

APÉNDICE 6.2. MÉTODOS DE MUESTREO Y ANÁLISIS DE ELEMENTOS DE CALIDAD BIOLÓGICOS EN LAGOS Y EMBALSES

Parte española de la Demarcación Hidrográfica
del Cantábrico Oriental.
Ámbito de competencias del Estado

Junio de 2013

1.1.1.1. Introducción

De acuerdo con el Anexo V de la DMA, los elementos de calidad biológicos que se tuvieron en consideración fueron:

Elemento de calidad		Indicador		Masas de agua	
Biológicos	Fitoplancton		Clorofila a	mg/m ³	Lagos y embalses
			Biovolumen	mm ³ /L	Lagos y embalses
			Índice de Grupos Algales (IGA)	-	Embalses
			Índice de Grupos Algales (InGA)	-	Lagos
			Porcentaje de cianobacterias	%	Lagos y embalses
	Flora acuática	Diatomeas	Inventario de taxones	-	Lagos
			Abundancia	%	Lagos
			Índice de Shannon-Weaver	-	Lagos
		Macrófitos	Índices IBD, IPS, CEE	-	Lagos
	Inventario de taxones		-	Lagos	
	Clases de abundancia		(% de recubrimiento del sustrato)	Lagos	
	Fauna bentónica de invertebrados	Microinvertebrados	Inventario de taxones	-	Lagos
			Abundancia	%	Lagos
			Presencia de taxones sensibles	Presencia/Ausencia	Lagos
			Índice de Shannon-Weaver	-	Lagos
			Índice QAELS adaptado	-	Lagos
		Macroinvertebrados bentónicos	Inventario de taxones	-	Lagos
Abundancia			Clases de abundancia (número de individuos por muestra)	Lagos	
Índice de Shannon-Weaver			-	Lagos	
		Índice QAELS	-	Lagos	
Fauna ictiológica		ICPE	-	Embalses	

Los métodos de laboratorio utilizados se muestran en la siguiente tabla.

MATRIZ	PARÁMETRO	MÉTODO	RANGO DE APLICACIÓN	PROCEDIMIENTO DE ENSAYO
Aguas Continentales	Toma de muestras puntuales e integrada para ensayos biológicos			* PNT-TM-005
	Clorofila a	Espectrofotometría de absorción molecular Extracción con acetona	0,10 – 100,00 µg / L	PNT-A-022
	Fitoplancton	Determinación cuantitativa de fitoplancton, mediante sedimentación y microscopía invertida (técnica Utermöhl)	350 – 200.000 cél / mL	* PNT-A-008
	Fitoplancton	Recolección y determinación cualitativa de fitoplancton	-	* PNT-A-028
	Fitobentos	Recolección e identificación de fitobentos	-	UNE-EN 14184:2004 UNE-EN 15460:2008
Cursos de agua	Diatomeas	Recolección, identificación y recuento de diatomeas	-	PNT-A-035
Aguas Continentales	Zooplancton	Recolección, identificación y recuento de zooplancton	-	PNT-A-030
	Zoobentos	Toma de muestra, identificación y recuento de zoobentos	-	PC03
	Peces	Recolección e identificación de peces	-	UNE-EN 14011:2003 UNE-EN 14757:2006

1.1.1.2. Fitoplancton

El fitoplancton se ha analizado en la red biológica de lagos y embalses, y en la red de control operativo (algunos lagos y embalses). Se han obtenido muestras de primavera y verano en los lagos, y de invierno y verano en los embalses.

Muestreo

Fitoplancton cualitativo (o fitoplancton de red)

Es normalmente el fitoplancton con mayor valor indicador, pero no sirve para dar estimas cuantitativas. La muestra se obtiene mediante pescas de arrastre

(superficiales y subsuperficiales) desde embarcación con red de plancton 35 µm de luz de paso, hasta obtener una masa densa. Ésta se dispone en viales debidamente rotulados y se fija con lugol.

