Aplicación de los sistemas de evaluación del estado ecológico desarrollados para ríos en la aplicación de la Directiva Marco del agua en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico

Versión 1

Universidade de Vigo

Isabel Pardo

Rut Abraín

Carola Gómez-Rodríguez

Emilio García-Roselló

Gobierno de España · Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino · Confederación Hidrográfica del Cantábrico

Gobierno de España · Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino · Confederación Hidrográfica del Miño-Sil

NIPO **282-12-001-X**

Aplicación de los sistemas de evaluación del estado ecológico desarrollados para ríos en la aplicación de la Directiva Marco del agua en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico

Versión 1

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL CANTÁBRICO

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL MIÑO-SIL

UNIVERSIDADE DE VIGO

Autores:
Isabel Pardo, Rut Abraín, Carola Gómez-Rodríguez, Emilio García-Roselló

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Edita:
© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:
http://publicacionesoficiales.boe.es/

NIPO: 282-12-001-X

ACTUALIZACIÓN Y CORRECCIÓN DE ERRORES

Versión del protocolo	**Fecha**	**Modificaciones**
Versión 1	16/01/2015	Se modifica el apartado 4.1. Índices multimétricos

Cómo citar este documento:

PARDO, I., ABRAÍN, R., GÓMEZ-RODRÍGUEZ, C., GARCÍA-ROSELLÓ, E. 2010. Aplicación de los sistemas de evaluación del estado ecológico desarrollados para ríos en la aplicación de la Directiva Marco del agua en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico 2010. Versión 1. NIPO 282-12-001-X.

ÍNDICE

1.Introducción **1**

2.Bases de datos disponibles **3**

3.Condiciones biológicas de referencia en las CHdel Cantábrico y Miño-Sil **5**

3.1 Principios, criterios y métodos para el establecimiento de las condiciones biológicas de referencia y otras condiciones físico-químicas e hidromorfológicas acompañantes **5**

3.2 Identificación de una red espacial de referencia en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico mediante el análisis de presiones antrópicas **6**

4.Sistemas de evaluación del estado ecológico de los ríos de las CH del Cantábrico y Miño-Sil **9**

4.1. Índices multimétricos **9**

4.2. Sistema de indicadores del Norte de España (NORTh Spanish Indicators system –NORTI) **16**

5.Evaluación del "nivel de confianza" (incertidumbre) del estado ecológico de los ríos **41**

5.1 Consideraciones previas al cálculo de la incertidumbre **41**

5.2 Cálculo de la incertidumbre asociada al sistema de clasificación ecológica **41**

5.3. Análisis de datos **44**

5.4. Resultados **48**

6.Evaluación de la respuesta de los índices de calidad ecológica a las presiones de origen antrópico **55**

6.1 La Directiva Marco del Agua y la repercusión de la actividad humana en el estado de las aguas superficiales **55**

6.2. Fuerzas dirigentes, presión e impacto: Definición y relaciones **56**

6.3. Análisis de presiones e impactos en masas de agua **61**

6.4 Las presiones existentes en las CH Cantábrico y Miño Sil. Respuesta de los índices de calidad ecológica **62**

7.Sistema integrado de clasificación del estado ecológico **69**

7.1 Introducción **69**

7.2 Sistemas de evaluación de los elementos de calidad biológica **70**

7.3 Sistema de evaluación de elementos de calidad físico-química **74**

7.4 Sistema de evaluación de elementos de calidad hidromorfológica: Condiciones acompañantes del Muy buen estado ecológico **78**

8.Aplicación informática NORTI: Manual técnico y de usuario **83**

8.1. Requerimientos e Instalación **83**

8.2. Inicio y parada de la aplicación. **86**

8.3. Generalidades sobre utilización de la aplicación **87**

8.4. Mantenimiento de datos de referencia **90**

8.5. Mantenimiento de datos de muestreo y análisis **107**

8.6. Obtención de matrices de datos, cálculo de métricos y estimaciones **122**

Colaboración con expertos internacionales **135**

Referencias bibliográficas **137**

Agradecimientos **141**

Anexos **143**

1 Introducción

El objetivo del presente trabajo es dar cumplimiento a diversos requerimientos científico-técnicos exigidos por la Directiva Marco del Agua (DMA) 2000/60/CE, para su implementación en los ríos de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. En este volumen se presentan los resultados finales fruto del convenio de colaboración realizado entre las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil entre los años 2004 y 2010, y la Universidad de Vigo. Este informe constituye el informe final que debe citarse como referencia en los planes de cuenca y en otra literatura, para referirse a los trabajos realizados para la implementación de la DMA en dichas confederaciones hidrográficas.

Se presenta la metodología y criterios seguidos para el establecimiento de las condiciones de referencia de los ríos del ámbito de las demarcaciones hidrográficas. La determinación de estas condiciones de referencia es imprescindible para la evaluación del estado ecológico de los ríos, ya que representan en qué condiciones deberían encontrarse los ríos si no hubieran sido degradados por actividades de origen antrópico. Para establecer estos criterios se ha seguido la metodología indicada por el documento guía REFCOND y el acuerdo alcanzado en el Grupo Geográfico de Intercalibración europeo de ríos Centrales/Bálticos.

Se proporcionan dos sistemas alternativos para la evaluación del estado ecológico de los ríos: un sistema de índices multimétricos, válido sólo para los ríos que pertenecen a alguno de los tipos especificados para la Intercalibración europea, y el sistema de indicadores del Norte de España (NORTh Spanish Indicators system -NORTI-), desarrollado específicamente para los ríos de las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil y que, por tanto, es aplicable a cualquier río de dichas confederaciones. Para desarrollar el sistema NORTI ha sido necesario identificar los diferentes tipos de asociaciones biológicas de referencia para las diatomeas e invertebrados que habitan los ríos de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. Estas asociaciones, tanto de invertebrados como de diatomeas, son la base de las tipologías desarrolladas para estos ríos. Sin embargo, para cumplir con la DMA, es necesario poder establecer los tipos de ríos a partir de variables ambientales, por lo que se ha establecido, mediante modelos predictivos, la relación entre estos tipos biológicos y variables abióticas. De esta forma, se pueden usar los modelos predictivos para, en base a descriptores fisiográficos, asignar cualquier punto de la red espacial de ríos a una asociación biológica de referencia y, por tanto, un tipo de río en particular.

Siguiendo los requerimientos de la DMA, se ha calculado el "nivel de confianza" de los resultados de los programas de monitoreo del estado ecológico de los ríos. Asimismo, en cumplimiento con el artículo 5 de la DMA, se proporciona una herramienta para la evaluación de las repercusiones de la actividad humana en el estado ecológico de las aguas superficiales. Se ha evaluado cómo responden los indicadores de calidad biológicos (invertebrados y diatomeas) a las principales actividades antrópicas que pueden afectar a las aguas superficiales: contaminación significativa de origen puntual, contaminación significativa de

origen difuso, extracciones de agua, regulación significativa del flujo del agua, alteraciones hidromorfológicas y otras modificaciones antrópicas relevantes. También se ha incluido la respuesta de los indicadores biológicos a los usos del suelo (uso artificial, agricultura intensiva, agricultura de baja intensidad y áreas naturales o seminaturales).

Finalmente se proporciona un protocolo para integrar la información proporcionada por los elementos biológicos de calidad, los elementos de calidad físico-químicos y los hidromorfológicos, siguiendo así las directrices de la DMA.

Se suministra el manual y el prototipo del software del NORTI actualizado (ver apartado 8) que permite la acumulación de las bases de datos generadas en campo y laboratorio en las redes de vigilancia y operativa, así como la generación de salidas con la clasificación ecológica de muestras en base a los modelos de invertebrados y diatomeas.

2 Bases de datos disponibles

Se dispone de una base de datos con un total de 683 localidades de las cuales 410 pertenecen a la Demarcación del Cantábrico y 273 a la del Miño-Sil. En estas estaciones se recogieron datos en distintas campañas de muestreo (generalmente verano) entre los años 2003-2008. En total se disponen de 1642 muestras (1006 pertenecen a la CH Cantábrico y 627 a la CH del Miño-Sil).

Además, con el fin de incrementar la representación de tipos del Norte de España en la base de datos proporcionada por la CHN, también se utilizaron datos de 10 localidades de referencia pertenecientes a la demarcación de Galicia-Costa (Pardo et al., 2005) datos tomados con la misma metodología de muestreo y laboratorio que los utilizados por la CHN, con el fin de cubrir de una forma más amplia la zona granítica más representada en Galicia-Costa.

Para cada una de las estaciones se dispone de **datos descriptivos** (i.e. localidad, comunidad autónoma, provincia, UTMs, etc) así como las distintas tipologías a las que pertenecen (tipología B CEDEX o tipología de intercalibración).

En este estudio, en particular en el apartado de identificación de gradientes de presión (apartado 6) e integración fisicoquímica (apartado 7.3), se han utilizado los **parámetros físico-químicos** proporcionadas por las Confederaciones (i.e. aniones, cationes, pH, oxígeno disuelto, etc). Los **usos del suelo** derivados de mapas del CORINE Land Cover (Coordination of Information on the Environment, Land Cover 2000), datos de **presiones e impactos** presentes en las cuencas vertientes (longitud de canalizaciones, presencia de presas, azudes, etc.) se han utilizado principalmente en el establecimiento de condiciones de referencia (apartado 3). Algunas de las **variables geomorfológicas** (porcentaje de suelo calcáreo, altitud, altitud máxima, pendiente de la cuenca vertiente, etc.) fueron empleadas como variables predictoras del modelo NORTI (apartado 4.2).

Se dispone de datos de composición y abundancia de **invertebrados bentónicos** para 1401 muestras (844 pertenecientes a la CH del Cantábrico y 548 a la CH del Miño-Sil) entre los años 2003 y 2008, proporcionados a la Universidad de Vigo por las Confederaciones Hidrográficas. Del mismo modo, se dispone de datos de composición y abundancia de **diatomeas bentónicas** (915 muestras, 577 pertenecientes a la CH del Cantábrico y 338 a la CH del Miño-Sil). La identificación de las especies de la campaña de 2003 se llevó a cabo por Luc Ector, del "Centre de Recherche Public – Gabriel Lippmann (Luxembourg)", y J. Cambra de la Universidad de Barcelona. El análisis de la campaña de 2004 fue realizado por Luc Ector y Cristina Delgado de la Universidad de Vigo. Las bases de datos posteriores de 2006 y 2007 fueron identificadas por Cristina Delgado de la Universidad de Vigo. El muestreo y posterior procesado de los invertebrados y diatomeas bentónicas en laboratorio se describen en el "Protocolo de muestreo de comunidades biológicas en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil (2010)".

VARIABLES DESCRIPTIVAS	Confederacion Hidrográfica
	Nombre del cauce
	Provincia
	Municipio
	Cuenca principal
	Comunidad autónoma
	Long (WGS84)
	Lat (WGS84)
	Tipologia A CEDEX
	Tipologia B CEDEX
	UTM X
	UTM Y
	Índice de Habitat Fluvial (IHF)
	Tipo de Intercalibracion
	Referencias
	Grupos NORTI inv
	Grupos NORTI diat

VARIABLES FISICO-QUIMICAS	Conductividad µS/cm
	Amonio mg N/L
	Nitritos mgN/L
	Nitratos mgN/L
	Oxígeno (O_2 % y O_2 disuelto)
	pH
	Fosfatos mg P/L
	Temperatura agua ºC

USOS DEL SUELO	Uso artificial
	Agricultura intensiva
	Agricultura baja intensidad
	Areas naturales-seminaturales

PRESIONES/IMPACTOS	Longitud canalizaciones /km2 cuenca
	Incorporacion desvíos hidroelectricos /km2 cuenca
	Densidad poblacion (año 2006)
	Número de presas totales
	Altura presas totales/km2 cuenca
	Vertidos urbano y piscifactorias (Habeq_km2 cuenca
	Industriales y peligrosada_Habeq_km2 cuenca
	EDAR_Habeq_km2 cuenca

VARIABLES GEOMORFOLÓGICAS	% Suelo calcareo
	Altitud máxima (m)
	Altitud (m)
	Pendiente vertientes (%)
	Pendiente del cauce (%)
	Area de la cuenca de drenaje (km^2)
	Precipitacion (mm)

Tabla 1. Variables disponibles en la base de datos

3 Condiciones biológicas de referencia en las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil

Las condiciones de referencia son un estado en el presente o en el pasado que corresponde a bajos niveles de presión e impacto antrópico, sin los efectos de la industrialización, urbanización e intensificación de la agricultura.
La definición de condiciones biológicas de referencia y las condiciones físico-químicas e hidromorfológicas acompañantes se da en la siguiente sección de la Directiva: Anexo II: "1.3 Establecimiento de las condiciones biológicas de referencia y otras condiciones para los tipos de masas de agua":

> *Para cada tipo de masa de agua superficial [...] se establecerán condiciones hidromorfológicas y fisicoquímicas específicas del tipo que representen los valores de los indicadores de calidad hidromorfológicos y fisicoquímicos [...] para ese tipo de masa de agua superficial en un muy buen estado ecológico [...]. Se establecerán condiciones biológicas de referencia específicas del tipo, de tal modo que representen los valores de los indicadores de calidad biológica [...] para ese tipo de masa de agua superficial en un muy buen estado ecológico […].*

3.1 Principios, criterios y métodos para el establecimiento de las condiciones biológicas de referencia y otras condiciones físico-químicas e hidromorfológicas acompañantes

Para poder establecer las condiciones biológicas de referencia y las condiciones abióticas acompañantes, es necesario identificar las condiciones que se encuentran en situaciones en las que la alteración antropogénica es de muy escasa importancia. Existen diversos métodos para identificar las condiciones de referencia, siendo los principales aquellos que se basan en condiciones reales de campo, y dan lugar a una red espacial de localidades de referencia, o los que infieren las condiciones de referencia por medio de técnicas de modelización o por una combinación de estas con la red espacial. Cuando no sea posible utilizar ninguno de estos métodos, los Estados miembros podrán recabar el asesoramiento de expertos para establecer dichas condiciones.

Se pueden utilizar diversas aproximaciones, citadas en el Anexo II (1.3) de la DMA, para establecer las condiciones de referencia y las condiciones abióticas acompañantes:

- **Enfoque espacial**: Se basa en la creación de una red espacial de referencias para cada tipo de masa de agua. Dicha red contendrá un número suficiente de localidades con escaso impacto antrópico y que, por tanto, se presuponen en un estado ecológico óptimo; con objeto de proporcionar las características biológicas, físico-químicas e

hidromorfológicas que corresponden a la denominada "condición de referencia" de dicho tipo de masa de agua. Este enfoque es apropiado cuando el volumen de datos es amplio y se tiene la certeza de que han sido recogidos en lugares muy poco afectados por la degradación humana.

- **Modelado**: Se utilizan datos históricos y paleoecológicos para predecir cuál sería la composición de las comunidades biológicas y las características ambientales asociadas en condiciones de mínimo impacto antrópico. El nivel de confianza de las predicciones debe ser suficiente para garantizar que las condiciones de referencias sean válidas. Esta metodología puede ser usada cuando los datos son escasos y, por tanto, sea necesario construir modelos estadísticos predictivos.

- **Juicio de expertos**: Las condiciones de referencia se establecen en base a conceptos ecológicos y opiniones de conocedores en la materia. Debido a su subjetividad, este método es adecuado sólo cuando no sea posible utilizar ninguna de las dos aproximaciones anteriores.

3.2 Identificación de una red espacial de referencia en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico mediante el análisis de presiones antrópicas

Para poder identificar adecuadamente las condiciones de referencia en una red espacial, es necesario garantizar que las presiones antrópicas existentes en cada punto de la red espacial son nulas o con un efecto insignificante en la comunidad biológica. Para ello es necesario evaluar dichas presiones en todas las localidades que podrían ser incluidas en la red de referencias. Posteriormente, es necesario verificar que no haya indicios de que la comunidad biológica haya sido afectada por alguna presión no considerada en la evaluación.

Las variables indicadoras de presión humana incluyen medidas de usos del suelo, vertidos de origen puntual, alteraciones hidromorfológicas, etc. Estos datos de presiones han sido recopilados por las Confederaciones Hidrográficas y están siendo utilizados en la elaboración de los planes de cuenca. Los datos sobre los usos del suelo en las cuencas fluviales se obtienen de la cartografía CORINE (Coordination of Information on the Environment, Land Cover 2000), y las observaciones basadas en ribera fluvial se han extraído de observaciones de campo y examen de fotografías aéreas.

La red de estaciones de referencia para las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil se estableció en base a los siete grupos de presiones significativas del Anexo II de la DMA: fuentes de contaminación puntual, fuentes de contaminación difusa, extracciones de agua, regulaciones de agua, alteraciones hidromorfológicas, usos del suelo y otras incidencias antropogénicas.

En general, se han aplicado los criterios de presiones desarrollados por el Grupo Geográfico de Intercalibración (GIG) europeo de ríos Centrales/Bálticos (Anexo 3 y 4 en van de Bund, 2009),

basados en la guía REFCOND (Comisión Europea, 2003c) de la Estrategia Común de Implementación (CIS) de la DMA. Sin embargo, los umbrales de usos del suelo se adaptaron a las condiciones particulares de las cuencas del Norte, que presentan en general un buen estado de conservación, y al tamaño de la cuenca de drenaje a la localidad, considerando así de forma especial los ríos pequeños (10 - 100 km^2) frente al resto. Esto es debido a que los ríos pequeños son más sensibles a la actividad humana que los ríos de mayor tamaño, ya que el mayor volumen de agua de estos últimos hace que su capacidad de amortiguación de impactos sea mayor que la de ríos menos caudalosos. Los criterios de presión que debe cumplir una localidad para ser considerada de referencia son:

- Usos del suelo:
    - Ríos pequeños (ver Tabla 2):
        - Uso artificial del suelo nulo (0%)
        - Porcentaje de suelo agrícola menor del 25%
    - Ríos medianos y grandes (ver Tabla 2):
        - Uso artificial del suelo inferior al 0.6%
        - Dominancia de "agricultura no intensiva" incluyendo espacios de usos naturales y seminaturales
        - Porcentaje de uso agrícola menor al 25% en general. Cuando los valores de agricultura intensiva (criterios de referencia usados en el GIG de ríos CB) están comprendido entre el 20 y el 50%, es necesario verificar la ausencia de impacto antrópico con la composición físico-química del agua
- No existen actividades forestales ni agropecuarias
- Ausencia de presas o azudes en ríos pequeños
- Ausencia de vertidos orgánicos/depuradoras en el caso de ríos pequeños y, para el resto de los ríos, ausencia de otro tipo de vertidos
- Ausencia de alteraciones longitudinales y transversales en el cauce
- Ausencia de reducción o regulación de caudal en la cuenca de drenaje (presencia de presas o minicentrales)
- La ribera no ha sido alterada significativamente y mantiene su conectividad lateral con masas arbóreas adyacentes
- No existe introducción de especies invasoras

- No existe repoblación piscícola

- Las Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y las concentraciones de oxígeno disuelto, nitrato, amonio y fosfatos se encuentran en rangos normales para aguas naturales, siguiendo los umbrales químicos propuestos dentro del GIG de ríos Centrales/Bálticos (Anexo 4 en van de Bund, 2009)

	Usos del suelo		**Vegetación de ribera**	**Físico-química**		**Elementos biológicos**
	Zonas artificiales	Zonas agrícolas		Fostato	Nitrato	
Ríos pequeños	0%	< 25%	Continuidad ribera terrestre	Niveles naturales		Juicio de experto
Rios medianos y grandes	< 0.6%	***Agricultura no intensiva:*** Predominante, incluyendo usos naturales y seminaturales ***Agricultura intensiva:*** < 25% (niveles 20-50% requieren verificación fisico-química)	Continuidad ribera terrestre Bosques aluviales extensos y bien conservados			

Tabla 2. Criterios *a priori* que cumplieron las localidades de la red espacial de referencias de los ríos que pertenecen a las Demarcaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico.

Además, todas las localidades de referencia seleccionadas siguiendo los criterios mencionados anteriormente se contrastaron con las comunidades biológicas de invertebrados y diatomeas para comprobar, mediante juicio de experto, la posible existencia de algún tipo de presión no evaluado que estuviera afectando a la biota.

El resultado de este proceso ha sido el establecimiento de una red potencial de 108 localidades de referencia para las Demarcaciones del Miño-Sil y Cantábrico (Anexo I).

4 Sistemas de evaluación del estado ecológico de los ríos de las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil

Se proporcionan dos sistemas alternativos para la evaluación del estado ecológico de los ríos: un sistema de índices multimétricos, válido sólo para los ríos que pertenecen a alguno de los tipos especificados para la Intercalibración europea, y el sistema de indicadores del Norte de España (NORTh Spanish Indicators system -NORTI-), desarrollado específicamente para los ríos de las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil y que, por tanto, es aplicable a cualquier río de dichas confederaciones. El sistema de índices multimétricos ha sido intercalibrado a nivel europeo mientras que el sistema NORTI está en fase de Intercalibración.

4.1. Índices multimétricos

Los índices multimétricos han sido desarrollados para los tipos de ríos establecidos en el ejercicio de intercalibración europeo. En el caso de los invertebrados, se ha elaborado un índice para cada uno de los cinco tipos de ríos existentes en el norte de España (RC2, RC3, RC4, RC5 y RC6). Estos índices multimétricos han sido desarrollados de forma específica para los ríos del norte de España, por lo que reflejan las características singulares de los ríos de esta región. Además, el sistema de evaluación del estado ecológico resultante de la aplicación de estos métricos ha sido intercalibrado en el ejercicio europeo en el ámbito del Grupo de Intercalibración Geográfico de ríos Centrales/Bálticos (GIG CB).

4.1.1. Índices multimétricos específicos del tipo de invertebrados bentónicos en ríos (código: METI-2014)

El cálculo del índice multimétrico de invertebrados en ríos (METI-2014) se aplica en la explotación de las redes oficiales de evaluación del estado/potencial ecológico en cumplimiento de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, que explotan las Confederaciones Hidrográficas, bien directamente o a través de contratos de servicios. El índice multimétrico se aplica a las muestras tomadas mediante el protocolo de muestreo y laboratorio de invertebrados bentónicos en ríos vadeables (ML-Rv-I-2014) en las masas de agua de la categoría ríos y en las masas de agua artificiales o muy modificadas asimilables a ríos.

El índice multimétrico descrito en este protocolo es aplicable a los tipos de masas de agua RC2, RC3, RC4, RC5 y RC6 (Tipos CEDEX B 21, 22, 23, 25, 28, 29, 30, 31 y 32). La correspondencia de las muestras estudiadas, entre los tipos CEDEX B y los tipos de intercalibración se muestra en la siguiente tabla:

Cuenta de TIPOLOGIA B CEDEX		Tipo IC				
Tipo CEDEX B	Nombre tipo CEDEX B	**RC2**	**RC3**	**RC4**	**RC5**	**RC6**
21	Ríos cántabro-atlánticos silíceos	54	304	32		116
22	Ríos cantabro-atlánticos calcáreos	7	1	6		97
23	Ríos vasco-pirenaicos	9	5			30
25	Ríos de montaña húmeda silícea		56			11
26	Ríos de montaña húmeda calcárea					8
27	Ríos de alta montaña					
28	Ejes fluviales principales cántabro-atlánticos silíceos	1		31	57	
29	Ejes fluviales principales cantabro-atlánticos calcáreos			10	6	
30	Ríos costeros cántabro-atlánticos	33	3	4		78
31	Pequeños ejes cántabro-atlánticos silíceos	5	3	112		
32	Pequeños ejes cantabro-atlánticos calcáreos			17		26

Siendo la correspondencia definitiva entre tipos de intercalibración y nacionales de ríos la siguiente:

INVERTEBRADOS	
Tipos nacionales de la categoría ríos	**Tipos de Intercalibración (IC)**
30	RC2
21 y 25	RC3
29, 31 y 32	RC4
28	RC5
22 y 23	RC6

En la siguiente tabla se especifican los métricos componentes del multimétrico, aplicables a cada masa de agua siguiendo la tipología de intercalibración europea (RC2, RC3, RC4, RC5 y RC6).

MULTIMÉTRICO APLICABLE A CADA TIPO DE MASA DE AGUA						
Métricos		**Tipo intercalibración europea de la categoría ríos**				
		RC2	**RC3**	**RC4**	**RC5**	**RC6**
Riqueza	Número de familias	x		x	x	x
	Número de familias EPT	x	x	x		x
	Número de familias PT				x	
	Número de familias sensibles	x	x			
Porcentaje	Porcentaje de familias sensibles	x	x			
	Porcentaje de 3 taxones dominantes	x	x			
	Porcentaje de 6 taxones dominantes			x	x	x
	Porcentaje de Oligochaeta	x		x		x
Abund.	Abundancia de clases familias EPT		x	x		x
	Abundancia de PT	x				
BC	Índice de disimilitud de Bray – Curtis	x	x		x	
d	Diversidad de Margalef			x	x	x

Tabla 3. Multimétricos aplicables según el tipo de intercalibración.

Objetivo

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

Por lo tanto, el objetivo de este apartado es establecer un método de cálculo del índice multimétrico de invertebrados en ríos, de forma que el suministro de información sea de calidad y de comparabilidad científica equivalente entre las Demarcaciones Hidrográficas, garantizando de este modo el cumplimiento de los requisitos mencionados anteriormente.

Normativa de Referencia

- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas
- RD Legislativo 1/2001 por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas
- RD 907/2007 por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica
- Orden MAM/3207/2006 por la que se aprueba la ITC-MMA.EECC-1/06 Instrucción técnica complementaria sobre determinaciones químicas y microbiológicas para el análisis de las aguas
- Orden ARM/2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica
- Orden MAM/985/2006 por la que se desarrolla el régimen jurídico de las entidades colaboradoras de la administración hidráulica en materia de control y vigilancia de calidad de las aguas y de gestión de los vertidos al dominio público hidráulico

Determinación y cuantificación del índice multimétrico específico del tipo

El procedimiento para el cálculo del índice multimétrico específico del tipo, requiere la identificación previa de los diferentes taxones recogidos y la determinación de las abundancias de cada uno de ellas, mediante el protocolo de muestreo y laboratorio de invertebrados en ríos vadeables (ML-Rv-I-2010). Una vez identificados los taxones y determinadas sus abundancias (nº individuos), se procede al cálculo de cada uno de los métricos que integran el índice multimétrico específico del tipo al que corresponda la masa de agua. Posteriormente deben integrarse los métricos en el índice multimétrico específico del tipo que corresponda, tal y como se especifica en este informe.

4.1.2. Procedimiento específico para cada una de las métricas que integran el multimétrico

A continuación se indica el procedimiento de cálculo para cada una de los métricos que integran el índice multimétrico de cada uno de los tipos. Los métricos se calculan usando el nivel taxonómico de identificación de familia, excepto para los niveles superiores Oligochaeta y Acariformes.

Métricos de riqueza:

- **Número de familias**. Suma del número total de familias y niveles superiores[1] presentes en la muestra.
- **Número de familias EPT**. Suma del número de familias de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera**.**
- **Número de familias PT**. Suma del número de familias de los órdenes Plecoptera y Trichoptera.
- **Número de familias sensibles.** Suma del número de familias sensibles presentes en cada muestra. Las familias sensibles varían en función del tipo de masa de agua al que pertenezca la muestra que se quiere evaluar. A continuación se ofrece un listado con las familias sensibles aplicables a cada tipo de masa de agua. Tal y como queda reflejado en la tabla, el métrico número de familias sensibles sólo es aplicable a los tipos RC2 y RC3 según la tipología de intercalibración europea (Tabla 3).

Métricos de porcentaje:

- **Porcentaje del número de familias sensibles.** Suma del número de familias sensibles presentes en cada muestra respecto al número de familias total en la muestra (porcentaje del número de familias). Las familias sensibles son las especificadas en las tablas 3a y 3b.
- **Porcentaje de los 3 taxones dominantes.** Suma de la abundancia relativa (porcentaje del número de individuos) de los 3 taxones de invertebrados bentónicos dominantes respecto a la abundancia total de la muestra.
- **Porcentaje de los 6 taxones dominantes.** Suma de la abundancia relativa (porcentaje del número de individuos) de los 6 taxones de invertebrados bentónicos dominantes respecto a la abundancia total de la muestra.

[1] Solo para Oligochaeta y Acariformes para los que todas sus familias contabilizan máximo 1 para cada uno

- **Porcentaje de Oligochaeta.** Porcentaje de los individuos pertenecientes a la clase Oligochaeta respecto a la abundancia total de individuos en la muestra.

Familias de invertebrados sensibles	CÓDIGO	Tipo intercalibración de la categoría de ríos	
		RC2	RC3
Aphelocheiridae	*APH001FAMI*	x	
Athericidae	*ATH001FAMI*	x	
Brachycentridae	*BRA006FAMI*	x	x
Dixidae	*DIX001FAMI*		x
Dugesiidae	*DUG001FAMI*	x	
Elmidae	*ELM001FAMI*	x	
Empididae	*EMP001FAMI*		x
Ephemerellidae	*EPH002FAMI*	x	
Heptageniidae	*HEP001FAMI*	x	x
Hydropsychidae	*HYD006FAMI*	x	
Leuctridae	*LEU004FAMI*	x	
Limoniidae	*LIM005FAMI*		x
Nemouridae	*NEM001FAMI*	x	x
Perlidae	*PER004FAMI*		x
Perlodidae	*PER006FAMI*	x	x
Philopotamidae	*PHI001FAMI*		x
Psychomyiidae	*PSY002FAMI*	x	
Scirtidae	*SCI001FAMI*		x
Ueonidae	*UEN001FAMI*	x	

Tabla 3. Listado de familias pertenecientes a las especies sensibles (ordenada por orden alfabético) para los tipos de intercalibración europea de la categoría ríos.

Métricos de abundancia:

- **Abundancia relativa de clases de familias EPT.** Previamente al cálculo y para obtener este métrico, las abundancias (nº de individuos) de todas las familias existentes en la muestra deben codificarse teniendo en cuenta la siguiente escala:

Clases de abundancia	Nº de individuos en la muestra
0	$n = 0$
1	$0 < n < 2.5$
2	$2.5 \leq n < 10.5$
3	$10.5 \leq n < 30.5$
4	$30.5 \leq n < 100.5$
5	$100.5 \leq n < 300.5$
6	$300.5 \leq n < 1000.5$
7	$1000.5 \leq n$

Una vez codificadas todas las abundancias, se procede con el cálculo del métrico, que resulta de dividir la suma de las clases de abundancia de las familias correspondientes a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) por la suma de las clases de abundancia de todos los taxones de la muestra.

- **Abundancia de PT.** Suma del número de individuos de los órdenes Plecoptera y Trichoptera.

Índices:

- **Índice de disimilitud de Bray – Curtis.** Expresa la diferencia entre la composición de taxones de las muestras que pertenecen a localidades de referencia y cualquier muestra con la que queramos compararlas. Este índice se obtiene con el siguiente algoritmo:

$$D_{BC} = 1 - \left(\frac{\sum_{i-1}^{S} \left| x_{ij} - x_{ik} \right|}{\sum_{i-1}^{S} \left[x_{ij} + x_{ik} \right]} \right) * 100$$

Donde:
D_{BC} = medida de disimilitud Bray-Curtis entre las muestras j y k (expresada como porcentaje)
x_{ij}= número de individuos de la especie i en la muestra j
x_{ik}= número de individuos de la especie i en la muestra k
S = número de taxones

El índice de disimilitud de Bray-Curtis sólo se aplica a los tipos RC2, RC3 y RC5 según la tipología de intercalibración europea, o a los tipos 21, 25, 28 y 30 según la tipología nacional de la categoría ríos. En la tabla del anexo 1 se presentan los valores de las medianas de las abundancias de las comunidades biológicas-tipo de referencia para cada uno de los tipos en los que se aplica este métrico.

- **Índice de Diversidad de Margalef**

$$d = S - 1 \,/\, \ln(N)$$

Donde:
S = número de taxones
N = número total de individuos en la muestra

4.1.3. Procedimiento de combinación de los métricos en índices multimétricos específicos del tipo

La combinación de los distintos métricos para el cálculo de los índices multimétricos específicos de cada tipo deberá realizarse en dos pasos según el procedimiento descrito a continuación:

1) **Transformación** (sólo en aquellos métricos que sea necesario). La transformación se aplica a métricos de abundancia absoluta o porcentajes:

   - A todos los métricos que expresen datos de abundancia absoluta[2] se les aplicará una **transformación** logarítmica mediante $\log_{10}(x+1)$.
   - Los métricos en forma de abundancia relativa o **porcentaje**[3] deben ser expresados **en tanto por uno**.

[2] Abundancia de familias PT
[3] %Oligochaeta, % familias EPT, % 3/6 taxones dominantes, % familias sensibles y el índice de disimilitud de Bray-Curtis

- Además, todos aquellos métricos[4] con una respuesta creciente respecto a los gradientes de presión, deben **invertirse** antes de poder integrarse en el multimétrico. Para ello se transformarán mediante a 1 - métrico.

2) **Estandarización**. Es el paso previo a la suma de los métricos. Permite asignar a cada métrico valores comparables (entre 0 y >1), mediante la división del valor del métrico observado en la muestra test (ya transformado y/o invertido) por el valor del métrico esperado de la mediana de la referencia (también transformado y/o invertido según corresponda), para cada tipo de río. En las tablas 4a y 4b se facilitan los valores de referencia para cada uno de los métricos componentes de los multimétricos.

MEDIANAS DE LAS MUESTRAS DE REFERENCIA						
Métricos		Tipo Intercalibración				
		RC2	RC3	RC4	RC5	RC6
Riqueza	Nº Familias	33.0		35.5	39.0	32.0
	Nº EPT	16.5	16.0	17.0		15.0
	Nº PT				11.0	
	Nº Familias Sensibles	8.0	7.0			
Porcentaje	% Familias sensibles	0.2457	0.2000			
	% Abundancia 3 Familias Dominantes	0.5677	0.5689			
	% Abundancia 6 Familias Dominantes			0.7439	0.7988	0.8029
	% Abundancia Oligoquetos	0.0078		0.0202		0.0037
Abund.	Abundancia relativa clases EPT		0.5345	0.5097		0.5098
	Abundancia de PT	871.5000				
BC	Indice BrayCurtis	59.3747	51.1510		52.4660	
d	Diversidad de Margalef			4.0376	4.2789	3.7125

Tabla 4a. Valores de referencia (sin transformar) para cada uno de los métricos componentes de los 5 multimétricos de los tipos intercalibrados en el Norte de España para el futuro Plan Hidrológico.

MEDIANAS DE LAS MUESTRAS DE REFERENCIA						
Métricos		Tipo Intercalibración				
		RC2	RC3	RC4	RC5	RC6
Riqueza	Nº Familias	33.0		35.5	39.0	32.0
	Nº EPT	16.5	16.0	17.0		15.0
	Nº PT				11.0	
	Nº Familias Sensibles	8.0	7.0			
Porcentaje	% Familias sensibles	0.2457	0.2000			
	% Abundancia 3 Familias Dominantes	0.4323	0.4311			
	% Abundancia 6 Familias Dominantes			0.2561	0.2012	0.1971
	% Abundancia Oligoquetos	0.9922		0.9798		0.9963
Abund.	Abundancia relativa clases EPT		0.5345	0.5097		0.5098
	Abundancia de PT	2.9408				
BC	Indice BrayCurtis	0.5937	0.5115		0.5247	
d	Diversidad de Margalef			4.0376	4.2789	3.7125

Tabla 4b. Valores de referencia transformados para cada uno de los métricos componentes de los 5 multimétricos de los tipos intercalibrados en el Norte de España para el futuro Plan Hidrológico.

[4] %Oligochaeta, % 3/6 taxones dominantes

Una vez realizados estos procedimientos, los métricos seleccionados se suman, obteniéndose el valor del **multimétrico**.

