algunos casos las clases de edad podrán confirmarse mediante el estudio de las zonas de crecimiento que aparecen marcadas en algunas estructuras como escamas, otolitos, huesos operculares, etc.
- Determinación del crecimiento a través de relaciones longitud/peso (ecuación de Ricker, 1973) o de la longitud y el radio de la escama (ecuación de Frasser, 1916 y Lee, 1920).
- Determinación del índice de condición. Este índice compara la forma real del pez con la que le correspondería a su crecimiento isométrico.
- Peso medio individual (en gramos) de la comunidad íctica (indicador de los efectos de grandes embalses a medio y largo plazo).

3.2.1.4. Métricas basadas en el estado sanitario

- Proporción de individuos con deformidades.
- Proporción de individuos con un alto grado de infectación (parásitos).

3.2.2. Índices y métodos estandarizados para el estudio de la ictiofauna

3.2.2.1. Índices de similitud

Son de gran utilidad para comparar las características de la comunidad íctica de una masa de agua, respecto a las condiciones de referencia del tipo al que pertenece (García de Jalón y González del Tánago, en prensa). Se propone el uso de los siguientes índices:

- **Índices cualitativos:** Permiten obtener la similitud de la composición íctica (presencia – ausencia) de una masa de agua respecto a sus condiciones de referencia. Se calculan mediante relaciones entre el número de especies de la masa de agua (p), de la referencia (r) y de las comunes a ambos (c). Los índices más usados son:

– Jaccard (1912):

$$I = c \div p + r - c$$

– Sorensen (1948):

$$I = 2c \div p + r$$

p = Número de especies en la masa de agua

r = Número de especies correspondiente a las condiciones de referencia

c = Número de especies comunes –masa de agua y referencia

- **Índices cuantitativos:** Permiten obtener la similitud entre las abundancias de las especies en la masa de agua respecto a las de referencia para el tipo. El siguiente índice se basa en abundancias relativas.



Cobitis paludica.

– Raabe (1952)

$$I = \sum_{i=1}^{i=s} \min(h_iP, h_iR) \quad h_iR = n_iR \div NR$$

h_iP, h_iR = Abundancia relativa de la especie i en la masa de agua (p) y en la referencia (r)

n_iP, n_iR = Abundancia de la especie i en la masa de agua (p) y en la referencia (r)

NP, NR = Abundancia total de peces en la masa de agua (p) y en la referencia (r)

3.2.2.2. Índices de integridad biótica

La integridad biótica se define como la capacidad de soportar y mantener una comunidad de organismos equilibrada, integrada y adaptativa, con una composición específica, diversidad y organización funcional comparable a la del hábitat natural de la región (Karr et al., 1986). De este modo los sistemas con una elevada integridad biótica pueden soportar y/o recuperarse rápidamente de la mayor parte de las perturbaciones, tanto naturales, como de origen antrópico. Por el contrario, los medios con escasa integridad biótica están a menudo degradados y cuando son perturbados, bien por procesos naturales, bien por el hombre, es muy probable que cambien rápidamente a estados incluso más degradados. En resumen la integridad biótica es una cualidad de los medios naturales en los que su composición, estructura y función no han sido alteradas por las actividades humanas. En la actualidad el uso de este tipo de índices es generalizado en los EE.UU., si bien en Europa han sido poco utilizados.

3.2.2.2.1. IBI (Index of Biotic Integrity)

El índice de integridad biótica basado en los peces, desarrollado por Karr (1981) constituye una herramienta metodológica muy valiosa para establecer el estado ecológico de los sistemas acuáticos. Esto ha sido el punto de partida de diferentes iniciativas para diseñar IBIs adaptados a diferentes regiones geográficas (Fausch et al., 1984; Harris y Silveira, 1999; Belpaire et al., 2000).

El grupo de investigación de Peces de la Universidad de Barcelona (A. Sostoa, N. Caiola, D. Vinyoles y F. Casals), en un proyecto de colaboración con la Agencia Catalana del Agua, ha desarrollado un IBI para los ríos de Catalunya (IBICAT) cuyo resumen se expone a continuación, como ejemplo de desarrollo de un IBI en cuencas ibéricas.



Phoxinus phoxinus.

El IBICAT procede del muestreo de 158 ríos pequeños mediterráneos pertenecientes a 15 cuencas. Se caracterizaron 333 estaciones de muestreo con las comunidades originales de peces, y con 18 variables abióticas (ambientales, fisiogeográficas e hidromorfológicas).

El desarrollo del IBICAT ha requerido la recopilación y análisis de:

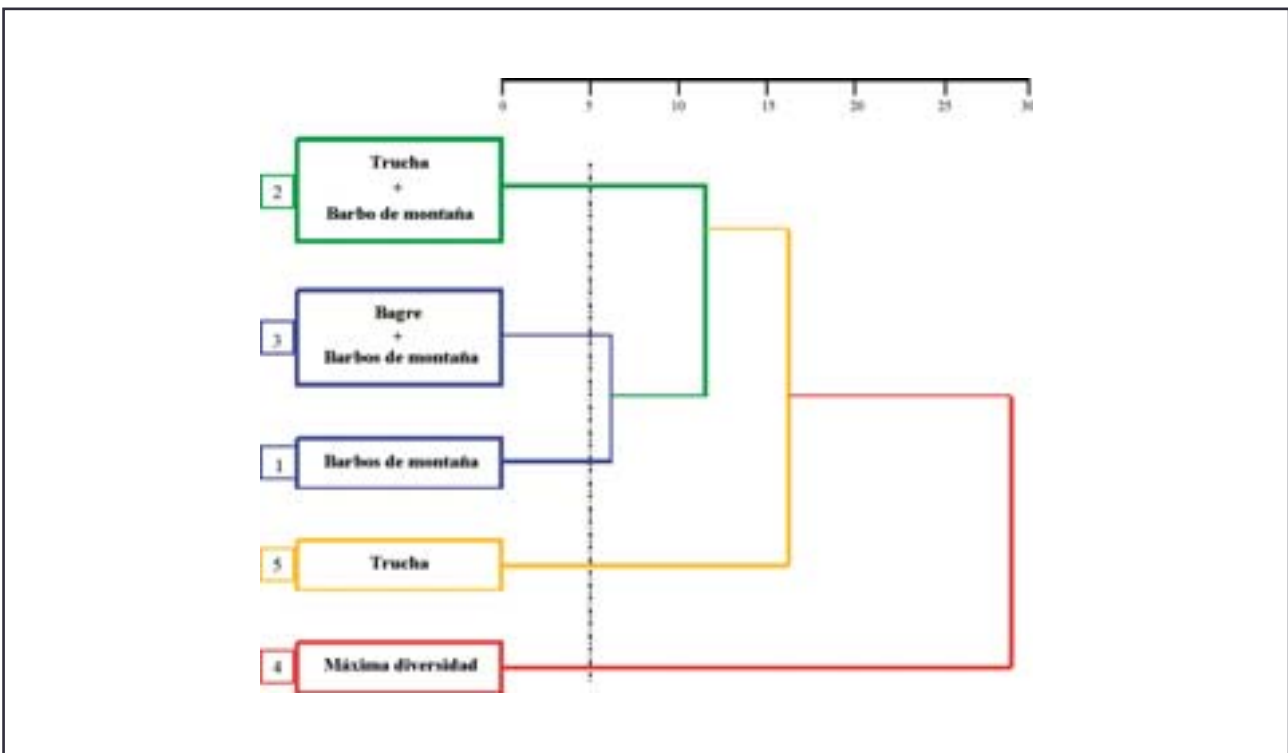
- Datos históricos de la presencia de las especies autóctonas en los ríos de Cataluña (consultas bibliográficas y series temporales), y clasificación de las especies en grupos, según sus requerimientos ecológicos (relacionados con los hábitos de reproducción, longevidad, alimentación, hábitat, migración y capacidad de tolerancia). La aplicación de un análisis de *cluster* permite la obtención de los grupos de especies.

- Datos geomorfológicos y climáticos de las cuencas fluviales (análisis a partir del GIS de la Agencia Catalana del Agua y de la Confederación Hidrográfica del Ebro). Entre las variables utilizadas, las más relevantes que explican la tipología biológica con un 79% de estaciones bien clasificadas, son: altitud, temperatura media anual del aire, temperatura media de enero del aire, temperatura media de julio del aire, temperatura máxima en julio, pendiente, orden del río, distancia al nacimiento, distancia a la desembocadura, precipitación caída en julio y déficit hídrico.

Se han establecido 5 tipos fluviales basados en la presencia histórica de peces pero con la respectiva correspondencia con las referidas variables abióticas. Éstos son: 1) Montaña baja mediterránea, 2) Montaña húmeda mediterránea, 3) Zona Baja mediterránea, 4) Cursos principales de la cuenca del Ebro; y 5) Alta montaña. Para cada tipo fluvial se han formulado las condiciones de referencia para la comunidad íctica, y la desviación de estas condiciones constituye una medida del estado ecológico.

Finalmente las métricas significativas del IBICAT (seleccionadas a partir de correlaciones de Spearman) para los cinco tipos de ríos, y las puntuaciones obtenidas para los casos impacto bajo o sin impacto, impacto moderado e impacto elevado se muestran en la tabla de la página siguiente.

ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL DENDROGRAMA (DISTANCIA EUCLIDEA AL CUADRADO Y MÉTODO DE VINCULACIÓN DE WARD) REPRESENTANDO GRUPOS DE ESTACIONES DE MUESTREO, EN BASE A LA PRESENCIA HISTÓRICA DE LOS PECES.