Fitoplancton de recuento

Está constituido por las fracciones de menor tamaño y sirve para estimas cuantitativas. El muestreo del fitoplancton de recuento se ha modificado a lo largo del proyecto, según lo siguiente:

- En los muestreos de 2006 y 2007 el fitoplancton cuantitativo y la clorofila "a" se estudiaban a partir de dos muestras recogidas en la zona subsuperficial y a la profundidad de 2,5 x Disco de Secchi, de acuerdo con las indicaciones del Pliego de Condiciones Técnicas de la Asistencia.
- En 2008 (invierno 2007/08, verano 08) y en 2009 (primavera) el fitoplancton se analiza de una muestra integrada representativa de la zona fótica. La muestra integrada se compone de la mezcla de volúmenes iguales de agua recogidos metro a metro entre la superficie y la profundidad de 2,5 x Disco de Secchi.

Este cambio en la metodología de la toma de muestras se apoya en las directrices del MARM (Curso práctico sobre protocolos de toma de muestras y sistemas de evaluación del estado ecológico realizado en Noviembre de 2007 y en el Protocolo de muestreo de fitoplancton en lagos y embalses -borrador).

Las muestras se fijan con lugol y se guardan protegidas de la luz

Pigmentos fotosintéticos

Siguiendo el mismo patrón de muestreo que para el fitoplancton cuantitativo se obtuvieron muestras de agua para la determinación de la clorofila "a". Las muestras se obtienen mediante la filtración *in situ* de volúmenes conocidos de agua. Los filtros se guardan congelados y protegidos de la luz hasta su procesado en el laboratorio.

Análisis

Los análisis de las muestras se han realizado en el laboratorio de URS. Las muestras de fitoplancton cualitativo (de red) se observan con microscopio óptico directo y las del fitoplancton de recuento (muestras sedimentables) con microscopio invertido (método de Utermöhl: Norma CEN TC 230/WG 2/TG 3/N83). Las identificaciones han tenido en cuenta los manuales más recientes y habituales en este tipo de trabajos.

Para el cálculo del biovolumen se ha seguido lo indicado en la norma CEN TC 230/WG2/TG3 y en la publicación de Hillebrand *et al*¹.

¹ Hillebrand H., Dürselen C.D., Kirschtel D., Pollinger U. & Zohary T. 1999. Biovolumen calculation for pelagic and benthic microalgae. *J. Phycol.* 35, 403-424.

El laboratorio de URS ha obtenido acreditación de ENAC, según la norma UNE-EN ISO/ IEC 17025 para el análisis de fitoplancton en Julio de 2007 (ver acreditación y alcance en el Apéndice III.-7.)

Respecto a la clorofila, los filtros se introdujeron en acetona al 90%, y tras realizada la extracción, se determinó la concentración con espectrofotómetro mediante la fórmula empírica de Lorenzen (1967)² y Jeffrey & Humprey (1975)³.

Indicadores

Los análisis del fitoplancton han permitido obtener datos de:

- Composición: inventario de taxones determinados al nivel más detallado posible (género o especie).
- Abundancia: Recuentos de taxones (células/ml)
- Biomasa: Biovolumen de taxones (mm³/L) y concentración de pigmentos (Clorofila a en mg/m³).

Tratamiento de datos

Los datos obtenidos se han recogido en fichas individuales por lago/embalse y campaña. En cada ficha se encuentra un listado de taxones con su respectiva abundancia (células/ml) y biomasa (mm³/L), y los valores totales del recuento y del biovolumen, junto con la concentración de la clorofila a. En base a estos datos se han calculado los siguientes índices y métricas:

- **Índice de Grupos Algaes (IGA, InGA)**

Catalán *et al*⁴ diseñan un índice de grupos algaes para su aplicación en lagos alpinos y cársticos. Este índice relaciona la abundancia, expresada en biovolumen, de diferentes grupos del fitoplancton según la siguiente fórmula:

$$IGA = \frac{1 + 0.1 * Cr + Cc + 2 * (Dc + Chc) + 3 * Vc + 4 * Cia}{1 + 2 * (D + Cnc) + Chnc + Dnc}$$

Cr: Criptofitos

Cc: Crisófitos coloniales

Dc: Diatomeas coloniales

Chc: Clorococales coloniales

Vc: Volvocales coloniales

Cia: Cianobacterias

² Lorenzen, M.W. (1980). Use of chloroohyll-Secchi disk relationships. *Limnol. Oceanogr.*, 25 (2): 371-372.