El estado ecológico de las muestras analizadas en cada tipo, en función de la composición de invertebrados, se expresa mediante un EQR (Ecological Quality Ratio), que se obtiene dividiendo el valor del multimétrico obtenido para la muestra test, por la mediana del valor del multimétrico en las muestras de referencia del tipo. En la siguiente tabla se facilitan estos valores de referencia para cada tipo:

Mediana del multimétrico para las referencias	
Tipo Intercalibración	**Multimetrico IC**
RC2 (n=16)	7.8174
RC3 (n=77)	5.9643
RC4 (n=30)	5.9032
RC5 (n=13)	4.9356
RC6 (n=41)	5.8442

Tabla 5. Valor de la mediana de referencia del multimétrico para las comunidades de invertebrados para cada uno de los tipos intercalibrados del Norte (RC2, RC3, RC4, RC5 y RC6, y el número de muestras utilizado en su cómputo).

4.1.4. Límites entre clases de estado ecológico: Índices multimétricos

En el ejercicio del Intercalibración se establecieron los valores de los índices multimétricos que discriminaban las diferentes clases de estado ecológico. Los cortes resultantes son Muy Bueno/Bueno=0.93; Bueno/Moderado= 0.70; Moderado/Deficiente = 0.50 y Deficiente/Malo= 0.25 (Orden ARM/2656/2008).

4.2. Sistema de indicadores del Norte de España (NORTh Spanish Indicators system –NORTI)

Para establecer un sistema de clasificación del estado ecológico válido para todos los tipos de ríos de las CHC y CHM-S, es necesario elaborar una tipología específica para estas cuencas. Para ello se han usado las comunidades biológicas que habitan las localidades definidas como de referencia, lo que garantiza que esta clasificación tenga un fundamento ecológico. Sin embargo, para cumplir con la DMA, es necesario poder establecer los tipos de ríos a partir de variables ambientales, por lo que se ha establecido, mediante modelos predictivos, la relación entre estos tipos biológicos y variables abióticas. De esta forma, se pueden usar los modelos predictivos para, en base a descriptores fisiográficos, asignar cualquier punto de la red espacial de ríos a una asociación biológica de referencia y, por tanto, un tipo de río en particular.

El estado ecológico de cualquier punto de la red fluvial asignado a un tipo se calcula como la similitud existente entre la asociación biológica del punto y la asociación biológica de referencia, calculada a partir de la mediana de las abundancias de los taxones en las localidades de referencia. Existen dos formas de calcular el estado ecológico, en base al cómputo automático de la distancia resultante de la ordenación del punto en el espacio frente

a las localidades de referencia, o mediante el cómputo del índice de similitud de Bray-Curtis entre el punto y la asociación biológica de referencia del tipo.

La evaluación del estado ecológico en base a las comunidades de diatomeas e invertebrados bentónicos comprende los parámetros biológicos especificados en las definiciones normativas de la DMA: diversidad ecológica (índice de diversidad beta de Bray-Curtis), riqueza y abundancia de los taxones, y la relación entre taxones sensible y tolerantes, que viene dada por los taxones que componen la comunidad de referencia biológica de cada tipo de río.
La metodología para la identificación de tipos de asociaciones biológicas y su predicción a partir de variables ambientales así como el procedimiento para el cálculo del índice de calidad ecológico (EQR) constituyen el Sistema de Indicadores del Norte de España (*NORTh Spanish Indicators system* [NORTI]).

4.2.1. Tipología de los ríos según la Directiva Marco del Agua: Consideraciones teóricas

a. Los dos pasos de la identificación y tipificación de los tipos de ríos

La tipificación de las masas de agua superficial propuesta por la Directiva Marco del Agua (DMA, 2000/60/EC) sirve para diferenciar los ecosistemas acuáticos según sus características físicas, geográficas, geológicas e hidrológicas. No existe una tipología general para toda Europa porque es necesario que recoja las condiciones naturales específicas (biológicas, hidromorfológicas y físico-químicas) de la región/demarcación en la que se va a aplicar. De esta forma se asegura que se pueda aplicar el principio científico de "comparación de entidades iguales con entidades iguales" (comparar *like-with-like).*
La tipificación se hace en dos pasos:

1. En primer lugar se clasifican las aguas superficiales en una de las cuatro categorías especificadas por la DMA (río, lago, agua de transición y agua costera).

2. Se diferencia cada categoría de agua en sus tipos de masas de agua en función de los descriptores de las dos tipologías A y B establecidas en el Anexo II de la DMA.

El número de tipos de masas de agua puede variar sustancialmente entre regiones, dependiendo de la complejidad de las condiciones geográficas, geológicas e hidrológicas. La asignación de una masa de agua a un tipo ha de ser inequívoca, de forma que una masa de agua no pueda ser adscrita a dos tipos o categorías de agua diferentes. La tipología debe basarse en descriptores de carácter físico y químico, en particular de carácter geográfico, geológico e hidrológico. No se utilizan descriptores de carácter biológico o ecológico. No obstante, las recomendaciones de la estrategia común de la aplicación de la DMA subrayan la importancia de diferenciar tipos de masas de agua con relevancia ecológica. De esta forma se presupone que los factores físicos y químicos determinan las características de cada masa de agua y, por ende, la estructura y la composición de sus asociaciones biológicas. En consecuencia, se recomienda la evaluación de la relevancia ecológica de los tipos diferenciados.

b. Las tipologías A y B: Descriptores fundamentales

La DMA permite elegir entre dos sistemas de tipificación (sección I del Anexo II).

- El **sistema A** se basa en regiones ecológicas y establece valores concretos para una serie de descriptores físicos. De esta forma, el sistema A representa un sistema predeterminado y armonizado. Los descriptores del sistema A de la categoría de ríos son: región ecológica, posición en función de la altitud, tamaño en función de la superficie de la cuenca de alimentación y geología. De estos, se establecen límites fijos para las clases de altitud y de tamaño de cuenca de drenaje (Tabla 6).

- El **sistema B** permite más flexibilidad en la definición de los parámetros a medir (unos son obligatorios y otros optativos), y no impone valores numéricos concretos. Por tanto, este sistema presenta ventajas de aplicación respecto al sistema A y por eso suele ser más usado. Sin embargo, el aplicar el sistema B a nivel nacional no exime de la necesidad de aplicar el sistema A para poder afirmar que los resultados son comparables a nivel europeo. A esta comparación de los dos sistemas de clasificación se la denomina "calibración del sistema B". Este sistema de clasificación comprende básicamente los mismos grupos de descriptores que el sistema A: la región ecológica ha sido sustituida por las coordenadas geográficas, no se prescriben ni las clases de altitud ni el tamaño de cuenca con valores o límites predeterminados, y no se prescribe la geología en formaciones específicas. Además se incluyen como descriptores optativos parámetros como la distancia al nacimiento, la concentración de cloruros o la precipitación, entre otros. En general, estos descriptores se fundamentan en un sólido conocimiento ecológico de la selección de hábitat realizada por especies acuáticas, tanto de flora como de fauna, permitiendo así una mejor aproximación a la continuidad física e hidromorfológica de la cuenca hidrológica (Vannote et al., 1980).

Descriptores sistema A		Descriptores sistema B	
Región ecológica	Regiones ecológicas que aparecen en el mapa A del anexo XI	**Caracterización alternativa**	Factores físicos y químicos que determinan las características del río o parte del río y, por ende, la estructura y composición de la comunidad biológica
Tipo	**En función de la altitud:** alto: > 800 m medio: 200 a 800 m bajo: < 200 m **En función del tamaño de la cuenca de drenaje** pequeño: 10 a 100 km^2 mediano: > 100 a 1000 km^2 grande: > 1000 a 10 000 km^2 muy grande: > 10 000 km^2 **Geología:** calcáreo silíceo orgánico	**Factores obligatorios**	altitud latitud longitud geología tamaño
		Factores optativos	distancia desde el nacimiento del río forma del valle forma y configuración del cauce principal anchura media del cauce profundidad media del cauce pendiente media del cauce categoria según la aportación fluvial (caudal) energía de flujo (en función del caudal y de la pendiente) transporte de sólidos composición media del sustrato capacidad de neutralización de ácidos cloruros precipitaciones temperatura media del aire oscilación de la temperatura del aire

Tabla 6. Criterios de la DMA para establecer las tipologías de ríos mediante los sistemas A y B.

4.2.2. Metodología para la identificación de los tipos de ríos en función del sistema B de clasificación: El caso de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico

Para establecer la tipología de los ríos del Norte de España (Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico) se desarrolló una metodología que garantizara la relevancia ecológica de los tipos identificados. En primer lugar, se identificaron las diferentes asociaciones biológicas existentes en la red de localidades de referencia. Para ello se aplicaron técnicas multivariantes (NMDS, ANOSIM, algoritmo de agrupamiento [*cluster*]) basadas en datos de composición y abundancia de los **elementos biológicos** (invertebrados y diatomeas bentónicos, véanse los protocolos 1 y 2 del cuaderno "Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico" para más información sobre la toma de datos de estos elementos biológicos) recogidos durante las campañas de muestreo realizadas entre los años 2000 y 2008. Posteriormente, se estableció, mediante modelos predictivos, la relación entre estas asociaciones y los descriptores obligatorios del sistema A y los opcionales, tanto **cartográficos como geomorfológicos,** del sistema B (e.g., variables litológicas, hidrológicas o climáticas, véase Tabla 7). Estos modelos predicen la probabilidad que tiene una localidad concreta de pertenecer a cada tipo de asociación biológica (de invertebrados o de diatomeas, según corresponda), siendo adscrita al tipo que presenta una mayor probabilidad. De esta forma, a

partir de los descriptores abióticos es posible elaborar una tipología de ríos que refleje las diferencias en asociaciones biológicas.

Para la construcción de los modelos se usó tan sólo una muestra por localidad de referencia tomada el primer verano/año en que la localidad fue muestreada. Las muestras de referencia cubren varios años, ya que se incrementaron las localidades de muestreo a lo largo del tiempo. Finalmente, los modelos incluyeron muestras recogidas en los años 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008.

TIPO	VARIABLE	UNIDAD
CARTOGRÁFICAS	Área de cuenca de drenaje	km^2
	Porcentaje de suelo calcáreo en la cuenca	%
	Altitud media del área que drena a cada subcuenca	msnm
	Altitud máxima	msnm
	Pendiente media del cauce	%
	Pendiente de la cuenca de drenaje	%
CLIMÁTICAS	Precipitación anual	mm
GENERALES	UTM X (ED 1950, Huso 30)	m
	UTM Y (ED 1950, Huso 30)	m

Tabla 7. Variables cartográficas y geomorfológicas seleccionadas para elaborar los modelos predictivos de los tipos de ríos definidos por las comunidades biológicas de la red espacial de localidades de referencia.

a. Identificación de los diferentes tipos de asociaciones biológicas en la red espacial de localidades de referencia

Para identificar las distintas asociaciones de diatomeas e invertebrados en los ríos se utilizaron técnicas de clasificación multivariante. Los parámetros biológicos usados son los datos de abundancia de cada familia de invertebrados o de cada especie de diatomeas para cada localidad de la red potencial de referencias. Las muestras de referencia se agruparon aplicando un algoritmo de agrupamiento aglomerativo (*Group-average agglomerative clustering* o GAAC) sobre una matriz de similitud que, mediante el índice de Bray-Curtis, representa la semejanza en composición faunística/florística entre cada par de localidades. La identificación de las diferentes asociaciones biológicas se realizó mediante inspección visual de la representación gráfica del agrupamiento, estableciendo los grupos a distintos niveles de similitud. Con el objeto de asegurar que las asociaciones biológicas (grupos) identificadas estén lo suficientemente representadas y poder describirlas de forma apropiada, se recomienda que se considere un número mínimo de muestras por grupo (Reynoldson y Wright, 2000). Por ello, los grupos con un número igual o menor a nueve no fueron considerados en posteriores análisis. La consistencia de los grupos se verificó mediante un análisis de similitud (*Analysis of similarity* o ANOSIM) observando en paralelo la representación gráfica de los mismos en una ordenación espacial NMDS (*Non-Metric Multi-Dimensional Scaling*), ambos basados en el índice de Bray-Curtis. El NMDS muestra visualmente las similitudes en la composición de las muestras. Todos los análisis se realizaron con el programa PRIMER v.6 (Clarke y Gorley, 2006).

a.1 Tipos de asociaciones biológicas en base a la comunidad de invertebrados

La comunidad de invertebrados presente en las Demarcaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico está formada por 96 taxones de invertebrados (la mayor parte de estos taxones se corresponden con el nivel de familia). De estas, las más comunes fueron los quironómidos, élmidos, baétidos, léuctridos e hydropsíchidos, que aparecieron en más del 85% de las muestras. Las familias más abundantes fueron los quironómidos (con un promedio por muestra de 1317 ± 56 [S.D.] individuos), seguido de los baétidos (578 ± 37 [S.D.] ind.) y élmidos (515 ± 24 [S.D.] ind.).

La clasificación de la comunidad de invertebrados según el algoritmo de agrupamiento GAAC identificó nueve grupos de más de una localidad de referencia con niveles de similitud inferiores al 60% (los cortes se establecieron en valores entre 56 y 60%). Dos localidades presentaron una posición aislada y se eliminaron. Cuatro grupos estuvieron constituidos por un número comprendido entre tres y cinco muestras y, por ello, no fueron considerados en posteriores análisis, dando lugar así a una red de referencias para invertebrados de 91 localidades. El ANOSIM realizado con los cinco grupos resultantes tuvo una R global de 0.635, siendo todos los grupos significativamente diferentes entre sí (Tabla 8). La ordenación NMDS muestra la distribución espacial de las localidades correspondientes a las cinco asociaciones biológicas resultantes (Figura 1).

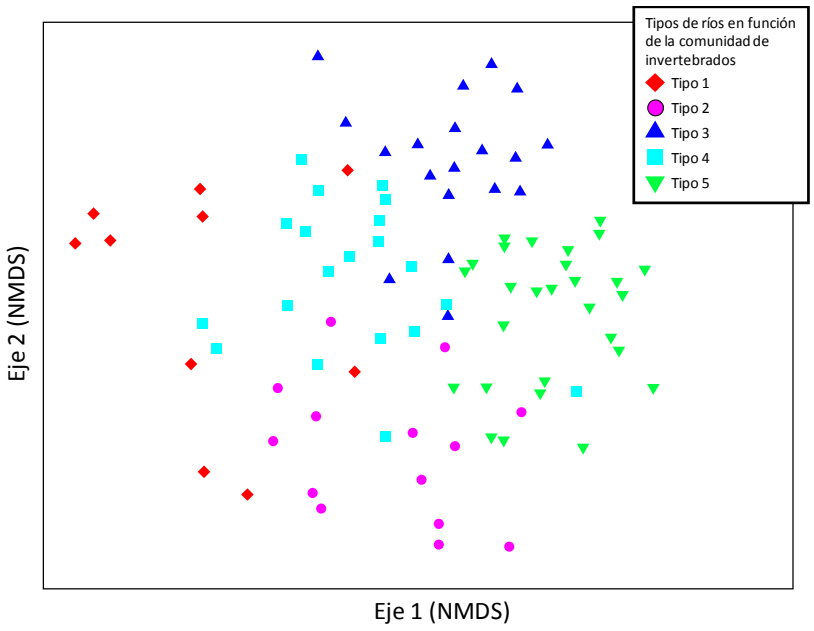


Figura 1. Ordenación NMDS (estrés = 0.25) de las localidades de referencia en base a la similitud en su composición de invertebrados bentónicos. Se representan los cinco grupos identificados en la clasificación.

Se realizó un análisis para estimar la contribución de cada taxón a las diferencias entre grupos (análisis SIMPER), que mostró que las familias Ancylidae, Caenidae, Ephemerellidae, Gammaridae, Hydrobiidae, Leptophlebiidae, Nemouridae, Planariidae, Sphaeriidae y la clase Oligochaeta son las que más contribuyen a la disimilitud entre asociaciones biológicas y, por tanto, las que representan las condiciones biológicas características de cada una. La riqueza de

especies es muy similar entre los grupos (Tabla 8) aunque la abundancia de cada taxón dominante es muy diferente (Figura 2).

% Similitud (ANOSIM R)

	Tipo 1	**Tipo 2**	**Tipo 3**	**Tipo 4**	**Tipo 5**
Tipo 1		53.78 *(0.631)*	53.07 *(0.784)*	56.39 *(0.607)*	50.13 *(0.917)*
Tipo 2			54.47 *(0.69)*	56.77 *(0.573)*	56.97 *(0.702)*
Tipo 3				59.28 *(0.422)*	59.20 *(0.569)*
Tipo 4					58.29 *(0.636)*
Tipo 5					

Tabla 8. Porcentaje de similitud entre tipos de asociaciones biológicas de invertebrados (análisis SIMPER) y correspondiente valor de R del análisis ANOSIM, entre paréntesis, indicativo de la consistencia de la separación. Todos los análisis ANOSIM son significativos ($p < 0.001$).

	Tipo 1	**Tipo 2**	**Tipo 3**	**Tipo 4**	**Tipo 5**
Nº muestras	**10**	**14**	**19**	**20**	**28**
Similitud intra-grupo %	61.11	60.53	63.05	63.33	66.27
Riqueza grupo	75	73	76	77	66
Nº taxa contribuyendo al 75% de similitud intra-grupo	16	12	18	17	12

Tabla 9. Características bióticas de cada tipo de asociación biológica de invertebrados, en función de las muestras de referencia. También se muestra el número de taxones que contribuyen a la similitud intra-grupo según el análisis SIMPER.

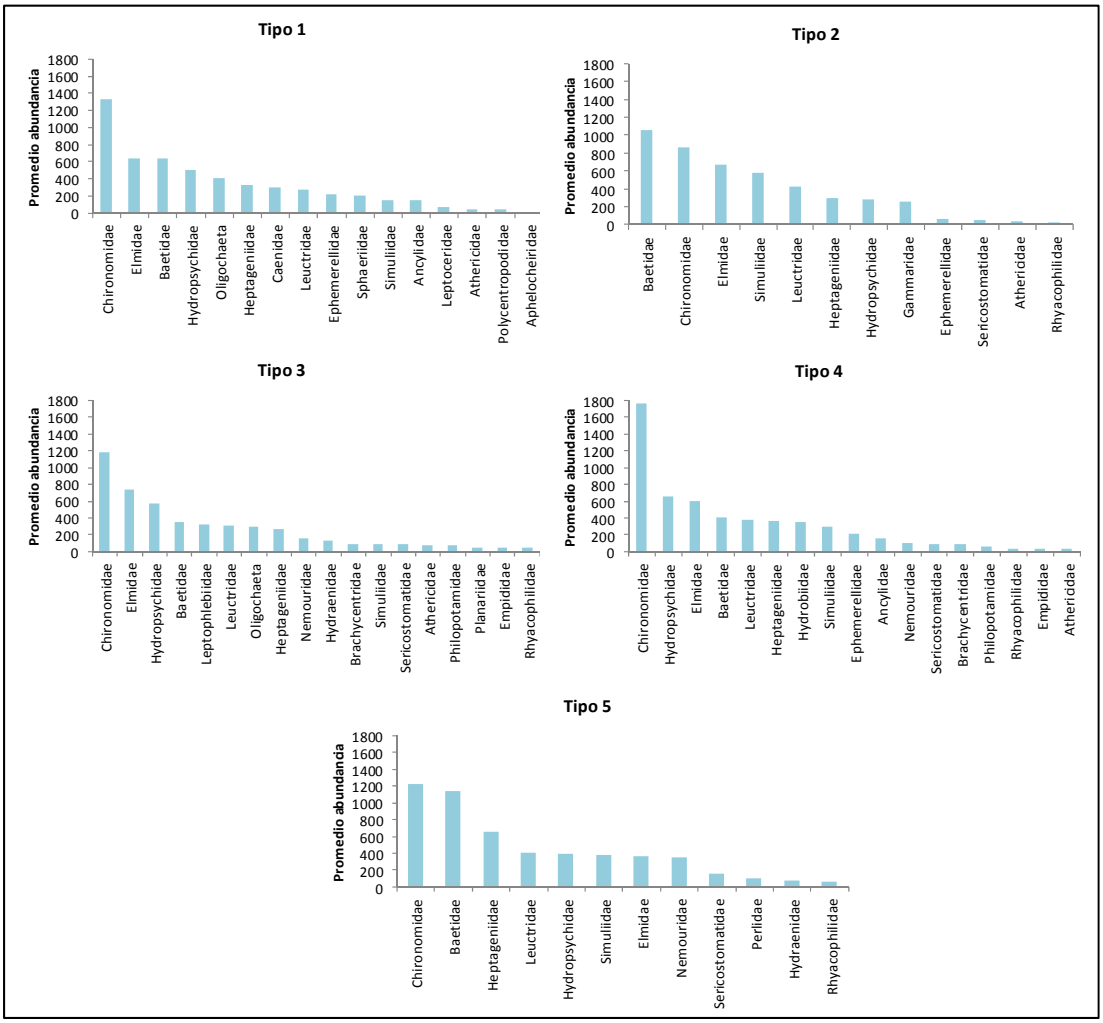


Figura 2. Estructura de la comunidad de invertebrados en los distintos tipos de asociaciones biológicas según las muestras de referencia. Se muestran los taxones que contribuyen en más de un 75% a la similitud entre tipos.

a.2 Tipos de asociaciones biológicas en base a la comunidad de diatomeas

La comunidad de diatomeas bentónicas de las localidades de referencia estuvo constituida por 132 especies. Las especies más comunes fueron *Achnanthidium minutissimum (*ADMI) y *Cocconeis placentula* var. e*uglypta* (CPLE) que aparecieron en más del 96% y 80% del total de las muestras de referencia, respectivamente. Las especies más abundantes fueron *Achnanthidium minutissimum (*ADMI), *Achnanthidium pyrenaicum* (ADPY) y *Cocconeis placentula* var. e*uglypta* (CPLE) (con un promedio por muestra de 93.25 ± 99.64 [S.D.], 45.07 ± 93.29 [S.D.] y 42.24 ± 70.79 [S.D.] valvas, respectivamente).

En la clasificación de la comunidad de diatomeas, el algoritmo de agrupamiento GAAC identificó cuatro grupos con más de una localidad de referencia a niveles de similitud inferiores al 39% (los cortes se establecieron en valores entre 30 y 39%). Un grupo, constituido por sólo dos localidades, se eliminó. Los cuatro grupos restantes estuvieron constituidos por

un número de muestras superior a nueve. En total, la red de referencias estuvo formada por 88 localidades. El ANOSIM realizado con los cuatro grupos resultantes tuvo una R global de 0.794, siendo todos los grupos significativamente diferentes entre sí (Tabla 10). La ordenación NMDS muestra la distribución espacial de las localidades correspondientes a las cuatro asociaciones biológicas resultantes (Figura 3).

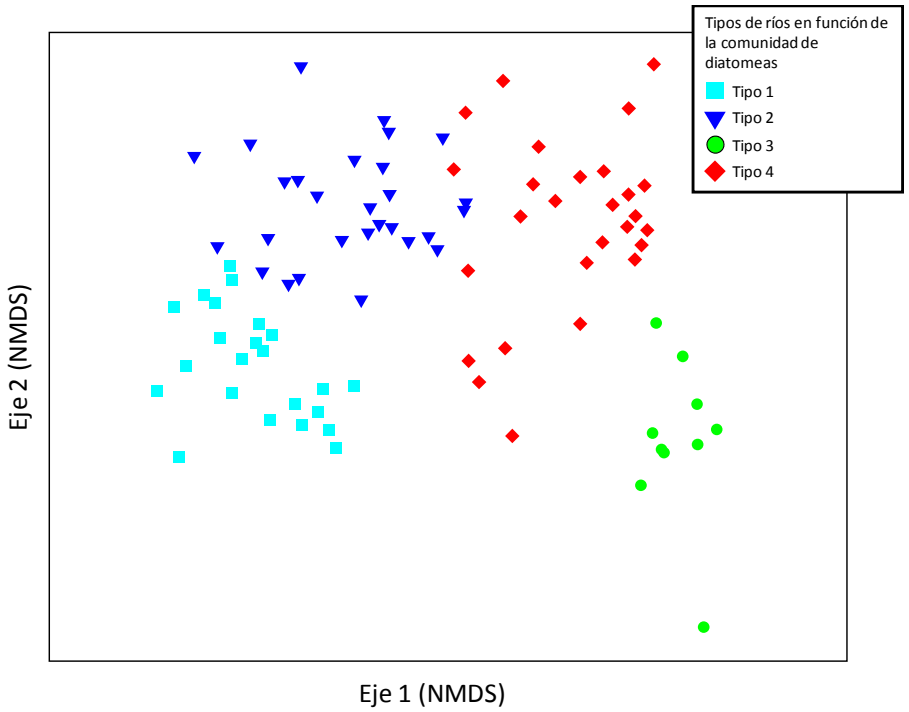


Figura 3. Ordenación NMDS (estrés = 0.18) de las localidades de referencia en base a la similitud en su composición de diatomeas bentónicas. Se representan los cuatro grupos identificados en la clasificación.

Se realizó un análisis SIMPER para identificar la contribución de cada especie a las diferencias entre grupos (Tablas 10 y 11). El análisis indica que las especies *Achnanthidium pyrenaicum* (ADPY), *Eunotia subarcuatoides* (ESUB), *Achnanthidium subatomus* (ADSU), *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (CPLE) y *Gomphonema rhombicum* (GRHB) son las que más contribuyen a la disimilitud entre asociaciones biológicas y, por tanto, las que representan las condiciones biológicas características de cada una. Aunque la abundancia de cada taxón dominante es muy diferente entre tipos (Figura 4), la riqueza de especies es muy similar (Tabla 11), con la excepción del tipo 3, que presentó sólo 41 especies.

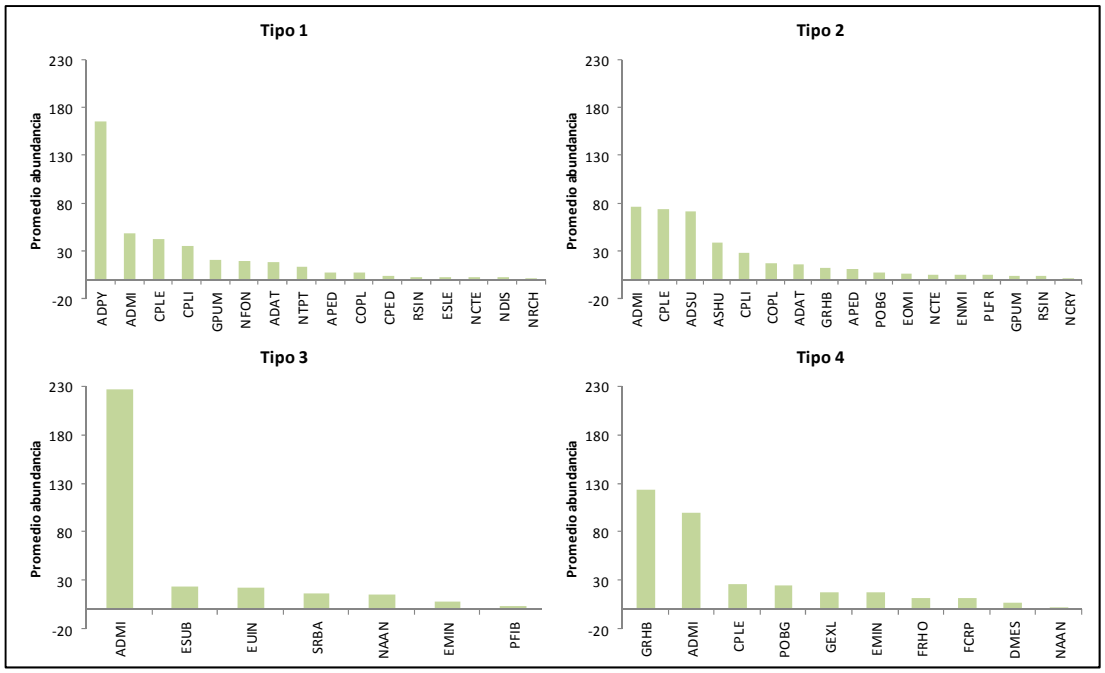
% Similitud (ANOSIM R)

	Tipo 1	**Tipo 2**	**Tipo 3**	**Tipo 4**
Tipo 1		30.32 *(0.653)*	9.98 *(0.996)*	16.07 *(0.93)*
Tipo 2			13.96 *(0.98)*	25.92 *(0.679)*
Tipo 3				23.11 *(0.735)*
Tipo 4				

Tabla 10. Porcentaje de similitud entre tipos de asociaciones biológicas de invertebrados (análisis SIMPER) y correspondiente valor de R del análisis ANOSIM, entre paréntesis, indicativo de la consistencia de la separación. Todos los análisis ANOSIM son significativos ($p < 0.001$).

	Tipo 1	**Tipo 2**	**Tipo 3**	**Tipo 4**
Nº muestras	**23**	**28**	**10**	**27**
Similitud intra-grupo %	45.76	41.11	46.83	39.94
Riqueza grupo	86	97	41	87
Nº taxa contribuyendo al 75% de similitud intra-grupo	7	9	3	5

Tabla 11. Características bióticas de cada tipo de asociación biológica de diatomeas, en función de las muestras de referencia. También se muestra el número de taxones que contribuyen a la similitud intra-grupo según el análisis SIMPER.



ADPY (*Achnanthidium pyrenaicum*); ADMI (*Achnanthidium minutissimum*); CPLE (*Cocconeis placentula* var. e*uglypta*); CPLI (*Cocconeis placentula* var. *lineata*); GPUM (*Gomphonema pumilum*); NFON (*Nitzschia fonticola*); ADAT (*Achnanthidium atomus*); NTPT (*Navicula tripunctata);* APED (*Amphora pediculus*); COPL (*Cocconeis pseudolineata*); CPED (*Cocconeis pediculus*); RSIN (*Reimeria sinuata*); ESLE (*Encyonema silesiacum*); NCTE (*Navicula cryptotenella*); NDIS (*Nitzschia dissipata*); NRCH (*Navicula reichartdiana* var. *reichartdiana*); ASHU (*Achnanthes subhudsonis*); ADSU (*Achnanthidium subatomus*); DMES (*Diatoma mesodon*); ENMI (*Encyonema minutum*); EOMI (*Eolimna minima*); EMIN (*Eunotia minor*); ESUB (*Eunotia subarcuatoides*); EUIN (*Eunotia intermedia*); FCRP (*Fragilaria capucina*); FRHO (*Frustulia rhomboides*); GEXL (*Gomphonema exilissimun*); GRHB (*Gomphonema rhombicum*); NAAN (*Navicula angusta*); NCRY (*Navicula cryptocephala*); PFIB (*Peronia fibula*); PLFR (*Planothidium frequentissimun*); POBG (*Psammothidium oblongellum*); SRBA (*Surirella roba*)

Figura 4. Estructura de la comunidad de diatomeas en los distintos tipos de asociaciones biológicas. Se muestran las especies de diatomeas que contribuyen en más de un 75% a la similitud entre tipos.

b. Características ambientales de los tipos de ríos de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico

La variabilidad ambiental existente en los ríos del Norte de España se caracterizó a partir de variables abióticas no afectadas por la actividad humana, tal y como exige la DMA, ya que la adscripción de las localidades a un tipo u otro ha de ser independiente del grado en que puedan estar afectadas antrópicamente. Se utilizaron tanto variables obligatorias de los sistemas A y B de la DMA (coordenadas geográficas, altitud, tamaño de la cuenca de drenaje y geología), como variables ambientales opcionales del sistema B (pendientes de la cuenca de drenaje y del cauce, precipitación, altitud máxima). Los valores se extrajeron de consultas sobre el modelo digital del terreno (Instituto Geográfico Nacional, 2004 - 2008), el mapa litoestratigráfico y de permeabilidad de España (Instituto Geológico y Minero de España, 2006) y el mapa de precipitación (Estrela y Quintas, 1996), teniendo como referencia la cuenca de drenaje a cada localidad. Se utilizaron Sistemas de Información Geográfica (SIG), para obtener la información.

Las 108 localidades de la red de referencias cubren el noroeste y norte de la Península Ibérica. Su distribución por comunidad autónoma, provincia y cauce principal, entre otros, se presenta en el Anexo I. El rango de altitudes oscila entre 15 y 1356 m, los tamaños de cuenca entre 2 y 2196 km^2 y el porcentaje de geología calcáreo entre 0 y 100%. Estos datos reflejan la gran amplitud ambiental recogida en las variables seleccionadas para la construcción de los modelos.

b.1 Tipos de ríos en función de la comunidad de invertebrados

Las variables ambientales permiten caracterizar los cinco tipos de ríos no sólo en función de la asociación biológica de invertebrados sino también en función de las características fisiográficas de sus localidades (Tabla 12, Figura 5). De esta forma, los tipos de ríos se pueden definir como:

Tipo 1 (invertebrados) → Ejes principales
Tipo 2 (invertebrados) → Ríos mixto-calcáreos
Tipo 3 (invertebrados) → Ríos mixto-silíceos
Tipo 4 (invertebrados) → Ríos mixtos de llanura
Tipo 5 (invertebrados) → Ríos pequeños de montaña

		Tipos de ríos en función de la comunidad de invertebrados				
		1	2	3	4	5
		Ejes principales	Ríos mixto-calcáreos	Ríos mixto-silíceos	Ríos mixtos de llanura	Ríos pequeños de montaña
UTM X (m)	Mediana	124416	397585	126886	203260	212137
	Mínimo	76557	246765	38340	71180	110399
	Máximo	369777	622208	625828	559406	627163
UTM Y (m)	Mediana	4787364	4785008	4721831	4793129	4772032
	Mínimo	4679111	4770403	4673308	4678023	4685377
	Máximo	4812055	4794814	4815514	4827405	4831705
Área cuenca (km^2)	Mediana	704.7	40.9	14.2	33.6	15.5
	Mínimo	29.5	7.5	1.9	10.1	2.3
	Máximo	2196.1	223.4	54.5	628.2	104.1
Pendiente cauce (%)	Mediana	0.3	2.4	3.2	2.0	4.7
	Máximo	2.5	7.4	4.7	5.4	15.0
	Mínimo	0.0	1.0	1.7	0.4	0.1
Pendiente cuenca drenaje (%)	Mediana	13.0	40.0	32.0	45.5	49.5
	Mínimo	7.0	16.0	15.0	22.0	21.0
	Máximo	54.0	48.0	49.0	58.0	62.0
Suelo calcáreo (%)	Mediana	16.5	86.0	0.0	15.5	12.0
	Mínimo	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
	Máximo	73.0	100.0	100.0	95.0	99.0
Altitud (m)	Mediana	373.5	280.5	463.0	278.0	816.5
	Mínimo	58.0	88.0	94.0	15.0	280.0
	Máximo	1356.0	779.0	918.0	630.0	1349.0
Altitud máxima (m)	Mediana	2180.0	2080.0	1400.0	1688.5	2180.0
	Mínimo	1121.0	910.0	562.0	899.0	781.0
	Máximo	2640.0	2405.0	2180.0	2405.0	2640.0
Precipitación (mm)	Mediana	1231.5	1379.5	1537.0	1393.5	1618.5
	Mínimo	1072.0	1202.0	1183.0	1080.0	954.0
	Máximo	1523.0	1884.0	1937.0	1836.0	1993.0

Tabla 12. Valor medio y rango de las variables ambientales para cada tipo de río, en función de la fauna de invertebrados. Datos obtenidos a partir de la red de localidades de referencia.