TIPO DE RÍO	MÉTRICA	PUNTUACIONES		
		SIN IMPACTO/ IMPACTO BAJO	IMPACTO MODERADO	IMPACTO ELEVADO
Montaña baja mediterránea	Densidad total (ind./ha)	>1.200	400-1.200	<400
Montaña húmeda mediterránea	Nº especies nativas	>1	1	0
	Nº esp. Nativas insectívoras	>1	1	0
	Densidad nativas intolerantes (ind./ha)	≥1.500	<1.500	0
Zona baja mediterránea	% especies nativas	>80	20-80	<20
	% especies intolerantes	>80	50-80	<50
Ríos principales Ebro	% especies nativas	>80	40-80	<40
	% especies insectívoras	>80	40-80	<40
	Nº nativas/Nº nativas distrib.original	>0,6	0,3-0,6	<0,3
Alta montaña	Nº nativas tolerantes	>1	1	0
	Densidad nativas longevas (ind./ha)	>3.000	1.000-3.000	<1.000
	Nº especies litofílicas	>1	1	0

Una metodología semejante se está aplicando en la cuenca del Ebro para desarrollar un Índice de Integridad Biótica de características similares al IBICAT.

3.2.2.2.2 Reservoir Fish Assemblage Index (RFAI)

Los índices de peces en embalses están mucho menos desarrollados que en ríos y consisten básicamente en el índice RFAI (Hickman *et al.* 1994; Jennings *et al.* 1995; Hickman y McDonough, 1996; McDonough y Hickman, 1999) que está basado en el IBI, y se utiliza en los embalses de los EE.UU para evaluar la calidad de la comunidad de peces. El método de aplicación del índice se basa en el muestreo combinado con pesca eléctrica desde embarcación y con redes, y en la determinación de las siguientes métricas:

La aplicación del método del RFAI en embalses de Cataluña (Armengol *et al.*, 2003; Carol *et al.*, en prensa), muestra que la mayoría de las métricas originales del índice no son muy sensibles al estado trófico; por el contrario tienen mejor respuesta las siguientes:

- % individuos con anomalías.
- CPUE de carpas litorales.
- CPUE de carpas limnéticas.
- % de CPUE litorales que son carpas.
- % de CPUE limnéticas que son carpas.

Para cada métrica se calculan los rangos para las tres categorías del índice (malo, aceptable y óptimo), al igual que se hace en el IBI. No obstante los valores pueden reagruparse en las cuatro categorías del potencial ecológico establecidas en la DMA (Bueno y superior, Moderado, Deficiente y Malo).

COMPOSICIÓN ESPECÍFICA Y RIQUEZA

Nº especies
 Nº especies piscívoras
 Nº de *sunfish species* (Lepómidos)¹
 Nº de *sucker species* (Catastómidos)²
 Nº especies intolerantes
 % Individuos tolerantes
 % Dominancia de una sola especie

COMPOSICIÓN TRÓFICA

% Individuos omnívoros
 % Individuos insectívoros

COMPOSICIÓN REPRODUCTORA

Nº especies con freza en sustratos rocosos

ABUNDANCIA

Captura por unidad de esfuerzo (nº individuos)

ESTADO SANITARIO

% Individuos con anomalías (lesiones, parásitos externos, deformidades, etc.)

3.2.2.3. European Fish Index (EFI) y proyecto FAME

El proyecto FAME (*Fish-based Assessment Method for Ecological Status of European Rivers*) es un proyecto europeo que tiene como objetivo desarrollar, evaluar e implementar un método estandarizado para establecer el estado ecológico, basado en los peces, que garantice la obtención de resultados comparables en toda Europa.

Forman parte del proyecto FAME, 25 grupos de investigación pertenecientes a 12 países europeos, entre los que se encuentra España.

Como punto de partida se ha recogido la información existente de muestreos de peces en una base de datos, FIDES (*Fish Database of European Streams*). La información procede de los 12 países integrantes del proyecto y comprende datos de muestreo de más de 15.000 muestras de 8.000 estaciones de muestreo localizadas en unos 2.700 ríos. Están representados 16 ecoregiones de las 25 ecoregiones europeas (*sensu Illies*).

FIDES incluye información sobre diferentes tipos de ríos, estaciones de referencia específicas de los tipos de ríos y diferentes niveles de impacto.

¹ y ² En Europa estas métricas se sustituyen por Nº de especies invertívoras.

En el ámbito del proyecto se ha desarrollado el índice **EFI** (*European Fish Index*) basado en la metodología de los IBI. La aplicación de este índice está facilitada a través de la aplicación informática existente (<http://fame.boku.ac.at>).

4. PROPUESTA DE MÉTRICAS PARA LA DEMARCACIÓN DEL EBRO

La ictiofauna, a través del análisis de la composición, abundancia y estructura de edades, es uno de los elementos de calidad biológica considerados por la DMA para el establecimiento del estado ecológico en ríos y lagos. En la demarcación del Ebro se propone considerar la ictiofauna como:

- Un elemento de calidad biológica principal para la determinación del estado ecológico de los ríos (red de vigilancia y en los puntos de la red operativa para los que sea el elemento más sensible).
- Un elemento de calidad biológica complementario en los lagos, entendido esto por un uso específico (en lagos concretos) como elemento de calidad más sensible para el seguimiento de alguna presión. El uso de la ictiofauna en todos los lagos no se considera útil dada la importancia cuantitativa de las especies introducidas, en su mayoría.

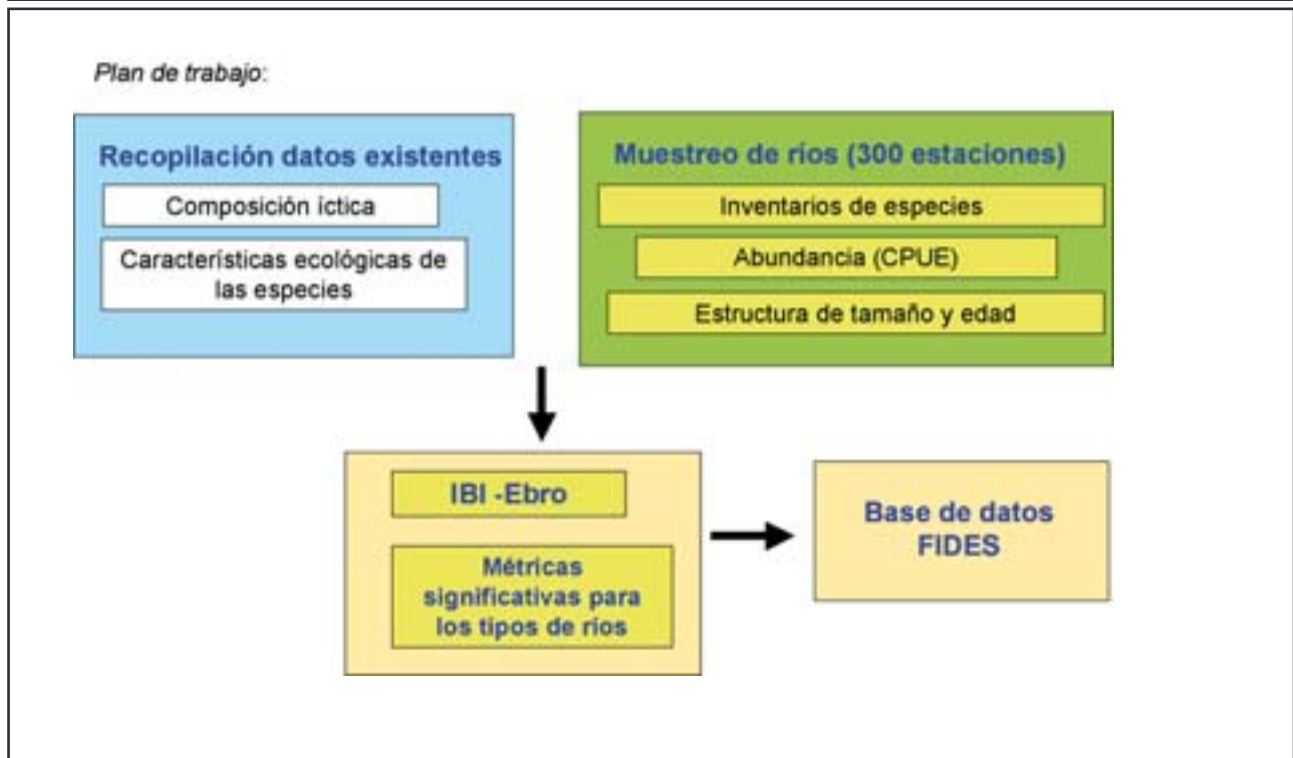
En el caso de los embalses, la ictiofauna también puede ser útil para la determinación del potencial ecológico.

Procedimiento general de trabajo

Se propone:

- Recopilar información existente sobre la composición ictica y características ecológicas (alimentación, reproducción, tolerancia, etc.) de las especies de los ríos de la demarcación del Ebro.
- Diseñar un plan de trabajo (recopilación de datos y muestreos) que permita elaborar un índice de integridad biótica adaptado a la cuenca del Ebro. Se muestrearán inicialmente 300 estaciones.
- Seleccionar las métricas a usar. Esto se realizará mediante la elección, en una lista de aproximadamente 500 métricas potenciales, de aquellas métricas que tengan una respuesta significativa a los impactos y presiones antrópicos y que no sean redundantes entre si. Estas métricas potenciales, utilizadas en el desarrollo del IBICAT, proceden de recopilaciones bibliográficas de los trabajos más relevantes de IBIs, y de la propuesta de métricas del grupo de investigación de Peces de la Universidad de Barcelona.
- Analizar el posible uso de índices de similitud para las métricas seleccionadas, los cuales podrían utilizarse directamente como EQR (“*ecological quality ratio*”) (propuesta de D. García de Jalón).
- Preparar una base de datos a nivel estatal tomando FIDES como punto de partida, para recoger toda la información obtenida en las campañas de muestreo. Será una base de datos abierta que podrá incluir tanto los datos existentes como los futuros, siempre que éstos se adapten a su estructura.

PLANIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS CON EL ELEMENTO DE CALIDAD ICTIOFAUNA PARA LOS RÍOS DE LA DEMARCACIÓN DEL EBRO





Barbus graellsii.

5. DIRECTRICES PARA EL CONTROL DE VIGILANCIA Y CONTROL OPERATIVO EN BASE A LA ICTIOFAUNA

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 la siguiente tabla (según Anexo V apartados I.3.1. y I.3.2.).

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

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.



5.1. SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE CONTROL

5.1.1. Red de referencia

La red de referencia de ríos cuenta actualmente con datos de macroinvertebrados y diatomeas, y están en marcha estudios de peces en algunas estaciones. Los peces se deberán analizar en todas las estaciones que integren la red de referencia, y en éstas no deberían encontrarse especies introducidas.

Los estudios para determinar la red de referencia de lagos están menos avanzados que los de ríos y no se han realizado estudios sobre la ictiofauna por el momento.

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.

Para los ríos de la demarcación del Ebro, se han identificado 697 masas de agua fluviales, y existen unas 200 estaciones de muestreo de diatomeas y unas 400 estaciones de muestreo de macroinvertebrados. En 2005-2006 se planea realizar estudios de peces en 300 estaciones de muestreo.

En el caso de los lagos se han identificado 92 masas de agua. De éstas sólo un tipo (alta montaña septentrional, dimíctico, 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. El estudio de los peces no se plantea inicialmente para los lagos, por no existir comunidades características en muchos y por la dominancia de las especies introducidas.

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 según los estudios de presiones e impactos.
- Coincida el punto de la red de peces con el de diatomeas y macroinvertebrados y de calidad físico-química, siempre que sea posible.



Tinca tinca.



Chondrostoma arcasii.



Chondrostoma miegii.

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 la ictiofauna. No obstante en términos generales se recomienda:

- Evitar situar la estación de muestreo de la red de vigilancia 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.
- Siempre que sea posible las estaciones de muestreo deben ser vadeables en su totalidad.
- Deben estar representados, en la estación de muestreo, los mesohábitats presentes en el tramo fluvial (rápidos, tablas y pozas).

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.



Barbus haasi.

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

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

5.2. FRECUENCIA DE MUESTREO

Periodo de muestreo

Éste abarca entre primavera y otoño que es cuando la temperatura del agua es adecuada para la pesca eléctrica. No obstante, en general la mejor época de muestreo se sitúa entre mitad de verano y principio de otoño, cuando se dan caudales bajos y poco fluctuantes. En este

periodo los alevines ya tienen suficiente tamaño para ser capturados; además en esta época los peces tienden a permanecer en la misma área.

No es recomendable comparar datos recogidos durante diferentes periodos del año, y los recogidos después de fuertes avenidas.

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) sería recomendable una mayor frecuencia de muestreo.

También sería deseable realizar dos campañas al año de estudio (primavera y otoño).

PARTE II. Protocolos

6. INTRODUCCIÓN

El procedimiento está basado en las directrices técnicas contenidas en la norma EN ISO 14011:2003. *Calidad del agua. Muestreo de peces con electricidad*, y en la información recogida en la reunión de expertos realizada en la CHE, y de los datos obtenidos de la consulta de la bibliografía que se indica en la memoria.

El procedimiento tiene como objetivo dar las directrices metodológicas que permitan obtener datos de composición, abundancia y estructura de la población (edad y tamaño) de las especies ícticas de las masas de agua fluviales y lacustres de la demarcación del Ebro.

Abarca los siguientes temas:

- Identificación del equipo de muestreo y de reactivos.
- Muestreo con pesca eléctrica.
- Muestreo con redes y artes de pesca.
- Manipulación de los peces. Obtención de medidas biométricas.
- Conservación y etiquetado de muestras.
- Cálculos y estimas de las métricas.
- Control de la calidad.

7. EQUIPOS Y REACTIVOS

7.1. EQUIPOS DE MUESTREO

- Equipo de protección personal y ambiental.
 - Vadeadores y botas de caucho (materiales no conductores de la electricidad).
 - Guantes de latex y neopreno.
 - Gafas de sol polarizadas.
 - Salvavidas (uso en embarcación y en aguas vadeables profundas).
 - Extintor (para pesca eléctrica en zonas con riesgo de incendio o para el uso del generador eléctrico en una embarcación).
 - Equipo de primeros auxilios con guías para realizar una respiración asistida y masaje cardíaco.
- Equipos para la pesca eléctrica.
 - Generador eléctrico y convertidor de corriente (ver características en apartado 8.2).
 - Pértiga (ánodo). Mango de material aislante y con un aro de diámetro variable al final, hecho de material conductor.
 - Reja (cátodo) de material conductor.
- Equipos para la pesca con redes.
 - Redes estáticas (nasas, trasmallos, agalladeras).
 - Redes de arrastre.
- Equipos para la manipulación de los peces.
 - Sacaderas y salabres para capturar los peces.
 - Cubos de goma o plástico (10-12 L) para trasladar los peces hasta los contenedores.
 - Contenedores para peces de diferentes tamaños (adecuados para el número y tamaño de peces); en general capacidad entre 40 y 50 L. En éstos se depositan los peces que van a ser pesados y medidos.



Carassius auratus.

- Contenedores de rejilla de plástico o goma que permitan una vez introducidos y anclados (con piedras en su interior) en el cauce fluvial, el paso del agua a su través. Estos se sitúan fuera del área del campo eléctrico y permiten mantener a los peces en buenas condiciones hasta que son devueltos al río.
 - Recipientes para muestras de peces.
 - Balanza o dinamómetros para pesar los peces.
 - Ictiómetro o regla de campo para medir los peces.
 - Bandejas blancas para depositar los ejemplares que se vayan a fotografiar.
 - Oxigenador. Puede ser necesario cuando no es posible mantener a los peces en contenedores de rejilla, en el propio río, o si la densidad de peces en los contenedores es alta.
 - Otros equipos complementarios.
 - Cámara fotográfica (preferible con lentes polarizadas).
 - Aparato de localización geográfica (GPS).
 - Conductímetro para medir la conductividad del agua y ajustar la intensidad del convertidor de corriente.
 - Hojas de campo preparadas para el registro de datos de la estación y de los peces capturados.
 - Bolígrafo o rotulador permanente (o cualquier otro método para etiquetar las muestras si las hubiere).
 - Pinzas para extraer escamas del pez (para el estudio en detalle de la edad).
 - Nevera.
 - Claves de identificación.
- Instrumentos adicionales para muestreos con embarcación y buceo:
- Barca adecuada para las condiciones locales con el equipo de seguridad apropiado (salvavidas).
 - Equipo de buceo para la observación de las pautas de comportamiento.
 - Cuerdas y boyas para fijar transectos.
 - Profundímetro o cinta métrica lastrada para medir profundidades.
 - Cámara fotográfica sumergible.



Scardinius erythrophthalmus.



Alburnus alburnus.

7.2. PRODUCTOS PARA ANESTESIA, CONSERVACIÓN Y DESINFECCIÓN

7.2.1. Anestésicos

Para facilitar el trabajo y evitar que los ejemplares se autolesionen durante la manipulación puede ser necesario el uso de un anestésico. Los anestésicos de peces más utilizados con resultados satisfactorios son: Tricaina-metano-sulfonato (denominado MS-222) o bien el aceite esencial de clavo de olor (eugenol). El producto se añade a los depósitos de agua en la cantidad adecuada (por ejemplo, unos 10-30 mg/L en el caso de MS-222).

7.2.2. Conservantes

Para la conservación de ejemplares necesarios para verificar la determinación taxonómica o para otros análisis se puede usar:

- Formaldehído (HCHO) al 4-10% vv. Para conservar ejemplares de pequeño tamaño. Este producto es ligeramente ácido por lo que se pueden descalcificar algunas estructuras (espinas, otolitos, etc.). Para evitar eso se puede preparar una solución tamponada (añadir 3 ml de borax por cada litro de solución al 10%). Dada la naturaleza tóxica del formaldehído, su manipulación se debe realizar siguiendo medidas precautorias (trabajar en un ambiente bien ventilado, usar guantes y recipientes herméticos).
- Alcohol etílico (70%) para la conservación de ejemplares pequeños y estructuras (otolitos). Es menos eficaz para conservar los tejidos blandos.
- Hielo normal, seco o nitrógeno líquido. Dependiendo del tiempo desde la toma de la muestra hasta su traslado al laboratorio, donde se puede proceder a la congelación de los ejemplares.

7.2.3. Desinfectantes de los equipos

Los equipos de pesca se lavarán y desinfectarán al acabar el trabajo en una masa de agua, especialmente si existe riesgo de transferir, parásitos, agentes patógenos o especies invasoras.

8. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO MEDIANTE PESCA ELÉCTRICA

En general el muestreo de la ictiofauna de ríos y zonas lacustres vadeables se realiza mediante pesca eléctrica a

cargo de un operador que penetra a pie en la masa de agua. En ríos no vadeables, zonas litorales de lagos y embalses se realiza pesca eléctrica desde embarcación.