³ Jeffrey, S.W. & G.F. Humprey (1975). New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 y c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen* 167: 191-194.

⁴ Catalan *et al* 2003. Desenvolupament d'un índex integral de qualitat ecològica i regionalització ambiental dels sistemes lacustres de Catalunya

D: Dinoflagelados
Cnc: Crisófitos no coloniales
Chnc: Clorococales no coloniales
Dnc: Diatomeas no coloniales

y se calcula en base a "proporciones de biovolumen de los grupos indicados" en TANTOS POR UNO, calculados respecto al sumatorio de los biovolúmenes de los grupos considerados en la fórmula. Por lo tanto están excluidos del cálculo los taxones que no se encuentren incluidos en los grupos de la fórmula.

En los protocolos de la Agencia Catalana de l'Aigua se incluye este índice si bien se usa el inverso (InGA)⁵

$$\text{InGA} = \frac{1 + 2 * (D + Cnc) + Chnc + Dnc}{1 + 0,1 * Cr + Cc + 2 * (Dc + Chc) + 3 * Vc + 4 * Cia}$$

Aplicación del IGA al cálculo del Potencial ecológico en embalses

En la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH) se requiere el uso del IGA para la valoración del potencial ecológico de los embalses, sin indicarse los detalles de su cálculo. Asimismo se presentan los valores del IGA representativas del "máximo potencial ecológico" para algunos de los tipos. Estos valores proceden de los resultados del ejercicio de intercalibración de lagos mediterráneos realizado por el CEDEX. Tras revisar el modo de cálculo se observan diferencias respecto a la versión original de Catalán: *las proporciones de biovolumen se expresan en porcentaje (no en tanto por uno) y están referidas al biovolumen total de la muestra (no al biovolumen de los grupos incluidos en la fórmula del índice).*

Luego teniendo en cuenta lo anterior, en la presente asistencia técnica se ha calculado:

- InGA versión ECOES (2006) en los lagos naturales. Esto ha permitido usar los valores de referencia para los lagos alpinos y cársticos existentes.
- IGA versión CEDEX en los embalses. Esto ha permitido usar los valores de máximo potencial ecológico existentes en la IPH.
- **Porcentaje de cianobacterias**

Se obtiene mediante el siguiente cálculo⁶

$$\% \text{Cianobacterias} = \frac{\text{BV Cianobacterias} - (\text{BV Croococales} + \text{BV Microcystis} + \text{BV Woronichinia})}{\text{BV total}} \times 100$$

⁵ ECOES, 2006. Protocol d'avaluació de l'estat ecològic dels estanys. Agència Catalana de l'Aigua.

⁶ C. De Hoyos comunicación personal

Donde BV es el biovolumen de los taxones/grupos de cianobacterias indicadas.

1.1.1.3. Otra flora acuática: Diatomeas

El elemento de calidad biológico diatomeas ha sido analizado en las masas de agua de categoría lagos naturales, dentro de la red de control de vigilancia. Se han realizado muestreos en primavera y verano.

Muestreo

El muestreo se ha realizado en el litoral de los lagos siguiendo las directrices de:

- CEN/TC 230 prEN 13946 (para el muestreo y pretratamiento de muestras).
- CEN/TC prEN 14407 (para la identificación, enumeración e interpretación de datos).
- NF T90-354: 2000 (détermination de l'indice biologique des diatomées (IBD)). Norma francesa AENOR (2004, 2005)
- Manual de la CHE. Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para Fitobentos (microalgas bentónicas). Octubre 2005.