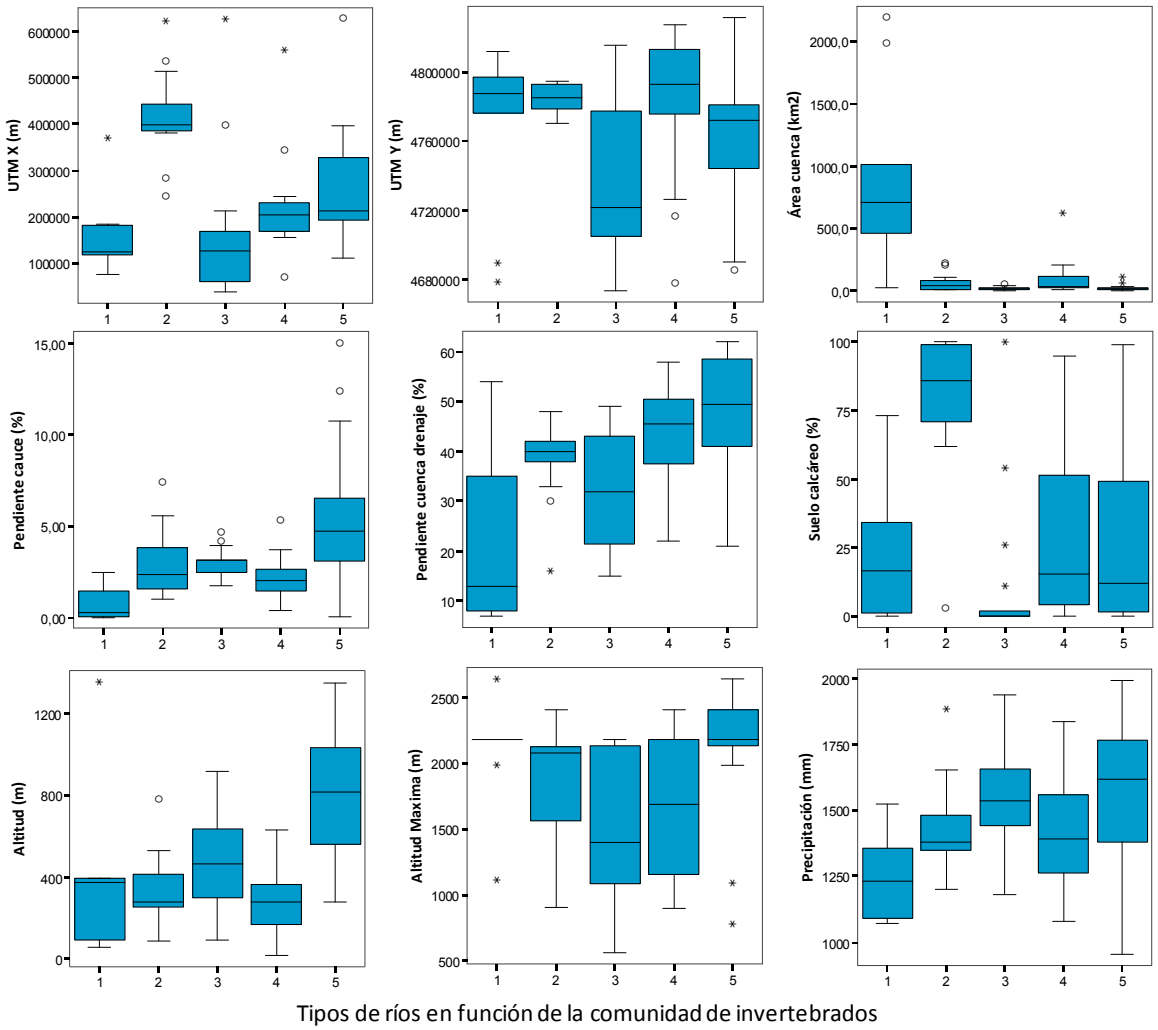


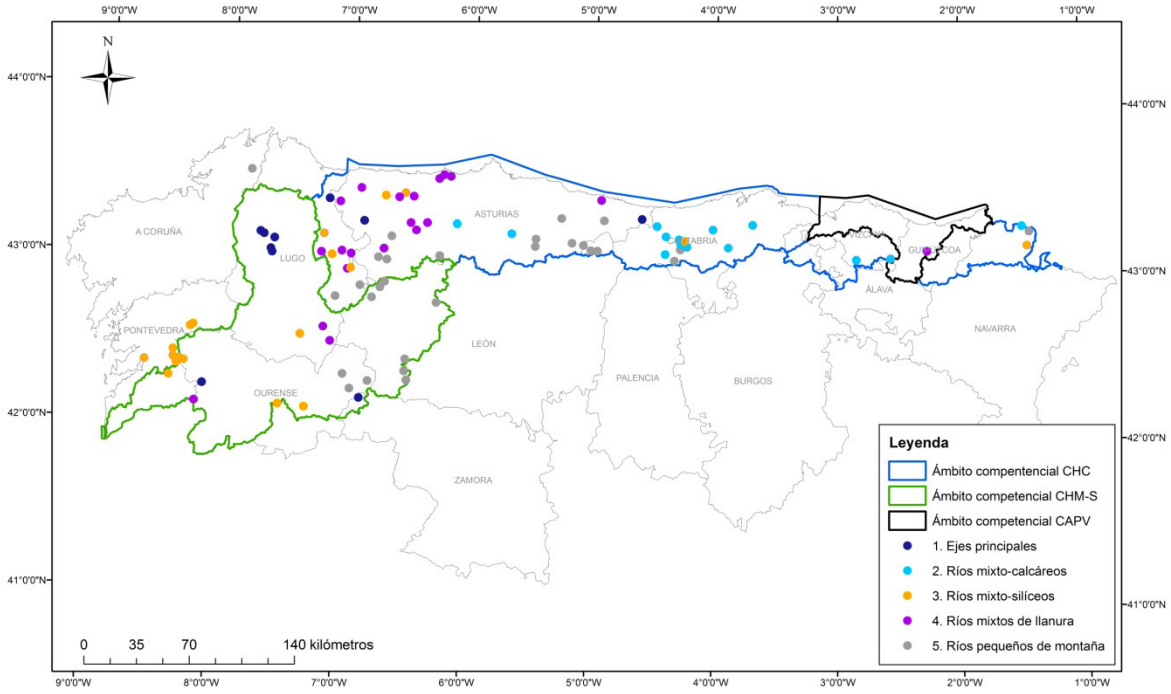
Figura 5. Diagramas de caja de las variables ambientales para los distintos tipos de ríos del Norte de España según su asociación biológica de invertebrados. Datos obtenidos a partir de la red de localidades de referencia.

Asimismo, se muestra la distribución por comunidades autónomas, teniendo en cuenta el tipo de río, de las localidades de la red fluvial y de las muestras de la red de referencias (Tabla 13)

	Comunidades Autónomas						
Tipos	**Cantabria**	**Castilla y León**	**Galicia**	**Navarra**	**País Vasco**	**Principado de Asturias**	**Total general**
1	0.04 (0.0)	0.6 (0.3)	3.4 (1.9)	0.1 (0.0)	0.0 (0.0)	1.2 (1.0)	5.3 (3.2)
2	7.3 (5.7)	0.6 (0.0)	1.6 (0.0)	0.7 (0.6)	3.7 (1.3)	4.9 (1.3)	18.8 (8.9)
3	0.2 (1.0)	1.7 (0.0)	17.3 (14.3)	0.8 (1.0)	0.6 (0.0)	0.7 (1.9)	21.3 (18.1)
4	1.0 (0.0)	1.6 (0.0)	5.4 (8.9)	0 (0.0)	0.5 (1.3)	18.4 (15.2)	26.9 (25.4)
5	1.6 (3.2)	8.3 (15.9)	3.1 (9.5)	1.1 (1.6)	0.0 (0.0)	13.5 (14.3)	27.7 (44.4)
Total general	10.1 (9.84)	12.8 (16.19)	30.8 (34.60)	2.8 (3.17)	4.8 (2.54)	38.7 (33.65)	

Tabla 13. Distribución por comunidades autónomas del porcentaje de localidades incluidas dentro de cada tipo de río, según su asociación biológica de invertebrados. Los porcentajes correspondientes a localidades de referencia exclusivamente se muestran entre paréntesis.

El tipo de río más representado son los ríos pequeños de montaña (tipo 5) que se localizan principalmente en el Principado de Asturias y en Castilla y León. También son abundantes los ríos mixtos de llanura (tipo 4), presentes sobre todo en el Principado de Asturias y en Galicia. En Galicia, los ríos más representados son los ríos mixto-silíceos (tipo 3). El tipo de río menos representado son los ejes principales (tipo 1) que se encuentran en su mayoría en Galicia. En la Figura 6 se muestra la distribución de la red de localidades de referencia de invertebrados, con indicación del tipo de río.



Confederación Hidrográfica del Cantábrico [CHC]; Confederación Hidrográfica del Miño-Sil [CHM-S]; Comunidad Autónoma del País Vasco [CAPV]

Figura 6. Distribución de la red de localidades de referencia de invertebrados, con indicación del tipo de río según su asociación biológica de invertebrados.

b.2 Tipos de ríos en función de la comunidad de diatomeas

Se han caracterizado los cuatro tipos de ríos usando los valores de las variables ambientales seleccionadas (Tabla 14, Figura 7). De esta forma, los tipos de ríos según el tipo de asociación de diatomeas se pueden definir en base a sus características fisiográficas como:

Tipo 1 (diatomeas) → Ríos mixto-calcáreos de montaña
Tipo 2 (diatomeas) → Ejes principales
Tipo 3 (diatomeas) → Ríos mixto-silíceos
Tipo 4 (diatomeas) → Ríos mixtos de montaña

		Tipos de ríos en función de la comunidad de diatomeas			
		1	**2**	**3**	**4**
		Ríos mixto-calcáreos de montaña	**Ejes principales**	**Ríos mixto-silíceos**	**Ríos mixtos de montaña**
UTM X (m)	Mediana	344697	212137	61552	189676
	Mínimo	173605	76557	38340	64525
	Máximo	559406	627163	212739	545386
UTM Y (m)	Mediana	4779615	4788127	4709702	4769878
	Mínimo	4765168	4689628	4695753	4675397
	Máximo	4798283	4826292	4831705	4827405
Área cuenca (km^2)	Mediana	20	33	11	22
	Mínimo	3	7	2	5
	Máximo	647	2196	55	279
Pendiente cauce (%)	Mediana	4	2	3	2
	Mínimo	1	0	3	0
	Máximo	12	6	10	15
Pendiente cuenca drenaje (%)	Mediana	45	39	23	44
	Mínimo	30	7	16	15
	Máximo	62	55	49	62
Suelo calcáreo (%)	Mediana	79	15	0	6
	Mínimo	21	0	0	0
	Máximo	100	81	0	100
Altitud (m)	Mediana	457	325	508	624
	Mínimo	58	44	94	15
	Máximo	1206	1082	901	1356
Altitud máxima (m)	Mediana	2405	1980	1063	2180
	Mínimo	1320	899	562	899
	Máximo	2640	2405	2180	2405
Precipitación (mm)	Mediana	1480	1295	1521	1523
	Mínimo	1202	1015	1422	1183
	Máximo	1935	2394	1842	2007

Tabla 14. Valor medio y rango de las variables ambientales para cada tipo de río en función de la flora de diatomeas. Datos obtenidos a partir de la red de referencias.

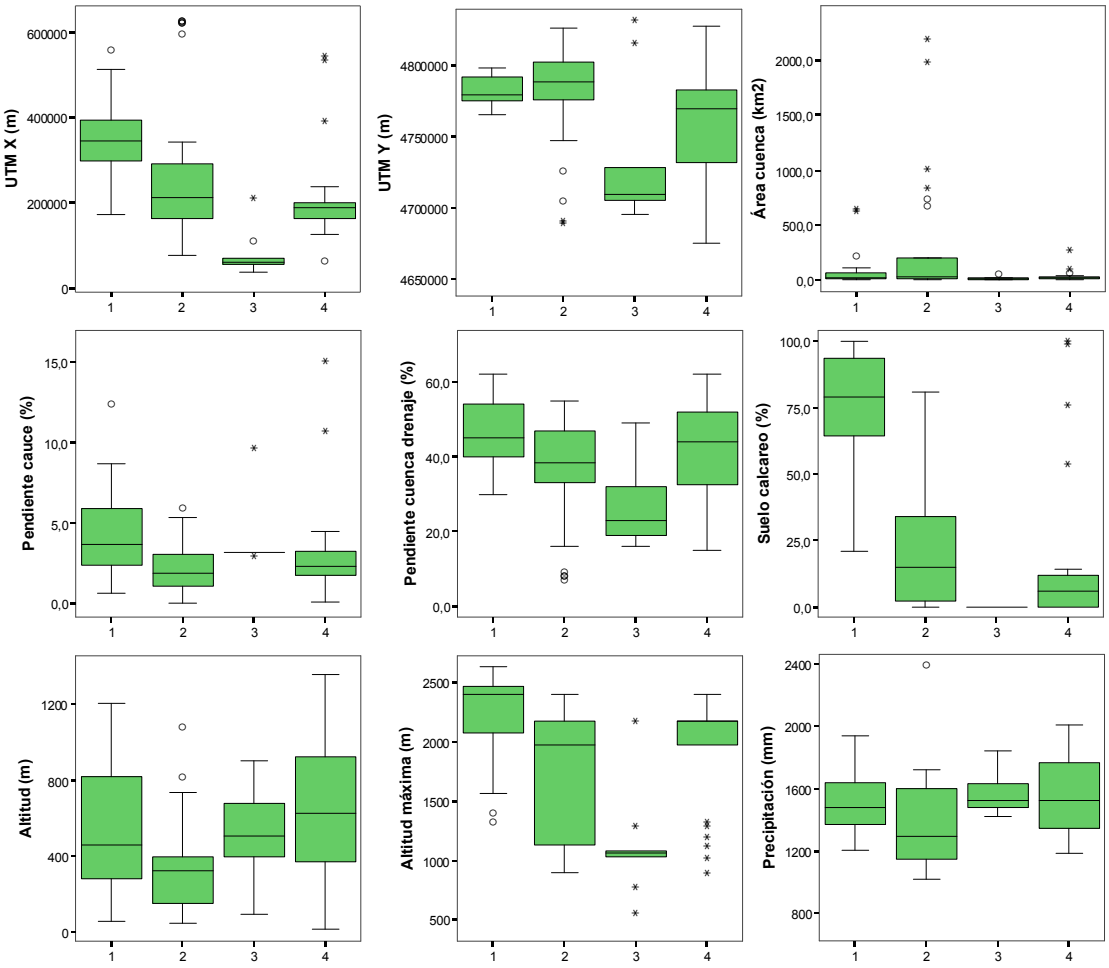


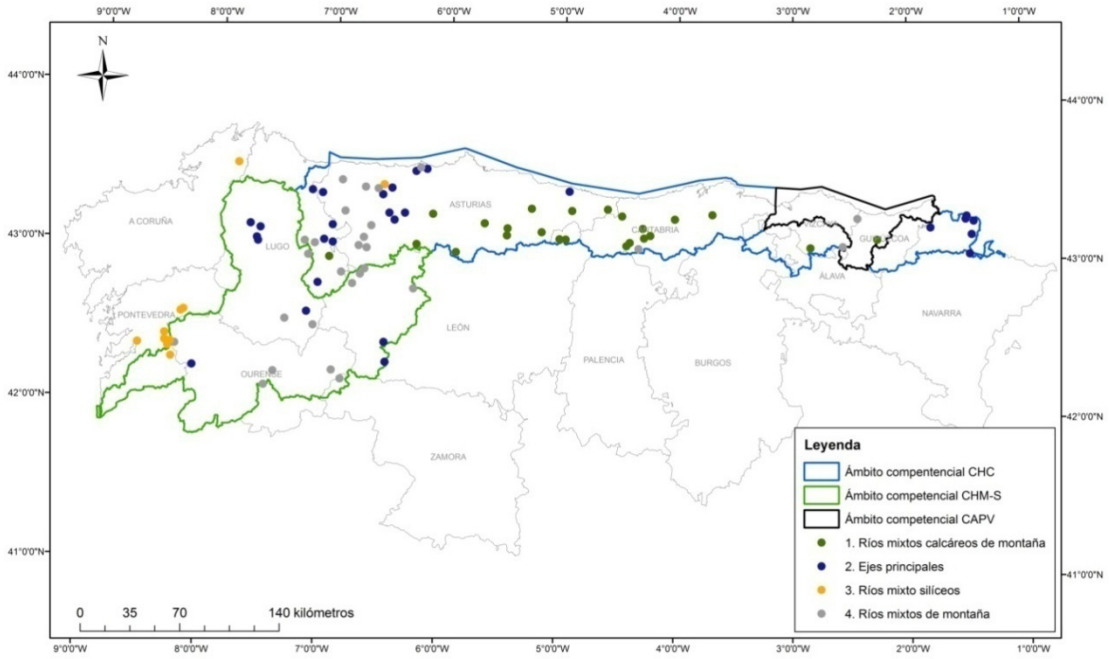
Figura 7. Diagramas de caja de las variables ambientales para los distintos tipos de ríos del Norte de España según su asociación biológica diatomeas. Datos obtenidos a partir de la red de localidades de referencia.

En la Tabla 15 se representa la distribución por comunidad autónoma, y teniendo en cuenta el tipo de río, de las localidades de la red fluvial y, de forma específica, la de las muestras de la red de referencias.

	Comunidades Autónomas						
Tipos	**Cantabria**	**Castilla y León**	**Galicia**	**Navarra**	**País Vasco**	**Principado de Asturias**	**Total general**
1	4.7 (3.1)	0.7 (0.8)	0.8 (0.4)	0.2 (0.0)	2.0 (0.8)	8.6 (3.9)	16.9 (9.1)
2	1.2 (0.0)	3.6 (1.6)	17.9 (7.9)	2.0 (4.7)	1.4 (0.0)	5.6 (7.9)	31.7 (22.0)
3	0.0 (0.0)	0.7 (0.0)	9.8 (14.2)	0.2 (0.0)	0.0 (0.0)	0.9 (1.6)	11.7 (15.7)
4	1.2 (2.0)	9.2 (9.8)	15.6 (19.7)	0.1 (0.0)	0.8 (3.9)	12.8 (17.7)	39.7 (53.1)
Total general	7.1 (5.1)	14.3 (12.2)	44.1 (42.1)	2.5 (4.7)	4.1 (4.7)	28.0 (31.1)	

Tabla 15. Distribución por comunidades autónomas del porcentaje de localidades incluidas dentro de cada tipo de río, según su asociación biológica de diatomeas. Los porcentajes correspondientes a localidades de referencia exclusivamente se muestran entre paréntesis

El tipo de río predominante son los ríos mixtos de montaña (tipo 4) representados mayoritariamente en Galicia, en el Principado de Asturias y en Castilla y León. También son abundantes los ejes principales (tipo 2), cuya distribución es mayoritaria en Galicia. En la Figura 8 se muestra la distribución de la red de localidades de referencia de diatomeas.



Confederación Hidrográfica del Cantábrico [CHC]; Confederación Hidrográfica del Miño-Sil [CHM-S]; Comunidad Autónoma del País Vasco [CAPV]

Figura 8. Distribución de la red de localidades de referencia de diatomeas, con indicación del tipo de río según su asociación biológica de invertebrados.

c. Correspondencia entre las tipologías de ríos aplicables a las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil

	Tipos de intercalibración				
Tipos invertebrados NORTI	RC2	RC3	RC4	RC5	RC6
1		35	91	78	
2	5	14	19		263
3	81	199	21		9
4	37	63	80		84
5		80	5		32

	Tipos de intercalibración				
Tipos diatomeas NORTI	RC2	RC3	RC4	RC5	RC6
1		1	44	13	294
2	74	163	170	65	82
3	42	59			
4	7	167	2		12

Tabla 16. Correspondencia entre los tipos de invertebrados y diatomeas NORTI y los tipos de intercalibración.

Tipos CEDEX B	Tipos invertebrados NORTI				
	1	2	3	4	5
21	48	95	227	146	69
22		92	10	24	9
23		26	15		9
25	5		37	12	119
26		7			23
27	5				20
28	91	1		12	
29	16	22		6	
30		65	14	47	
31	70	3	17	53	6
32	2	113		16	

Tipos CEDEX B	Tipos diatomeas NORTI			
	1	2	3	4
21	155	195	74	161
22	122	13		
23	19	25	2	4
25	56	39	2	76
26	24			6
27				25
28	21	83		
29	38	6		
30	35	75	9	7
31	32	108		9
32	116	14		1

Tabla 17. Correspondencia entre los tipos de invertebrados y diatomeas NORTI y los tipos B del CEDEX.

d. Construcción de modelos para predecir los tipos de asociaciones biológicas a partir de variables ambientales

Los **modelos de regresión logística multinomial** son útiles para poder clasificar objetos, en grupos previamente definidos, a partir de sus características, las cuales son usadas como variables predictoras. El objetivo principal de los modelos que aquí se presentan es predecir el tipo de asociación biológica de aquellas muestras de las que se desconoce por no haber sido incluidas en los análisis multivariantes (algoritmo de agrupamiento) que se realizaron con las muestras de referencia. Estas localidades test pueden estar o no impactadas por actividades antrópicas. Los modelos se desarrollan única y exclusivamente a partir de la información disponible para las muestras de la red de localidades referencia (incluyendo una muestra por

localidad correspondiente al primer verano de muestreo), aunque su aplicación es válida para estimar el tipo de asociación biológica en cualquier tramo de río de las Demarcaciones del Miño-Sil y Cantábrico. Los modelos utilizan como variable dependiente los tipos de asociaciones de diatomeas o invertebrados identificados con el algoritmo de agrupamiento (véase apartado 4.1), y como independientes las descriptores de los sistemas A y B de clasificación de la DMA, mayoritariamente de este último. En algunos casos las variables ambientales son transformadas para que su distribución sea normal. Inicialmente se incluyeron como términos de entrada forzada las variables obligatorias de la tipología (UTMs, altitud, geología y tamaño de cuenca), y a las restantes se las sometió a un proceso de selección automática mediante pasos sucesivos hacia delante en base a su significación. En el caso de que alguna variable obligatoria no fuera significativa en el modelo final, se permitió la selección automática de todas las variables para que el modelo final incluyera sólo las significativas.

La precisión de los modelos de regresión multinomial logística se verifica examinando el porcentaje de asignación correcto de las muestras de referencia. Es decir, si el tipo de asociación biológica pronosticada coincide con el tipo de asociación biológica que se ha observado en la localidad de referencia. Un alto porcentaje de acierto indica que el modelo de regresión es adecuado. Para garantizar que la precisión estimada no está influida por el dato que se quiere comprobar, se realiza una validación cruzada por el método de "dejar-uno-fuera" (leave-one-out).

d.1 Modelo predictivo de tipos de asociaciones biológicas de invertebrados

El modelo final incluye seis variables predictoras; las cinco variables obligatorias de entrada forzosa (UTM X, UTM Y, área de cuenca, altitud y porcentaje de suelo calcáreo) y la pendiente de la cuenca de drenaje. Este modelo predijo correctamente un 64.8% de las asociaciones biológicas de la red de localidades de referencia. No obstante, su precisión varió dependiendo del tipo de asociación (50% - 79%; Tabla 18).

	Pronosticado					
Observado	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**Porcentaje correcto**
1	5	0	0	2	1	**62.50**
2	0	11	2	2	0	**73.33**
3	0	1	10	4	5	**50.00**
4	4	1	4	11	0	**55.00**
5	1	1	3	1	22	**78.57**
						64.84

Tabla 18. Matriz de confusión de la validación del modelo logístico mediante procedimiento "dejar uno fuera" (*leave-one-out*). Muestra el número de localidades que pertenecen a cada tipo de asociación biológica de invertebrados (observado) en relación con el tipo de asociación que les predice el modelo.

d.2 Modelo predictivo de tipos de asociaciones biológicas de diatomeas

Al igual que se explicó en el caso de los invertebrados, las relaciones entre las variables ambientales y los tipos de asociaciones de diatomeas bentónicas se establecieron mediante análisis de regresión logística multinomial. En este caso se utilizó como variable respuesta los tipos de ríos en función de la comunidad de diatomeas obtenidos con el algoritmo de agrupamiento (véase apartado 4.1.2).
El modelo final seleccionó seis variables medioambientales como predictoras (UTM Y, área de cuenca, altitud, altitud máxima, precipitación y porcentaje de suelo calcáreo). Predijo correctamente un 67% de los tipos de asociación biológica de las localidades de referencia, con un porcentaje correcto de asignación elevado para cada uno de los tipos, mayor al 53% en todos los casos (Tabla 19). El modelo de diatomeas presentó porcentaje de asignación correcto de las estaciones a los tipos similar al del modelo de invertebrados.

	Pronosticado				
Observado	**1**	**2**	**3**	**4**	**Porcentaje correcto**
1	19	3	0	0	**86.36**
2	3	16	2	9	**53.33**
3	0	3	7	2	**58.33**
4	1	6	1	16	**66.67**
					65.91

Tabla 19. Matriz de confusión de la validación del modelo logístico mediante procedimiento "dejar uno fuera" (*leave-one-out*). Muestra el número de localidades que pertenecen a cada tipo de asociación biológica de diatomeas (observado) en relación con el tipo de asociación que les predice el modelo.

4.2.3. Cartografía de los tipos de asociaciones biológicas de invertebrados y diatomeas

Todos los tramos de la red fluvial de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico han sido adscritos a dos tipologías de río, una en base a su asociación biológica de invertebrados y otra en base a la de diatomeas. Para ello se han utilizado mapas en formato ráster (tamaño de píxel = 25 x 25 m) que recogen la información ambiental necesaria para poder aplicar las ecuaciones de los modelos de regresión logística multinomial a cada píxel. De esta forma se obtiene dos cartografías brutas, una con los tipos de asociaciones de invertebrados y otra con los de diatomeas, que fueron revisadas de forma automática para garantizar el continuo fluvial, reasignando así los píxeles aislados al tipo predominante en un tramo de mayor longitud.

En **la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico** (Tablas 20, 21.1 y 21.2), el tipo de río predominante corresponde a los ríos mixto-silíceos. Este tipo, según la cartografía para tipos de asociaciones biológicas de diatomeas sería el tipo 3 que se corresponde, en la cartografía para invertebrados, con los ríos mixto-silíceos (tipo 3) que abundan en Galicia y con los ríos mixto-calcáreos (tipo 2) de la parte centro-oriental, concretamente del Principado de Asturias, Cantabria y País Vasco (ver Tablas 20, 21.1 y 21.2). También son muy abundantes los ríos mixtos de montaña, que en la cartografía para diatomeas constituyen el tipo 4, siendo su

equivalente en la de invertebrados los ríos mixto-calcáreos (tipo 4) de la parte central (Cantabria y el entorno de la comarca de Gijón en el Principado de Asturias) y los ríos pequeños de montaña (tipo 5), muy abundantes en la Cordillera Cantábrica y estribaciones. Cabe destacar que los ríos mixto-calcáreos de montaña (Tabla 20), para diatomeas el tipo 1, son un tipo poco abundante que está restringido al macizo central de los Picos de Europa. Por su parte, los ejes principales de invertebrados (tipo 1) son también muy escasos, localizándose prácticamente sólo en el Principado de Asturias.

		Tipos invertebrados					
	Cantábrico	**1. Ejes principales**	**2. Ríos mixto-calcáreos**	**3. Ríos mixto-silíceos**	**4. Ríos mixtos de llanura**	**5. Ríos pequeños de montaña**	**Porcentaje global**
Tipos diatomeas	**1. Ríos mixto-calcáreos de montaña**	0.18%	0.41%	0.00%	0.41%	1.22%	**2.21%**
	2. Ejes principales	2.74%	7.02%	1.06%	3.74%	0.28%	**14.83%**
	3. Ríos mixto-silíceos	0.00%	13.60%	21.11%	0.79%	7.08%	**42.58%**
	4. Ríos mixtos de montaña	0.00%	14.04%	4.10%	3.13%	19.10%	**40.37%**
	Porcentaje global	**2.92%**	**35.07%**	**26.28%**	**8.06%**	**27.67%**	

Tabla 20. Correspondencia entre los tipos de asociaciones biológicas de invertebrados y diatomeas. Se muestra el porcentaje de tramos fluviales para cada tipo en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico.

Tipos invertebrados	**Comunidades Autónomas**					
	Castilla y León	**Principado de Asturias**	**Galicia**	**País Vasco**	**Cantabria**	**Navarra**
1	13.4	19.3	61.4	1.9	1.0	3.0
2	3.5	26.4	16.4	18.5	31.9	3.2
3	6.6	12.6	64.3	13.1	1.5	1.8
4	5.7	68.9	18.8	3.7	2.4	0.5
5	27.3	38.1	16.5	4.1	9.3	4.7

Tabla 21.1. Distribución por comunidades autónomas del porcentaje de tramos fluviales correspondientes a cada tipo de asociación biológica de invertebrados.

Tipos diatomeas	**Comunidades Autónomas**					
	Castilla y León	**Principado de Asturias**	**Galicia**	**País Vasco**	**Cantabria**	**Navarra**
1	27.3	67.8	3.3	0.4	1.1	0.2
2	9.4	24.5	35.2	15.4	11.6	3.9
3	11.2	14.1	49.6	15.0	7.0	3.1
4	11.1	42.0	25.4	3.5	15.9	2.1

Tabla 21.2. Distribución por comunidades autónomas del porcentaje de tramos fluviales correspondientes a cada tipo de asociación biológica de diatomeas.

En **la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil** se observa un patrón similar tanto en la predominancia del tipo de río como en las correspondencias entre tipos de invertebrados y de diatomeas (Tablas 21.1, 21.2 y 22). Existe una fuerte correspondencia entre los ríos mixto-

silíceos (según diatomeas, tipo 3) y los ríos mixto-silíceos (según invertebrados, tipo 3) que, en esta Demarcación, son, de forma notable, los más abundantes. Las únicas excepciones son que los ríos mixto-calcáreos de montaña (tipo 1) son prácticamente inexistentes, los ríos mixto-silíceos para diatomeas (tipo 3) sólo se corresponden con los ríos mixto-silíceos de invertebrados (tipo 3), y los ejes principales para diatomeas (tipo 2) se corresponden con los de invertebrados (tipo 1).

		Tipos invertebrados					
	Miño-Sil	**1. Ejes principales**	**2. Ríos mixto-calcáreos**	**3. Ríos mixto-silíceos**	**4. Ríos mixtos de llanura**	**5. Ríos pequeños de montaña**	**Porcentaje global**
Tipos diatomeas	**1. Ríos mixto-calcáreos de montaña**	0.00%	0.09%	0.00%	0.00%	0.00%	**0.09%**
	2. Ejes principales	7.33%	0.74%	1.69%	1.47%	0.37%	**11.61%**
	3. Ríos mixto-silíceos	0.08%	1.09%	54.63%	0.00%	9.92%	**65.71%**
	4. Ríos mixtos de montaña	0.78%	6.38%	6.37%	0.37%	8.69%	**22.59%**
	Porcentaje global	**8.19%**	**8.30%**	**62.69%**	**1.85%**	**18.98%**	

Tabla 22. Correspondencia entre los tipos de asociaciones biológicas de invertebrados y diatomeas. Se muestra el porcentaje de tramos fluviales para cada tipo en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.

4.2.4. Cálculo del índice de calidad ecológico NORTI (Ecological Quality Ratio, EQR)

La DMA exige que los resultados de los sistemas de clasificación del estado ecológico sean comparables entre diferentes instituciones o estados. Para ello, es necesario que el estado ecológico de una masa de agua se exprese como "índice de calidad" (*Ecological Quality Ratio*, EQR). Según el Anexo 1.4 de la DMA, "estos índices representarán la relación entre los valores de los parámetros biológicos observados en una masa determinada de aguas superficiales y los valores correspondientes a dichos parámetros en las condiciones de referencia aplicables a la masa. El índice se expresará como un valor numérico variable entre 0 y 1, donde un estado ecológico muy bueno estará representado por valores cercanos o superiores a 1, y un estado malo por valores cercanos a 0". Por tanto, es necesario que el valor de EQR se calcule teniendo en cuenta no sólo las características del punto de interés, sino también las características que tienen las muestras de referencia de la asociación biológica de su tipo. Estas características de las muestras de referencia se resumen calculando el denominado "valor de referencia", que, de forma general, se ha establecido en el valor de la mediana del parámetro de interés (e.g. riqueza de especies).

El cálculo del EQR está basado en la distancia que se observa, en una ordenación espacial, entre la comunidad de referencia y la muestra de interés (ver Figura 9). Esta distancia muestra la diferencia existente en composición biológica entre la muestra a testar y la que se esperaría encontrar si no estuviera afectada por actividades antrópicas (comunidad de referencia). Por tanto, cuanto mayor sea esa distancia, menor será el EQR de la muestra. La ordenación NMDS

se elabora a partir de una matriz de similitud de Bray-Curtis en la que sólo están incluidas las muestras de referencia y la muestra de interés. Con el objeto de simplificar el cálculo del métrico que representa esa distancia, no se considera la distancia con cada elemento de la comunidad de referencia sino con el centroide de las mismas. Para calcular el EQR a partir de ese métrico (distancia euclídea), es necesario dividirlo por la mediana del valor del métrico en la comunidad de referencia. Este valor de la mediana se obtiene a partir de una ordenación (NMDS) de la comunidad de referencia y el correspondiente cálculo de distancias entre cada muestra de referencia y el centroide de las muestras de referencia.

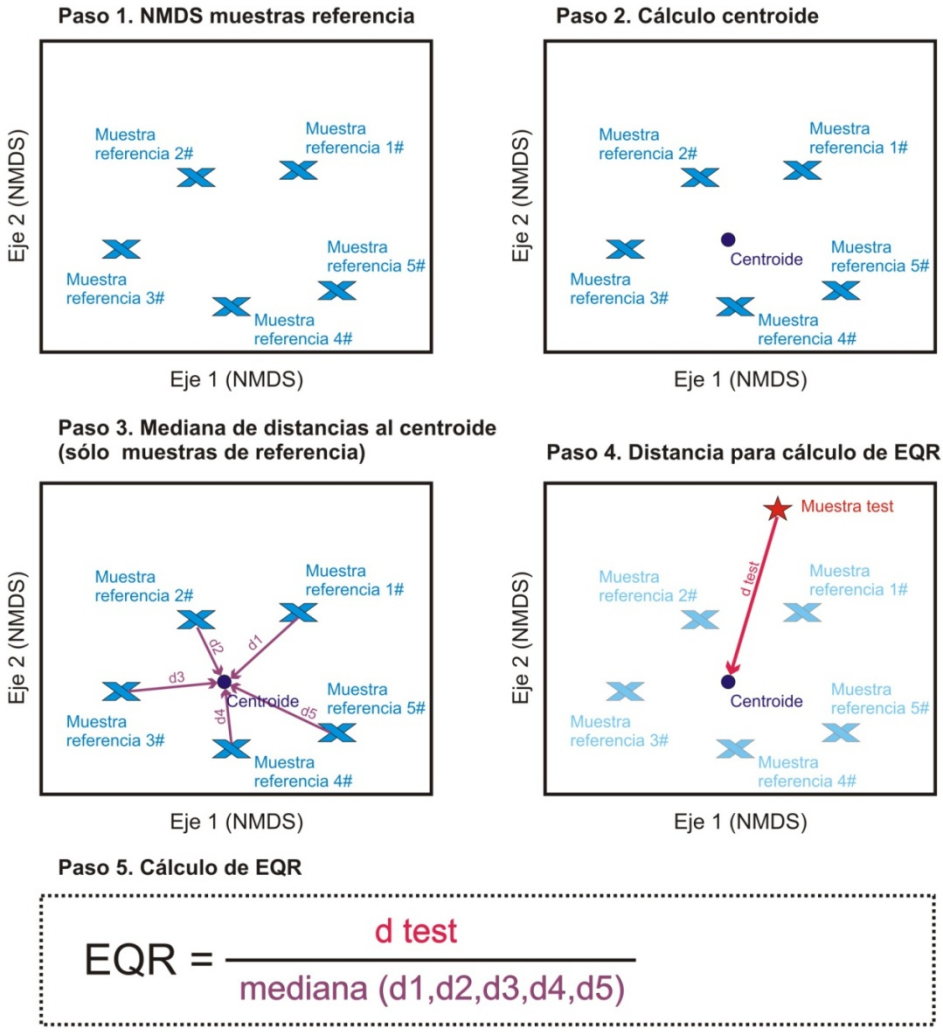


Figura 9. Esquema del procedimiento aplicado para calcular de forma automática el índice de calidad ecológico (EQR).