8.1. BASE METODOLÓGICA DE LA PESCA ELÉCTRICA

La pesca eléctrica es la técnica de muestreo de peces más utilizada en ríos y aguas estancadas vadeables. Es efectiva y relativamente inocua. El método se basa en la creación de un campo eléctrico en una zona del medio acuático, que modifica el comportamiento del pez existente y facilita su captura. La corriente eléctrica puede causar electrotaxis (natación obligada), electrotétano (contracción muscular) y electronarcosis (relajación muscular).

La creación del campo eléctrico requiere:

- Un generador eléctrico. Éste puede ser:
 - Un grupo electrógeno de gasolina cuando se requiere trabajar durante horas o en ríos con conductividad del agua muy baja ($< 100 \mu\text{S}/\text{cm}$) o muy elevada (entre 900 y 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En general son equipos pesados que se depositan en la orilla del río. Éstos usan grupos de tipo monofásico con una potencia entre 2.200 y 3.000 W (600 V de voltaje y hasta 2,5 A de amperaje). Estos equipos generan corriente a 220 V y, en general, alterna.
 - Un equipo dotado de batería recargable, de tipo “mochila” o “martín pescador”. Permiten muy buena maniobrabilidad en el río y el muestreo en tramos de difícil acceso. Están limitados por la capacidad de carga de la batería.
- Un convertidor que permite rectificar el tipo de corriente (regular el voltaje y el amperaje). La más utilizada es la **Corriente Continua Pulsátil (CCP)**, la cual es una corriente unidireccional con interrupciones periódicas (pulsos de voltaje).
- Un ánodo y cátodo unidos por cable eléctrico al generador eléctrico y convertidor. El ánodo está conectado mediante un cable eléctrico de longitud variable al convertidor y a una pértiga que es el elemento móvil que conduce la electricidad a los diferentes puntos del río. El cátodo también está conectado mediante un cable eléctrico, de menor longitud, al convertidor y a una reja metálica que se deposita en el río y actúa de “masa” para crear el campo eléctrico.

8.2. SELECCIÓN DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO Y DEL ÁREA DE CAPTURA

Como primer paso al muestreo de peces se requiere:

- Identificar estaciones de muestreo (tramos en ríos y transectos en lagos o embalses) representativas de las condiciones de las masas de agua. Para ello se caracterizarán los hábitats según su complejidad, la velocidad del agua, el tipo de sustrato, profundidad, condiciones de iluminación, y tipo de vegetación de ribera, etc.. En los ríos la aplicación de índices como el IHF (Pardo *et al.*, 2004) o el protocolo de la *EPA Rapid Bioassessment* modificado por el Grupo de investigación de Peces de la Universidad de Barcelona, pueden ser de gran utilidad.

En los ríos se escogerá un tramo lo más natural posible, con vegetación de ribera y variedad de hábitats. La vegetación de ribera y la morfología de la orilla son importantes porque aportan heterogeneidad de hábitat, constituyen refugios y proporcionan sombra a los peces. Es favorable que el tramo a pescar esté delimitado por dos rápidos, los cuales actúan de barrera natural para los peces de mayor tamaño.

- El área de muestreo tendrá una longitud de 10 veces la anchura media del río, con un mínimo de 100 m² (según recomendación de la norma CEN EN 14011).
- Una vez identificada la estación de muestreo se fijará su posición tomando las coordenadas geográficas con un GPS, y mediante referencias topográficas que faciliten su localización posterior. También se redactará una breve descripción de cómo llegar a la estación de muestreo (y se adjuntará un croquis de localización).

8.3. PROCEDIMIENTOS DE PESCA ELÉCTRICA

Los procedimientos de pesca y los equipos específicos a usar dependen de la profundidad del agua, tamaño de la masa de agua, velocidad del agua, de las especies a capturar y de la conductividad del agua. En los apartados siguientes se describen los procedimientos para la pesca eléctrica en aguas vadeables y desde embarcación.

8.3.1. Pesca eléctrica en aguas vadeables

El muestreo se debe efectuar durante el día y preferiblemente al final de la estación de crecimiento (final de verano, inicio de otoño), lo que permitirá capturar los juveniles. No se debe pescar con temperaturas inferiores a 5°C (la actividad es mínima y la eficiencia de pesca muy baja) (EN 14011:2003).

La realización de pesca eléctrica requiere tener en cuenta aspectos de seguridad en la manipulación de los equipos y en los procedimientos de pesca. Éstos se describen en el apartado 8.4.

Preparación del equipo y organización de la pesca

- Inicialmente se medirán los parámetros fisicoquímicos básicos del agua (temperatura, conductividad, pH y oxígeno disuelto). La medida de la *conductividad* es necesaria para graduar la intensidad del convertidor de corriente. Para las aguas dulces la intensidad de la corriente necesaria para la pesca eléctrica disminuye a medida que aumenta la conductividad (en aguas de baja conductividad es necesaria mayor intensidad de corriente). En las aguas salobres no es posible realizar pesca eléctrica ya que los peces no se ven afectados por el campo eléctrico (el agua es más conductora que el propio pez).

La temperatura del agua influye en la conductividad (ésta aumenta con la T°C) y en el porcentaje de saturación del oxígeno (el %O₂ disminuye al aumentar la T°C).

- Se situará el generador y el convertidor de corriente cerca de la orilla del río, en una localización adecuada que permita pescar desde aguas abajo del tramo hacia aguas arriba. Se conectará el cátodo (reja) al convertidor y se introducirá en el agua (en un punto intermedio del tramo para limitar la fluctuación de la intensidad de la corriente).
- Se conectará la pértiga (ánodo) al convertidor de corriente con un cable suficientemente largo para cubrir toda la longitud del tramo.
- Se situarán los depósitos contenedores de los peces y el material necesario para tomar las medidas biométricas en un sitio llano y sombreado.
- En caso de muestreos que tengan como objeto la estima de la abundancia absoluta del tramo se instalarán redes acotando el tramo, y se realizarán sucesivas pasadas aplicando posteriormente un método estadístico de cálculo.

Procedimientos de pesca

- El equipo humano de pesca estará integrado por 2 a 4 personas. El técnico más experimentado conduce la pesca, es decir lleva la pértiga y va accionando ésta remontando el río (de arriba abajo); de este modo la turbidez provocada por el movimiento no afecta a la eficiencia de la pesca. Es conveniente moverse suavemente e ir barriendo con el ánodo todos los hábitats del ancho fluvial. Otro técnico o dos se sitúan detrás del portador de la pértiga con sacaderas, y recogen los peces que aturridos por la electricidad son arrastrados por la corriente fluvial.

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

- Los peces capturados se depositan en cubos de plástico llenos de agua y se trasladan a los contenedores o viveros instalados en la orilla, a la espera de que se tomen las medidas biométricas.
- Hay que controlar que la densidad de peces en los contenedores no sea excesiva y que los peces se

MUESTREO DE PECES CON PESCA ELÉCTRICA EN AGUAS VADEABLES



encuentren en buenas condiciones (renovar el agua, mantener el contenedor a la sombra, oxigenar el agua, etc.). No obstante lo más práctico y que reduce al mínimo la mortandad es la utilización de viveros sumergidos en el río (convenientemente alejados de la zona de pesca).

Identificación, recuento y toma de medidas biométricas

Seguir las directrices que se indican en el apartado 10.

- Para manipular los peces (identificar, pesar y medir) es conveniente usar un producto anestésico que los relaje y facilite el trabajo (especialmente para los peces más activos como la trucha). Se recomienda usar MS-222 o eugenol. Es importante controlar el tiempo de exposición al anestésico, dado que una exposición excesiva puede conducir a la muerte del ejemplar.
- Cada uno de los ejemplares capturados se identificará, contabilizará y se tomará nota de: peso, longitud furcal o total (dependiendo del tipo de aleta caudal) y estado sanitario (ver apartado 10).

- Se realizará un reportaje fotográfico representativo de los ejemplares capturados.
- Si existen dudas en la identificación de alguna especie, se conservará algún ejemplar (en hielo o fijado con formaldehído al 10%) para su examen en el laboratorio.
- Para confirmar la edad pueden tomarse muestras de estructuras que permitan determinar este parámetro (p.ej. escamas).

Recuperación y suelta de los peces

- Los ejemplares ya medidos y pesados se introducirán en otro contenedor con agua fresca; hay que evitar una densidad excesiva de peces que conduciría a la desoxigenación rápida del agua. Lo más favorable es colocar estos peces en contenedores de rejilla de plástico o viveros sumergidos y depositados en el cauce fluvial, de modo que la corriente de agua circule a su través. Esta práctica ayuda a la recuperación de los peces, en caso de haberse usado algún anes-

tésico, y en todo caso mejora el confinamiento. Este contenedor debe situarse fuera de la zona de pesca para evitar que los peces sean afectados nuevamente por la corriente eléctrica.

- Una vez finalizada la pesca en el tramo, se procederá a devolver los peces al río, asegurándose que están recuperados de la anestesia; para ello se elegirá una zona de corriente moderada cerca de la orilla (evitar la suelta en tramos de fuerte corriente).
- Se realizará una estima de la mortandad debida al muestreo (% peces muertos).
- En caso de necesitar la conservación de algún ejemplar para estudios posteriores se usarán los ejemplares que hayan podido resultar muertos. No se introducirá ningún ejemplar vivo en el producto conservante, sino que se sedará en exceso hasta asegurar la muerte del ejemplar.

8.3.2. Pesca eléctrica desde embarcación

En las masas de agua no vadeables puede usarse la pesca eléctrica combinada con otras técnicas de pesca. Se usará una embarcación preparada para la realización de pesca eléctrica. Esta deberá ser lo suficiente amplia para contener los equipos de pesca eléctrica (generador, batería, convertidor de corriente, cables del ánodo y cátodo) y el personal y otros equipos (incluidos los de seguridad). En EE.UU. y Canadá se venden embarcaciones específicas para la pesca eléctrica; éstas suelen ser de casco de aluminio y disponen de una plataforma en la proa de la que cuelgan dos brazos correspondientes al ánodo y cátodo.