Las muestras se han recogido preferentemente sobre sustratos rocosos (rocas, piedras, cantos rodados) existentes en los puntos de muestreo. Si éstos no se encontraban se ha muestreado sobre arena gruesa y en última instancia sobre plantas acuáticas para evitar la elevada variabilidad asociada a este tipo de sustrato. En todos los casos la muestra se ha tomado en zonas que estaban permanentemente sumergidas, para ello se ha evitado tomar la muestra muy cerca del límite del agua.

La muestra se ha tomado frotando ligeramente con un cepillo las superficies de los sustratos (en 5 piedras de 15-20 cm), y limpiando éste dentro de un vial con un poco de agua. Finalmente la muestra se ha fijado con formol al 4% (v/v).

Análisis

El análisis de las muestras ha sido realizado por los técnicos de la Universidad de Girona dirigidos por S. Sabater (muestras de 2006) y por los técnicos de la Universidad de Vigo dirigidos por I. Pardo (muestras de 2008). El procesado para las muestras de diatomeas se ha efectuado como sigue:

Las muestras se tratan químicamente mediante ácidos fuertes y se montan en preparaciones permanentes con resina sintética (Naphrax, índice de refracción 1.74)

La observación de las muestras en el laboratorio se lleva hasta especie, para lo cual la observación se efectúa con un microscopio óptico capaz de proporcionar 1000x y gran calidad de imagen.

Las diatomeas se identifican taxonómicamente, utilizando para ello bibliografía estándar actualizada (Krammer & Lange-Bertalot 1986-1991⁷).

Para cada muestra se efectúan inventarios cuantitativos a partir del recuento de 400 valvas por muestra (2 valvas integran un frústulo). Los resultados se expresan como composición de especies y abundancias relativas (porcentajes en las muestras).

Indicadores

El análisis de las muestras de diatomeas ha permitido obtener los siguientes datos:

- Composición: inventario de géneros y especies
- Abundancia: Abundancia relativa de géneros y especies
- La diversidad de la comunidad (índice de Shannon-Weaver), y la equitabilidad (cociente entre la diversidad medida y la diversidad teórica máxima calculada para la comunidad estudiada).
- Aplicación de índices IPS, IBD, CEE (y otros)

Tratamiento de datos

Se han utilizado los datos para la elaboración de una ficha para cada lago. En cada ficha se incluye un listado de taxones, y su respectiva abundancia relativa y los índices de Shannon-Weaver, equitabilidad, IBD, IPS y CEE.

Los resultados numéricos fueron procesados por el programa OMNIDIA v. 4.2 (Lecointe et al. 1993⁸) para obtención de diversos índices de diatomeas de uso corriente en aguas europeas. La expresión más común de los índices de diatomeas (autoecológicos) sigue el modelo de Zelinka & Marvan (1961), que se expresa como:

⁷ Krammer K, Lange-Bertalot H 1986. Bacillariophyceae, 1 Teil: *Naviculaceae*. In Pascher A, Ettl H, Gerloff J, Heynig H, Mollenhauer D eds, *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 876 p.

Krammer K, Lange-Bertalot H 1988. Bacillariophyceae, 2 Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In Pascher A, Ettl H, Gerloff J, Heynig H, Mollenhauer D eds, *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 596 p.

Krammer K, Lange-Bertalot H 1991a. Bacillariophyceae, 3 Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In Pascher A, Ettl H, Gerloff J, Heynig H, Mollenhauer D eds, *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 576 p.

Krammer K, Lange-Bertalot H 1991b. Bacillariophyceae, 4 Teil: Achnantheaceae. In Pascher A, Ettl H, Gärtner G, Gerloff J, Heynig H, Mollenhauer D eds, *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 436 p.

Lecointe, C., M. Coste y J. Prygiel (1993). "OMNIDIA": A software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia* 269/270: 509-513.