El EQR también se puede calcular de forma manual (ver Figura 10), obteniendo resultados prácticamente equivalentes a los anteriores. En este caso se calcula el índice de similitud de Bray-Curtis entre la muestra de interés y la comunidad biológica-tipo de referencia. Esta comunidad-tipo se obtiene calculando la mediana de los valores de abundancia de cada taxón presente en alguna de las muestras de referencia. De esta forma, se pueden tipificar también cuales son los taxones que deberían estar presentes en una muestra de referencia y dar un valor aproximado de su abundancia. El valor de EQR se obtiene tras dividir el valor de Bray-

Curtis para una muestra determinada por el valor de la mediana de dicho índice en las referencias, teniendo en cuenta el tipo de río. Es destacable que, si esta comunidad-tipo se incluye en los NMDSs anteriores, se localizará prácticamente en el centroide de las localidades de referencia, lo que evidencia la similitud entre los dos métodos propuestos.

		muestra 1	comunidad-tipo referencia	Índice de disimilitud de Bray-Curtis entre la comunidad-tipo de referencia y la muestra test	
Taxón 1	A	0	1	$=abs(A_{muestra} - A_{ref}) = 1$	$=A_{muestra} + A_{ref} = 1$
Taxón 2	B	48	53	$=abs(B_{muestra} - B_{ref}) = 5$	$=B_{muestra} + B_{ref} = 101$
Taxón 3	C	0	0	$=abs(C_{muestra} - C_{ref}) = 0$	$=C_{muestra} + C_{ref} = 0$
Taxón 4	D	0	0	$=abs(D_{muestra} - D_{ref}) = 0$	$=D_{muestra} + D_{ef} = 0$
Taxón 5	E	0	0	$=abs(E_{muestra} - E_{ref}) = 0$	$=E_{muestra} + E_{ref} = 0$
Taxón 6	F	0	0	$=abs(F_{muestra} - F_{ref}) = 0$	$=F_{muestra} + F_{ref} = 0$
Taxón 7	G	116	68	$=abs(G_{muestra} - G_{ref}) = 48$	$=G_{muestra} + G_{ref} = 184$
Taxón 8	H	1578	2026	$=abs(H_{muestra} - H_{ref}) = 448$	$=H_{muestra} + H_{ref} = 3604$
				= suma(A-H) = 502	= suma(A-H) = 3890
				Bray-Curtis = (1-(502/3890))*100 = 87.1	

Figura 10. Ejemplo del cálculo del índice de Bray-Curtis de forma manual.

En el Anexo III, se presentan **la composición de las comunidades-tipo de referencia de cada tipo de río según diatomeas e invertebrados** así como las **medianas del índice de Bray-Curtis en las referencias por tipo de ríos en función de la comunidad de diatomeas e invertebrados.** Con la información suministrada en los apartados anteriores se puede identificar el tipo de río de cualquier punto fluvial de las Demarcaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil localizándolo en los mapas del Anexo II. Seguidamente se puede calcular el EQR del punto usando el método del cómputo manual del índice de Bray-Curtis, según se ha indicado en este apartado.

5 Evaluación del "nivel de confianza" (incertidumbre) del estado ecológico de los ríos

5.1 Consideraciones previas al cálculo de la incertidumbre

La Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) (DMA) requiere que todos los estados miembros suministren información sobre el "nivel de confianza" y "precisión" de los resultados de sus programas de monitoreo del estado ecológico de los ríos (Anexos II y V).

Estos niveles de confianza, precisión y/o fiabilidad dependen tanto de factores abióticos (la temperatura, la luz, el pH, los nutrientes, etc) como de factores relacionados con el muestreo y posterior análisis de las muestras (metodología de muestreo, errores en la manipulación o identificación de la muestra biológica, etc.). A continuación, se detallan los factores que se han tenido en cuenta en este estudio para ver en qué medida afectan en el cálculo de los índices de calidad ecológica (EQRs):

Variabilidad espacial y temporal: las condiciones abióticas de los ecosistemas acuáticos varían en el tiempo y en el espacio. Desde un punto de vista **espacial,** la precisión de un método de muestreo depende del número de unidades de muestreo, la variedad de hábitats y/o el área total de muestreo. Desde un punto de vista **temporal**, la precisión depende de factores que cambian estacionalmente como el régimen hidrológico, la composición físico-química del agua, los niveles de luz, la temperatura, etc.

Variabilidad debida al procesado de las muestras: existe una posible pérdida de precisión debida al manejo de las muestras en laboratorio. Por ejemplo, al dividir una muestra en dos partes (sub-muestrear) se puede "perder" alguna especie. También puede haber errores en la identificación taxonómica de la muestra, principalmente si hay especies cuyos caracteres diagnóstico sean similares. Por lo tanto, si existen diferencias entre las dos muestras, el valor del métrico utilizado para estimar su estado ecológico también variará.

5.2 Cálculo de la incertidumbre asociada al sistema de clasificación ecológica

5.2.1 Objetivos

En este estudio se seleccionaron seis localidades de la cuenca del Nalón con el fin de determinar en qué medida la variabilidad espacial y temporal del muestreo, así como la del procesado en laboratorio de las muestras, influyen en el cálculo de los índices de calidad ecológica o *Equivalent Quality Ratios* (EQRs). Para ello, a partir del valor de EQR y la clase

ecológica a la que pertenece una muestra se calcula **la confianza de clase** (incertidumbre) de dicha muestra. La confianza de clase se define como la probabilidad de que a una localidad con un determinado estado ecológico le corresponda realmente esa clase ecológica. Con ello se obtendrá la probabilidad de que una muestra o localidad con un EQR determinado "cumpla" o "no cumpla" los objetivos propuestos por la DMA.

5.2.2 El río Nalón. Tramos seleccionados

El río Nalón (Principado de Asturias) nace en Fuente Nalona (1440 msnm) y desemboca en la ría de Pravia, discurriendo a lo largo de una longitud de 129 km. Aunque el caudal medio es de 56.4 m^3/s, se alcanzan máximos y mínimos diarios de 1250 y 3.40 m^3/s respectivamente. La superficie de la cuenca de drenaje es de 3692 m^2.

Localización geográfica de los tramos seleccionados

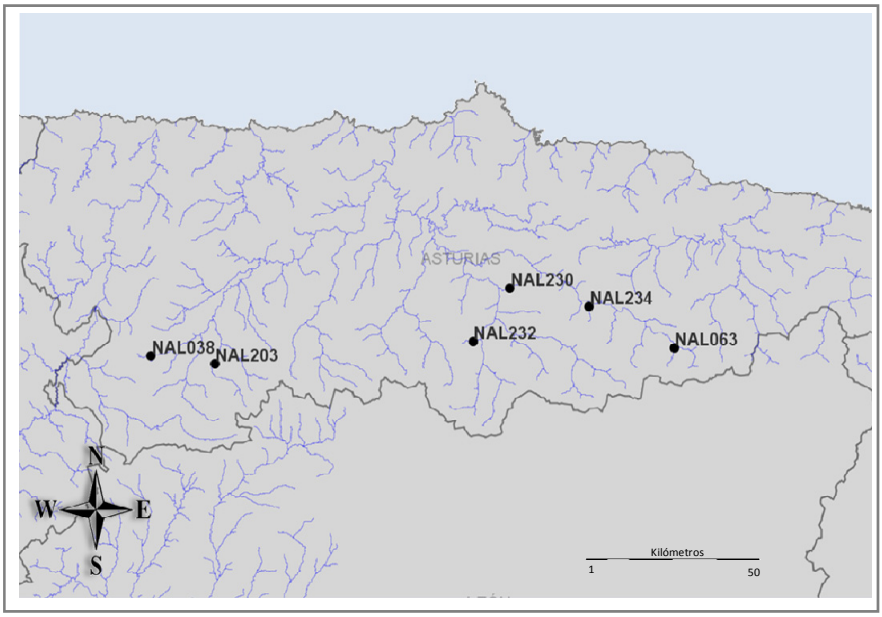


Figura 11. Localización geográfica de los tramos seleccionados.

Las seis localidades seleccionadas fueron: Naviego (código NAL203), San Juan (NAL230), Naredo (NAL232), Laviana (NAL234), Monasterio (NAL063) y del Coto (NAL038); todas ellas pertenecientes al tipo de intercalibración RC-3 y, según la tipología B del CEDEX, a "Ríos Cántabro-Atlántico silíceos". Según la tipología NORTI (ver *Tipología de ríos y conformidad con las comunidades biológicas en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño–Sil,* Pardo et al., 2010a), corresponden a ejes principales, ríos mixtos, calcáreos de llanura y alguno de montaña (tipos 2, 4 y 5 de invertebrados y tipos 1 y 5 de diatomeas).

Son tramos muy similares (ver fotografías Figura 12), de aguas someras y cauces estrechos. Se encuentran a una altitud que oscila entre 257 y 671 m y tienen una pendiente entre 1.94 y 7.05%.

Figura 12. Imágenes de cuatro de las localidades empleadas en este estudio (verano 2007). Fuente: *Ecohydros S.L.*

5.2.3 Diseño experimental

Variabilidad espacial, temporal y de procesado

El diseño experimental desarrollado (Figura 13) se basó en el muestreo, en primavera y verano de 2008, de diversos sub-tramos (con una longitud de 25 m) dentro de un mismo tramo de 100 m. Se recogieron muestras de invertebrados y de diatomeas (ver *Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil,* Pardo et al., 2010b, para más detalle de la metodología aplicada).

Con los datos obtenidos, se calculó la variabilidad asociada al muestreo en distintas épocas del año, en distintas zonas del río y la debida al procesado en laboratorio:

- ✓ Con el objetivo de calcular la incertidumbre debida a la **variabilidad temporal**, se muestrearon estas localidades en primavera y verano de 2008.
- ✓ Con el objetivo de calcular la incertidumbre debida a la **variabilidad espacial**, se dividió cada tramo en los cuatro "sub-tramos" mencionados anteriormente y se tomó una muestra en cada uno de ellos.
- ✓ Con el objetivo de calcular la **variabilidad asociada al procesado**,
    - en el caso de los *invertebrados,* las muestras fueron identificadas a nivel de familia por el "operador 1" y, a continuación, el "operador 2" revisó la identificación de una muestra examinada por el "operador 1".
    - en el caso de las *diatomeas*, las muestras fueron procesadas e identificadas a nivel de especie por el mismo operador, que replicó una de las muestras.

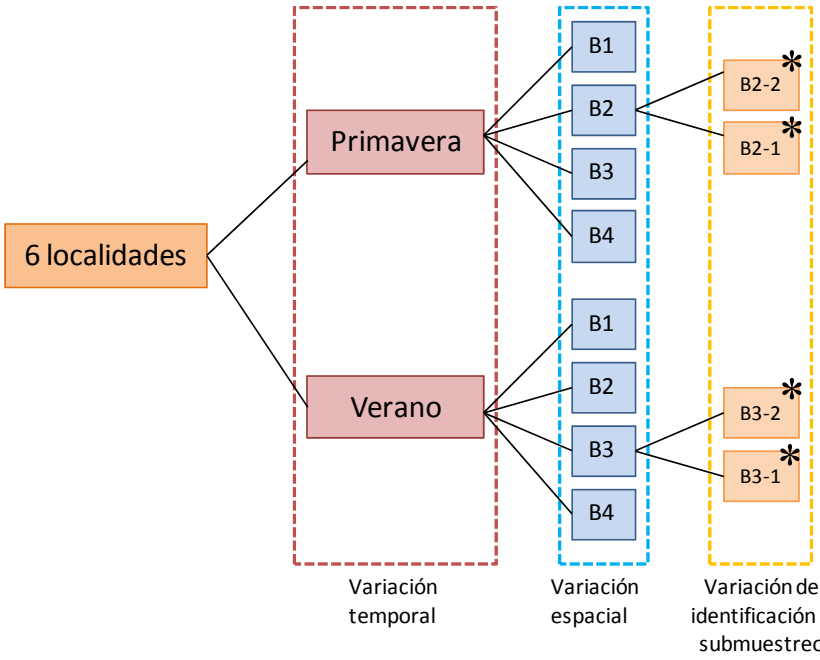


Figura 13. Diseño experimental desarrollado para el cálculo del error temporal, espacial y de procesado de muestras. (*) Ejemplo de selección al azar de una de las réplicas (B1, B2, B3 o B4) que se procesó por duplicado.

5.3. Análisis de datos

5.3.1 Identificación de la clase de estado ecológico: Cálculo del índice de estado ecológico (EQR)

En función de los datos de composición y abundancia de los invertebrados y diatomeas bentónicas, se identificó el estado ecológico mediante el cálculo de los índices de calidad ecológica (EQRs) de cada tramo fluvial. El EQR se expresa como un valor numérico entre 0 y 1 (o incluso superior a 1), en donde los mejores estados ecológicos se encuentran cercanos al 1 y los peores cercanos al cero.

El valor de **EQR para cada muestra** se calculó mediante el método NORTI (para más información ver Pardo et al., 2010a) que mide la similitud que existe entre una muestra test y la muestra de la comunidad biológica de referencia de su tipo de asociación biológica. El tipo de asociación biológica de cada muestra se identifica mediante modelos predictivos. El método NORTI se aplicó tanto a las muestras de invertebrados como de diatomeas.

A los valores de EQR calculados se les aplicaron los umbrales correspondientes a los límites entre clases de estado ecológico. De esta forma, una muestra pertenece a la clase ecológica Muy bueno si tiene un valor de EQR superior a 0.930. De forma similar, estará en clase Bueno si el EQR oscila entre 0.700 y 0.930, Moderado si oscila entre 0.500 y 0.700, Deficiente si oscila entre 0.250 y 0.500 y Malo si es inferior a 0.250.

5.3.2 Variabilidad espacial y temporal

Al muestrear un tramo de río siguiendo la metodología de *multihábitats* se espera obtener una muestra representativa de la comunidad de invertebrados que habita el tramo (Barbour et al., 1999). Si se muestreara un único punto no se tendría en cuenta la variabilidad espacial en los hábitats y seguramente no se obtendría una muestra representativa de la comunidad. Por otro lado, si se asume que la comunidad se debería caracterizar a partir de un valor promedio de varias muestras extraídas en diversos momentos del año, las evaluaciones realizadas a partir de muestras puntuales serán más precisas cuanto más próximo sea su valor de EQR al valor promedio. Esta variabilidad se puede estimar con medidas de dispersión como la *desviación estándar* (DE), la *varianza* (σ^2) o el *coeficiente de variación* (CV).

Esta dispersión se puede deber tanto a la variabilidad espacial como a la temporal del sistema. Mediante un cálculo de la desviación respecto a los valores medios, es posible identificar cuál de estas dos fuentes (el espacio o el tiempo) contribuye en mayor o menor medida a la dispersión de los datos. Del mismo modo, el cálculo del coeficiente de variación (CV) nos indica el error máximo que se puede cometer.

5.3.3 Variabilidad debida al submuestreo e identificación

Cuando fraccionamos una muestra en dos para su procesado en laboratorio, es posible que en cada una de las fracciones el número y la abundancia de las especies no sean idénticos. Del mismo modo, si una misma muestra es analizada por dos personas distintas, los resultados pueden diferir, ya que algunas especies se pueden "perder" (especies que fueron registradas por el primer operador pero no por el segundo) o "ganar" (especies que no fueron registradas por el primer operador pero que fueron encontradas por el segundo operador).

Para determinar el error potencial debido al submuestreo e identificación, se calculó la similitud entre las muestras procesadas por el operador 1 y el 2 empleando el índice de similitud de Jaccard (Jaccard, 1901). También se calcularon las diferencias en riqueza y en abundancia de familias entre las submuestras. Asimismo se contabilizó el número de taxones no coincidentes entre muestras, a nivel de familia para invertebrados y de especies para diatomeas.

5.3.4 Cálculo de la confianza de clase

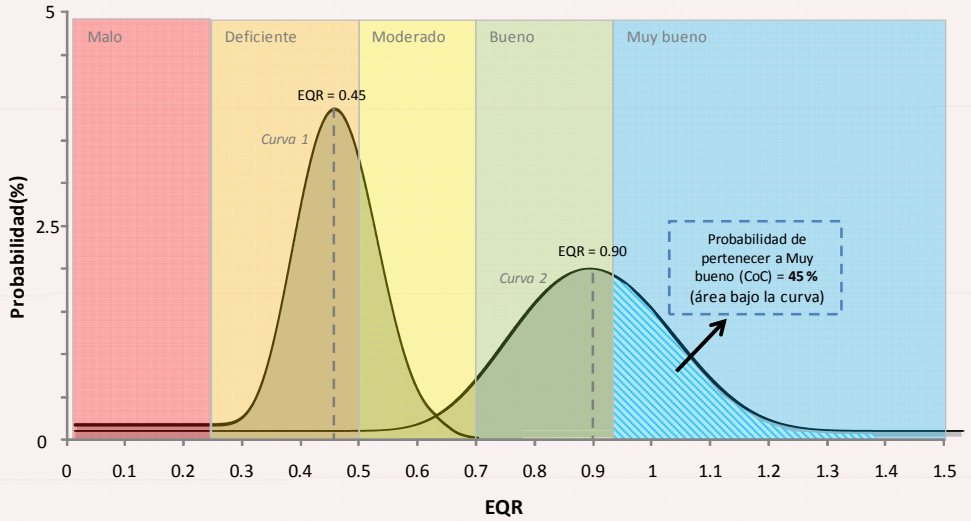
En general, el estado ecológico de un tramo de río se establece a partir de una única muestra, ya que el coste asociado a la recolección de varias muestras para calcular un EQR promedio es muy alto. Por ello, es necesario estimar cual es la probabilidad de que, si se hubieran cogido varias muestras, la clase ecológica identificada fuera la misma. El parámetro que estima esa probabilidad de asignación correcta a la clase ecológica es la confianza de clase. La **confianza de clase** (%) cuantifica la probabilidad que tiene una muestra con un valor de EQR determinado de pertenecer a la clase de estado resultante de la aplicación de los umbrales

estándar (Muy bueno/Bueno: 0.930; Bueno/Moderado: 0.700; Moderado/Deficiente: 0.500, Deficiente/Malo: 0.250).

Como se ha comentado anteriormente, el EQR calculado a partir de una muestra puntual suele ser distinto al calculado a partir de varias muestras (EQR promedio). Por lo tanto, si se pretende calcular la clase de estado a partir de una única muestra, hay que tener en cuenta la dispersión que estaría asociada a ese mismo valor de EQR si hubiera sido obtenido a partir de varias muestras, es decir, si fuera un EQR promedio. Es decir, la dispersión asociada a cada valor promedio de EQR nos indica cuál es la probabilidad de que si se hubieran cogido más muestras en ese punto, habrían dado lugar a valores de EQR distintos. Básicamente, se puede construir una curva de probabilidad a partir de los valores de dispersión, de forma que el valor de EQR promedio corresponda al valor máximo de la curva (máxima probabilidad) y esa probabilidad disminuya según nos alejamos de ese valor. Se asume que la dispersión de los datos sigue una distribución normal (Kelly et al., 2009b). El área bajo la curva es la probabilidad acumulada de pertenencia a una clase. De esta forma, si se aplican los umbrales de clase ecológica a la curva de probabilidad, podemos estimar la probabilidad de que un EQR puntual pertenezca a una clase de estado ecológico o a otra. Es decir, podemos calcular su confianza de clase (CoC).

Ejemplo 1: Dispersión de un valor puntual de EQR

En la siguiente figura se muestran dos ejemplos de curvas de dispersión para valores promedio de EQR. El eje X son los valores de EQR y el eje Y la probabilidad de que dicho EQR tenga exactamente dicho valor. Los rectángulos de colores nos indican las distintas clases de estado ecológico, delimitadas en función de los límites de clase. Por tanto, el área bajo la curva en dicho rectángulo es la confianza de clase de esa muestra para ese estado ecológico.



Curva 1. Valores de EQR con poca dispersión respecto a la media (curva más estrecha). En este caso, para un valor puntual de EQR de 0.45 (Clase Deficiente) habría un 3.85% de probabilidad de que sea exactamente este valor y más de un 70% de probabilidad de pertenecer a la clase Deficiente, casi un 30% a Moderado y cercano a cero para el resto de clases de estado.

Curva 2. Valores de EQR con una dispersión mayor respecto al promedio. En este caso para un valor de EQR de 0.9 (Clase Buena) habría casi un 60% de probabilidad de que su estado ecológico sea Bueno y casi un 40% Muy bueno.

Con el objetivo de calcular la desviación estándar (DE) para cualquier valor de EQR, se utilizaron todas las muestras recogidas en el periodo 2000-2008 en ríos de las Demarcaciones Hidrográficas del Cantábrico y el Miño-Sil (676 localidades para el EQR NORTI de invertebrados, 576 localidades para el EQR NORTI, todas estas localidades pueden tener una, dos o más campañas de muestreo). Se seleccionaron las localidades con dos o más campañas de muestreo (544 localidades para el EQR NORTI de invertebrados, tras eliminar una localidad cuyos datos eran anormales (localidad outlier = NA025) y 396 localidades para el EQR NORTI de diatomeas.

A continuación, se calculó la desviación estándar (DE) de cada localidad para calcular la relación entre el valor promedio de EQR y su desviación estándar (Kelly et al., 2009b). Se ajustó una función polinómica de segundo grado que posteriormente se utilizó para predecir la desviación estándar de cualquier valor de EQR entre 0.001 y 1.400. En el caso de las diatomeas, sólo se utilizaron localidades sin presión hidromorfológica ya que este tipo de presiones no afecta al valor de EQR (véase apartado *Análisis de la respuesta de las comunidades biológicas a los gradientes de presión* de este documento).

La desviación estándar calculada a partir de la ecuación polinómica se utilizó para calcular la probabilidad de que un valor de EQR observado en una localidad implique que dicha localidad pertenezca a una clase de estado u otra (según fórmula aplicada por Jones y Clarke, 2009). Básicamente, para cada valor de EQR entre 0 y 1.400, se calcula la curva normal asociada a la desviación estándar que se predice para ese valor de EQR con la función polinómica. A continuación, se calcula el área bajo la curva que corresponde a cada clase de estado. Este valor nos indica la probabilidad de que dicho EQR pertenezca a una clase de estado u otra, es decir, la **confianza de clase** (CoC) (Kelly et al., 2009b). Por tanto, sumando las confianzas de clase de Muy bueno y Bueno obtenemos la probabilidad que tiene una localidad de cumplir los requisitos de la DMA y si sumamos las CoC de las demás clases de estado (Moderado, Deficiente y Malo) obtenemos la probabilidad que tiene esa localidad de NO cumplir los objetivos propuestos por la DMA.

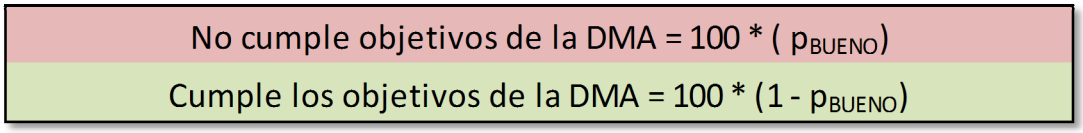


Figura 14. Fórmulas utilizadas para calcular la probabilidad de cada EQR de cumplir o no cumplir los objetivos de la DMA.

5.4. Resultados

5.4.1 Invertebrados

Variabilidad temporal y espacial

La variación asociada al EQR NORTI de invertebrados más alta se encontró en las localidades NAL203 (Naviego) [CV = 10.68%] y NAL063 (Monasterio) [CV = 10.02%].
El EQR NORTI de invertebrados, en general, es diferente entre todas las localidades (Figura 15) ya que en su selección se intentaron representar localidades con clases ecológicas entre Muy bueno y Moderado. Por otro lado, las muestras de verano presentaron valores más altos que las de primavera.

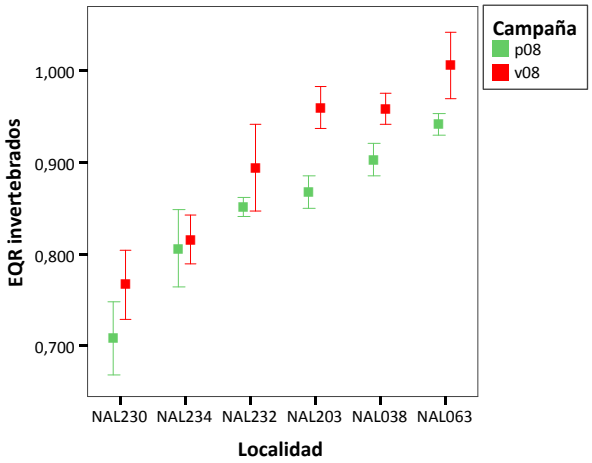


Figura 15. Barras de error que muestran los valores promedio de EQR NORTI de invertebrados de cada localidad en primavera y verano y su desviación estándar.

Variabilidad en el procesado en laboratorio de invertebrados bentónicos

La variabilidad asociada al procesado de las muestras de invertebrados en el laboratorio se detalla en la siguiente tabla:

Id	Localidad	Campaña	Diferencias en riqueza (%)	Familias no coincidentes	Indice de Jaccard	Diferencias en abundancia (Media ± DE)
NAL038p08	el Coto	primavera	2.9	7	83.3	31.9 ± 32.5
NAL063p08	Monasterio	primavera	10.3	5	83.3	26.8 ± 28.1
NAL203p08	Naviego	primavera	17.2	7	76.7	29.7 ± 23.9
NAL230p08	San Juan	primavera	11.1	4	78.9	34 ± 35.5
NAL232p08	Naredo	primavera	0.0	6	78.6	31.3 ± 31.8
NAL234p08	Laviana	primavera	8.3	4	84.0	21.3 ± 32.3
NAL038v08	el Coto	verano	0.0	6	78.6	37.3 ± 24.8
NAL063v08	Monasterio	verano	6.9	3	93.1	33.2 ± 32.3
NAL203v08	Naviego	verano	10.3	5	83.3	33.2 ± 32.3
NAL230v08	San Juan	verano	6.3	7	63.2	31.2 ± 29
NAL232v08	Naredo	verano	6.3	12	67.6	25.3 ± 26.2
NAL234v08	Laviana	verano	0.0	4	91.3	15.3 ± 24.8

Tabla 23. Estimación de la variabilidad en el procesado de las muestras de invertebrados bentónicos. Se muestran las diferencias en riqueza (%), el número de familias no coincidentes, el índice de Jaccard y las diferencias en abundancia relativa (media ± DE).

En el caso del procesado de invertebrados bentónicos, las diferencias en riqueza oscilan entre 0 y 17.2%, y el número de familias no coincidentes entre 3 y 12, es decir, en ambos casos, valores relativamente bajos.

Estas diferencias entre muestras se ven reflejadas en los valores de las "familias no coincidentes". No obstante, en algunos casos (Naredo-primavera, el Coto-verano y Laviana-verano), las diferencias en riqueza son nulas aunque presentan familias no coincidentes ya que unas familias se pueden sustituir por otras y dar como resultado la misma riqueza en ambas muestras.

Por otro lado, la similitud (índice de Jaccard) entre la muestra identificada por el operador 1 y la muestra identificada por el operador 2 tiene unos valores muy altos, superiores al 70% en la mayoría de los casos, resultado de estos bajos valores tanto de "diferencias en riqueza" como de "familias no coincidentes".

Confianza de clase

Obtención de la función polinómica

La relación entre el valor promedio de EQR y su desviación estándar se muestra en la siguiente figura:

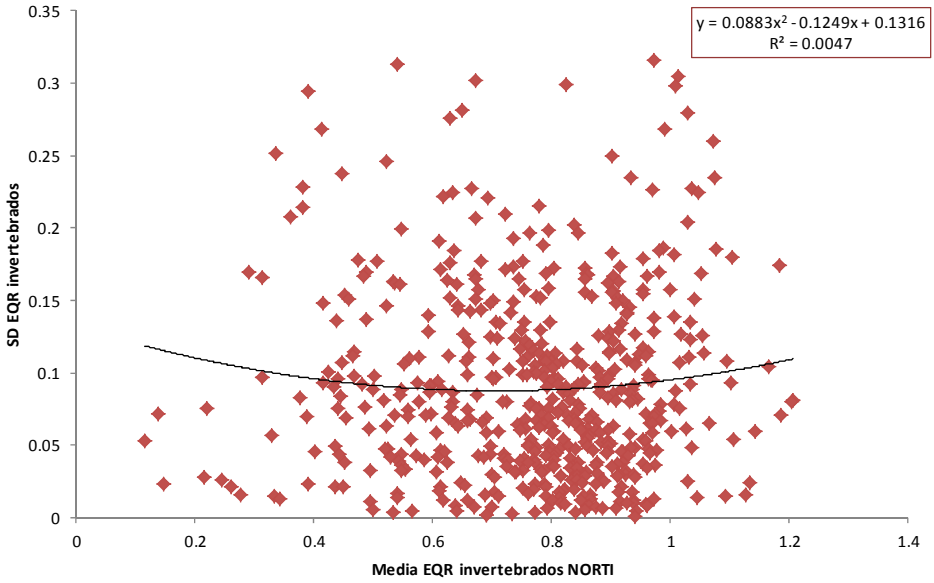


Figura 16. Representación gráfica de los valores medios de **EQR NORTI de invertebrados** frente a su desviación estándar (DE) para localidades con dos o más campañas de muestreo. En la esquina superior derecha se muestra la ecuación polinómica de segundo grado.

La desviación estándar (DE) asociada a cada valor promedio es muy variable (Figura 16). Estos valores oscilan entre prácticamente cero **a valores cercanos a 0.3**.

Cálculo de la confianza de clase

A continuación, para cada uno de los valores de EQR NORTI de invertebrados entre 0.001 y 1.400 se calculó la probabilidad que tiene cada valor puntual de EQR de pertenecer a cada clase de estado. Estas confianzas de clase (%) se representaron gráficamente frente al valor de EQR (Figura 17).

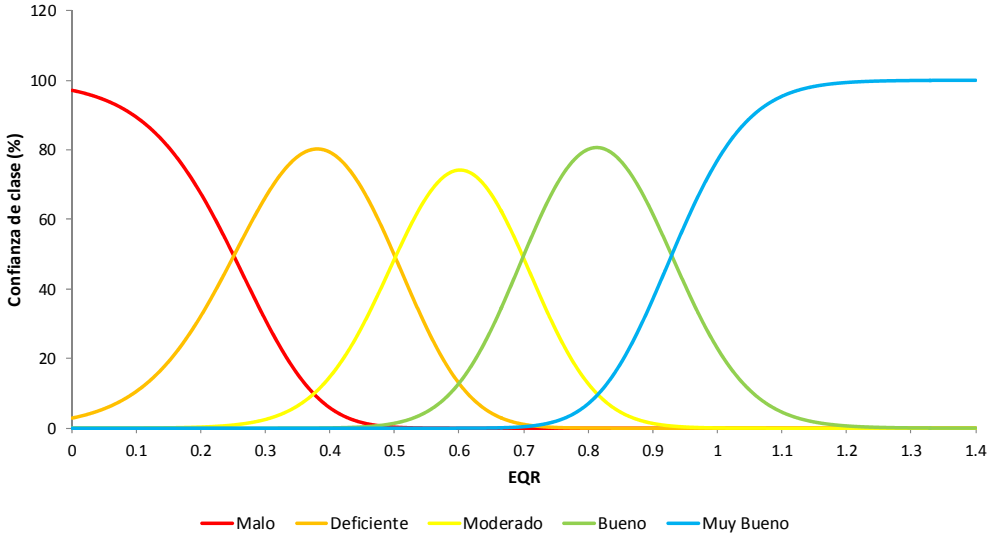


Figura 17. Representación gráfica de la confianza de clase (%) frente al EQR NORTI de invertebrados**.**

Cada una de las curvas de la Figura 17 muestra la "confianza de clase" para cada una de las clases de estado. Se puede observar cómo los valores más altos pertenecen a los centros de clase y los valores más bajos a los límites entre clases. Hay destacar que, en la clase de estado Moderado, el máximo alcanzado es algo menor (aproximadamente 75%) que para el resto de clases de estado (> 80%).

Ejemplo 2. Cálculo de la confianza de clase

1. Calculamos la desviación estándar (con la ecuación polinómica, ver ejemplo 1) de un listado de EQRs entre 0.001 y 1.400:

Eje de la x (EQR)	Desviación estándar
0.001	0.132
0.002	0.132
0.003	0.131
0.004	0.131
...	...
0.006	0.131
0.007	0.131
0.083	0.122
0.084	0.122
...	...
1.398	0.130
1.399	0.130
1.400	0.130

2. Calculamos la confianza de clase (CoC) de cada una de las clases de estado para cada valor de EQR según formulas descritas por Kelly et al, 2009b.

		¿Cuál es la probabilidad de que esta localidad cumpla con los requerimientos de la DMA?		
	EQR observado	Probabilidad no cumplir	Probabilidad cumplir	¿Cumplen?
Localidad1	0.001	100.00	0.00	no
Localidad2	0.249	100.00	0.00	no
Localidad3	0.250	100.00	0.00	no
Localidad4	0.499	98.61	1.39	no
Localidad5	0.500	98.57	1.43	no
Localidad6	0.699	50.46	49.54	no
Localidad8	0.906	1.18	98.82	si
Localidad9	0.929	0.63	99.37	si
Localidad10	1.400	0.00	100.00	si

2.1 En esta tabla se muestran una serie de valores de EQR y su probabilidad de cumplir o no cumplir los requisitos de la DMA (los colores se corresponden con las clases de estado: rojo=Malo; naranja=Deficiente; amarillo=Moderado; verde=Bueno y azul=Muy bueno).

5.4.2 Diatomeas

Variabilidad temporal y espacial

El EQR NORTI de diatomeas oscila entre valores cercanos a 0.400 (NAL203) y valores próximos a 1.000 (NAL038) (Figura 18). Por otro lado, cabe destacar que en todos los casos, excepto para las localidades NAL203 y NAL038, las muestras de verano presentan valores más altos que las de primavera. La variación de las muestras respecto al valor promedio es elevada en las localidades NAL063 (Monasterio) [CV = 23.16%] y NAL038 (Naviego) [CV = 14.19%].

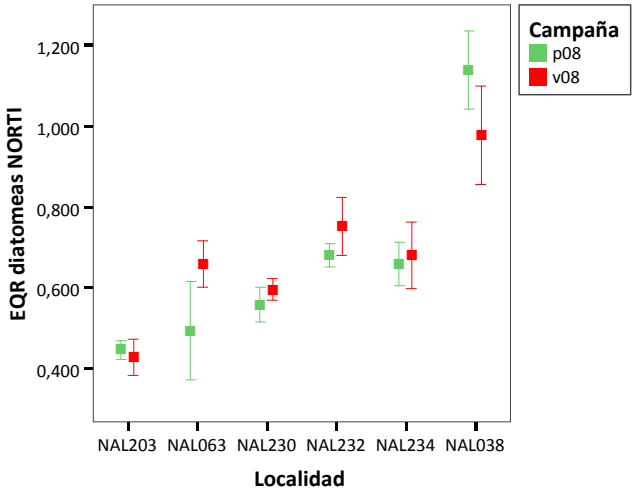


Figura 18. Barras de error que muestran los valores promedio de EQR NORTI de diatomeas de cada localidad en primavera y verano y su desviación estándar.

Variabilidad en el procesado de diatomeas

La variabilidad asociada al procesado de las muestras de diatomeas en el laboratorio se detalla en la siguiente tabla:

Id	Localidad	Campaña	Diferencias en riqueza (%)	Especies no coincidentes	Índice de Jaccard (%)	Diferencias en abundancia (Media ± DE)
NAL038p08	el Coto	primavera	14.3	11	56.0	68.3 ± 35.8
NAL063p08	Monasterio	primavera	41.7	9	35.7	75 ± 36.2
NAL203p08	Naviego	primavera	15.2	21	48.8	67.9 ± 36.5
NAL230p08	San Juan	primavera	23.1	9	43.8	67.8 ± 40.6
NAL232p08	Naredo	primavera	17.6	11	47.6	68.4 ± 37.7
NAL234p08	Laviana	primavera	6.7	3	81.3	42.6 ± 35.7
NAL038v08	el Coto	verano	31.6	8	60.0	72.1 ± 27.3
NAL063v08	Monasterio	verano	26.7	6	62.5	60.2 ± 35.1
NAL203v08	Naviego	verano	19.2	17	46.9	72.2 ± 32.8
NAL230v08	San Juan	verano	0.0	24	33.3	76.6 ± 35.2
NAL232v08	Naredo	verano	5.3	7	68.2	60 ± 34.3
NAL234v08	Laviana	verano	0.0	8	55.6	64.8 ± 38.6

Tabla 24. Valores de las diferencias y similitudes en el procesado de las muestras de diatomeas bentónicas donde se muestran las diferencias en riqueza (%), el número de especies no coincidentes, el índice de Jaccard y las diferencias en abundancias (media ± DE).