La embarcación recorrerá el tramo de río no vadeable o la zona del litoral cubriendo los diferentes hábitats. En aguas lentas el movimiento de la barca puede controlarse, si es necesario, mediante cuerdas desde el litoral. En aguas con corriente es importante que la barca se mueva a la misma velocidad que la corriente, usando el motor o los remos únicamente para maniobrar.

Los peces se recogen con sacaderas y se van depositando en depósitos con agua de la propia masa de agua, convenientemente oxigenada. Se procede al recuento y a la toma de las medidas necesarias según lo especificado en el apartado 8.3.1.

8.4. MEDIDAS DE SEGURIDAD ESPECÍFICAS DE LOS PROCEDIMIENTOS DE PESCA ELÉCTRICA

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

- Evitar realizar pesca eléctrica con caudales elevados y/o en tramos de fuerte corriente.
- No se puede practicar la pesca eléctrica cuando llueve.



Ameiurus melas.

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

Pesca eléctrica desde embarcación

- La embarcación debe ser adecuada para la pesca eléctrica, todas las superficies metálicas (tanques de fuel, cajas de herramientas, estructura que sostiene el generador) deben estar conectadas eléctricamente entre ellas, independientemente de que el casco sea de metal o de material no conductor. En embarcaciones no metálicas, el generador deberá estar protegido convenientemente de contactos indirectos.

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

9. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO CON REDES Y OTRAS ARTES DE PESCA

El muestreo con redes y artes de pesca de diferentes tipos permite estudiar la ictiofauna de ríos profundos, lagos y embalses.

9.1. TIPOS DE REDES Y ARTES DE PESCA

La pesca con redes estáticas o activas se seleccionará en función de las características de la masa de agua a muestrear. Existen los siguientes tipos de redes:

Redes estáticas

- *Nasas y redes trampa*: Estas redes permiten la entrada de los peces pero no su salida. Suelen usarse en profundidades inferiores a 3 m y se mantienen sujetas al fondo. Son propias de orilla y de fondo. Son eficaces para peces grandes y en captura viva.
- *Agalladeras o redes de enmalle*: Son redes de un solo paño con hilo muy delgado. Se sitúan suspendidas a diferente nivel en la columna de agua y capturan los peces que intentan nadar a su través (éstos se enganchan en los hilos de la red por las agallas u otras partes del cuerpo como espinas, aletas, etc.). Existen modelos con diferentes tamaño de luz (permite seleccionar las capturas en función del tamaño); y otros

que combinan diferentes tamaños de luz de malla dentro del mismo paño. Estas artes son poco eficientes para capturar peces de pequeño tamaño (juveniles de menor de 50-60 mm), bentónicos y sin escamas.

- *Trasmallos*: Son redes formadas por tres paños de red superpuestas montadas sobre la misma relinga; las dos exteriores son iguales entre si, y la malla interior es más tupida y más fina. Los trasmallos se usan tanto en orilla como en el centro de la masa de agua, y a diferentes profundidades.

Redes activas

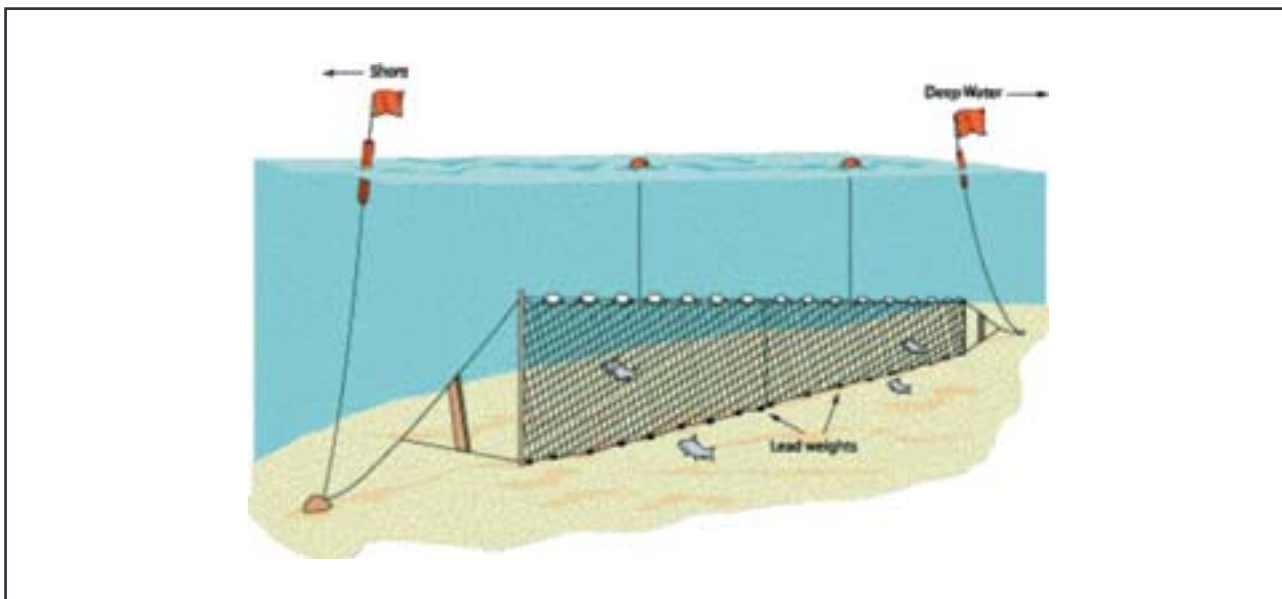
Requieren su arrastre en la masa de agua para efectuar las capturas. Éste se realiza desde una embarcación o a mano (en zonas someras). Entre éstas se encuentran redes de arrastre y los chinchorros.

9.2. SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

En lagos y embalses se seleccionarán diferentes estaciones de muestreo (entendidas éstas como la localización de una red de captura), según las características hidromorfológicas y de hábitat (profundidad, presencia de vegetación sumergida y litoral, etc.). Se identificarán estaciones en zonas próximas al litoral y en aguas abiertas, y en diferentes profundidades. En cada caso se usarán las redes adecuadas para las características de la estación y el tipo de ictiofauna (bentónica o pelágica).

El número de estaciones de muestreo (=redes a instalar) en la masa de agua depende del área, profundidad, heterogeneidad del hábitat, y de los objetivos del estudio. En estudios efectuados en lagos de Suecia⁴ se dan los

ESQUEMA DE UNA RED SITUADA EN EL FONDO DE LA MASA DE AGUA.
DE: http://seagrant.gso.uri.edu/reg_fish/images/gillnet1.gif



⁴ Swedish standard methods for sampling freshwater fish with multi-mesh gillnets. Fiskerivertket 2000:1



Sander lucioperca.

rangos que se muestran en la tabla inferior (para permitir un nivel de detección del 50% de los cambios de la abundancia relativa de las especies en seguimientos de la masa de agua).

En la cuenca del Ebro, existen pocos lagos que superen las 50 ha. En el caso de los embalses los más extensos alcanzan hasta 6.000 - 7.000 ha (Ebro, Mequinenza).

9.3. DIRECTRICES PARA LA PESCA CON REDES

En general, en embalses y lagos es más usual el uso de redes estáticas. Las redes se instalan al atardecer y se revisan a primera hora de la mañana, con tiempos de captura de unas 12 horas. No obstante para determinados estudios se mantienen durante 24 horas (García-Berthou, 2001).

Las redes se instalan en lugares inicialmente elegidos, usando pesos y boyas.

El modo de instalación de las redes depende de las características de la red:

- **Nasas y redes trampa:** Se escogen puntos someros del litoral y se sitúan las redes junto al fondo, entre la vegetación o en la profundidad elegida. Las

nasas pueden cebarse o no. Los cebos pueden ser muy variados (pescado, hígado, maíz, queso, etc...). Este tipo de red suele mantenerse unas 24 horas, en caso de mantenerlas durante un mayor periodo se deben revisar periódicamente para extraer las capturas.

- **Agalladeras y trasmallos:** Se instalan en las áreas elegidas en diferentes posiciones para aumentar la eficiencia de pesca. En general, se pueden situar algunas unidades perpendiculares al litoral, otras paralelas y otras en la masa libre de agua a diferentes profundidades.

Se usan boyas y anclajes para mantener la posición de las redes.

Transcurrido el tiempo de captura se procede a extraer los peces de las redes y a su identificación, recuento y a la toma de medidas biométricas y al examen de su estado sanitario (en caso requerido). Los peces se devuelven al agua inmediatamente. El procedimiento de manipulación de los peces es el mismo que se ha descrito para la pesca eléctrica (capítulo 8).

Se tienen que contabilizar los peces muertos; además éstos se pueden conservar para trabajos en el laboratorio.

PROF. (m)	ÁREA DEL LAGO (Ha)					
	<20	21-50	51-100	101-250	251-1000	1001-5000
0 – 5,9	8	8	16	16	24	24
6 – 11,9	8	16	24	24	32	32
12 – 19,9	16	16	24	32	40	40
20 – 34,9	16	24	32	40	48	56
35 – 49,9	16	32	32	40	48	56
50 – 74,9			40	40	56	64
>75					56	64

MUESTREO DE PECES EN LAGOS Y EMBALSES



Embarcación para pesca eléctrica (foto de E. García Berthou)

- ⬆ Pesca eléctrica
- ⬇ Redes



10. IDENTIFICACIÓN, RECUENTO Y MEDIDAS BIOMÉTRICAS

10.1. IDENTIFICACIÓN

La identificación de los peces se realizará a nivel de especie mediante la observación de caracteres morfológicos externos, durante la pesca. En el caso de especies con características externas poco claras (híbridos, especies cercanas, juveniles) se conservarán algunos ejemplares para su posterior análisis en el laboratorio.