⁸ Lecointe, C., M. Coste y J. Prygiel (1993). "OMNIDIA": A software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia* 269/270: 509-513.

$$\text{Índice} = \frac{\sum A_j \times I_j \times V_j}{\sum A_j \times V_j}$$

A_j(*): Abundancia relativa del taxón j

I_j: Índice de sensibilidad del taxón j

V_j: Valor indicador del taxón j

y que por tanto considera la sensibilidad y el valor indicador de las especies, ponderados ambos por sus abundancias en la muestra.

En la siguiente tabla se han incluido los diferentes índices calculados para las masas de agua de categoría lago.

Tabla Índices de diatomeas aplicados en los lagos naturales. Se añade una breve descripción y la referencia con la metodología de cálculo de cada uno.

Índice	Descripción	Referencia
Diversidad de Shannon	Diversidad ecológica de la comunidad de diatomeas	Shannon & Weaver 1949
Riqueza / N° de especies	Número de taxones específicos o subespecíficos	-
Equitabilidad	$=H \times H_{\max}^{-1} = H \times (\log_2 [\text{riqueza}])^{-1}$	-
Índice de Poluosensibilidad Específica (IPS)	Basado en Zelinka y Marvan (1961). Se utilizan prácticamente todas las especies de diatomeas descritas.	CEMAGREF 1982
Índice Biológico de Diatomeas (IBD)	Basado en Zelinka y Marvan (1961). Se utilizan las 209 especies más comunes.	Lenoir & Coste 1996
Índice Europeo (CEE)	Basado en una matriz de 2 entradas, en que se consideran las 208 especies más comunes.	Descy & Coste 1991

Cabe señalar que los índices aplicados proceden de ríos y que no se han publicado actualizaciones de los mismos para los lagos o bien otros índices específicos. Esta es una tarea que se deberá realizar en un futuro próximo. De esta forma los datos recogidos en la presente asistencia técnica se integrarán en la base de datos de diatomeas de lagos españoles, y podrán contribuir al desarrollo de índices específicos para las cuencas del norte.

1.1.1.4. Otra flora acuática: macrófitos

Los macrófitos se han analizado en los muestreos de red de vigilancia de lagos efectuados en 2006 y 2008. Asimismo se seleccionaron como indicador más sensible para los muestreos de la red de control operativo realizados en 2007. Se han tomado muestras en primavera y verano.

Muestreo

Se tomaron muestras a pie a lo largo de la orilla de las cubetas lacustres. Las muestras se identificaron in situ, siempre que fue posible, o, en caso necesario, se conservaron con formaldehído al 4% o prensaron para su estudio en el laboratorio. En ocasiones se penetró en la masa de agua con embarcación y se extrajeron muestras del fondo mediante ganchos sujetos a cuerdas.

El muestreo se realizó siguiendo las directrices del Manual de la CHE (Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para macrófitos, Octubre 2005).

Análisis

Las muestras no analizadas "in situ" se han determinado en el laboratorio de URS, usando los manuales taxonómicos específicos para cada grupo.

Indicadores

El muestreo de macrófitos ha permitido obtener datos de:

- Composición específica de la comunidad
- Abundancia relativa de los taxones: La cobertura de los taxones se ha expresado según las siguientes clases de abundancia:
 - + presencia;
 - 1: <25%;
 - 2: 25-90%;
 - 3: >90%.
- Identificación de taxones sensibles

Tratamiento de datos

Los inventarios y coberturas de las especies se han incluido en las fichas de resultados. Se han calculado los siguientes índices:

- **Índice I_H** : Se obtiene de la semisuma de los índices florísticos (I_F) y de diversidad (I_D) según Cirujano *et al*⁹.

$$I_H = I_F + I_D / 2$$

El índice florístico (I_F) de una localidad responde a la fórmula:

$$I_F = \frac{\sum I_T}{\text{Núm.hidrófitos}}$$

⁹ Cirujano S., Velayos M., Castilla F. y Gil M. (1992). Criterios botánicos para la valoración de las lagunas y humedales españoles (Península Ibérica y las Islas Baleares). ICONA-CSIC.

donde I_T es un índice de valoración de cada taxon que refleja su importancia en el territorio estudiado. Su valor oscila entre 2 y 10 y se obtiene a partir de:

$$I_T = I_P + I_C + I_E / 3$$

I_P : Índice de frecuencia nacional

I_C : Índice de conservación

I_E : Índice de frecuencia europea

Los valores de los índices indicados se han obtenido de lo indicado en Cirujano et al. (1992).