En el caso de las diatomeas bentónicas, las diferencias en riqueza oscilan entre 0 (en San Juan y Laviana en verano) y 41.7% en Monasterio en primavera. El número de especies no coincidentes oscila entre 3 en Laviana en primavera y 24 en San Juan en verano. Por otro lado, la similitud (índice de Jaccard) entre las muestras procesadas oscila entre el 33.3% (San Juan-verano) y el 81.3% (Laviana-primavera).

Cabe destacar la escasa concordancia entre las submuestras de la localidad NAL063 (Monasterio-primavera) que presenta un 41.7% de "diferencias en riqueza" y un valor de similitud bajo (índice de Jaccard = 35.7%).

Confianza de clase

La relación entre el valor promedio de EQR y su desviación estándar se muestra en la siguiente figura:

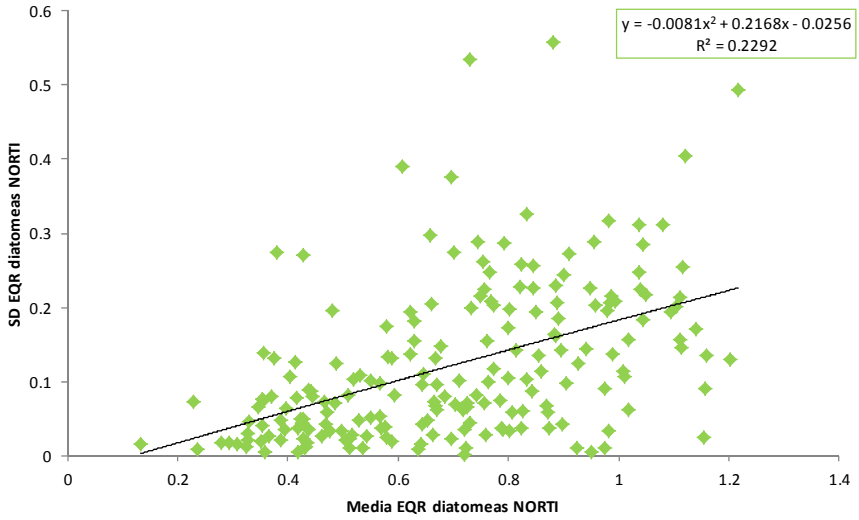


Figura 19. Media del EQR NORTI de diatomeas frente a la desviación estándar (DE).

La desviación estándar asociada a cada muestra es muy variable (min ≈ 0; max ≈ 0.6). Cabe destacar que la desviación estándar es mínima para las clases de estado peores. Tras calcular las desviaciones estándar y las probabilidades de pertenencia a cada una de las clases de estado, se obtuvo una gráfica con las curvas de confianza de clase para cada valor de EQR (Figura 20).

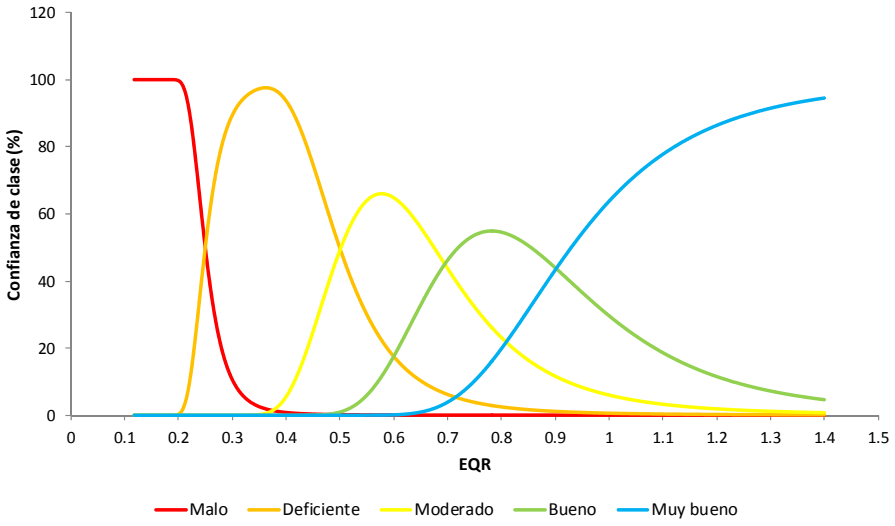


Figura 20. Representación gráfica de la confianza de clase (%) frente al EQR NORTI de diatomeas.

En este caso, del mismo modo que con el EQR NORTI de invertebrados, la confianza de clase aumenta a medida que nos acercamos al centro de la clase y disminuye en los límites. Por otro lado, en las clases Moderada y Buena el máximo valor de confianza de clase es menor, aproximadamente un 65 y 55 % respectivamente, que en el resto de las clases de estado (> 80%).

6 Evaluación de la respuesta de los índices de calidad ecológica a las presiones de origen antrópico

6.1 La Directiva Marco del Agua y la repercusión de la actividad humana en el estado de las aguas superficiales

Las aguas superficiales son una fuente de recursos valiosos (agua, pesca, suelos fértiles) y, por ello, el desarrollo de la humanidad ha estado muy ligado a este tipo de sistemas. Esta presión antrópica ha provocado un deterioro paulatino de los ecosistemas acuáticos que se vio incrementado a partir de la revolución industrial. Los principales usos que se le han dado a las aguas superficiales son: abastecimiento de agua para consumo o regadío, navegación, pesca y obtención de energía hidroeléctrica.

La Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) (DMA) tiene entre sus principales objetivos establecer un marco de protección para todas las aguas superficiales y subterráneas que garantice un alto grado de integridad ecológica del ecosistema. Los estados miembros deben llevar a cabo las medidas necesarias para alcanzar un buen estado ecológico de las aguas superficiales en el año 2015.

Con el fin lograr este objetivo a medio plazo, el artículo 5 de la DMA obliga a realizar un "Estudio de las repercusiones de la actividad humana en el estado de las aguas superficiales".

> *Cada Estado miembro velará por que se efectúe en cada demarcación hidrográfica o en la parte de una demarcación hidrográfica internacional situada en su territorio: un análisis de las características de la demarcación, un estudio de las repercusiones de la actividad humana en el estado de las aguas superficiales y de las aguas subterráneas, y un análisis económico del uso del agua […].*

De esta forma será posible identificar, y estimar en qué medida, las masas de agua que están siendo afectadas (o podrían estarlo en un futuro) por la actividad humana. Con ello se puede establecer dónde y hasta qué punto se puede poner en peligro el cumplimiento de los objetivos ambientales de la DMA.

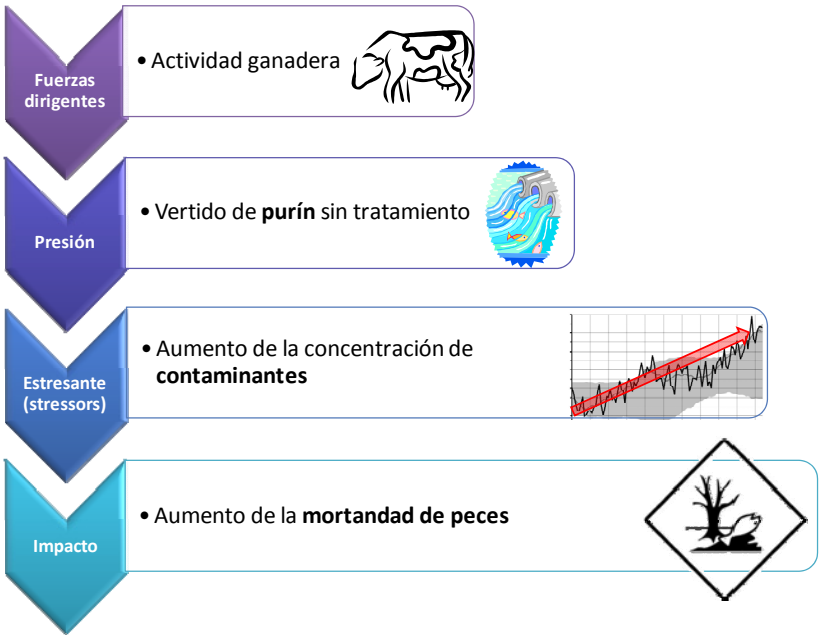
En el Anexo II de la DMA se enumeran las principales actividades antrópicas que pueden afectar a las aguas superficiales: contaminación significativa de origen puntual, contaminación significativa de origen difuso, extracciones de agua, regulación significativa del flujo del agua, alteraciones hidromorfológicas y otras modificaciones antrópicas relevantes. En este listado también se incluyen los usos del suelo (zonas urbanas, industriales y agrarias y, si procede, pesquerías y bosques), ya que pueden ser indicativos de actividades humanas dañinas para los ecosistemas acuáticos.

Tras la identificación inicial de actividades humanas potencialmente dañinas (**análisis de presiones**), es necesario que los estados miembros realicen una evaluación de la susceptibilidad de las masas de agua a dichas actividades (**análisis de impactos**) para así poder establecer **medidas** que minimicen ese impacto en las que lo necesiten. De esta forma, será posible alcanzar el objetivo de la DMA (buen estado ecológico en 2015).

6.2. Fuerzas dirigentes, presión e impacto: Definición y relaciones

La nomenclatura usada en el estudio de la repercusión de la actividad humana en el estado ecológico de las aguas superficiales puede ser confusa. Es necesario diferenciar no sólo cual es la **causa** (actividad antrópica) y el **efecto** (alteración del estado ecológico de las masas de agua), sino también distinguir las causas indirectas (e.g. actividad industrial) de las directas (e.g. el vertido contaminante resultante de la actividad industrial).

De esta forma, a las actividades humanas que pueden afectar a las masas de agua se les denominan fuerzas dirigentes (e.g. actividad ganadera). Una presión es un efecto o consecuencia directa de la fuerza dirigente que probablemente afectará al estado ecológico del río (e.g. vertido de purín sin tratamiento previo) mediante el aumento de los niveles de sustancias o procesos estresantes (*stressors*), como por ejemplo la concentración de contaminantes. De esta forma, una presión significativa es aquella cuya magnitud es suficiente como para poder causar el incumplimiento de los objetivos medioambientales de la DMA (e.g. elevado volumen de purín). La consecuencia ambiental de la presión es el impacto (e.g. mortandad de peces). Finalmente, dependiendo de la magnitud del impacto, se alterará o no el estado ecológico de la masa de agua.



6.2.2 Tipos de presiones

Las presiones a las que están sometidas las masas de agua se clasifican en función de su **origen**, siendo los principales tipos:

- ✓ **Contaminación de origen puntual:** Los residuos sólidos y/o líquidos proceden de una única fuente identificable (los vertidos son agrupados, por ejemplo a través de una tubería, antes de ser liberados al medio). La naturaleza del vertido puede ser muy diferente,
- ✓ aunque los más destacables son los vertidos urbanos, vertidos industriales y los procedentes de actividades mineras.

    - Los *vertidos urbanos* incluyen una combinación de heces humanas, orina, "aguas grises" (procedentes de los lavados, los baños y la preparación de comidas), aceite, grasa, metales, sal, arena y residuos de origen animal.
    - El contenido de los *vertidos industriales* depende de la actividad concreta que se realice, aunque en general pueden llevar sustancias tóxicas.
    - *Los vertidos procedentes de actividades mineras* están compuestos principalmente por sustancias ácidas, escombros y metales.

- ✓ **Contaminación de origen difuso:** Los residuos sólidos y/o líquidos proceden de fuentes difíciles de identificar, generalmente en zonas amplias en las que coexisten múltiples focos de emisión. Este tipo de contaminación suele llegar a las masas de agua por escorrentía superficial y/o infiltración. Las principales fuentes de origen difuso son la agricultura, la ganadería (generalmente extensiva) y las actividades forestales.

    - Los *vertidos de origen agrícola y forestal* incluyen, principalmente, fertilizantes y pesticidas. Los fertilizantes pueden contener cualquier nutriente esencial, pero la mayoría están compuestos por nitrógeno, fósforo, potasio o alguna combinación de ellos.
    - Los *vertidos de origen ganadero* incluyen excrementos con patógenos, nutrientes y sólidos en suspensión.

- ✓ **Extracciones de agua.** Uno de los principales usos de las masas de agua es el abastecimiento de agua para consumo, generación eléctrica, industria y agricultura. Estas actuaciones reducen el caudal del río y, si son excesivas, pueden dañar a las comunidades biológicas. Los trasvases de agua entre cuencas también conllevan una extracción de agua que afectará tanto a la cuenca receptora como a la cuenca origen.

- ✓ **Alteraciones hidromorfológicas.** Son las modificaciones en el cauce del río, como puede ser los encauzamientos, las canalizaciones, los azudes, las presas, etc. Afectan principalmente al caudal del río, a los hábitats de las especies que lo habitan y también a las especies asociadas a los hábitats de la ribera. En el caso de las presas, se rompe además la conectividad longitudinal del río, impidiendo así las migraciones de especies aguas arriba y aguas abajo.

- ✓ **Biológicas.** Se consideran presiones de origen biológico a las relacionadas con la introducción o extracción de individuos en las masas de agua, como por ejemplo la actividad piscícola o la introducción de especies invasoras como el galápago de florida.

- ✓ **Otras causas antropogénicas.** Dependiendo de la actividad humana que exista en la cuenca del río, se pueden generar presiones que no estén recogidas en la clasificación anterior, como por ejemplo los usos recreativos o las zonas de baño.

Las presiones no actúan de forma individual y el efecto de una presión puede verse potenciado por la presencia de otra diferente (***efectos sinérgicos***). Por ello, a la hora de identificar las presiones que pueden modificar el estado ecológico de la masa de agua, es necesario tener en cuenta el efecto combinado que pueden tener varias presiones en la cuenca (presión por degradación general).

Origen	Fuerza dirigente	Presión	Impacto
Origen difuso	Agricultura	Llegada de nutrientes por escorrentía superficial, erosión del suelo, exceso de fertilizantes	Eutrofización
		Llegada de pesticidas	Toxicidad para la fauna, contaminación de acuíferos
		Pérdida de sedimento por erosión del suelo y márgenes de la cuenca	Modificación del lecho fluvial, alteración de las comunidades de invertebrados, pérdida de lugares de ovoposición (para frezas)
Origen puntual	Industrial	Vertido de efluentes industriales	Toxicidad (si hay sustancias tóxicas), aumento de sólidos en suspensión, alteración del régimen de oxígeno por la materia orgánica, eutrofización
	Actividad urbana	Vertido de efluentes urbanos	Toxicidad (si hay sustancias tóxicas), aumento de sólidos en suspensión, alteración del régimen de oxígeno por la materia orgánica, eutrofización
Extracción de agua /modificaciones caudal	Extracción de agua	Reducción del caudal	Reducción de la capacidad de dilución de contaminantes, modificación de los regímenes hidrológicos, modificación del ecosistema terrestre adyacente, alteración del nivel freático
	Trasvase hidrológico	Reducción/aumento del caudal	Modificación del flujo termal y los regímenes hidrológicos
		Introducción de especies alóctonas	Desaparición de especies autóctonas
Alteración hidromorfológica	Dragado	Depósito de sedimentos	Modificación del lecho fluvial, alteración de las comunidades biológicas
		Remoción de sustrato	Pérdida de hábitat
		Cambio en el nivel del agua	Cambio en el nivel de la capa freática, desecación de humedales
	Presas	Variación en las características del caudal (volumen, velocidad)	Alteración del régimen fluvial y de los hábitats
	Canalizaciones	Variación en las características del flujo	Alteración del régimen fluvial y de los hábitats
Biológicas	Explotación piscícola	Actividad piscícola	Reducción de la fauna piscícola
	Introducción de especies invasoras	Competencia con especies autóctonas	Desaparición de comunidades autóctonas, destrucción de los hábitats

Tabla 25. Ejemplo de presiones de diferente origen y sus potenciales impactos. Nota: modificado de la Guidance Document No 3 *Analysis of Pressures and Impacts* (Comisión Europea, 2003b).

6.2.3 Principales contaminantes de sistemas acuáticos

La contaminación es la liberación al medio de sustancias o elementos tóxicos perjudiciales para el ser humano o los ecosistemas. Los contaminantes que aparecen en los ríos pueden ser tanto sustancias de origen antrópico como sustancias que se encuentran en ellos de forma natural (e.g. nitratos) pero que aparecen en mayor concentración, lo que las convierte en perjudiciales para la biota. Los principales contaminantes de origen natural en las aguas superficiales son:

- ***Sólidos en suspensión***: Son partículas sólidas pequeñas que se localizan en la columna de agua, sin depositarse en el fondo. Su exceso puede ser perjudicial, ya que hacen que el agua esté más turbia y se limite la luz, afectando por tanto a la fotosíntesis de las algas y plantas.

- ***Materia orgánica***: Es la materia muerta, que puede encontrarse disuelta o en partículas de diverso tamaño. Su impacto en los ecosistemas acuáticos se produce porque disminuye el oxígeno disuelto en el agua cuando se produce su descomposición microbiana. Los organismos vivos necesitan el oxígeno para respirar y, por tanto, un descenso de oxígeno es perjudicial para ellos. La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) es el parámetro usado de forma más común en el análisis de los recursos de oxígeno en el agua ya que cuantifica la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica.

- ***Sustancias ácidas***: La deposición ácida reduce el pH de las aguas. Si el pH es demasiado bajo puede ser incompatible con la vida de la mayoría de los organismos.

- ***Fosfatos***: El fósforo es un elemento limitante para el crecimiento de las plantas y las algas en la mayoría de los ecosistemas acuáticos continentales. Un incremento en la concentración de compuestos de fósforo, como los fosfatos, provoca que esta limitación desaparezca y aumente el crecimiento de algas y plantas. El aumento del crecimiento de las plantas va seguido de un agotamiento de este nutriente en el medio y la posterior muerte de los organismos fotosintéticos que, al producirse su descomposición por parte de los microbios heterótrofos, agotan la concentración de oxígeno en el agua, lo que causa la mortandad y perjuicio de la vida animal. Este fenómeno se denomina eutrofización.

- ***Compuestos nitrogenados (amonio, nitratos, nitritos):*** Al igual que en el caso de los fosfatos, una alta concentración de compuestos nitrogenados en el agua puede dar lugar a la eutrofización de las mismas (aumento del crecimiento de las algas y reducción de la concentración de oxígeno), dificultando la vida de otros organismos.

- ***Otros contaminantes*** que no se encuentran de forma natural en los ecosistemas acuáticos son los ***pesticidas*** (sustancias químicas que matan vida no deseada), ***los aceites*** o ***los organismos patógenos***.

6.3. Análisis de presiones e impactos en masas de agua

El principal objetivo es la identificación de las presiones significativas que pueden afectar a una masa de agua, con el fin de poder identificar aquellas en las que existe el riesgo de incumplir los objetivos ambientales de la DMA. Para saber si existe este riesgo es necesario tener en cuenta la magnitud y los efectos acumulativos de las presiones así como las características de las masas de agua que hacen que sean susceptibles a esas presiones.

El impacto en una masa de agua suele medirse en base a los indicadores biológicos de su estado ecológico. Por tanto, es esencial que los índices biológicos respondan a las presiones de forma que cuanto mayor sea el impacto, menor sea el estado ecológico de la masa de agua. El análisis de presiones básicamente consiste en dos pasos:

6.3.1 Identificación y cuantificación de fuerzas dirigentes y presiones relevantes

La DMA obliga a los estados miembros a recoger y mantener información sobre el tipo y la magnitud de las presiones significativas que pueden afectar a las aguas superficiales. Como ***presión significativa*** se entiende aquella que, de forma individual o en combinación con otras presiones, puede causar el incumplimiento los objetivos ambientales de la DMA.

Para identificar una presión significativa es necesario conocer cómo funciona la cuenca (flujo de agua, transferencia química y funcionamiento biológico). Además, las estimas del tipo y magnitud de la presión deben ser comprobadas, cuando sea posible, con datos reales. Finalmente, es necesario tener en cuenta que el riesgo de incumplir los objetivos de la DMA lo pueden ocasionar una o varias presiones significativas y, por tanto, hay que considerar los posibles efectos sinérgicos de estas presiones, que pueden hacer que varíe la magnitud del impacto.

6.3.2 Respuesta de las comunidades biológicas a los gradientes de presión

El análisis de la respuesta de las comunidades biológicas a los gradientes de presión permite identificar qué presiones pueden tener un efecto significativo en las comunidades y saber así qué niveles de presión son perjudiciales para ellas. La identificación de estos niveles de presión (***umbrales***) permite establecer reglas sencillas para estimar el estado ecológico de una masa de agua de forma que, si el umbral se excede, se concluye que probablemente no se cumpla el criterio de la DMA.

En numerosas ocasiones los análisis de presión no se realizan con los datos originales de las comunidades (presencia/ausencia o abundancia de todas las especies presentes en la comunidad) si no con los índices de calidad ecológica (EQRs), que resumen composición o características importantes de la comunidad. En teoría, este índice, para ser óptimo, tiene que mostrar un deterioro de la comunidad cuando aumentan los niveles de las presiones que la afectan. Por tanto, los análisis de presiones también pueden usarse para evaluar la idoneidad de un índice de calidad ecológica.

6.4 Las presiones existentes en las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño Sil. Respuesta de los índices de calidad ecológica

6.4.2 Las Demarcaciones Hidrográficas del Cantábrico y del Miño-Sil

La Demarcación Hidrográfica del Cantábrico se localiza en el norte de la Península Ibérica y abarca una superficie total de 22452 km² (Figura 21). La Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil se localiza en el noroeste de la Península Ibérica y abarca una superficie de 17717 km^2. La población de la DH del Cantábrico supera los dos millones de habitantes mientras que la población de la DH del Miño-Sil es inferior (835000 habitantes). En ambas demarcaciones las cubiertas vegetales dominantes son la forestal y el matorral.

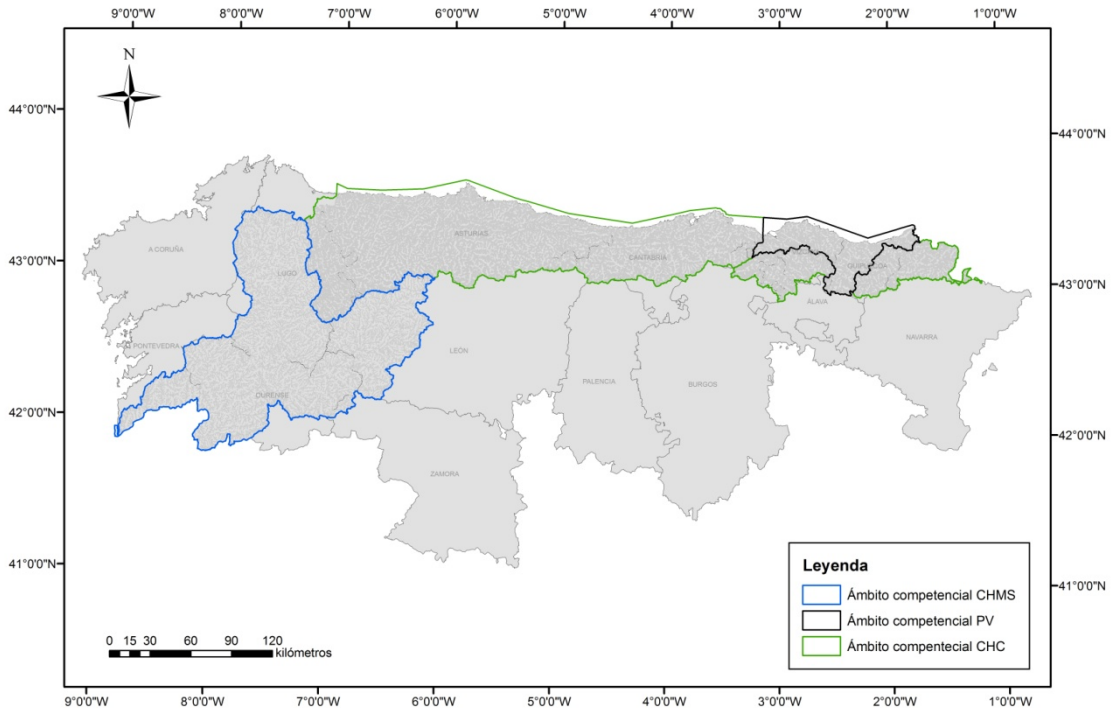


Figura 21. Localización de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico (CHC), la Confederación Hidrográfica del Miño-Sil (CHMS), y los ríos bajo el ámbito competencial del País Vasco (PV).

6.4.3 Identificación de principales presiones significativas en las cuencas

Cada Confederación Hidrográfica ha de recopilar y mantener el inventario de presiones a las que están expuestas las masas de agua. La Confederación Hidrográfica del Cantábrico identifica, entre los temas importantes, el control de las siguientes presiones: las alteraciones hidromorfológicas, el uso hidroeléctrico, la extracción de agua superficial y subterránea, la alteración de los caudales ecológicos, la contaminación por vertidos industriales, la acuicultura, la presencia de especies exóticas y la contaminación de origen agrícola y ganadero (Demarcación Hidrográfica del Cantábrico, *Esquema provisional de temas importantes en*

materia de gestión de las aguas, 2008*).* Según la propuesta del Proyecto del Plan Hidrológico 2010-2015 para la Confederación Hidrográfica del Miño-Sil (CH Miño-Sil, 2010), las presiones antropogénicas significativas en esta demarcación son, principalmente, la contaminación originada por fuentes puntuales (e.g. vertidos urbanos) y difusas (e.g. áreas urbanas), la extracción de agua (e.g. para uso hidroeléctrico y molinería), las alteraciones morfológicas y/o la regulación de flujo (e.g. azudes, explotaciones forestales, trasvases y desvíos), los usos del suelo y otras afecciones significativas de la actividad humana (e.g. especies exóticas, cotos de pesca).

6.4.4 Análisis de la respuesta de las comunidades biológicas a los gradientes de presión

El análisis de la respuesta de las comunidades biológicas a los gradientes de presión se realizó a partir de datos biológicos (EQR NORTI, ver Pardo et al., 2010a) y de presiones de 576 localidades de 55 cuencas diferentes. La mayor parte de estas localidades fueron muestreadas varias veces a lo largo del periodo 2000-2008 (número medio de muestreos = 2.5 ± 1.1 (DE), número total de muestras = 1423) para identificar la comunidad de invertebrados y/o diatomeas que en ellas habitaba. Para la mayoría de las muestras se analizó de forma simultánea la composición del agua para cuantificar los principales estresantes ($N\text{-}NH_4$, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NO_3$, O_2, $P\text{-}PO_4$).

a. Gradientes de presión principales

Se evaluaron los principales gradientes de presión en el área de estudio mediante una extracción de componentes principales (PCA) con rotación varimax usando el programa STATISTICA 7. Los parámetros abióticos considerados fueron: físico-químicos (concentración de amonio, nitrato, nitrito y fosfatos), de usos del suelo (porcentaje de uso artificial, de agricultura intensiva, de agricultura de baja intensidad y de áreas naturales en la cuenca de drenaje), intervenciones hidromorfológicas (longitud de las canalizaciones, número de incorporaciones por desvíos hidromorfológicos y número y altura acumulada de las presas aguas arriba, todos ellos en relación a la superficie de la cuenca de drenaje excepto el número de presas), densidad de población y volumen de vertidos (vertidos urbanos, vertidos industriales y vertidos procedentes de estaciones depuradoras de aguas residuales) en relación a la superficie de la cuenca de drenaje.

Para localidades con más de una muestra físico-química, se calculó el valor promedio de las mismas. Las variables fueron transformadas para obtener una distribución aproximadamente normal.

Se identificaron cinco gradientes principales de presión, que explicaron un 69.4% de la variabilidad en los datos (Figura 22). El primer gradiente se relaciona con la densidad de población y los vertidos (27.8% de varianza explicada), el segundo con variables físico-químicas indicadoras de eutrofización (18.9%), el tercero representa alteraciones hidromorfológicas (9.7%), el cuarto la contraposición entre los usos naturales del suelo y la agricultura intensiva y el asociado aporte de nitratos (6.9%) y el quinto un gradiente de oxigenación del agua (6.1%).

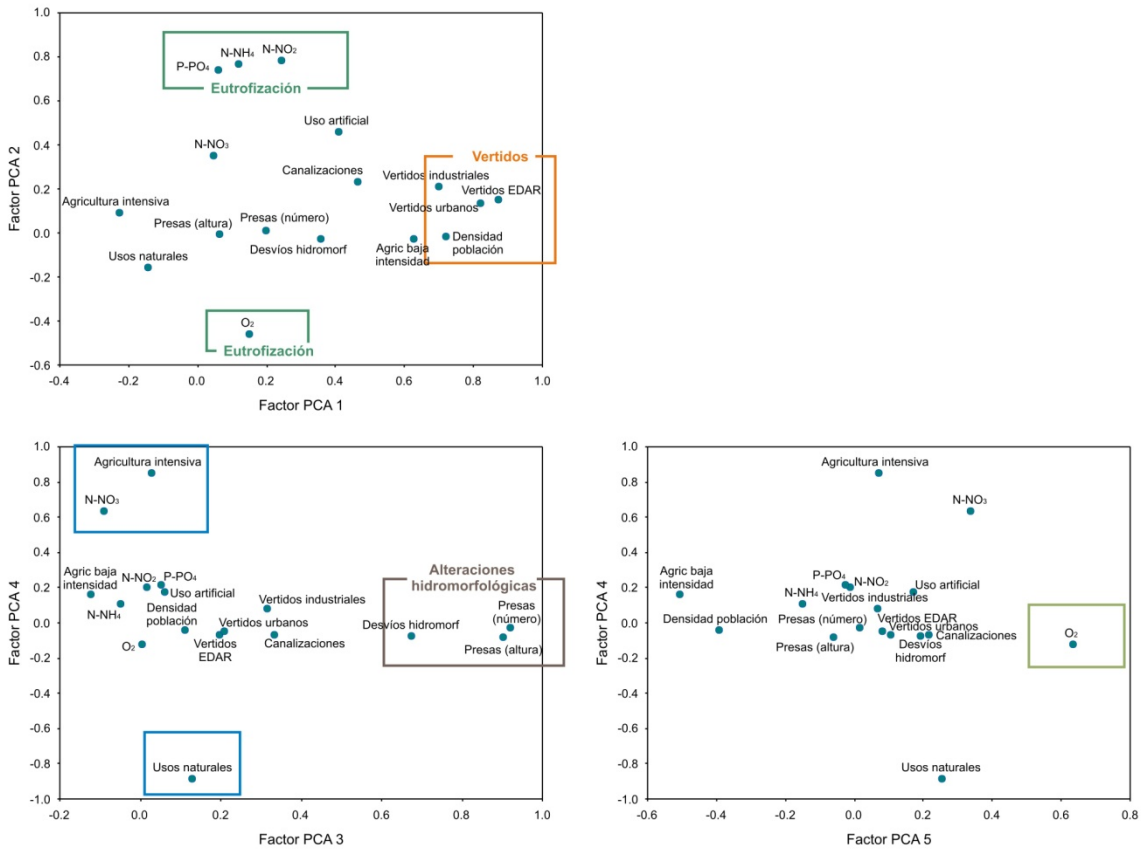


Figura 22. Representación gráfica del Análisis de Componentes Principales. Se representan las variables en los cinco ejes obtenidos tras el análisis.

b. Respuesta de los índices de calidad ecológica (EQR NORTI) a los gradientes de presión

Los gradientes de presión responsables de las diferencias de EQR entre localidades se identificaron mediante una regresión múltiple en la que el EQR extraído mediante el método NORTI es la variable respuesta y los ejes del PCA las variables predictoras potenciales. La selección de predictores y, por tanto, del mejor modelo estadístico disponible, se realizó mediante el procedimiento "mejor subgrupo" (*best subsets*) basado en el criterio de información de Akaike (AIC), usando la librería "leaps" del software R.

El EQR NORTI de invertebrados responde a todos los gradientes de presión, como se evidencia en el hecho de que todos los factores del PCA estuvieran incluidos en el mejor modelo disponible (R^2 = 0.323; $F_{5,476}$ = 45.7 p < 0.001). No obstante, el modelo que excluía el factor PCA 4 (agricultura intensiva) también fue igualmente plausible (Δ AIC < 10). De hecho, esta variable no fue significativa en el mejor modelo. La eutrofización y, en segundo lugar, los vertidos presentaron los coeficientes estandarizados más altos y, con ello, una mayor importancia relativa a la hora de explicar la variación del EQR (Tabla 26). El gradiente de oxigenación (PCA 5) presentó un efecto positivo. El mejor modelo para diatomeas incorporó la agricultura intensiva (Factor PCA 4) y el gradiente de eutrofización (R^2 = 0.275; $F_{2,396}$ = 75.13 p < 0.001). El número de modelos alternativos que fueron plausibles es mayor (número de modelos = 7), siendo los gradiente de eutrofización y de agricultura intensiva los únicos que se incluían en todos ellos.

		Coeficientes estandarizados	
Eje (Factor PCA)	**Interpretación**	**Invertebrados**	**Diatomeas**
1	Vertidos	-0.277***	
2	Eutrofización	-0.410***	-0.418***
3	Alteraciones hidromorfológicas	-0.162***	
4	Agricultura intensiva	-0.063 (n.s.)	-0.313***
5	Oxigenación	0.189***	

*(n.s.) resultado no significativo; *** p < 0.001*

Tabla 26. Coeficientes estandarizados y significación de la regresión multinomial realizada con las variables seleccionadas en el "mejor subgrupo" (*best subsets*).

Los siguientes gráficos muestran la relación entre los principales gradientes de presión y el EQR NORTI de diatomeas e invertebrados.

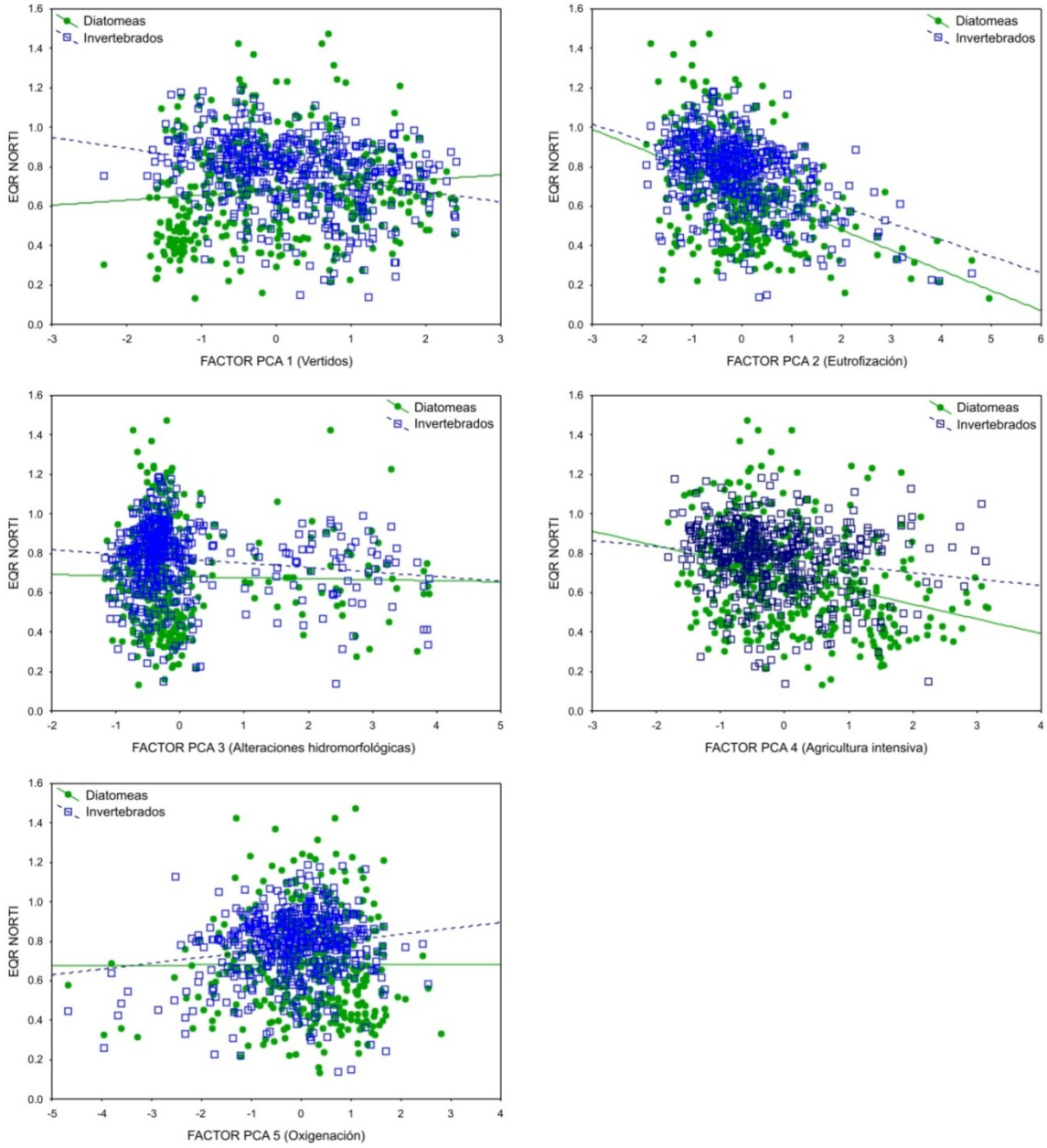


Figura 23. Relación entre los gradientes de presión y los valores de EQR NORTI para invertebrados y diatomeas.