En la bibliografía se han incluido los textos más usuales para el estudio taxonómico.

10.2. RECUENTO Y MEDIDAS BIOMÉTRICAS

Para cada ejemplar capturado mediante pesca eléctrica o con redes, e identificado a nivel de especie, se tomarán las siguientes medidas biométricas:

- Peso (mediante una balanza electrónica de precisión o con un dinamómetro). Se indica en gramos.
- Longitud furcal (distancia entre el extremo de la cabeza y la hendidura de la cola que se mide con la ayuda de una regla o ictiómetro). Se indica en milímetros.
- Estado sanitario. Se indican ulceraciones, parásitos y su ubicación (agallas, ojos, etc.).

Los datos indicados se anotan en hojas de campo previamente preparadas (ver apéndice). Si el número de individuos de una especie supera los 30 ejemplares, se pesará y medirá una muestra representativa para determinar la estructura de las clases de edad (EN 14011:2003). En este caso la biomasa total capturada se estimaría a partir de la biomasa medida y el número de individuos capturados.

10.3. DETERMINACIÓN DE LA EDAD DE LOS EJEMPLARES

La edad de los ejemplares puede determinarse de forma indirecta a partir del análisis de la frecuencia de las clases de tamaño (según la longitud furcal). No obstante para obtener estimas directas de la edad pueden analizarse los patrones de crecimiento de algunas estructuras calcificadas, como por ejemplo otolitos y escamas.

• Escamas

En el caso de las escamas, el daño al ejemplar es mínimo ya que sólo hay que recoger unas pocas escamas (5), las cuales se guardan en un sobre, o en una preparación microscópica. Se recomienda tomar las escamas de lugares específicos del cuerpo (por ejemplo entre la línea lateral y el extremo final de la aleta dorsal para los salmónidos).

• Otolitos

Son unas pequeñas estructuras calcáreas que se encuentran en el oído medio. Su extracción requiere la



Lepomis gibbosus.



Micropterus salmoides.



Gambusia holbrooki.

disección del pez. Se usan para determinar la edad para las especies que carecen de escamas o para los ejemplares de más edad de las especies con escamas (en estos casos las líneas de crecimiento en las escamas aparecen muy comprimidas y no se pueden contar).

La determinación de la edad mediante escamas y sobre todo con otolitos requiere un proceso de preparación de las muestras, y su lectura presenta una cierta complejidad, precisándose un experto en datación de peces. Para más detalles sobre la estimación de edad y crecimiento se puede consultar Bagenal y Tesch (1978).

11. CONSERVACIÓN Y ETIQUETADO DE LAS MUESTRAS

11.1. TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN

Para conservar ejemplares para el estudio taxonómico se usará alguno de los conservantes indicados en el apartado 7.2.2., teniendo en cuenta las características de cada uno en cuanto a su especificidad y toxicidad.

Si los peces se requieren para realizar análisis toxicológicos de sus órganos, se envolverán en papel aluminio y se conservarán en hielo durante el transporte al laboratorio. Si las muestras no se pueden procesar en un tiempo corto, se procederá a congelar los ejemplares. El procedimiento de manipulación y conservación dependerá del tipo de análisis a efectuar:

- Para análisis de compuestos orgánicos en cualquier tejido del pez, se enjuagarán los ejemplares con agua limpia, se envolverán en papel de aluminio y se procederá a su inmediata congelación (-20° C).
- Para la determinación de metales u otros compuestos inorgánicos se introducirán los ejemplares en bolsas de polietileno de un solo uso y se procederá a su inmediata congelación (-20° C).
- La obtención de muestras de tejidos de cerebro, branquias o sangre para la determinación de parámetros específicos deberá ser realizada in situ. Estas muestras se mantendrán congeladas (-20° C) en viales de vidrio.
- Los ejemplares para análisis histológicos o de agentes infecciosos deberán mantenerse vivos hasta su llegada al laboratorio o, como mínimo, conservados en hielo entre 2° y 5° C (nunca congelados). Para mantenerlos vivos se transportarán en recipientes llenos de agua hasta la mitad, con inyección de aire o de oxígeno puro.

11.2. ETIQUETADO

Todas las muestras deben estar convenientemente etiquetadas de forma que se identifique un código de la muestra, un código de su procedencia (localización), fecha de recolección, etc., persona o entidad a cargo de la recolección e identificación. Es conveniente que cada ejemplar disponga de una etiqueta fijada al cuerpo (inserta en la boca o en la zona opercular) y otra etiqueta plastificada adherida al envoltorio de la muestra. Se usará un rotulador resistente al agua para escribir en las etiquetas.

12. SELECCIÓN DEL PERIODO DE MUESTREO Y FRECUENCIA

12.1. PERIODO DE MUESTREO

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	Mayo-Junio-Julio
Grandes Ejes en ambiente mediterráneo Ejes mediterráneo-continetales mineralizados Ejes mediterráneo continentales poco mineralizados	Agosto-Septiembre-Octubre

Para los lagos los periodos recomendados son:

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

Inicialmente puede realizarse un único muestreo por periodo, entre verano e inicio del otoño, no obstante si los recursos lo permiten sería recomendable realizar dos muestreos (en primavera y otoño).

12.2. 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 un muestreo de un número elevado de estaciones (a realizar 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 uno o dos muestreos por año dependiendo del impacto que se está evaluando.



Esox lucius.

13. TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

Los resultados que se obtienen de los tipos de muestreo de peces especificados en el procedimiento son los siguientes:

- Composición específica: Es el listado de las especies capturadas.
- Abundancia de peces que suele expresarse mediante el número de individuos (capturas) por unidad de esfuerzo (CPUE). La unidad de esfuerzo puede referirse a área muestreada (individuos/ha – pesca eléctrica) o área muestreada y unidad de tiempo (pesca con redes: individuos/ha hora).
- Estructura de tamaño y de edad: La estructura de edad se identificará para cada especie por medio del análisis de las frecuencias de las longitudes de los individuos que permitan identificar clases modales. Estas clases se asumen, entonces, como clases de edad.

Además se obtienen otros datos adicionales:

- Recuento de peces de cada especie
- Peso individual de cada ejemplar
- Estado sanitario (anomalías, lesiones, parásitos)

Es de interés el cálculo de los siguientes índices biométricos:

– Ecuación de Ricker:

relación longitud (L_T) – peso (P_T)

$$P_T = a * L_T^b$$

– Índice de condición:

$$K = a * e^{b*LT}$$

Toda la información que se obtenga debería recogerse en una base de datos de ámbito nacional o de cuenca y diseñada para dar cabida a los aspectos específicos de la DMA. Asimismo la información se georreferenciará e integrará en un SIG.



Rutilus rutilus.

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

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 y manipulación de muestras de ictiofauna, como elemento de calidad para el establecimiento del es-

tado ecológico, debe realizarse siguiendo procedimientos estandarizados y con sistemas de control de la calidad.

Todo lo indicado hace necesario la elaboración y aplicación de métodos de control de calidad específicos para las actividades relacionadas con el muestreo y manipulación de ictiofauna. 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 comparación de los resultados de la pesca eléctrica, en sucesivos muestreos.

Medidas

- Identificar y georreferenciar las estaciones de muestreo (anotar las coordenadas geográficas con un GPS, identificar puntos de referencia y accesos). Realizar fotografías de la estación de muestreo que puedan ser repetibles.
- Usar el mismo protocolo de pesca (tipo de equipos, procedimientos) en los sucesivos muestreos. Si éste se cambia se deberán obtener resultados comparativos entre el equipo/procedimiento antiguo y el nuevo para que los resultados sean comparables.

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

Medidas

- Preparar un plan de trabajo con directrices claras que describan de forma didáctica las tareas y procedimientos a desarrollar en el trabajo de campo.
- Contar con un equipo humano entrenado en las técnicas de pesca y un esquema organizativo adecuado. El jefe del equipo definirá las tareas a desarrollar por cada uno de miembros del equipo, e indicará a éstos las medidas preventivas para reducir los riesgos de shock eléctrico durante la pesca; así como las medidas para prevenir incendios y evitar la contaminación del medioambiente (derrame de gasoil, aceite, etc.).

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.