- **Porcentaje del cinturón de helófitos:** Se ha aplicado en los lagos cársticos. Consiste en una estima aproximada del porcentaje del perímetro de lago que está ocupado por helófitos. En general se considera que en los lagos cársticos todo el perímetro estaría ocupado por helófitos en condiciones naturales.

1.1.1.5. Fauna bentónica de invertebrados

Éste elemento de calidad biológica se ha estudiado en la red de vigilancia de los lagos naturales, y se han analizado los microinvertebrados bentónicos y macroinvertebrados bentónicos del litoral.

Muestreo

Los métodos de campo que se emplearon para determinar la composición y abundancia relativa de los grupos recolectados siguen diversas normas internacionales, las cuales garantizan la consistencia de los resultados:

- UNE-EN-ISO 5667-3: 1996. Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Guía para la conservación y manipulación de las muestras.
- UNE-EN 27828: 1995. Calidad del agua. Métodos de muestreo biológico. Guía para el muestreo manual con red de macroinvertebrados bénticos.
- Manual de la CHE. Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para Invertebrados bentónicos. Octubre 2005.

Microinvertebrados bentónicos

Los microinvertebrados bentónicos se muestrearon filtrando agua pasando un salabre de 100 μm de abertura de poro entre la vegetación, los sustratos sumergidos y resuspendiendo sedimento. El contenido del salabre se introdujo en un vial y se fijó con formol al 4%.

Macroinvertebrados

Se recogieron muestras de los macroinvertebrados bentónicos del litoral de los lagos filtrando agua con un salabre de 250 μm de abertura de poro, en sucesivas pasadas entre la vegetación, los sustratos sumergidos y resuspendiendo sedimento.

El material que quedó retenido en la red se introdujo en un vial o recipiente adecuado y se fijó con formol al 4%.

Análisis

Las muestras se han procesado en el laboratorio de URS. De los microinvertebrados se analizan los microcrustáceos (branquiópodos, copépodos y ostrácodos) que se han identificado hasta especie (excepto ostrácodos). Los macroinvertebrados se han identificado hasta familia o género (al menos en coleópteros y heterópteros con adultos disponibles).

Indicadores

- Composición: inventario taxonómico
- Abundancia: Abundancia relativa de taxones
- Diversidad mediante el índice de Shannon-Weaver
- Índice InMacro
- Índice QAELs modificado

Tratamiento de datos

Se ha elaborado una ficha de microinvertebrados y otra de macrobentos para cada lago y muestreo. Las fichas de meiobentos incluyen el inventario, abundancias relativas y diversidad de Shannon. En la ficha de microinvertebrados se señalan las especies de microcrustáceos que son estrictamente bentónicas, puesto que en la muestra también aparecen especies planctónicas. En las fichas de macrobentos se presenta el índice IndMacro elaborado por el ACA (2006).

Las clases de abundancia relativa se han establecido según la siguiente escala:

- 1= 1 - 3 individuos
- 2= 4 - 10 indiv.
- 3= 11 - 100 indiv.
- 4= >100 indiv.

Índice de Shannon-Weaver

Es un índice de diversidad que tiene en cuenta la riqueza de especies y las proporciones en que entran las diferentes especies a formar parte de la comunidad biológica, lo que da idea de su grado de organización y madurez. Se calcula como:

$$H = - \sum p_i \log_2 p_i \quad \text{siendo } \sum p_i = 1 \quad ; \text{ las unidades son "bits/individuo"}$$

Las cifras de diversidad así obtenidas no se pueden utilizar como índices estandarizados de calidad. Sin embargo, y como referente, puede tomarse el de 5 bits/individuo como un nivel que no suele superarse en los sistemas naturales El

plancton de los lagos eutróficos tiene un índice de diversidad en torno a 1 y las comunidades de bentos de ríos se suele encontrar entre 0,6 y 3,8.