Debido a que las diatomeas sólo responden de forma significativa a los gradiente de eutrofización y agricultura, se analizó en detalle la respuesta del EQR a la concentración de nutrientes, oxígeno disuelto y usos del suelo agrícolas, tanto intensivos como de baja intensidad. Los usos de suelo agrícola se incluyeron ya que son el origen difuso de los nutrientes que acceden a los ríos. Los análisis se realizaron sólo con localidades susceptibles de tener un impacto por nutrientes aportados por la actividad humana. Por tanto, se eliminaron todas las localidades que presentaron cierta alteración hidromorfológica (presencia de presas, presencia de canalizaciones, presencia de desvíos hidroeléctricos) así como aquellas de las que

se carecía de información de este tipo. Se realizó una regresión múltiple en la que el EQR NORTI de diatomeas es la variable respuesta y los predictores potenciales son los nutrientes ($N\text{-}NH_4$, $N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NO_2$, $P\text{-}PO_4$), el oxígeno disuelto y los usos agrícolas en la cuenca de drenaje, diferenciando uso agrícola intensivo y no intensivo. Sólo se analizaron las muestras para las que se disponía información de todas las variables. Al igual que en el caso anterior, la selección de predictores se realizó mediante el procedimiento "mejor subgrupo" (*best subsets*) basado en AIC. Se transformaron los valores de todos los parámetros para garantizar que los residuos del modelo fueran normales. Al contrario que en el caso anterior, se consideraron los datos por muestra, y no por localidad.

El mejor modelo incluyó la agricultura intensiva, la agricultura de baja intensidad, el amonio, el nitrito y el fosfato ($R^2 = 0.315$; $F_{5,347} = 31.88$ $p < 0.001$). No obstante, el amonio y la agricultura de baja intensidad no fueron significativos. Hay 19 modelos alternativos que fueron plausibles (Δ AIC < 10). Todos ellos incluyeron la agricultura intensiva. La importancia de la agricultura intensiva se reflejó también en el hecho de que presentó el mayor coeficiente estandarizado (ver Tabla 27).

Variable predictora	**Coeficiente estandarizado**
Agricultura intensiva	-0.385***
Agricultura baja intensidad	0.047 (n.s.)
$N\text{-}NH_4$	-0.085 (n.s.)
$N\text{-}NO_2$	-0.144*
$P\text{-}PO_4$	-0.147**

*(n.s.) resultado no significativo; * p < 0.05; ** p < 0.01; *** p < 0.001*

Tabla 27. Coeficientes estandarizados y significación de la regresión multinomial realizada con las variables seleccionadas en el "mejor subgrupo" (*best subsets*). Sólo se utilizan muestras de diatomeas de localidades en las que no existe presión hidromorfológica. No se especifica la transformación aplicada a cada variable predictora.

En la siguiente figura se muestra la relación entre el EQR NORTI de diatomeas y los principales factores físico-químicos y de agricultura:

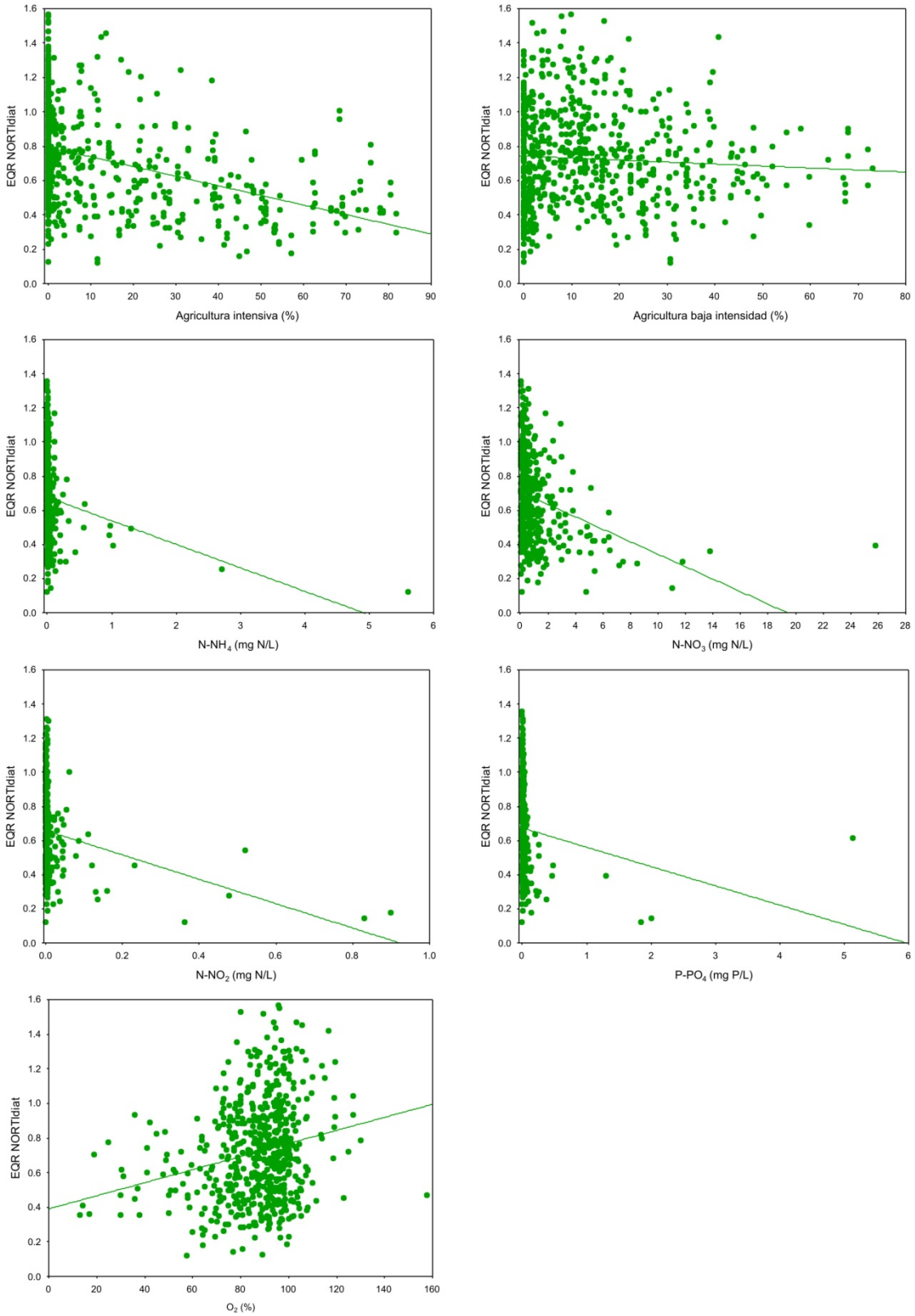


Figura 24. Relación entre el EQR NORTI de diatomeas y la composición físico-química del agua y los gradientes de agricultura para cada muestra.

7 Sistema integrado de clasificación del estado ecológico

7.1 Introducción

Se presenta la metodología seguida para la integración final de los elementos biológicos de calidad y los elementos físico-químicos e hidromorfológicos que componen el sistema de clasificación del estado ecológico, según la Directiva Marco del Agua (DMA), en los ríos de las Demarcaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil. El objetivo es suministrar una única clasificación de estado ecológico para cada localidad incluida en las redes de seguimiento establecidas en los planes hidrológicos de cuenca.

La integración consiste en la evaluación del **estado ecológico** mediante índices de calidad ecológicos (EQRs) basados en la comunidad de invertebrados y en la de diatomeas bentónicas, complementada con los criterios de cumplimiento con los umbrales físico-químicos del **Buen estado en función de los elementos físico-químicos generales**, y con características de elementos hidromorfológicos propias del **Muy buen estado**, según se indica en el esquema de la Figura 25. De esta forma, la clasificación del estado de una masa de agua se basa en el principio de "uno fuera, todos fuera" (*one-out, all-out*), y viene determinada por el peor valor que se haya obtenido para cada uno de los elementos de calidad por separado.

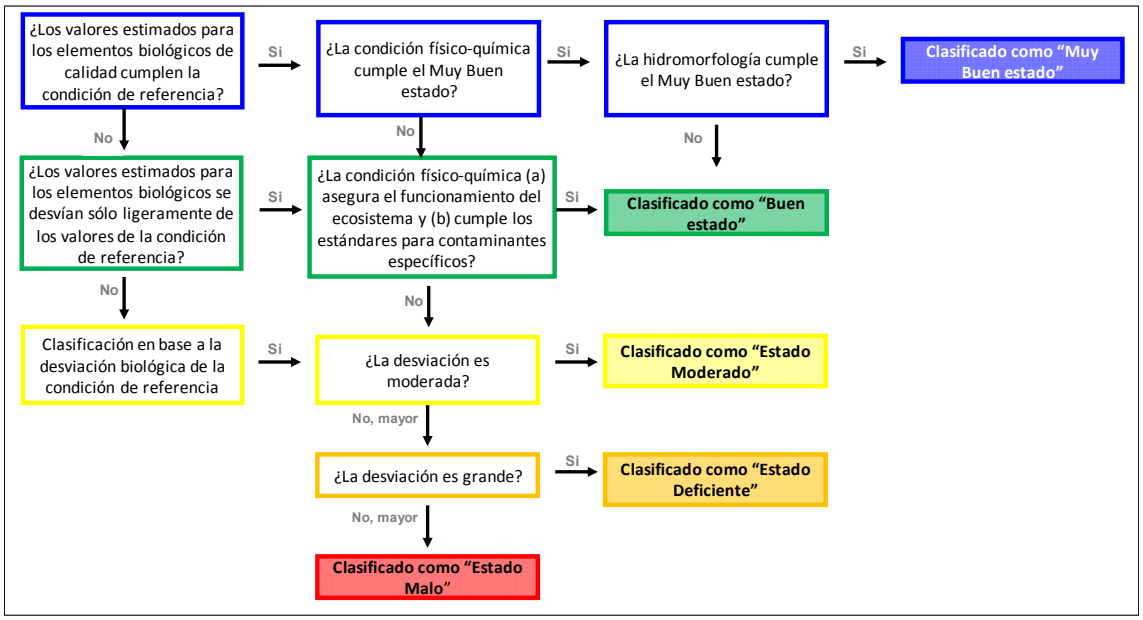


Figura 25. Esquema del protocolo de integración para la clasificación del estado ecológico según los elementos de calidad biológica, hidromorfológica y físico-química de acuerdo con las definiciones normativas del Anexo V de la DMA. (Nota: figura reproducida del documento guía nº 13 de la Estrategia Común de Implementación de la DMA, Comisión Europea, 2003d) .

7.2 Sistemas de evaluación de los elementos de calidad biológica

7.1.1. Componentes del sistema integrado de clasificación

7.1.1.1. Indicadores de elementos de calidad biológicos

Representan la relación entre la fauna/flora observada en la masa de agua y la comunidad biológica en condiciones de referencia del tipo al que pertenece dicha masa.

a. Invertebrados. Actualmente existen dos sistemas para evaluar este elemento biológico:

1. El resultante de la aplicación del "Sistema de Indicadores del Norte de España" (*NORTh Spanish Indicators system* [NORTI], ver Pardo et al., 2010a). Este sistema utiliza modelos predictivos para identificar, basándose en variables ambientales, el tipo de asociación biológica de invertebrados de cada localidad y, posteriormente, calcular su índice de calidad ecológico (EQR) a partir de un índice de similitud faunística.

Este sistema está desarrollado para todos los tipos de ríos existentes en las Demarcaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil. En este documento se presenta su conformidad con los resultados del ejercicio de intercalibración europeo del Grupo Geográfico de Intercalibración (*Geographic Intercalibration Group*, GIG) para ríos Centrales/Bálticos según instrucciones (Bennett et al., 2010) y en consonancia con los límites entre clases de estado ecológico acordados en dicho GIG (Comisión Europea, 2008; Orden ARM/2656/2008; Bennett et al., 2011), aunque no está intercalibrado de forma oficial.

2. El resultante de la aplicación de índices multimétricos específicos del tipo de masa de agua desarrollados para los cinco tipos de ríos comunes intercalibrados del Norte de España (Pardo, 2007). Los límites entre clases de estado ecológico de los cinco multimétricos han sido intercalibrados a nivel europeo con otros 16 países en el GIG de ríos Centrales/Bálticos (Comisión Europea, 2008; Orden ARM/2656/2008; Bennett et al., 2011).

***b. Fitobentos* (Diatomeas)**:

El resultante de la aplicación del "Sistema de Indicadores del Norte de España" (NORTh Spanish Indicators system [NORTI]) (véase epígrafe anterior). De la misma manera que en el caso de los invertebrados, este sistema está desarrollado para todos los tipos de ríos existentes en las Demarcaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil. Para este sistema se presenta su relación con el MDIAT (Delgado et al., 2010), sistema de clasificación oficialmente intercalibrado para algunos tipos de ríos silíceos-graníticos del Norte de España en el ejercicio de intercalibración europeo del GIG de ríos Centrales/Bálticos. Aunque no está intercalibrado de forma oficial, al sistema de diatomeas NORTI se le han

aplicado los límites de clases de estado ecológico del MDIAT (Comisión Europea, 2008; Orden ARM/2656/2008; Kelly et al., 2009a).

7.1.1.2. Indicadores de elementos de calidad físico-química

Los indicadores de los elementos de calidad físico-química corresponden a los umbrales Muy bueno/Bueno y Bueno/Moderado fijados para determinadas variables (pH, oxígeno disuelto y conductividad) en la Instrucción de Planificación Hidrológica, IPH (Orden ARM/2656/2008). También se consideran los umbrales derivados de valores registrados por la red biológica y la red química, ICA, (temperatura, saturación de oxígeno, nitrato, amonio, fósforo total, DBO5 y ortofosfatos) en localidades con Buen estado ecológico según la biota. A los datos de dichas redes se les aplicó un juicio de experto para fijar los umbrales, los cuales fueron contrastados con los umbrales de calidad físico-química "guías" e "imperativos" derivados de la Directiva 2006/44/CE, sin superar los umbrales máximos fijados en la Tabla 11 de la IPH.

7.1.1.3. Indicadores de elementos de calidad hidromorfológicos

Los indicadores de los elementos de calidad hidromorfológicos se han derivado de las características hidromorfológicas existentes en las localidades de las redes de seguimiento biológico en Muy buen estado ecológico según su biota y físico-química. La asignación al Muy buen estado ecológico en base a la hidromorfología se verificó mediante un modelo predictivo en el que se usaron variables hidromorfológicas y de usos del suelo para comprobar cuáles de estas localidades estarían realmente en Muy buen estado ecológico sólo en función de variables hidromorfológicas.

Básicamente, el modelo predictivo permite verificar la asignación al Muy buen estado teniendo en cuenta varios parámetros hidromorfológicos de forma simultánea. De igual forma, este modelo es una herramienta para identificar y gestionar aquellas localidades que, estando en Buen estado por su biota y físico-química, presentan un potencial hidromorfológico de Muy buen estado.

1.2.1 La evaluación con invertebrados

La evaluación con invertebrados se basa principalmente en la aplicación de cinco índices multimétricos (Pardo, 2007). No obstante, estos índices están desarrollados sólo para las localidades que se corresponden con alguno de los cinco tipos de ríos comunes intercalibrados en el GIG de la región Central/Báltica (según el sistema A de la DMA). Para el resto de las localidades se ha utilizado el EQR resultante del "Sistema de Indicadores del Norte de España" [NORTI] (véase *Tipología de ríos y conformidad con las comunidades biológicas en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño–Sil*, Pardo et al., 2010a), que es aplicable a todos los tipos de ríos existentes en las Demarcaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil. La

red de localidades de referencia es la misma para ambos sistemas (véase Pardo et al., 2010a). En la Figura 26 se observa la alta correspondencia entre el EQR derivado del sistema de multimétricos (IC) y el EQR según el sistema de clasificación NORTI.

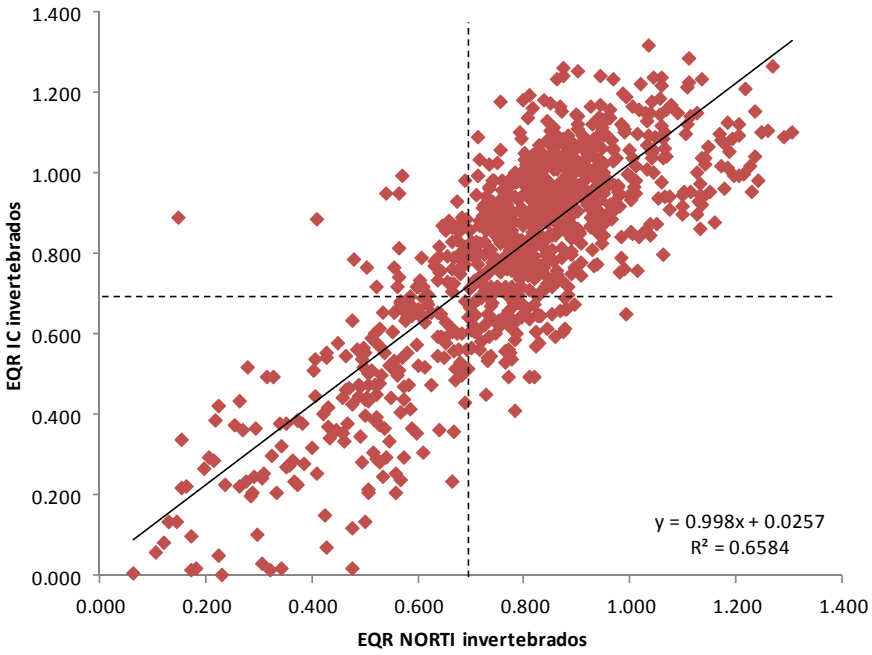


Figura 26. Relación entre el componente de invertebrados del sistema NORTI (EQR NORTI de invertebrados) con el índice multimétrico para invertebrados (EQR IC). Nota: las líneas punteadas indican el límite entre las clases Buena y Moderada (EQR = 0.700).

La clasificación del estado ecológico en base al indicador biológico invertebrados se realiza teniendo en cuenta los datos del último año de muestreo (último año disponible del periodo 2003-2008, generalmente año 2008). Para aquellas estaciones con dos o más valores de EQR en un mismo año, se calcula el promedio del EQR en dicho año. En los Planes Hidrológicos se usan los siguientes límites entre clases ecológicas: Muy bueno/Bueno = 0.930, Bueno/Moderado = 0.700, Moderado/Deficiente = 0.500 y Deficiente/Malo = 0.250.

La conformidad de los resultados del NORTI de invertebrados con los resultados del ejercicio de intercalibración europeo del GIG de ríos Centrales/Bálticos según instrucciones (Bennett et al., 2010) y en consonancia con los umbrales acordados por dicho GIG (Comisión Europea, 2008; Orden ARM/2656/2008; Bennett et al., 2011), se presenta en la Figura 27. En ella se muestra el resultado de la intercalibración del EQR derivado del métrico común de intercalibración europeo (*Intercalibration Common Metric*, ICM) y el EQR NORTI de invertebrados. El límite entre los estados Bueno/Moderado del NORTI se fija en 0.700, igual al propuesto para el sistema de multimétricos. Este límite se corresponde con un valor de EQR ICM de 0.742, que se encuentra dentro de la banda propuesta en el ejercicio de intercalibración europeo.

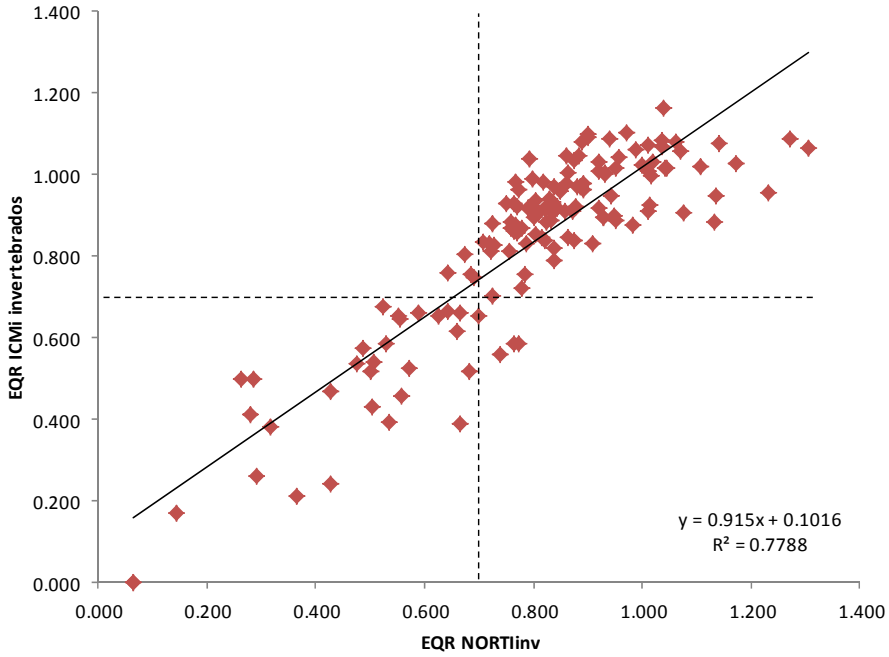


Figura 27. Intercalibración del componente de invertebrados del NORTI con el Métrico Común de Intercalibración (ICM) para invertebrados (ríos Centrales/Bálticos). Nota: las líneas punteadas indican el límite entre las clases Buena y Moderada (EQR = 0.700). La regresión se ha realizado sobre una selección al azar de muestras para garantizar que todas las clases de estado estaban representadas por el mismo número de muestras.

1.2.2 La evaluación con diatomeas

La evaluación con diatomeas se basa en el "Sistema de Indicadores del Norte de España" [NORTI] (véase Pardo et al., 2010a), que es aplicable a todos los tipos de ríos existentes en las Demarcaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil. Se ha comprobado la correspondencia entre el EQR resultante de este sistema y el EQR resultante del índice multimétrico MDIAT (*Diatom Multimetric Index*) (R^2 = 0.77), desarrollado para los ríos pequeños y silíceo-graníticos de la Demarcación Hidrográfica de Galicia-Costa (Delgado et al., 2010), intercalibrado a nivel europeo.

La clasificación del estado ecológico en base al indicador biológico diatomeas se realiza teniendo en cuenta los datos del último año de muestreo (último año disponible del periodo 2003-2008, generalmente año 2008). Este estado ecológico se calcula a partir del valor promedio de EQR en dicho año cuando hay más de una muestra. Al igual que en invertebrados, se usan los siguientes límites entre clases establecidos para MDIAT, intercalibrados a nivel europeo para diatomeas en ríos: Muy bueno/Bueno = 0.930, Bueno/Moderado = 0.700, Moderado/Deficiente = 0.500 y Deficiente/Malo = 0.250. La correspondencia entre el EQR del NORTI de diatomeas y el métrico común de intercalibración europea EQR del ICM de phytobentos es baja (Figura 28), aunque cumple con los requisitos necesarios para su comparación a nivel europeo. Con dicha relación el

corte entre Muy Bueno/Bueno es de 0.915 y el Bueno/Moderado de 0.828, con lo que el último corte quedaría por encima de la banda de intercalibración. Dicho corte se está intercalibrando de forma no oficial en la segunda fase del ejercicio de intercalibración europeo. Cabe destacar que el indicador biológico diatomeas sólo se utiliza en la evaluación del estado ecológico de localidades fluviales susceptibles de contaminación orgánica/nutrientes en las que el impacto por alteraciones hidromorfológicas es nulo (ausencia de presas, ausencia de canalizaciones y ausencia de incorporaciones por desvíos hidromorfológicos), y sólo se usa en aquellas localidades que no tienen clasificación derivada de los sistemas de invertebrados.

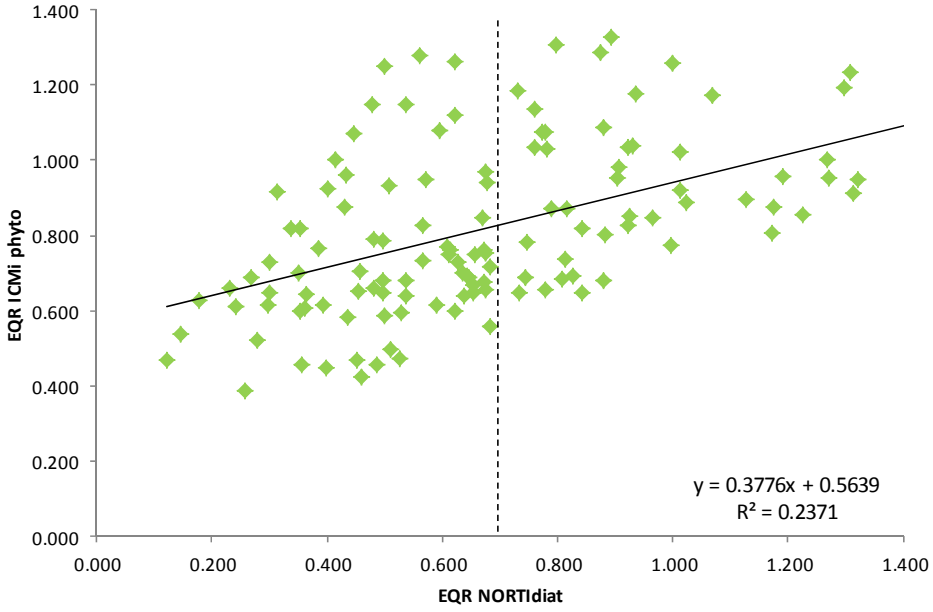


Figura 28. Intercalibración del componente de diatomeas del sistema NORTI con el EQR ICMi phytobenthos. Nota: las líneas punteadas indican el límite entre las clases Buena y Moderada (EQR NORTIdiat= 0.700).

7.3 Sistema de evaluación de elementos de calidad físico-química: El Buen estado en base a físico-químicos generales

Los Planes Hidrológicos de las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil establecen que los indicadores de los **elementos de calidad físico-química** corresponden a los valores de los indicadores físico-químicos generales del agua (pH, oxígeno disuelto y conductividad) fijados para los umbrales Muy bueno/Bueno y Bueno/Moderado en la Instrucción de Planificación Hidrológica, IPH (Orden ARM/2656/2008, ver Tabla 28), y a los valores propuestos por las Confederaciones Hidrográficas en función de los datos registrados por sus redes biológicas y sus redes químicas, ICA, (temperatura, saturación de oxígeno, nitrato, amonio, DBO_5, ortofosfatos y fósforo total) en localidades con ***Buen estado ecológico*** según su biota. El umbral Muy bueno/Bueno (ver Tabla 29) se ha establecido en base al criterio de la IPH de la desviación del 15%, suponiendo que el umbral Bueno/Moderado se identifica con una desviación

del 25% respecto a las condiciones de referencia en ausencia de estudios más específicos. Los umbrales para Bueno/Moderado fueron matizados a juicio de experto.

Los umbrales propuestos por las Confederaciones del Cantábrico y Miño-Sil para identificar **el Muy buen y el Buen estado en función de los elementos de calidad físico-química** son:

Indicador	Tipo de río	Límite Muy bueno/Bueno		Límite Bueno/Moderado	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Conductividad 20°C (µS/cm)	21	10	100		300
	22	250	400	150	700
	25		150		350
	26	200	400	100	600
	27		200		300
	28		200		300
	29	50	200		700
	30	40	120	20	400
	31	50	200		300
	32	170	400	120	500
pH	21	6.3	7.7	6	8.4
	22	7.1	8.7	6.3	9
	25	6	7.2	6	9
	26	7.4	9	6.5	9
	27	6.7	8.3	6	9
	28	7.1	8.7	6.3	9
	29	6.8	8.2	6	9
	30	6.3	7.7	6	8.4
	31	6.6	8	6	8.8
	32	7	8.6	6.2	9

Indicador	Tipo de río	Límite Muy bueno/Bueno	Límite Bueno/Moderado
		Mínimo	Mínimo
Oxígeno disuelto (mg/L)	21	7.6	6.7
	22	7.9	7
	25	7.8	6.9
	26	7.4	6.6
	27	7.9	7
	28	8.5	7.5
	29	6	5.5
	30	7.9	6.9
	31	7.1	6.3
	32	5.3	4.7

21: Ríos cántabro-atlántico silíceos; 22: Ríos cántabro-atlántico calcáreos; 25: Ríos de montaña húmeda silícea; 26: Ríos de montaña húmeda calcárea; 27: Ríos de alta montaña; 28: Ejes fluviales principales cántabro-atlánticos silíceos; 29: Ejes fluviales principales cántabro-atlánticos calcáreos; 30: Ríos costeros cántabro-atlánticos; 31: Pequeños ejes cántabro-atlánticos silíceos; 32: Pequeños eje cántabro-atlánticos calcáreos

Tabla 28. Umbrales para los estados Muy bueno/Bueno y Bueno/Moderado de los indicadores físico-químicos generales en función del tipo de río, especificados en el Anexo III de la IPH.

VARIABLE	**Umbral de incumplimiento para el estado Muy bueno**		**Umbral de incumplimiento para el estado Bueno**	
	Menor que	Mayor que	Menor que	Mayor que
Temperatura (°C)		22.08		24
Saturación de oxígeno (%)	68		60	
Nitrato (mg NO_3/L)		18.4		20
Amonio (mg NH_4/L)		0.46		0.5
DBO_5 (mg/L O_2)		4.6		5
Fósforo total (mg /L)		0.368		0.4
Ortofosfatos (mg PO_4/L)		0.644		0.7

Tabla 29. Umbrales de incumplimiento de los estados Bueno y Muy bueno en función de parámetros físico-químicos.

En los Planes Hidrológicos, la clasificación del estado ecológico en base a **elementos de calidad físico-química general** se realiza teniendo en cuenta los datos del 2008 o asimilables al 2008 (último año disponible del periodo 2003-2008) y utilizando como estadístico el promedio, si se tienen menos de cuatro datos, o el promedio y el intervalo de confianza del 95% en caso contrario, descartando los casos con un solo dato por juzgarse que no son representativos.

Debido a que la integración presentada en este documento se basa en datos físico-químicos recogidos en la red biológica, que carece de información sobre el fósforo total y la DBO_5, estas variables no han sido consideradas en la evaluación. En localidades con más de una muestra para un mismo año, se utiliza el promedio. El estado ecológico basado en los elementos de calidad físico-química se evalúa teniendo en cuenta el peor dato de cada uno de los indicadores físico-químicos generales, siguiendo por tanto el principio "uno fuera, todos fuera" (*one-out, all-out*). Hay que tener en cuenta que para muchos puntos no hay valores de físico-química general del agua, por lo que no se puede valorar en ellos el estado ecológico en base a los elementos físico-químicos generales. Cabe destacar que los valores de oxígeno en la campaña del 2006 no han sido considerados al presentar valores extremadamente altos, lo que sugiere un problema de calibración o condiciones ambientales anómalas, por lo que no serían representativos.

A modo informativo, en la Tabla 30 se suministra un resumen de los datos físico-químicos generales correspondientes a los muestreos realizados en redes biológicas (datos del 2008 o equivalentes al 2008). Estos son los datos utilizados para elaborar la integración presentada en este documento.

		Clase de estado biota				
		Muy buena	**Buena**	**Moderada**	**Deficiente**	**Mala**
Conductividad 20ºC (µS/cm)	Media	131.1	205.7	358.1	397.0	400.9
	Mediana	85.0	154.0	305.0	373.5	297.0
	Máximo	1247.0	1840.0	1224.0	1770.0	969.0
	Mínimo	4.2	16.9	26.0	11.4	54.6
	N válido	233.0	255.0	99.0	42.0	19.0
	Percentil 95	364.0	523.0	871.0	884.0	969.0
Temperatura (ºC)	Media	15.2	16.0	16.8	17.8	18.7
	Mediana	15.4	15.7	16.7	17.8	17.2
	Máximo	21.0	28.1	28.0	24.4	31.1
	Mínimo	8.2	8.5	10.6	12.1	14.3
	N válido	234.0	258.0	99.0	42.0	19.0
	Percentil 95	19.1	21.9	22.0	22.0	31.1
pH	Media	7.4	7.8	8.0	7.5	7.4
	Mediana	7.5	7.9	8.2	7.8	7.3
	Máximo	11.8	11.8	9.5	9.3	8.5
	Mínimo	3.7	4.6	5.2	4.8	6.3
	N válido	234.0	258.0	99.0	42.0	19.0
	Percentil 95	9.0	9.2	9.0	8.8	8.5
O_2 disuelto (mg/L)	Media	9.3	9.0	9.1	7.6	4.9
	Mediana	9.3	9.1	9.1	7.9	4.8
	Máximo	13.8	12.9	13.9	11.4	10.2
	Mínimo	6.1	5.0	4.6	1.6	0.4
	N válido	190.0	229.0	97.0	39.0	18.0
	Percentil 95	10.7	11.0	12.3	11.3	10.2
O_2 (%)	Media	94.6	92.4	95.2	81.2	54.6
	Mediana	95.0	93.0	95.0	82.0	51.0
	Máximo	137.0	155.0	157.0	124.5	102.0
	Mínimo	62.0	47.2	45.0	17.1	7.3
	N válido	191.0	229.0	97.0	39.0	18.0
	Percentil 95	107.6	114.0	127.0	124.0	102.0
Amonio (mg NH_4/L)	Media	0.0	0.0	0.1	78.1	0.1
	Mediana	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
	Máximo	0.2	0.6	0.8	1843.0	0.2
	Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	N válido	180.0	203.0	95.0	41.0	15.0
	Percentil 95	0.1	0.2	0.3	1.6	0.2
Nitrato (mg NO_3/L)	Media	2.2	2.7	3.5	3.4	3.3
	Mediana	1.7	2.0	2.7	2.2	1.8
	Máximo	9.2	15.8	13.4	15.4	11.4
	Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
	N válido	180.0	203.0	95.0	41.0	16.0
	Percentil 95	6.0	7.7	10.7	11.9	11.4
Ortofosfatos (mg PO_4/L)	Media	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4
	Mediana	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
	Máximo	0.5	0.7	2.3	0.9	2.6
	Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	N válido	180.0	203.0	95.0	41.0	16.0
	Percentil 95	0.1	0.3	0.3	0.7	2.6

Tabla 30. Descriptores físico-químicos de las clases de estado ecológico según la biota (invertebrados y diatomeas). Datos procedentes de las redes biológicas en ríos de las Demarcaciones del Cantábrico y Miño-Sil.