GLOSARIO Y BIBLIOGRAFÍA

GLOSARIO

- Agalladera:** Tipo de red estática de un solo paño, confeccionada con hilo muy delgado o poco visible. Los peces se enganchan por las agallas u otras partes del cuerpo como espinas, aletas, etc.
- Ánodo:** En el equipo de pesca eléctrica está conectado mediante cable eléctrico al convertidor de corriente y a una pértiga, que es el elemento móvil que conduce la electricidad a los diferentes puntos de pesca.
- Alevín:** Denominación que se da al pez en la etapa comprendida entre la eclosión y los primeros estadios de desarrollo.
- Bentónico:** Relativo al fondo de la masa de agua.
- Cátodo:** En el equipo de pesca eléctrica está conectado al convertidor de corriente y a una reja metálica que se deposita en un punto del río y actúa como “masa” para crear el campo eléctrico.
- 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).
- Convertidor de corriente:** En el equipo de pesca eléctrica, recibe la alimentación eléctrica del generador y la transforma al voltaje (V) e intensidades (A) deseadas. Su conexión con el ánodo y cátodo permiten aplicar un potencial eléctrico en la masa de agua fluvial.
- CPU: Captura por unidad de esfuerzo.** Unidad que expresa los resultados de las capturas con pesca eléctrica o redes referidos a un área muestreada (ha) o unidad de tiempo (hora).
- Dinamómetro:** Balanza de muelle, originalmente utilizada para medir fuerzas, que se utiliza para pesar peces. Las hay de rangos muy variados.
- DMA:** Directiva Marco del Agua, Directiva 2000/60/CE. Establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- ECOFRAME:** Propuesta metodológica para la determinación del estado ecológico en lagos someros. Ver Moss et al (2003).
- EFI:** *European Fish Index* (ver apartado 3.2.2.3.).
- 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:** Aumento del número de algas y otros productores primarios como resultado del enriquecimiento de las masas de agua por nutrientes, de origen natural o antropogénico.
- FAME:** *Fish-based Assessment Method for Ecological Status of European Rivers* (ver apartado 3.2.2.3.).
- FIDES:** *Fish Database of European Streams* (ver apartado 3.2.2.3.).
- Fish assemblage:** Asociaciones de peces que tienden a repetirse en un tipo de masa de agua, en determinadas épocas del año o condiciones ambientales.
- Freza:** Todo aquello relacionado con el desove de los peces.
- Generador de corriente:** Motor de combustión de gasolina que contiene un alternador y permite la obtención de corriente eléctrica alterna de forma totalmente autónoma.
- Hábitat:** Lugar donde habita un organismo (planta o animal) y que está caracterizado por unos factores ambientales determinados (velocidad del agua, tipo de sustrato, temperatura, etc.).
- Ictiofauna:** Fauna de peces de los ambientes acuáticos.
- IBI:** *Index of Biotic Integrity* (ver apartado 3.2.2.2.1.)
- IBICAT:** Índice de integridad biótica desarrollado para los ríos de Cataluña (Sostoa et al., 2004)
- IFIM_PHABSIM:** *Instream Flow Incremental Methodology / Physical Habitat Simulation*. Metodología para el establecimiento de caudales mínimos idóneos teniendo en cuenta la optimización del hábitat fluvial por parte de los peces con diferentes situaciones de caudal.
- IHF:** Índice de hábitat fluvial (Pardo et al. 2004)
- Índice biótico:** Expresión matemática que traduce la información contenida en una lista faunística o vegetal en valores de una escala establecida. Permite realizar estudios comparativos y comprobar cambios en la estructura de las comunidades biológicas.
- Índice de diversidad:** Expresión matemática que relaciona el número de taxones y su abundancia.
- Insectívoro:** Con una alimentación basada en insectos.
- Lótico:** Relativo a las aguas corrientes. Se refiere a todos aquellos sistemas acuáticos donde la masa de agua se encuentra en movimiento.
- Macrófitos:** Plantas acuáticas visibles a simple vista, entre las que se encuentran plantas vasculares (cormófitos), briófitos y macroalgas (algas caráceas y de otros grupos).
- Macroinvertebrados:** Este término se aplica a los invertebrados bentónicos, en general, visibles al ojo humano.
- Métricas:** Son los resultados de las mediciones de diferentes parámetros (por ejemplo nº de taxones, índices bióticos, índices de diversidad, abundancia de taxones o grupos taxonómicos, etc...).
- Microinvertebrados:** Agrupa a los invertebrados bentónicos de pequeño tamaño (en general inferior a 1 mm).

Nasa: Arte de pesca que captura peces e invertebrados por el principio de la ratonera. Se trata de una estructura rígida o semirígida con un único orificio de entrada.

Omnívoro: Que come de todo, alimentos de origen animal y vegetal.

Otolito: Pequeñas estructuras calcáreas existentes en el oído medio del pez. Se usan para determinar la edad.

Pesca eléctrica: Método de pesca que consiste en la creación de un campo eléctrico en el medio acuático que modifica el comportamiento del pez y favorece su captura en vivo.

Piscívoro: Que se alimenta de peces.

Planctívoro: Que se alimenta de plancton, o sea de todo aquello que vive suspendido en la masa de agua.

Planctónico: Referente al plancton (comunidad biótica formada por todos aquellos organismos que se encuentran en suspensión en el seno de la masa de agua).

Poza: Charca o concavidad en la que queda estancada agua del río.

Reófilo: Zona del río donde la velocidad del agua es elevada.

RFAI: Reservoir Fish Assemblage Index (ver apartado 3.2.2.2.2.).

Sacadera: Ver *salabre*.

Salabre: Instrumento utilizado para recoger los peces durante la realización de la pesca eléctrica, consistente en un bolso de red sujeto a una armadura con mango.

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

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

Tolerancia: Capacidad máxima que tiene un organismo de soportar una variación del hábitat sin que ello perjudique a su ciclo vital.

Transecto: Recorrido que realiza el muestreador para llevar a cabo la toma de medidas o de muestras.

Trasmallo: Tipo de red estática de paño múltiple formada por tres redes superpuestas, dos exteriores de malla clara y una central montada más floja. Los peces se enredan en la red interior, de malla más tupida, después de atravesar las paredes exteriores.

Vadeador: Peto confeccionado con neopreno que lleva incorporado unas botas de agua. Permite acceder al río en zonas vadeables para tomar medidas y/o muestras.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- Agencia Catalana de l'Aigua. Departament de Medi Ambient (2003). Desenvolupament d'un índex d'integritat biòtica (IBICAT) basat en l'ús dels peixos com a indicadors de la qualitat ambiental dels rius a Catalunya. Universitat de Barcelona. Departament de Biologia Animal.
- Armengol J., Navarro E., García-Berthou E. y Moreno-Amich R. (directores) (2003). Caracterització i propostes d'estudi dels embassaments catalans segons la Directiva 2000/60/EC del Parlament Europeu. Informe final para la Agencia Catalana del Agua (diciembre 2003). 212 pág.
- Appelberg M. Editor (2000). Swedish standard methods for sampling freshwater fish with multi-mesh gillnets. Fiskeriverket Information 2000:1. Göteborg.
- B.C. Ministry of Environment, Lands and Parks. British Columbia (1997). Fish Collection Methods and Standards version 4.0. Vancouver.
- Baeza, D. y D. García del Jalón (2004). The natural variability approach. Application to five rivers in the Ebro basin, Spain. In: D. García de Jalón & P. Vizcaino (eds.). Procs. 5th Int. Symp. on Ecohydraulics. Aquatic Habitats: Analysis & Restoration. (1339-1342). Vol. II. Madrid.
- Bagenal, T.B. y F.W. Tesch (1978). Age and growth, pp. 101-136. In T.B. Bagenal (ed.). *Methods for assessments of fish production in fresh waters*. Blackwell Scientific publications. Oxford, UK, 365 p.
- Belpaire, C., R. Smolders, I. Vanden Auweeke, D. Ercken, J. Breine, G. Van Thuyne y F. Ollevier (2000): An index of biotic integrity characterizing fish populations and the ecological quality of Flandrian water bodies. *Hydrobiologia* 434: 17-33.
- Blanco J.C. y J.L. González (1992). Libro Rojo de los Vertebrados de España. ICONA. Colección Técnica. MAPA. Madrid.
- Bradley, C.M., C. McGuinness, J-R Baars, D. Tierney, W. Trodd y M. Kelly-Quinn (2005). Species-level indicators of reference conditions in Irish rivers. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 29, 453-456.
- Carol J., Benejam L., Pou-Rovira Q., Zamora L. y García-Berthou E. (2003). Primera citació de brema blanca (*Abramis bjoerkna*) a Catalunya i noves introduccions de peixos exòtics (*Alburnus alburnus*, *Sander lucioperca* i *Silurus glanis*) a diverses conques catalanes. [First record of white bream (*Abramis bjoerkna*) in Catalonia (Spain) and new introductions of exotic fish (*Alburnus alburnus*, *Sander lucioperca* and *Silurus glanis*) into Catalan river basins]. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural* 71: 135-136.
- Carol J., Benejam L., Alcaraz C., Vila-Gispert A., Zamora L., Navarro E., Armengol J. y García-Berthou E. (en prensa). The effects of limnological features on fish assemblages in fourteen Spanish reservoirs. *Ecology of Freshwater Fish* in press.
- CEN EN 14011 "Water quality- Sampling of fish with electricity. March 2003.
- CEN TC 230/WG 2/TG5: N32. A guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers. May 2002.
- Comisión Europea (2000). Directiva 2000/60/EC de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco para la acción comunitaria en materia de aguas.
- Doadrio, I. & M.J. Madeira (2004): A new species of the genus *Gobio* Cuvier, 1816 (*Actynopterygii*, *Cyprinidae*) from the Iberian Peninsula and Southwestern France. *Graellsia* 60(1): 107-116.
- Dycus D.L. Indicators of Reservoir Ecologica Condition. Tennessee Valley Authority.
- FAME (2001). Development, Evaluation & Implementation of a Standardised Fish-based Assessment Method for the Ecologica Status of European Rivers. A contribution to the Water Framework Directive. WP 10. Comparison of the European Fish Index with the Standardised European Model, The Spatially Based Models (eco-regional and European) and Existing Methods (D16-17). Final Report. Quataert P., Breine J. & I. Simoens coordinators.
- FAME (2002). Development, Evaluation & Implementation of a Standardised Fish-based Assessment Method for the Ecologica Status of European Rivers. A contribution to the Water Framework Directive. Defining Reference Conditions (D3). Final Report. Economu A.N. Coordinator). <http://fame.boku.ac.at>
- FAME (2002) Development, Evaluation & Implementation of a Standardised Fish-based Assessment Method for the Ecologica Status of European Rivers. A contribution to the Water Framework Directive. Metric Selection and Sampling Procedures for FAME (D4 - 6). Kestemont P. & D. Goffaux Coordinators.
- FAME (2004). Development, Evaluation & Implementation of a Standardised Fish-based Assessment Method for the Ecologica Status of European Rivers. A contribution to the Water Framework Directive (FAME). Final Report Scientific achievements Sections 5 & 6. Schmutz S. (Coordinator). <http://fame.boku.ac.at>
- Fausch, K.D.; J.R. Karr & P.R., Yant (1984). Regional application of an index of biotic integrity based on stream fish communities. *Transactions of the American Fisheries Society* 113: 39-55.
- García-Berthou E. y R. Moreno-Amich (1993). Multivariate análisis of covariance in morphometric studies of the reproductive cycle. *Can.J.Fish. Aquat.Sci.* 50: 1394-1399.
- García-Berthou E. y R. Moreno-Amich (2000). Introduction of exotic fish into a Mediterranean lake over a 90-year period. *Arch.Hydrobiol.* 149:271-284.