Índice QAELS modificado

Es el Índice de calidad del agua de ecosistemas lénticos someros elaborado para la determinación del estado ecológico de los sistemas lagunares someros de Cataluña (ACA, 2004) aúna aspectos de riqueza taxonómica con otros de abundancia. Este índice se compone de dos métricas: ACCO y RIC.

$$\text{QAELS} = (\text{ACCO}+1) * \log (\text{RIC}+1)$$

ACCO es un índice basado en la abundancia de branquiópodos, copépodos y ostrácodos, y RIC es una métrica basada en la riqueza de insectos y crustáceos.

El índice QAELS se ha adaptado a los lagos de las cuencas del Norte introduciendo los taxones que aparecen en dichas cuencas, y que no se habían inventariado en Cataluña y adaptando los valores de "k" de todos los taxones para los diferentes tipos de lagos. El valor asignado a cada taxón se basa en el grado de estenoicidad o de fidelidad a cada tipo de lago, de forma que obtienen mayor puntuación las especies que primero desaparecen cuando las condiciones que definen el tipo se desvirtúan.

El procedimiento seguido ha sido:

- Identificación de las comunidades propias de cada tipo de masa de agua siguiendo los criterios de Alonso (1998)¹⁰.
- Dentro de cada comunidad, identificación de los taxones indicadores y asignación del valor de calidad de cada taxón según el criterio experto
- Cálculo del índice.

Índice ACCO

Índice que se basa en la abundancia de branquiópodos, copépodos y ostrácodos. Cada taxón está asociado con un valor de abundancia y un valor de calidad obtenido del análisis de correlación entre la presencia del taxón y la calidad de la masa de agua.

$$\text{ACCO} = \sum_{i=1}^j k_i \times n_i \qquad n_i = N_i \div N_{tot}$$

i = taxones indicadores

j = número de taxones indicadores

n_i = abundancia relativa del taxón i

N_i = abundancia del taxón i

¹⁰ Alonso M. (1998). Las lagunas de la España Peninsular. *Limnetica* 15:1-176.

N_{tot} = suma de la abundancia de los taxones indicadores
 k_i = valor de calidad del taxón i

Los valores de calidad (K_i) asignados a cada taxón para su aplicación en los lagos de las cuencas del Norte se presentan en la tabla 3.2.-3.

Índice RIC

Se calcula a partir del inventario de la muestra de macroinvertebrados (crustáceos) y de macroinvertebrados, según la siguiente fórmula:

$$RIC = N^{\circ} \text{ géneros de crustáceos (muestra de microinvertebrados y macroinvertebrados)} + N^{\circ} \text{ géneros de coleópteros y heterópteros adultos} + N^{\circ} \text{ familias de larvas, ninfas y pupas de insectos}$$

TABLA. Listado de microcrustáceos presentes en los lagos en las campañas de 2006 y 2008. Se indica el valor indicador (ki) del taxón para el cálculo del índice ACCO. Algunos taxones presentan un valor indicador diferente según el tipo de lago.