7.4 Sistema de evaluación de elementos de calidad hidromorfológica: Condiciones acompañantes del Muy buen estado ecológico

La clasificación del estado ecológico en base a **elementos de calidad hidromorfológica** se ha realizado identificando las características hidromorfológicas acompañantes del Muy buen estado ecológico según la biota y los elementos físico-químicos. La evaluación realizada consiste básicamente en dos pasos (Figura 29):

Paso 1. Se construye un modelo predictivo ("Modelo Hidromorfológico") que, a partir de datos de caracterización hidromorfológica, predice qué localidades podrían cambiar de Muy buen estado a Buen estado. Es decir, permite identificar aquellas localidades que, estando en Muy buen estado ecológico (después de la evaluación biológica y físico-química), no presentan elementos de calidad hidromorfológica en Muy buen estado. Cabe destacar que en las localidades de referencia el estado hidromorfológico se considera Muy bueno, independientemente de la predicción del modelo, ya que esta característica es intrínseca a su definición.

Paso 2. Se identifica el umbral Muy bueno/Bueno para cada variable hidromorfológica a partir de las localidades que, estando en Muy buen estado según biota y físico-química, el modelo predictivo confirma que también están en Muy buen estado ecológico según la hidromorfología. Se considera el percentil 95 de las variables individuales indicadoras de presión hidromorfológica como el umbral de presión admisible a efectos de protección de riesgo hidromorfológico.

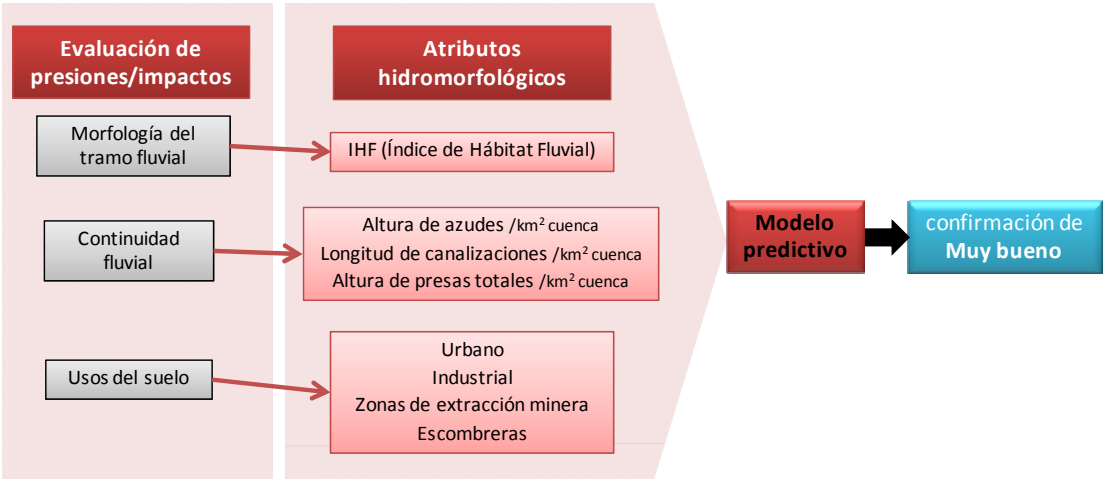


Figura 2. Esquema de la evaluación hidromorfológica.

El Modelo Hidromorfológico consiste en una regresión logística multinomial en la que la variable respuesta son las clases de estado final Muy bueno, Bueno y Peor que bueno (según valoración con biota y físico-química) y los predictores potenciales son variables indicadoras de presión hidromorfológica y usos del suelo. El modelo predictivo y, con él, la identificación de localidades en Muy buen estado hidromorfológico se realizó en cinco pasos:

Paso 1. Se seleccionaron las variables indicadoras de presión hidromorfológica:

- ✓ **Índice de Hábitat Fluvial (IHF)**
- ✓ **Usos del suelo:**
  - Porcentaje de suelo urbano por cuenca vertiente
    - Tejido urbano continuo (11100 CORINE Land Cover, Instituto Geográfico Nacional, 2000)
    - Estructura urbana abierta (11210 CORINE)
    - Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas (11220 CORINE)
  - Porcentaje de suelo industrial por cuenca vertiente
    - Zonas industriales (12110 CORINE)
    - Grandes superficies de equipamientos y servicios (12120 CORINE)
    - Autopistas, autovías y terrenos asociados (12210 CORINE)
    - Aeropuertos (12400 CORINE)
- ✓ **Variables hidromorfológicas:**
  - Altura de los azudes por km^2 de cuenca
  - Longitud de las canalizaciones por km^2 de cuenca
  - Altura de las presas totales por km^2 de cuenca

Paso 2. Se realizó una regresión logística multinomial en la que las variables predictoras se seleccionaron mediante un método de "pasos sucesivos hacia delante" (*forward stepwise*) que incluye en el modelo sólo las variables significativas.

Paso 3. Las variables que se seleccionaron mediante este procedimiento (variables significativas) para predecir la clase de estado ecológico de cada localidad a partir de las variables hidromorfológicas fueron:

1. Índice de Hábitat Fluvial (IHF)
2. Porcentaje de suelo urbano por cuenca vertiente
3. Porcentaje de suelo industrial por cuenca vertiente
4. Altura de los azudes por km^2 de cuenca

El porcentaje total de asignación correcta fue de un 56.6%.

Paso 4. De las 179 localidades clasificadas como Muy bueno tras la integración de la biota y de la físico-química, 51 localidades fueron clasificadas en Buen estado (28.49%) según las predicciones del modelo. No obstante, se realizó una revisión posterior para reclasificar como Buen estado sólo aquellas localidades que tuvieran una probabilidad inferior al 40% de pertenecer al Muy buen estado hidromorfológico. Tras esta revisión, sólo 32 (17.88%) localidades cambiarían de clase de estado.

Paso 5. Con estas 147 localidades en Muy buen estado hidromorfológico se obtuvieron los umbrales de rechazo de las variables hidromorfológicas mediante el cálculo del percentil 95 (ver Tablas 31 y 32). Estos umbrales permitirán que el estado hidromorfológico pueda ser evaluado en localidades que se incorporen posteriormente a la red biológica y que, por tanto, no hayan sido evaluadas con el Modelo Hidromorfológico actual.

Variables	Ríos pequeños (cuenca de drenaje<100 km^2)		Ríos grandes (cuenca de drenaje>100 km^2)	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Indice de Hábitat Fluvial (IHF) (*)		64.00		66.00
Altura azudes(m) /km^2 cuenca	0.65		0.77	
Longitud canalizaciones(m) /km^2 cuenca	0.00		0.53	
Altura presas (m) /km^2 cuenca	0.00		0.31	
Suelo urbano (%)	0.23		0.16	
Suelo industrial (%)	0.00		0.10	
Zonas de extracción minera (%)	0.4		0.19	
Escombreras y vertederos (%)	0.00		0.01	

Tabla 31. Umbrales de rechazo del Muy buen estado (percentil 95). (*) Para el IHF se utiliza el percentil 05.

Se propone que, para que una localidad sea evaluada como en Muy buen estado en base a **elementos de calidad hidromorfológica,** sea verificada como Muy buen estado en la predicción del Modelo Hidromorfológico. No obstante, se recomienda contrastar de nuevo aquellos puntos que no superan la evaluación realizada por el modelo pero sí los umbrales, para examinar si la presión responsable del incumplimiento está sobrevalorada como consecuencia de las carencias de detalle en la base de datos del IMPRESS (2002).

		Ríos pequeños (cuenca drenaje<100 km^2)	Ríos medianos y grandes (cuenca drenaje>100 km^2)
Indice de Hábitat Fluvial (IHF)	Media	75.75	74.23
	Mediana	76.00	73.00
	Máximo	95.00	88.00
	Mínimo	48.00	64.00
	Percentil 05	64.00	66.00
	N válido	122	31
Altura azudes(m) /km^2 cuenca	Media	0.21	0.28
	Mediana	0.13	0.22
	Máximo	1.17	0.84
	Mínimo	0.00	0.06
	Percentil 95	0.65	0.77
	N válido	131	32
Longitud canalizaciones(m) /km^2 cuenca	Media	0.91	0.09
	Mediana	0.00	0.00
	Máximo	74.98	2.08
	Mínimo	0.00	0.00
	Percentil 95	0.00	0.53
	N válido	131	32
Altura presas (m) /km^2 cuenca	Media	0.01	0.04
	Mediana	0.00	0.00
	Máximo	1.04	0.53
	Mínimo	0.00	0.00
	Percentil 95	0.00	0.31
	N válido	130	32
Suelo Urbano (%)	Media	0.03	0.06
	Mediana	0.00	0.05
	Máximo	0.78	0.23
	Mínimo	0.00	0.00
	Percentil 95	0.23	0.16
	N válido	132	32
Suelo Industrial (%)	Media	0.01	0.02
	Mediana	0.00	0.00
	Máximo	0.55	0.41
	Mínimo	0.00	0.00
	Percentil 95	0.00	0.10
	N válido	132	32
Zonas de extracción minera (%)	Media	0.05	0.09
	Mediana	0.00	0.00
	Máximo	1.84	1.49
	Mínimo	0.00	0.00
	Percentil 95	0.40	0.36
	N válido	131	32
Escombreras y vertederos (%)	Media	0.01	0.00
	Mediana	0.00	0.00
	Máximo	1.33	0.09
	Mínimo	0.00	0.00
	Percentil 95	0.00	0.01
	N válido	131	32

Tabla 32. Valores umbrales de rechazo (percentil 05 para el IHF y percentil 95 para el resto de las variables) de la clase de estado Muy bueno en función de variables hidromorfológicas y el tamaño de la cuenca de drenaje de la localidad.

8 Aplicación informática NORTI: Manual técnico y de usuario

8.1. Requerimientos e Instalación

8.1.1. Requerimientos técnicos

La aplicación NORTI requiere la siguiente configuración para su funcionamiento correcto:

8.1.1.1. Hardware

- Ordenador con procesador Intel Pentium III o superior y 100% compatible
- Tarjeta gráfica compatible SVGA con resolución mínima de 800x600 puntos
- Se recomienda un mínimo de 512 Mb de memoria RAM
- 100 MB de espacio libre en el disco duro C: para la instalación básica, más el espacio necesario para las bases de datos que se creen

8.1.1.2. Software

- Sistema operativo Microsoft Windows XP o 100% compatible
- Microsoft.Net Framework 2.0 o compatible (descargable de http://www.microsoft.com/downloads)
- Gestor de bases de datos Microsoft Office Access 2007 o 100% compatible
- Hoja de cálculo Microsoft Office Excel 2007 o 100% compatible
- Las siguientes librerías distribuidas incluidas en Microsoft Office 2007:
    a. Visual Basic for Applications
    b. Microsoft Access 12.0 Object Library
    c. Microsoft DAO 3.6 Object Library

8.1.2. Instalación

Para instalar NORTI realice las siguientes operaciones:

a. Asegúrese de tener instalado correctamente el software requerido indicado en la sección anterior.

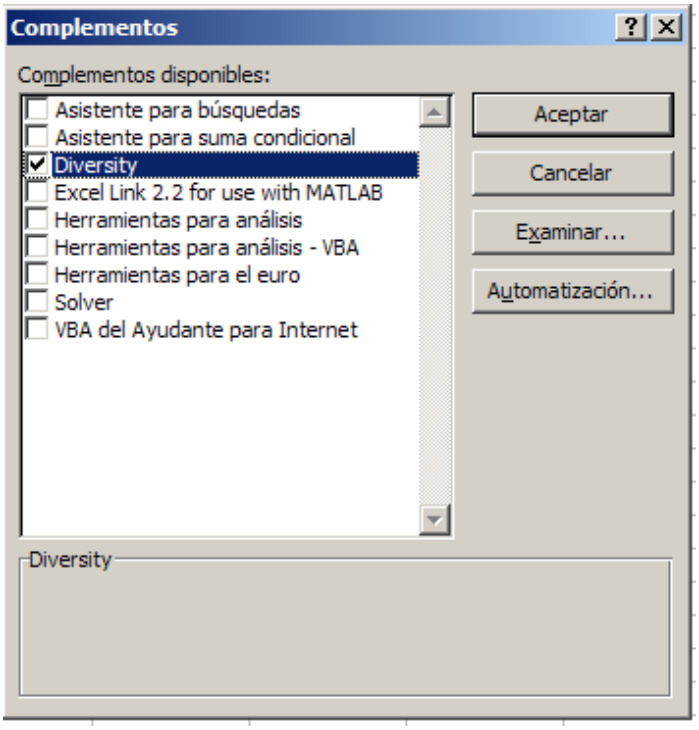
b. Ejecute el programa de instalación. Este programa puede necesitar realizar además la instalación de otros elementos como el Matlab Component Runtime, que tiene su propio proceso de instalación.

c. La aplicación con los archivos que se necesitan para su funcionamiento se instalarán en la carpeta *[Archivos de programa]\NORTI*, siendo *[Archivos de programa]* la carpeta donde por defecto el sistema operativo instala las nuevas aplicaciones. La carpeta *[Archivos de programa]* puede ser:

   - Típicamente, será la carpeta *C:\Archivos de programa*
   - Si ha escogido otra unidad de disco *X* para esta carpeta, será *X:\Archivos de programa*
   - Si ha instalado una versión no española del sistema operativo, esta carpeta tendrá un nombre diferente. Por ejemplo, *C:\Program files* en la versión anglosajona.

d. Para poder realizar ciertas operaciones de consulta (por ejemplo la generación de elipses de confianza), es imprescindible añadir un complemento a Microsoft Excel. Para ello siga estos pasos:

   1) Abra Microsoft Excel y vaya al menú Herramientas/Complementos. Verá un cuadro de diálogo como el siguiente (el contenido no ha de coincidir de forma exacta necesariamente):



2) Pulse el botón Examinar, seleccione la carpeta [Archivos de programa]\NORTI (consulte el punto c. anterior para detalles sobre cual debe ser esta carpeta).

3) En dicha carpeta encontrará un archivo llamado diversity.xla. Seleccione dicho archivo y pulse Aceptar. El complemento Diversity deberá aparecer en el cuadro de complementos anteriormente mostrado.

4) Acepte y cierre Microsoft Excel.

8.1.3. Arquitectura de la aplicación

NORTI es una aplicación que consta fundamentalmente de tres elementos:

- Una aplicación desarrollada sobre Microsoft Access que actúa de interfaz de usuario. Permite conectarse a una base de datos y contiene los formularios y módulos de código para gestionar los datos y generar consultas. Las consultas pueden producir hojas de cálculo en Microsoft Excel como resultado, para presentar la información.

- La base de datos con la que se conecte. NORTI permite trabajar con el nº de bases de datos que se desee a través de la misma aplicación de usuario. Esta base de datos deberá tener la estructura adecuada. Actualmente se ha desarrollado una base de datos en Access, pero sería posible migrar a otro gestor de base de datos sin requerir apenas modificaciones.

- Componentes de cálculo, realizados sobre Matlab y sobre .Net, que son utilizados por la aplicación de usuario para la realización de determinados cálculos (métricos, MDS, EQR...).

8.2. Inicio y parada de la aplicación.

Para ejecutar la aplicación, utilice el icono NORTI que se habrá instalado automáticamente en el escritorio, o el que encontrará en la carpeta NORTI dentro del menú desplegable Programas del Menú de Inicio de Windows XP.

Tras unos instantes aparecerá una ventana similar a la siguiente:

Debe seleccionar en la lista desplegable la base de datos y el modelo (invertebrados o diatomeas) con los que desea trabajar y pulsar luego el botón ***Conectar***. Tras unos segundos deberá aparecer un mensaje indicando que la conexión se ha establecido correctamente con la base de datos seleccionada, y aparecerán además nuevos botones en la parte inferior, como se muestra en la figura:

Para salir de la aplicación, simplemente pulse el botón Salir que aparece en la pantalla inicial, o cierre la ventana de la aplicación.

8.3. Generalidades sobre utilización de la aplicación

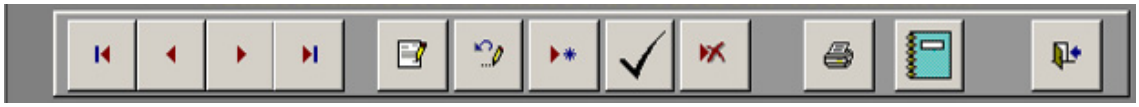
8.3.1. Generalidades sobre los formularios y barras de botones de formularios

Gran parte de las ventanas de la aplicación muestran formularios que permiten mantener información (introducción, modificación o eliminación de datos de la base de datos). La mayoría de estos formularios se utilizan de forma muy parecida, lo que facilita el aprendizaje del uso de la aplicación.

Es de señalar que de forma general, cuando se accede a un formulario de datos de la aplicación, este mostrará los datos ya existentes en la correspondiente tabla de datos asociada. Por ejemplo, si abrimos el formulario de datos de Cuencas principales, se mostrará el registro correspondiente a la primera cuenca principal de la tabla de Cuencas principales. El usuario podrá desplazarse a través de los registros de la tabla, añadir, eliminar o modificar datos utilizando la barra de botones generalmente presente en los formularios, y que se detallará a continuación. En todo caso, debe tenerse en cuenta que no debe tratar de introducirse nueva información en un registro que ya contiene datos, como el que se muestre por defecto al abrir un formulario, ya que lo que se estaría haciendo es modificar dicho registro. Si lo que se quiere es introducir un nuevo registro, debe previamente pulsarse el botón de Nuevo registro, tras lo cual se mostrará un registro en blanco, que podrá ser rellenado con nuevos datos.

En la parte superior de la mayoría de formularios, aparecerá una barra de botones que permite realizar las tareas principales que pueden ser necesarias para mantener los datos. Por ello, antes de describir los diversos formularios y tareas de mantenimiento que pueden realizarse, vamos a describir los botones que el usuario se encontrará usualmente en estos formularios y su utilización.

La barra de botones que aparece en la mayor parte de los formularios será similar a la que se presenta a continuación:



Aunque es de señalar que muchos formularios no presentan todos los botones, sino sólo una parte de ellos, pero la función de cada botón es la misma en todos los formularios donde aparece. Para obtener una indicación breve de la función de un botón, basta situar el cursor o flecha del ratón sobre el botón deseado (sin pulsar ningún botón del ratón) durante unos segundos. Entonces aparecerá un pequeño mensaje emergente indicando la función del botón.

A continuación describimos la función de cada botón:

A. Botones de desplazamiento

Botón Inicio: Este botón permite desplazarse al primer registro de la tabla de datos que presenta el formulario. Por ejemplo, si se está visualizando el formulario de mantenimiento de datos de cuencas hidrográficas principales, donde se presentan los registros de cada una de las cuencas, este botón permitirá trasladarse al primer registro.

Botón Anterior: Este botón permite desplazarse al registro anterior al actualmente mostrado, de la tabla de datos que presenta el formulario.

Botón Siguiente: Este botón permite desplazarse al registro siguiente al actualmente mostrado, de la tabla de datos que presenta el formulario.

Botón Último: Este botón permite desplazarse al último registro de la tabla de datos que presenta el formulario.

Nota: debe señalarse que los botones de desplazamiento permiten desplazarse en los formularios que presentan datos siguiendo un orden determinado. Por ejemplo, en el formulario de mantenimiento de datos de Cuencas hidrográficas principales, el orden predeterminado de los registros de datos de cada cuenca se determina a partir del código numérico asignado a cada cuenca. Por tanto, si pulsamos el botón de desplazamiento al último registro, se mostrará el registro de datos de la cuenca con el código más alto de los existentes.

Este orden puede ser modificado. Para ello se pueden utilizar las funciones de ordenación de Microsoft Access, que permitirán ordenar los registros presentados en un formulario en función de cualquiera de sus campos. Recomendamos consultar a su administrador de aplicaciones, la ayuda en línea o un manual de Microsoft Access para realizar estas operaciones.

También ha de indicarse que no es conveniente usar estos botones durante una operación de modificación de datos. Por ejemplo, si estamos introduciendo nuevos datos en un registro, ha de completarse primero esta operación antes de desplazarse a otro registro. De todas formas, normalmente la aplicación controla estos casos, y advierte de que debe completarse una operación de modificación antes de desplazarse a otro registro, para evitar perder datos o introducir datos incompletos.

B. Botones de modificación de datos

Botón Modificar: Este botón permite modificar el registro de datos que se visualiza actualmente en el formulario. Por defecto, los formularios de la aplicación presentan la información en modo de "sólo lectura", es decir, impiden que se modifiquen los datos ya existentes. Para poder modificar un registro, pulse este botón primero. Normalmente aparecerá un cuadro de diálogo indicando que ya se puede modificar el registro, y además cambiará el color de fondo de la cabecera del formulario, pasando de gris oscuro a gris claro. Una vez realizados los cambios deseados en el registro, se debe pulsar el botón ***Aceptar cambios*** (ver más adelante en esta sección) para que los cambios queden correctamente registrados. Si se quieren descartar los cambios, se

puede pulsar el botón de ***Anular cambios*** (ver siguiente botón). En ambos casos el fondo de la cabecera del formulario volverá al color gris oscuro indicando que el formulario regresa al modo de sólo lectura.

Botón Anular cambios: Este botón permite anular las modificaciones o cambios que se hayan realizado en el registro actual y que aún no se hayan registrado como definitivos. Así mismo permite cancelar la inserción de un nuevo registro que se estuviera introduciendo y que aún no se haya dado por definitivo.

Botón Nuevo registro: Este botón permite añadir un nuevo registro a la tabla de datos que el formulario esté mostrando. Una vez pulsado el botón, rellene los datos en el formulario, y pulse el botón ***Aceptar cambios***. Si por el contrario quiere cancelar la inserción del registro, pulse el botón ***Anular cambios.***

Botón Aceptar cambios: Este botón permite registrar nuevos datos de un registro, lo que puede corresponder a aceptar cambios o modificaciones realizadas en un registro ya existente o a guardar un nuevo registro.

Botón Eliminar registro: Este botón permite eliminar el registro que se esté visualizando de la tabla de datos mostrada por el formulario. Si lo que desea es anular cambios de un registro que aún no ha guardado, no use este botón sino el botón ***Anular cambios.***

Nota: Las modificaciones, inserciones o eliminaciones de registros están sujetas a las reglas de integridad definidas en la base de datos de la aplicación. Por ello, puede ocurrir que reciba mensajes de error al intentar realizar ciertas operaciones. Por ejemplo, no será posible insertar un registro cuya clave de identificación coincida con una ya existente, o eliminar un registro correspondiente a una cuenca hidrográfica si existen datos relacionados con dicha cuenca (por ejemplo registros de estaciones de muestreo situadas en esta cuenca). En tal caso, deberá revisar la estructura de la base de datos (consulte el informe adjunto a esta documentación al respecto) para conocer cómo proceder. En caso de duda, le recomendamos que consulte a su administrador de aplicaciones.

C. Botones de generación de informes

Botón Imprimir registro: Este botón permite imprimir los datos del registro que se muestre actualmente en un formulario. Al pulsarlo, Microsoft Access generará inicialmente un informe que se mostrará en pantalla. Seleccione la opción de imprimir este informe para obtener una copia en papel (o en PDF, por ejemplo, si tiene el software adecuado). Consulte a su administrador o la ayuda en línea de Microsoft Access para conocer en detalle el procedimiento adecuado de impresión.

Botón Imprimir informe: Este botón permite imprimir un informe completo de una tabla de datos. Es decir, un informe que contendrá información de todos los registros de una tabla de datos (por ejemplo, un listado de todas las cuencas hidrográficas contenidas en la base de datos). Al pulsarlo, Microsoft Access generará inicialmente un

informe que se mostrará en pantalla. Seleccione la opción de imprimir este informe para obtener una copia en papel (o en PDF, por ejemplo, si tiene el software adecuado). Consulte a su administrador o la ayuda en línea de Microsoft Access para conocer en detalle el procedimiento adecuado de impresión.

Nota: los botones de impresión de registros o de informes no están presentes en todos los formularios. En caso de que desee imprimir datos de registros o tablas que no ofrezcan esta opción, consulte a su administrador o la ayuda en línea de Microsoft Access para conocer en detalle el procedimiento adecuado de impresión.

D. Botón de cierre

Botón Cerrar formulario: Este botón permite cerrar el formulario que se esté visualizando actualmente en la ventana de la aplicación, volviendo al formulario o ventana anterior.

8.3.2. Generación de datos en Excel

Muchas de las consultas de información que proporciona la aplicación se muestran dentro de una hoja de cálculo Excel (Anexo 5). Es decir, la aplicación abre automáticamente una aplicación Excel, y copia en ella los datos que se hayan solicitado. Por ello, es importante, durante las operaciones de generación de informes, consultas, o gráficos, NO trabajar con otras aplicaciones en el ordenador, hasta que la consulta finalice. El uso de otras aplicaciones, especialmente Excel, o cualquier operación de copiado/pegado usando el portapapeles puede interferir con la correcta generación de la salida en Excel de las consultas de la aplicación.

8.4. Mantenimiento de datos de referencia

Para poder introducir datos correspondientes a muestreos de campo y posteriormente generar informes, cálculo de métricos, estadísticas y estimaciones, es necesario inicialmente introducir en la base de datos la información de base a la que harán referencia los datos de muestreo, es decir:

- Información geográfica: ecoregión, comunidad, provincia, municipio, localidad
- Información hidrográfica: cuencas, masas de agua y estaciones de muestreo
- Información taxonómica: taxonomía de la fauna/flora detectada
- Otra información: operadores de muestreo, identificación de campañas, etc…

El acceso al mantenimiento (introducción, modificación o eliminación) de este tipo de información se realiza a través de los correspondientes Formularios de Mantenimiento. Para ello, deberá seleccionarse el botón ***Formularios de Mantenimiento***, situada en la parte inferior izquierda de la ventana inicial de la aplicación (ver descripción de esta ventana en el punto 0). Al pulsarse este botón, aparecerá la ventana de acceso a los formularios de mantenimiento, que se muestra en la figura siguiente:

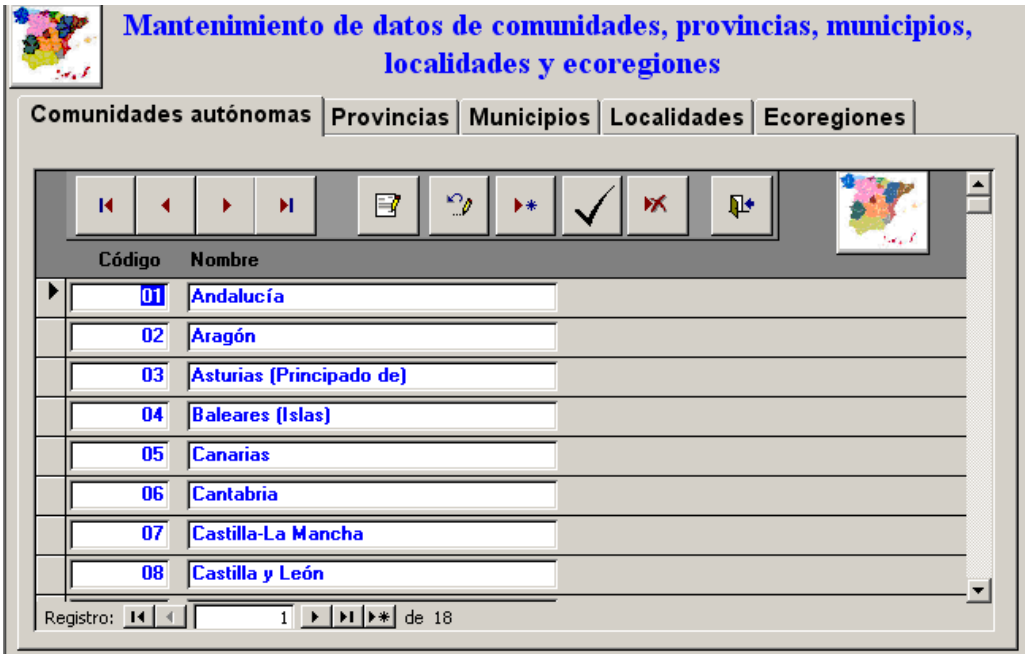
Desde esta ventana se puede seleccionar y acceder a todos los formularios para mantener los datos antes comentados. Para volver a la ventana principal, se pulsará el botón **Volver a Principal** que aparece en la parte inferior derecha de la ventana.

En los subapartados siguientes se describen los diferentes formularios a los que se puede acceder desde esta ventana.

8.4.1. Mantenimiento de información geográfica

Para mantener la información correspondiente a las categorías de Comunidad autónoma, Provincia, Localidad, Municipio, y Ecoregión se debe acceder al formulario correspondiente pulsando el botón ***Mantenimiento de datos de localización geográfica*** que aparece en la ventana de acceso a los formularios de mantenimiento, mostrada anteriormente en el apartado 8.3.

Al pulsar este botón, se mostrará un formulario como el que aparece en la figura siguiente:

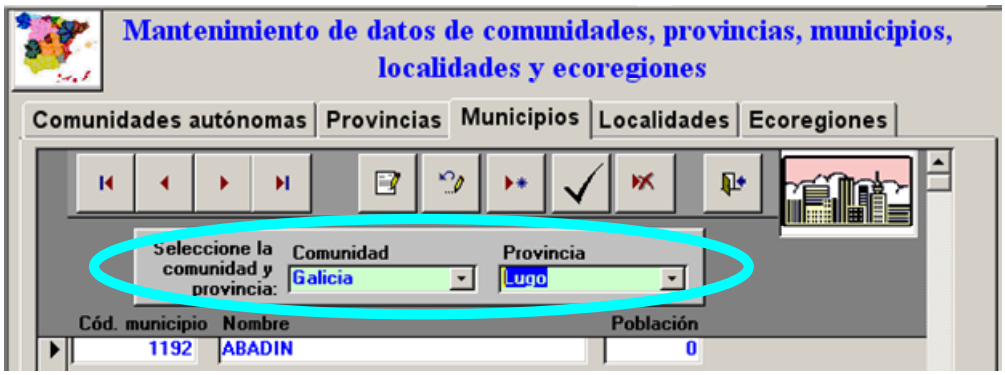


En dicho formulario se pueden observar 5 pestañas que permiten acceder a la información correspondiente a comunidades autónomas, provincias, municipios y localidades, y a ecoregiones, para añadir, modificar o eliminar registros. Para realizar alguna de estas operaciones, se dispone en la parte superior de la barra de botones descrita anteriormente en el apartado 8.3.

A la hora de utilizar este formulario debe tenerse en cuenta además que:

- No se podrá eliminar registros de una tabla que de los que dependan registros de otra. Por ejemplo, la aplicación no permitirá eliminar una provincia para la que existen registros de municipios o una comunidad autónoma para la que existen registros de provincias. Así mismo, si existen registros de estaciones de muestreo relacionados con una localidad, no será posible eliminar dicha localidad, ni en consecuencia el municipio, provincia o comunidad en la que se sitúa.
- No se podrá asignar a un registro nuevo un código ya existente. Por ejemplo, no se puede introducir una nueva provincia con el código 36 si ya existe una provincia con dicho código.
- Para introducir una nueva provincia, es obligatorio seleccionar la comunidad en la que se encuentra. De la misma manera ocurre con los municipios y localidades, para los que hay que seleccionar la comunidad, provincia y municipio (en el caso de las localidades) en las que se sitúan.
- En las pestañas del formulario dedicadas a los municipios y localidades, aparece en la parte superior, como se ve en la figura siguiente rodeado por una linea azul, un cuadro donde debe seleccionarse la comunidad y provincia correspondientes. Una vez seleccionadas, aparecerá la lista de municipios o localidades correspondientes. Así se evita presentar un listado completo de todos los municipios o localidades, que podría ser excesivamente largo.

- Los registros de ecoregiones son independientes de los demás, es decir, se pueden añadir, modificar o suprimir independientemente de los de comunidades, provincias, etc...



8.4.2. Mantenimiento de información hidrográfica

8.4.2.1. Consideraciones previas

Antes de detallar el uso de los formularios de mantenimiento de información hidrográfica, es conveniente exponer cómo se almacena esta información en la aplicación.

Se distinguen lo siguientes tipos de registros:

- **Cuencas principales**: son las cuencas de mayor entidad (es decir, independientes de otras cuencas) que se identificarán en la aplicación. Corresponden generalmente a cuencas de ríos que se tratan como independientes de las de otros ríos, pero que en cambio pueden tener otras cuencas asociadas a ellas (que serán cuencas secundarias).

- **Cuencas secundarias**: se trata de cuencas asociadas a una cuenca principal. Una cuenca secundaria debe estar necesariamente asociada a una y sólo una cuenca principal, pero puede haber más de una cuenca secundaria asociada a la misma cuenca principal. Por tanto, debe introducirse primero la información de esta última para luego poder añadir cuencas secundarias asociadas a ella. De la misma forma, no se puede eliminar una cuenca principal que tenga cuencas secundarias asociadas.

- T**ipos de aguas en cuencas**: cada cuenca secundaria puede tener asociados diferentes tipos de agua que pueden corresponder a diferentes tramos con características distintivas dentro de la cuenca (por ejemplo: río, embalse…). Un tipo de agua de una cuenca secundaria debe estar necesariamente asociado a una y sólo una cuenca secundaria, pero puede haber varios tipos de aguas en una misma cuenca secundaria. Por tanto, debe introducirse primero la información de esta última para luego poder añadir tipos de agua asociados a ella. De la misma forma, no se puede eliminar una cuenca secundaria que tenga tipos de agua asociadas. Los tipos de agua que se pueden asociar a una cuenca están predefinidos, es decir, deben escogerse de una lista de

posibles valores. Esta lista puede modificarse mediante la tabla de tipos de agua (esto se detalla en el apartado 8.4.2.2).

- **Estaciones de muestreo**: las estaciones de muestreo son los puntos de una cuenca donde se realizan muestreos. Cada estación está asociada a una cuenca principal, una cuenca secundaria, y a un tipo de agua dentro de esa cuenca.

- Por tanto, una cuenca principal debe tener como mínimo una cuenca secundaria asociada (que puede ser la misma cuenca que la principal, u otras), y un tipo de agua, para poder posteriormente introducir estaciones de muestreo en dicha cuenca.

Por ejemplo, si queremos introducir la información correspondiente a varias estaciones de muestreo E1, E2 y E3, que están situadas en la cuenca principal C1, deberemos realizar las siguientes operaciones:

- Introducir los datos de la cuenca principal C1.

- Dar de alta como mínimo una cuenca secundaria asociada a C1. Por defecto, la aplicación propondrá crear una cuenca secundaria denominada C1, como la principal.

- Dar de alta al menos un tipo de agua en la cuenca secundaria C1; por ejemplo el tipo "Río". La aplicación propone por defecto la creación de este tipo de agua al añadir una cuenca secundaria.

- Una vez que tenemos introducidos estos datos, podremos añadir las estaciones de muestreo E1, E2 y E3, asociándolas a la cuenca principal C1, cuenca secundaria C1, tipo de agua "Río".

Si ahora quisiéramos añadir nuevas estaciones de muestreo E4 y E5, situadas en la cuenca secundaria C2 (cuya cuenca principal es C1), y en tipos de agua "Río" y "Embalse" respectivamente, deberemos realizar las siguientes operaciones:

- Dar de alta la cuenca secundaria C2, asociándola a C1.

- Dar de alta los dos tipos de agua en la cuenca secundaria C2: el tipo "Río" y el tipo "Embalse".

- Una vez que tenemos introducidos estos datos, podremos añadir las estaciones de muestreo E4 y E5.

Para mantener la información correspondiente a las cuencas, tipos de agua y estaciones de muestreo, existen cuatro formularios, accesibles desde la ventana de acceso a formularios de mantenimiento (ver inicio del apartado 8.4). Estos formularios se pueden abrir pulsando los correspondientes botones, que aparecen en la mitad superior de dicha ventana, y vienen etiquetados como:

- **Mantenimiento de cuencas principales**
- **Mantenimiento de cuencas secundarias**
- **Mantenimiento de condiciones, tipos y masas de agua**

- **Mantenimiento de estaciones de muestreo**

A continuación explicamos el uso de cada uno de estos formularios.