- García-Berthou E. (2001). Size and depth-dependent variation in habitat and diet of the common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquat.sci* 63: 466-476.
- García de Jalón, D., M. Gonzalez Tanago y C. Casado (1992). Ecology of regulated streams in Spain: An overview. *Limnetica* 8, 161-166.
- García de Jalón D. y M. González del Tánago (en prensa). Current Practices on the Water Frame Directive implementation in Spain: Problems and Perspectives. In: Assessing Ecological Status of rivers, lakes and transitional waters. (I. Cowx, ed.). Blackwell Sc. Pub. Oxford.
- Gassner H., Tischler G. & J. Wanzenböck (2003). Ecological Integrity of Lakes Using Fish Communities- Suggestions of new metrics developed in two Austrian Prealpine Lakes. *Internat.Rev.Hydrobiol.* 88(6): 635-652.
- González del Tánago, M. y D. García de Jalón (2004). Hierarchical Classification of Rivers: A proposal for eco-geomorphic characterization of Spanish rivers within the European Water Frame Directive. First International Symposium on Ecohydraulics. Aquatic Habitats: Analysis and Restoration, D. García de Jalón & P. Vizcaino (eds.), Vol I: 205-211. IAHR Congress Proceedings, Madrid.
- González del Tánago, M., D. García de Jalón, R. Martínez y J.M. Ruiz (2004). Caracterización geomorfológica de la red fluvial del Alto y Medio Guadiana. Informe Técnico, CEDEX, Ministerio de Fomento, Madrid.
- Harris, J.H. y R. Silveira (1999): Large-scale assessments of river health using an Index of Biotic Integrity with low-diversity fish communities. *Freshwater Biology* 41: 235-252.
- Hickman G.D. & McDonough T.A. (1996). Assessing the reservoir fish assemblage index: A potential measure of reservoir quality. p. 85-97 in Miranda L.E. & DeVries D.R. (eds.) Multidimensional approaches to reservoir fisheries management. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland (USA).
- Hickman G.D., Brown A.M. & Peck G. (1994). Tennessee Valley reservoir and stream quality. (1993) summary of reservoir fish assemblage results. Tennessee Valley Authority, Norris, Tennessee.
- Irz, P., Laurent A., Messad S. Pronier O. & Argillier C. (2002). Influence of site characteristics on fish community patterns in French reservoirs. *Ecology of Freshwater Fish* 11: 123-136.
- Jaccard, P. (1912). The distribution of flora in the alpine zone. *The New Phytologist*, 11(2): 37-50.
- Jennings M.J., Fore L.S. & Karr J.R. (1995). Biological monitoring of fish assemblages in Tennessee Valley reservoirs. Regulated rivers: research and management 11: 263-274.
- Karr, J.R. (1981). Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6. 21-27.
- Karr, J. R., K. D. Fausch, P. L. Angermeier, P. R. Yant, and I. J. Schlosser (1986). Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale. Special Publication 5, Illinois Natural History Survey, Champaign.
- McDonough T.A. & Hickman G.D. (1999). Reservoir fish assemblage index development: a tool for assessing ecological health in Tennessee Valley authority impoundments. p. 523-540 in Simon T.P.(ed.) Assessing the Sustainability and Biological Integrity of Water Resources Using Fish communities. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- 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., Prat, Solà C. y Prat, N. (1998). QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del Agua*, 175: 20-37.
- Oberdorff T. & R.M. Hughes (1992). Modification of an index of biotic integrity based on fish assemblages to characterize rivers of the Seine Basin, France. *Hydrobiologia* 228: 117-130.
- O'Connor, R.J., Walls T.E. & Hughes R.M. (2000). Using multiple taxonomic groups to index the ecological conditions of lakes. *Environmental monitoring and Assessments* 61: 207-228.
- Pardo, I.; M. Álvarez; J.J. Casas.; J.L. Moreno.; S. Vivas.; N. Bonada; J. Alba-Tercedor; P. Jáime.; G. Moyá; N. Prat; S. Robles; M. L. Suárez; M. Toro; M.R. Vidal-Abarca (2004): El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica* 21 (3-4): 115-133, 2002.
- Raabe, E.W. (1952). Ubre den Affinitätswert in der Pflanzensoziologie. *Vegetatio*, Haag, 4: 53-68.
- Sorenson, T. (1948). A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons. *Biol. Skr.* (K. Danske vidensk. Selsk N.S.), 5: 1-34.
- Sostoa, A. de (coord.) (1990). "Peixos", Historia Natural dels Països Catalans. Enciclopedia Catalana. volumen 11. Barcelona.
- Sostoa, A. de, N. Caiola & F. Casals (2004) A new IBI (IBI-CAT) for local application of the E.U. Water Framework Directive.
- U.S. Environmental protection Agency (1993). Fish Field and laboratory Methods for evaluating the biological Integrity of Surface waters. EPA/600/R-92/111.
- U.S. Environmental protection Agency (1997). Biological Criteria: Technical Guidance for Survey Design and Statistical Evaluation of Biosurvey Datas. EPA 822-B-97-002.
- Vila-Gispert A., Garcia-Berthou, E. y R. Moreno-Amich (2002). Fish zonation in a Mediterranean stream: Effects of human disturbances. *Aquat. Sci.* 64: 163-170.

BIBLIOGRAFÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ICTIOFAUNA

- Doadrio I. Editor (2001). Atlas y Libro Rojo de los peces continentales de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid. 364 pag.
- Doadrio I., Elvira B. Y Y. Bernat (1991). Peces continentales españoles. Inventario y clasificación de zonas fluviales. MAPA-ICONA. Colección Técnica. MAPA. Madrid. 221 págs.
- Maitland P.S. (2000). The Hamlyn guide to freshwater fish of Britain and Europe. Hamlyn, London. 256 pp.
- Maitland P.S. (2004). Keys to the freshwater fish of Britain and Ireland, with notes on their distribution and ecology. Freshwater Biological Association, Ambleside.
- Pinder A.C. (2001). Keys to larval and juvenile stages of coarse fishes from fresh waters in the British Isles. Freshwater Biological Association, Ambleside, Cumbria, UK.

APÉNDICE

Hoja de campo para muestreo con pesca eléctrica
y con redes

Hoja de campo para pesca eléctrica en ríos

Hoja nº _____

Río:
Localidad / Municipio:
Estación:
Código estación:

Técnicos muestreo:

Fecha:
Hora:

Localización con GPS:
Huso: **Coordenadas_X (UTM):**
 Coordenadas_Y (UTM):

Parámetros fisicoquímicos:
Temperatura agua (°C):
Conductividad (µS/cm):
pH (unidades):
Oxígeno disuelto (mg/L):

Ajustes de pesca eléctrica:
Tipo de generador eléctrico:
Potencia generador (W):
Voltaje salida convertidor (V):
Amperaje salida convertidor (A):

Esfuerzo de pesca eléctrica:

Tiempo de pesca:	Hora inicio:	Hora fin:
Superficie de muestreo:	Longitud (m):	Anchura (m):

Descripción acceso:

Croquis localización:

Detalles fotos:		<i>La foto muestra</i>	
Foto nº / Carrete nº / Estación nº		Aguas arriba:	Orilla derecha:
1		Aguas abajo:	Orilla izquierda:
Descripción:		Coordenadas:	
Foto nº / Carrete nº / Estación nº		Aguas arriba:	Orilla derecha:
2		Aguas abajo:	Orilla izquierda:
Descripción:		Coordenadas:	
Foto nº / Carrete nº / Estación nº		Aguas arriba:	Orilla derecha:
3		Aguas abajo:	Orilla izquierda:
Descripción:		Coordenadas:	
Foto nº / Carrete nº / Estación nº		Aguas arriba:	Orilla derecha:
4		Aguas abajo:	Orilla izquierda:
Descripción:		Coordenadas:	

Hoja de campo para pesca con redes

Hoja nº _____

Embalse:
Río:
Localidad / Municipio:
Estación:
Código estación:

Técnicos muestreo:

Fecha:
Meteorología:

Localización (GPS) UTM_X:
Huso: UTM_Y:
Tipo de red:
Profundidad (m):
Posición y/o orientación:

Calado **Fecha:**
 Hora:
Recogida **Fecha:**
 Hora:
Tiempo total:

Croquis localización y observaciones:

Espece	Long (mm)	Peso (g)	Estado sanitario (ulceraciones, parásitos)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			

Estima mortandad (% peces muertos):

Hoja de campo para medidas biométricas

Hoja nº _____

Río:
Localidad / Municipio:
Estación:
Código estación:

Técnicos muestreo:

Fecha:
Hora inicio:

Especie	Long (mm)	Peso (g)	Estado sanitario (ulceraciones, parásitos)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			

Estima mortandad (% peces muertos):

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