Especies de microcrustáceos	Valor indicador del taxon (ki) para ACCO	
	Todos los lagos excepto Pozón de la Dolores	Pozón de la Dolores Cárstico
Branquiópodos		
<i>Acroperus neglectus</i>	9	
<i>Alona affinis</i>	6	
<i>Alona guttata</i>	5	
<i>Alona quadrangularis</i>	5	
<i>Alona rectangula</i>	4	8
<i>Alonella excisa</i>	8	
<i>Bosmina longirostris</i>	3	4
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	6	
<i>Ceriodaphnia pulchella</i>	4	3
<i>Chydorus sphaericus</i>	5	
<i>Daphnia galeata</i>	4	
<i>Daphnia longispina</i>	7	
<i>Daphnia pulicaria</i>	7	
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	7	
<i>Leydigia leydigii</i>	8	
<i>Moina micrura</i>	5	
<i>Phrixura leei</i>	9	
<i>Phrixura rostrata</i>	9	
<i>Pleuroxus denticulatus</i>	9	
<i>Simocephalus vetulus</i>	6	
Copépodos		
<i>Acanthocyclops vernalis</i>	6	
<i>Attheyella crasa</i>	8	
<i>Canthocamptus staphylinus</i>	6	
<i>Cyclops abyssorum</i>	6	
<i>Cyclops vicinus</i>	-	4
<i>Eucyclops serrulatus</i>	6	
<i>Macrocyclops albidus</i>	7	8
<i>Megacyclops viridis</i>	6	
<i>Mixodiaptomus laciniatus</i>	10	
<i>Tropocyclops prasinus</i>	6	8

1.1.1.6. Fauna de peces

Este elemento de calidad biológica se ha analizado en los embalses y dentro de los muestreos de red de vigilancia. Los muestreos se han realizado en verano, la época del año en la que los peces están sujetos a más estrés ambiental provocado por el aumento de temperaturas en los embalses y reducción del volumen de agua

disponible. Adicionalmente es en esta época del año cuando la ictiofauna se presenta más activa en los ambientes lénticos.

Muestreo

Se han realizado muestreos cualitativos con artes pasivas. Las artes pasivas consisten en trasmallos y agalladeras que se colocan a diferentes profundidades dentro de la masa de agua. Los trasmallos utilizados poseen el paño interior con 2 cm de luz de malla y los exteriores con 12 cm. El tamaño de los trasmallos es de 20 m de longitud por 1,5 de altura.

La unidad estándar de esfuerzo de pesca (CPUE) ha sido establecida como el número de individuos capturados por 10 m² de red y por un período de muestreo de 12h¹¹. Esta estandarización del esfuerzo de pesca permite una estimación relativa de la densidad de peces existente en el embalse.

En cada estación se ha registrado el número de individuos capturados y/o la ausencia de capturas. Se ha medido la longitud y el peso de cada individuo recogido

Análisis

In situ se identifican las especies, se cuentan los ejemplares capturados y se procede a pesar y medir (longitud furcal) cada uno de ellos.

Indicadores

- Composición: inventario taxonómico
- Abundancia: Capturas por unidad de esfuerzo (CPUE)
- Biomasa: Peso de las especies referida a la unidad de captura (BPUE)
- Presencia de especies sensibles
- Presencia de especies introducidas
- Índice de la Comunidad de Peces en Embalses del Norte (ICPEN), desarrollado por URS.

Tratamiento de datos

Se han utilizado los datos obtenidos para la elaboración de una ficha de ictiofauna para cada embalse. En cada ficha se encuentra un listado de taxones y los datos de abundancia -CPUE, expresadas en capturas/trasmallo simple (10 m²)- y de biomasa (peso) -BPUE para cada especie. También se indica el Factor de Condición

¹¹ Las redes se mantienen en el embalse durante 12 horas, entre el final de la tarde y la mañana siguiente, siendo éste el lapso temporal en el que la pesca con red es efectiva.

(K) que es una relación entre el peso (W) y la longitud (L) que responde a la fórmula $K = 10^N * W / L^3$. Este valor indica el estado físico de los ejemplares (los valores más elevados indican mejor estado físico).

En base al inventario de peces se ha calculado el índice ICPEN.

Índice de la Comunidad de Peces en embalses del Norte (ICPEN)

Este índice ha sido elaborado por URS con los datos de las campañas de verano de 2006 y 2008 realizadas en las cuencas del Norte. El índice incluye el cálculo de diferentes métricas descriptivas de diferentes aspectos de la comunidad íctica, y en concreto se han seleccionado: Porcentaje de especies reófilas, Porcentaje de especies tolerantes, Número de niveles tróficos, Número de especies exóticas no estrictamente limnófilas. Los detalles de cálculo se presentan en el apartado 4.2.1.2.