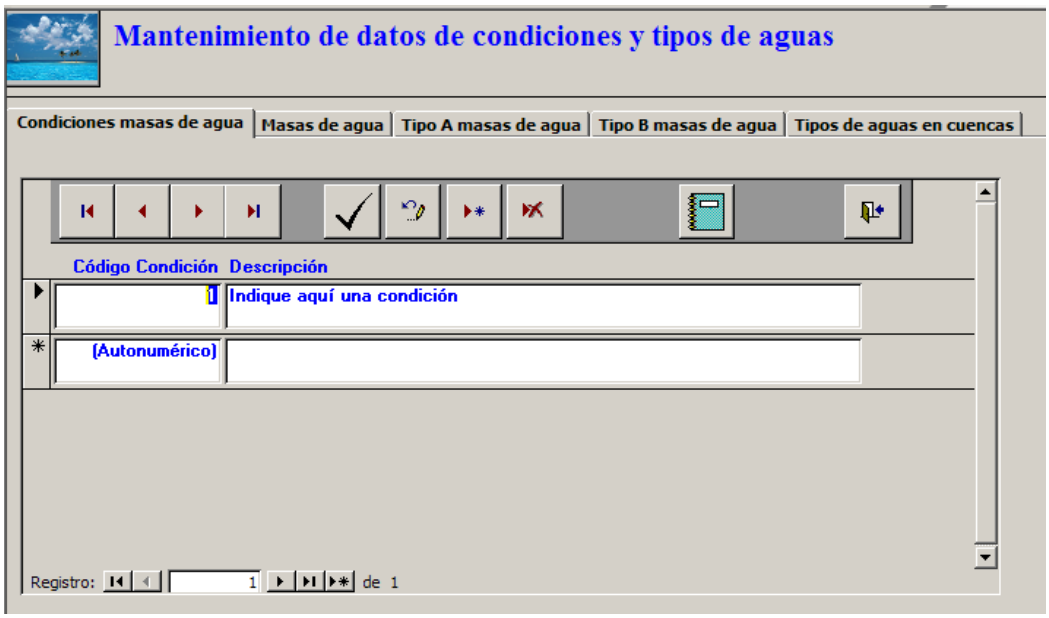
8.4.2.2. Formulario de Mantenimiento de condiciones, tipos y masas de agua

Este formulario permite mantener los datos de las tablas de condiciones, tipos, y masas de aguas. En estas tablas se definen los diferentes tipos de masas de agua (por ejemplo rio, embalsada, etc…) que se podrán registrar en las diferentes cuencas hidrográficas (concretamente dentro de las cuencas secundarias), y los distintos tipos de masas de agua y condiciones de las masas de agua que se podrán indicar al registrar estaciones de muestreo. Es decir, en estas tablas se introducirá información que se utilizará posteriormente para indicar características de cuencas o estaciones de muestreo.

El aspecto del formulario es el que se muestra en la figura siguiente.

Pulsando sobre las distintas pestañas se puede acceder a los diferentes subformularios, cada uno dedicado al mantenimiento de una tabla de datos diferente. A continuación las describimos:

- **Condiciones masas de agua:** este subformulario permite mantener las categorías de condiciones de masas de agua que se podrán asociar a una estación de muestreo. Por tanto, aquí introduciremos las categorías de condiciones de masas de agua que queremos poder asignar a las estaciones de muestreo.
- **Masas de agua:** este subformulario permite mantener las categorías de masas de agua que se podrán asociar a una estación de muestreo. Por tanto, aquí introduciremos las categorías de masas de agua que queremos poder asignar a las estaciones de muestreo.
- **Tipo A masas de agua:** este subformulario permite mantener las categorías de tipos A de masas de agua que se podrán asociar a una estación de muestreo.
- T**ipo B masas de agua:** este subformulario permite mantener las categorías de tipos B de masas de agua que se podrán asociar a una estación de muestreo.
- **Tipos de agua en cuencas:** este subformulario permite mantener las categorías de tipos de agua que se podrán añadir a las cuencas secundarias que registremos. Típicamente estos tipos de agua serán categorías como “río”, “embalsada”, etc... Para más detalles sobre el uso de esta información, ver el apartado 8.4.2.1.



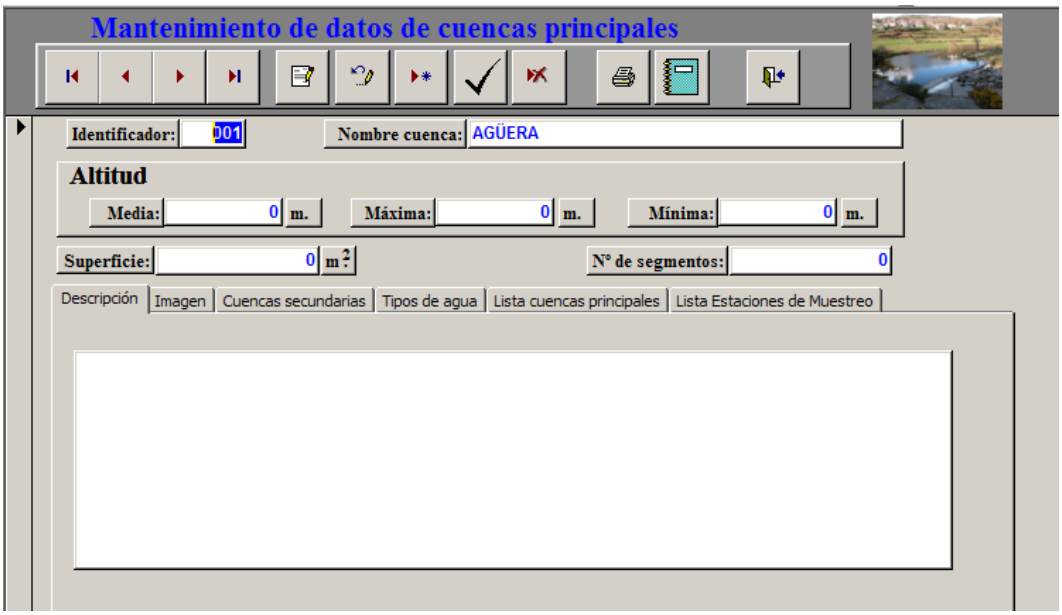
El uso de todos los subformularios descritos es similar, por lo que lo describimos a continuación de forma general para todos:

- El subformulario muestra dos columnas de datos. La primera corresponde a un código numérico único, que se asocia a cada registro para distinguirlos unos de otros. No debe intentar introducirse o modificarse este código, ya que es asignado automáticamente por el sistema.
- La segunda columna de datos corresponde a la descripción que se desea introducir (de una condición de masa de agua, tipo, etc… según el subformulario del que se trate). Es en este campo que se puede introducir el dato que se desee, o se pueden realizar modificaciones.
- Para introducir, modificar o eliminar registros, puede utilizarse la barra de botones que aparece en la parte superior de cada subformulario, cuyo uso se ha explicado en el apartado 8.3, con la única salvedad de que, por simplicidad, no aparece el botón ***Modificar***. Por ello, cualquier modificación que se desee realizar en un registro puede realizarse directamente, simplemente situándose con el ratón en la descripción deseada, y llevando a cabo la modificación. Si lo que se desea es añadir o eliminar un registro, se pueden usar los correspondientes botones. Téngase en cuenta que para eliminar un registro debe situar previamente el cursor del ratón sobre él, por ejemplo pinchando dentro del campo de descripción correspondiente.
- Debe tenerse en cuenta que la aplicación impedirá la modificación de cualquier registro de estas tablas que corresponda a una categoría o descripción que esté utilizada en otra tabla. Por ejemplo, no se podrá eliminar un tipo de agua de cuenca si hay cuencas en las que se ha indicado la presencia de este tipo de agua.
- De la misma manera, si se modifica la descripción de un dato en estas tablas, afectará a todos los registros relacionados de otras tablas. Por ejemplo, si se modifica la descripción de un registro de condición de masa de agua (por ejemplo la modificamos de

"Correcta" a "Aceptable"), todas las estaciones de muestreo a las que se hubiera asignado la condición modificada sufrirán esta modificación también.

8.4.2.3. Formulario de Mantenimiento de cuencas principales

El formulario de mantenimiento de cuencas principales tiene este aspecto:



En la parte superior puede observarse que aparece la barra de botones usual de los formularios de la aplicación (para más detalles ver el apartado 8.3). Más abajo aparecen los diferentes campos de datos que recogen la información sobre la cuenca, y que se describen a continuación:

- **Identificador**: este campo asocia a cada cuenca un valor numérico único. El identificador debe estar comprendido entre 0 y 999. Cuando se añade un nuevo registro, la aplicación propone automáticamente un nuevo identificador (normalmente el valor más alto existente +1), pero puede ser modificado manualmente por el usuario, siempre teniendo cuenta de que no puede ser un valor ya asignado a otra cuenca.
- **Nombre cuenca:** el nombre que se asocia a la cuenca puede ser cualquier texto, con la única restricción de que no puede quedar en blanco.
- **Altitud:** este campo se descompone en otros 3, que permiten registrar la altitud media, máxima y mínima. No son campos obligatorios.
- **Superficie:** permite registrar la superficie de la cuenca. No es un campo obligatorio.
- **Nº de segmentos:** permite registrar el nº de segmentos de la cuenca. No es un campo obligatorio.

Además de estos campos, se presentan más abajo una serie de solapas que permiten introducir o acceder a otra información de la cuenca principal. Estas solapas se describen a continuación:

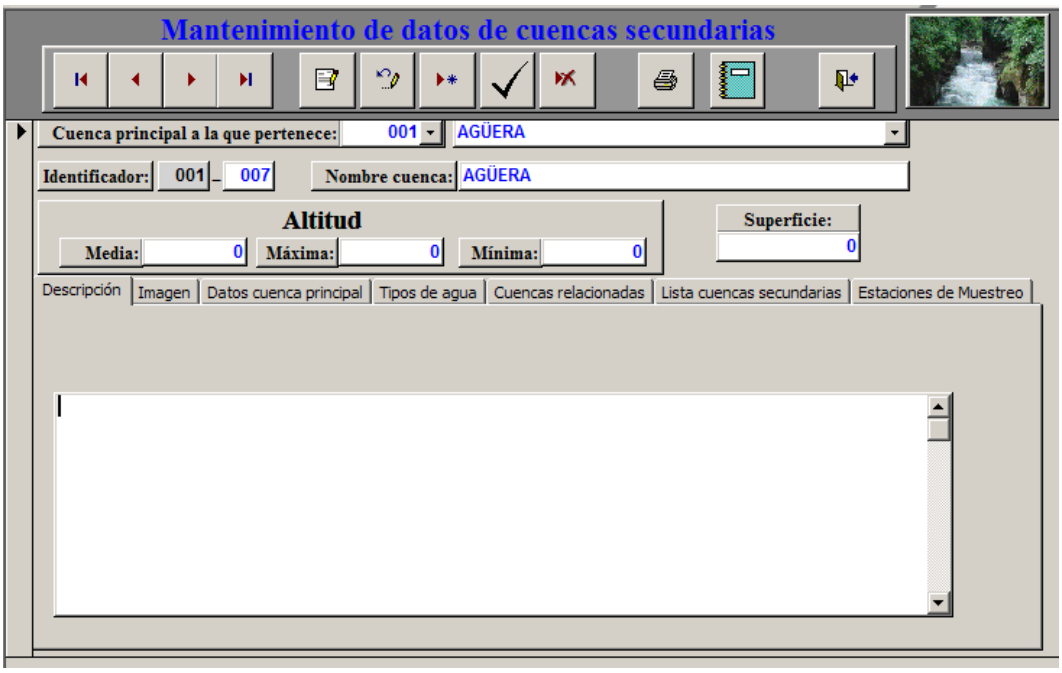
- **Descripción:** en esta solapa se presenta un cuadro de texto que permite registrar opcionalmente un texto libre de cualquier tamaño con una descripción de la cuenca principal.
- **Imagen:** en esta solapa se presenta un cuadro de imagen, en el que se puede almacenar/visualizar una imagen de la cuenca. Para almacenar una imagen en un registro de una cuenca (sea durante su introducción o su modificación), abra dicha imagen con cualquier aplicación que permita visualizar imágenes (del tipo de Fireworks, Corel Draw, Paint, etc…), seleccione la imagen y cópiela al portapapeles. Luego vuelva al formulario, señale el cuadro de imagen, y haga Edición/Pegar.
- Para realizar la operación contraria (**copiar una imagen del formulario** a otra aplicación), proceda inversamente. Se recomienda no introducir imágenes de gran tamaño (>1Mb) en la base de datos, ya que ello incrementaría mucho su tamaño y disminuiría fuertemente la velocidad de trabajo.
- **Cuencas secundarias:** en esta solapa se pueden visualizar las cuencas secundarias asociadas a la cuenca principal. En ella aparece un subformulario en forma de lista de las cuencas secundarias ya introducidas de esta cuenca principal. Se trata de información de sólo lectura, es decir, no puede modificarse. Para añadir/modificar las cuencas secundarias, vaya al correspondiente formulario.
- **Tipos de agua:** en esta solapa se pueden visualizar los tipos de agua registradas en todas las cuencas secundarias asociadas a la cuenca principal. En ella aparece un subformulario en forma de lista de tipos de agua introducidos en alguna de las cuencas secundarias de esta cuenca principal. Se trata de información de sólo lectura, es decir, no puede modificarse. Para añadir/modificar las cuencas secundarias, vaya al correspondiente formulario.
- **Lista cuencas principales:** esta solapa muestra una lista de todas las cuencas principales actualmente registradas en la base de datos. Permite una búsqueda rápida de una cuenca principal, y pulsando en el botón correspondiente en forma de flecha, situado a la derecha de la cuenca deseada, se pasará a mostrar dicha cuenca en el formulario principal.
- **Lista estaciones de muestreo:** esta solapa muestra una lista de todas las estaciones actualmente registradas dentro de la cuenca principal actual. Permite una búsqueda rápida de una estación de muestreo en la cuenca principal, y pulsando en el botón correspondiente en forma de flecha, situado a la derecha de la estación deseada, se abrirá el formulario de mantenimiento de estaciones y se mostrará dicha estación.

Nota: En las operaciones de introducción de un nuevo registro o modificación de un registro existente de una cuenca secundaria, sólo serán visibles las solapas **Descripción** e **Imagen**. Las otras solapas se ocultarán, siendo sólo accesibles en el modo de visualización de datos.

Cuando se añade una nueva cuenca principal, al confirmar la adición del registro, la aplicación mostrará un mensaje preguntando al usuario si desea añadir automáticamente una nueva cuenca secundaria con el mismo nombre, y un tipo de agua “Río”, dado que esta situación es la más usual. El usuario podrá escoger si quiere realizar esta operación o no.

8.4.2.4. Formulario de Mantenimiento de cuencas secundarias

El formulario de mantenimiento de cuencas secundarias tiene este aspecto:



En la parte superior puede observarse que aparece la barra de botones usual de los formularios de la aplicación (para más detalles ver el apartado 8.3). Más abajo aparecen los diferentes campos de datos que recogen la información sobre la cuenca, y que se describen a continuación:

- Cuenca principal a la que pertenece: toda cuenca secundaria debe estar incluida dentro de una cuenca principal. En este campo se muestra dicha cuenca. En el momento de introducir/modificar una cuenca secundaria, en este campo se deberá seleccionar la cuenca principal adecuada. Nótese que este campo se compone de dos elementos, el código y el nombre de la cuenca principal. Se puede utilizar cualquiera de los dos, ya que un cambio en uno de ellos se refleja automáticamente en el otro.
- **Identificador:** este campo asocia a cada cuenca un valor numérico único. Como se puede ver, el identificador está compuesto de dos partes: la primera es el código de la cuenca principal a la que pertenece la cuenca secundaria, por tanto no puede ser modificado directamente, sino que se asigna automáticamente al seleccionar la cuenca principal a la que pertenece la cuenca secundaria. El segundo es el código de cuenca secundaria dentro de la cuenca principal, y debe estar comprendido entre 0 y 999. Cuando se añade un nuevo registro, la aplicación propone automáticamente un nuevo identificador (normalmente el valor más alto existente +1), pero puede ser modificado manualmente por el usuario, siempre teniendo cuenta de que no puede ser un valor ya asignado a otra cuenca secundaria de la misma cuenca principal.
- **Nombre cuenca:** el nombre que se asocia a la cuenca puede ser cualquier texto, con la única restricción de que no puede quedar en blanco.

- **Altitud:** este campo se descompone en otros 3, que permiten registrar la altitud media, máxima y mínima. No son campos obligatorios.
- **Superficie:** permite registrar la superficie de la cuenca. No es un campo obligatorio.

Además de estos campos, se presentan más abajo una serie de solapas que permiten introducir o acceder a otra información de la cuenca secundaria. Estas solapas se describen a continuación:

- **Descripción**: en esta solapa se presenta un cuadro de texto que permite registrar opcionalmente un texto libre de cualquier tamaño con una descripción de la cuenca secundaria.
- **Imagen**: en esta solapa se presenta un cuadro de imagen, en el que se puede almacenar/visualizar una imagen de la cuenca. Para almacenar una imagen en un registro de una cuenca (sea durante su introducción o su modificación), abra dicha imagen con cualquier aplicación que permita visualizar imágenes (del tipo de Fireworks, Corel Draw, Paint, etc…), seleccione la imagen y cópiela al portapapeles. Luego vuelva al formulario, señale el cuadro de imagen, y haga Edición/Pegar.
- Para realizar la operación contraria (**copiar una imagen del formulario** a otra aplicación), proceda inversamente. Se recomienda no introducir imágenes de gran tamaño (>1Mb) en la base de datos, ya que ello incrementaría mucho su tamaño y disminuiría fuertemente la velocidad de trabajo.
- **Datos cuenca principal:** aquí se muestran algunos datos básicos de la cuenca principal a la que está asociada la cuenca secundaria. Se trata de información de sólo lectura, es decir, no puede modificarse.
- **Tipos de agua:** en esta solapa se pueden visualizar/añadir/modificar/eliminar los tipos de agua registradas en la cuenca secundaria que se esté visualizando en el formulario. Véase que en la parte superior de esta solapa aparece la barra de botones usual que permite realizar estas operaciones, aunque por simplicidad este subformulario acepta por defecto que se realicen cambios directamente. Para añadir un nuevo tipo de agua dentro de la cuenca secundaria actual, simplemente agregue un registro, indicando un código de identificación único (los dos primeros números se añaden automáticamente, siendo los de la cuenca principal y secundaria) y seleccione el tipo de agua de que se trate en la lista desplegable de la columna Descripción.
- **Cuencas relacionadas:** en esta solapa se pueden visualizar las cuencas secundarias asociadas a la misma cuenca principal que la cuenca secundaria actual. En ella aparece un subformulario en forma de lista de las cuencas secundarias ya introducidas de esta cuenca principal. Permite una búsqueda rápida de una cuenca secundaria, y pulsando en el botón correspondiente en forma de flecha, situado a la derecha de la cuenca deseada, se pasará a mostrar dicha cuenca en el formulario principal.
- **Lista cuencas secundarias:** esta solapa muestra una lista de todas las cuencas secundarias actualmente registradas en la base de datos. Permite una búsqueda rápida de una cuenca secundaria, y pulsando en el botón correspondiente en forma de flecha,

situado a la derecha de la cuenca deseada, se pasará a mostrar dicha cuenca en el formulario principal.

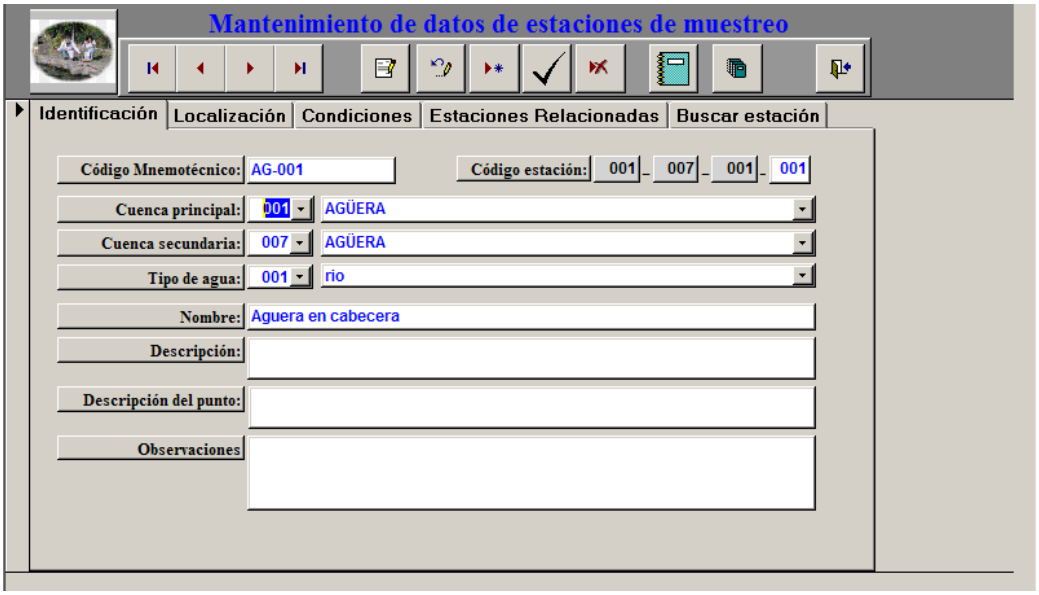
- **Lista estaciones de muestreo:** esta solapa muestra una lista de todas las estaciones actualmente registradas dentro de la cuenca secundaria actual. Permite una búsqueda rápida de una estación de muestreo en la cuenca secundaria, y pulsando en el botón correspondiente en forma de flecha, situado a la derecha de la estación deseada, se abrirá el formulario de mantenimiento de estaciones y se mostrará dicha estación.

Nota: En las operaciones de introducción de un nuevo registro o modificación de un registro existente de una cuenca secundaria, sólo serán visibles las solapas **Descripción** e **Imagen**. Las otras solapas se ocultarán, siendo sólo accesibles en el modo de visualización de datos.

Cuando se añade una nueva cuenca secundaria, al confirmar la adición del registro, la aplicación mostrará un mensaje preguntando al usuario si desea añadir automáticamente un nuevo tipo de agua “Río” a la cuenca, dado que esta situación es la más usual. El usuario podrá escoger si quiere realizar esta operación o no.

8.4.2.5. Formulario de Mantenimiento de estaciones de muestreo

El formulario de mantenimiento de estaciones de muestreo tiene este aspecto:



En la parte superior puede observarse que aparece la barra de botones usual de los formularios de la aplicación (para más detalles ver el apartado 0). Más abajo aparecen los diferentes campos de datos que recogen la información sobre una estación, repartidos en diferentes solapas, y que se describen a continuación:

- **Solapa Identificación:** en esta solapa aparecen los siguientes campos:
    - **Código Mnemotécnico:** código de identificación único que se asigna a la estación. Este código debe ser único para cada estación, y debe ser indicado cuando se introduce una nueva estación. El formato es libre, pudiendo combinarse letras, números o cualquier otro carácter alfanumérico. Este código se usa en todos los formularios de la aplicación para identificar una estación, por lo que se recomienda utilizar una nomenclatura conocida por todos los usuarios.
    - **Código Estación:** este código numérico es automáticamente asignado por la aplicación al añadir una nueva estación. Está formado por la concatenación de los códigos de cuenca principal, cuenca secundaria y tipo de agua en los que se sitúa la estación, más un nº de estación que se asigna de forma consecutiva.
    - **Cuenca principal:** En este campo se muestra la cuenca principal donde se localiza la estación. En el momento de introducir/modificar una estación, en este campo se deberá seleccionar la cuenca principal adecuada. Nótese que este campo se compone de dos elementos, el código y el nombre de la cuenca principal. Se puede utilizar cualquiera de los dos, ya que un cambio en uno de ellos se refleja automáticamente en el otro.
    - **Cuenca secundaria:** En este campo se muestra la cuenca secundaria donde se localiza la estación. En el momento de introducir/modificar una estación, en este

campo se deberá seleccionar la cuenca secundaria adecuada. Nótese que este campo se compone de dos elementos, el código y el nombre de la cuenca. Se puede utilizar cualquiera de los dos, ya que un cambio en uno de ellos se refleja automáticamente en el otro.

- **Tipo de agua:** en este campo se muestra el tipo de agua dentro de la cuenca, en el que se localiza la estación. En el momento de introducir/modificar una estación, en este campo se deberá seleccionar el tipo de agua adecuado. Nótese que este campo se compone de dos elementos, el código y el nombre del tipo de agua. Se puede utilizar cualquiera de los dos, ya que un cambio en uno de ellos se refleja automáticamente en el otro.

- **Nombre:** nombre textual que se asigna a la estación. Es un texto libre, por lo que el usuario puede introducir cualquier texto.

- **Descripción:** descripción textual de la estación. Es un texto libre, por lo que el usuario puede introducir cualquier texto.

- **Descripción del punto:** descripción textual del punto donde se localiza la estación. Es un texto libre, por lo que el usuario puede introducir cualquier texto.

- **Observaciones:** texto libre en el que el usuario puede introducir cualquier texto que considere conveniente.

- **Solapa Localización:** en esta solapa aparecen los siguientes campos (todos ellos opcionales):

  - **Ecoregión, Comunidad autónoma, Provincia, Municipio, Localidad:** en estos campos se introducirá (seleccionándola de la lista desplegable de cada campo) la información adecuada para situar geográficamente la estación. Debe señalarse que la información correspondiente deberá estar previamente registrada en las tablas correspondientes. Por ejemplo, para poder situar una estación en un municipio determinado, éste debe estar presente o haber sido previamente introducido en el correspondiente formulario (en este caso sería el de mantenimiento de información geográfica, explicado en el apartado 8.4.1)

  - **Latitud, Longitud, UTM:** en estos campos se indicarán las coordenadas geográficas correspondientes.

  - **Tamaño cuenca, Altitud estación, Total segmentos, Nº Segmento:** en estos campos se indicarán los datos correspondientes relativos a la estación y a la cuenca donde se sitúa.

  - **Nº de mapa topográfico, Verificado:** permite reflejar la información respecto del nº de mapa donde aparece la estación, y si esta información ha sido verificada.

- **Solapa de Condiciones:** en esta solapa aparecen los siguientes campos (todos ellos opcionales):

- **Orden, Comentarios orden:** permiten indicar el orden Strahler de la estación y cualquier información textual que se desee indicar al respecto.

- **Código de condición, Código Tipo A, Código Tipo B, Código Masa de agua:** en estos campos se indican los diferentes códigos relativos a la condición, masa de agua, etc… de la estación. Estos códigos se seleccionan de una lista desplegable, cuyos valores provienen de las tablas cuyo mantenimiento se ha descrito previamente en el apartado 8.4.2.2. Por tanto para poder asignar a una estación una cierta condición o Tipo A, por ejemplo, éste debe estar presente o haber sido previamente introducido en el correspondiente formulario descrito en el apartado 8.4.2.2.

- **Pendiente Vertientes, Pendiente Cauce, Caudal Estiaje, Por Calcáreo:** permiten registrar esta información relativa a la estación.

- **Clasificación grupo de Referencia:** este campo permite indicar a qué grupo de referencia se asigna la estación. Puede hacer esta asignación de forma manual, o utilizar la asignación automática. Para ello, pulse el botón y la aplicación calculará el grupo más adecuado al que asignar la estación (a partir del modelo logístico) y preguntará si quiere asignar la estación a dicho grupo. Puede decidir realizar la asignación o no.

- **Es punto de referencia del modelo de Inv/diat/IC:** permite indicar si la estación es una estación de referencia para alguno de los modelos de estimación. Generalmente no debe modificar este valor, excepto en caso de modificación del modelo.

- **Fecha de inserción:** fecha en que se registra la estación.

Además de estas tres solapas, que contienen la información de la estación, se muestran otras dos solapas que presentan información de otras estaciones relacionadas, o permiten buscar una estación. Estas solapas se ocultan automáticamente cuando se añade o modifica una estación, y sólo están visibles cuando se consulta información. Se describen a continuación:

- **Solapa Estaciones relacionadas:** en esta solapa se puede consultar la lista de estaciones situadas en la misma cuenca principal, secundaria o tipo de agua que la que se esté actualmente visualizando. Para seleccionar entre estas 3 posibilidades, pulse el correspondiente botón que aparece en la parte superior. Se puede además visualizar una de las estaciones de la lista pulsando en el botón en forma de flecha que aparece a la derecha de la estación deseada.
- **Solapa Buscar Estación:** esta solapa permite localizar una estación y acceder a su información completa. Hay dos posibilidades de búsqueda:
    - Indicando el código de estación (o seleccionándolo de la lista desplegable) en la parte superior, y luego pulsando el botón con el icono de los prismáticos situado a la derecha.

- Buscando la estación en la lista que aparece más abajo, y pulsando el botón en forma de flecha que aparece a la derecha de la estación deseada.

8.4.3. Mantenimiento de información de taxonomía de fauna/flora

El formulario de mantenimiento de la taxonomía de fauna/flora se muestre en la figura siguiente.

En la parte superior puede observarse que aparece la barra de botones usual de los formularios de la aplicación (para más detalles ver el apartado 8.3). Más abajo aparecen los diferentes campos de datos que recogen la información sobre la taxonomía, repartidos en diferentes solapas, y que se describen a continuación:

- **Solapa Órdenes:** en esta solapa se puede realizar el mantenimiento del nivel superior (Orden) de la taxonomía de fauna/flora. Cada orden se identifica mediante un nombre que debe ser único para cada orden, y su orden filogenético, que es un valor numérico.

- **Solapa Familias:** permite realizar el mantenimiento del nivel de familias de la taxonomía. Para cada familia, se presenta el orden al que pertenece, el orden filogenético, el nombre de la familia, el grupo de alimentación y la puntuación.

  Si se quiere introducir una nueva familia, debe seleccionarse primero el orden al que pertenece, mediante la lista desplegable del campo correspondiente; el orden filogenético aparecerá automáticamente. Luego puede introducirse el nombre de la familia, la puntuación, y seleccionarse el grupo de alimentación de la lista (los grupos pueden mantenerse en la solapa Grupos de alimentación, que se detalla un poco más abajo).

  Para facilitar el mantenimiento de las familias, se puede restringir en esta solapa la presentación de familias sólo de un orden determinado. Para ello, en la parte superior del subformulario de esta solapa, seleccione de la lista desplegable el orden deseado, y active

(haciendo clic con el ratón) la casilla *Ver sólo el orden seleccionado*. Para volver a presentar todas las familias, simplemente desactive dicha casilla.

- **Solapa Géneros:** el mantenimiento de los géneros es similar al de las familias, con la diferencia de que debe indicarse la familia además del orden, y luego el nombre del género, a la hora de introducir un nuevo registro. Como en la solapa de Familias, se puede restringir la presentación a un orden/familia determinado, usando para ello las listas desplegables y la casilla de verificación que aparecen en la parte superior, de forma similar a lo indicado para el caso de la solapa de Familias.

- **Solapa Especies:** el mantenimiento de las especies es similar al de las familias o géneros, con la diferencia de que debe indicarse el orden, familia y género (en este orden), y luego el nombre de la especie, a la hora de introducir un nuevo registro. Se puede además indicar que una especie es de uso común, es decir, es una especie cuya presencia se comprueba usualmente en los muestreos que se realizan. Para indicar esto, se debe activar la casilla al respecto en el registro de la especie adecuada. Esto se reflejará posteriormente a la hora de introducir resultados de muestreos de fauna/flora, como se explicará más adelante.

  Como en las solapas de Familias o Géneros, se puede restringir la presentación a un orden/familia/género determinado, usando para ello las listas desplegables y la casilla de verificación que aparecen en la parte superior, de forma similar a lo indicado para el caso de las solapas de Familias o Géneros.

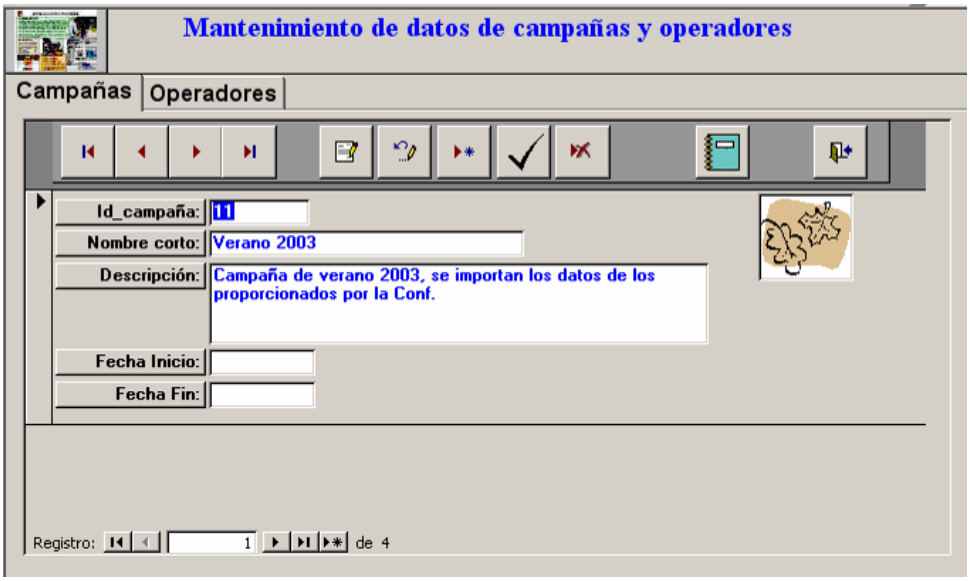
- **Solapa Especies de uso común:** este formulario permite seleccionar las especies que se usarán (es decir, se medirán) comúnmente en los muestreos de fauna/flora. Esto permitirá, a la hora de introducir los resultados de estos muestreos, que la aplicación presente automáticamente estas especies en el correspondiente formulario de introducción del muestreo, lo que facilitará la tarea, al evitarnos tener que seleccionar una a una las especies de las que se realizan mediciones. Para seleccionar/deseleccionar estas especies que serán de uso común, simplemente active/desactive la casilla de verificación (columna Seleccionar, a la derecha en el subformulario) de la especie deseada.

- **Solapa Grupos de alimentación:** en esta solapa se puede realizar el mantenimiento de las categorías de grupos de alimentación que se pueden asignar a las familias taxonómicas, como se indicó anteriormente para la solapa Familias en este mismo formulario. Para añadir un nuevo grupo de alimentación, simplemente añada un registro en este subformulario, indicando un código (que debe ser diferente para cada grupo) y una descripción opcional.

Como es lógico, el orden que debe seguirse para dar de alta una nueva categoría taxonómica, es comenzar por el nivel más alto. Así, para dar de alta una nueva especie, por ejemplo, debemos dar de alta (si no existe todavía) el orden correspondiente, luego la familia, el género, y finalmente la especie. De la misma manera, para poder eliminar por ejemplo una familia, deberemos primero eliminar las especies y géneros incluidos en ella, antes de poder eliminar dicha familia.

8.4.4. Mantenimiento de campañas y operadores

El formulario de mantenimiento de campañas y operadores tiene este aspecto:



Presenta dos solapas que se describen a continuación:

- **Solapa Campañas:** en esta solapa se pueden mantener los datos de información sobre campañas de muestreo. Cuando se añade una campaña, la aplicación añadirá automáticamente el Id de la campaña (clave de identificación interna). Debe añadirse luego un nombre corto, que será el que se visualice posteriormente en los diversos formularios para identificar la campaña. Por ello se recomienda indicar un nombre distintivo y que permita identificar fácilmente la campaña. Los demás campos son opcionales, y permiten indicar una descripción textual de la campaña, su fecha de inicio y de fin. Debe señalarse que es obligatorio dar de alta una campaña para posteriormente introducir datos de muestreo y análisis relacionados con esta campaña, y distinguirlos así de los datos de otras campañas.

- **Solapa Operadores:** permite mantener la información relacionada con los operadores que luego podrán asociarse a los análisis. Cuando se añade un operador, la aplicación le asignará automáticamente un código, que será de uso interno. El usuario debe añadir el nombre del operador, que será el que sirva para identificarlo.

8.5. Mantenimiento de datos de muestreo y análisis

En el apartado anterior se ha explicado cómo realizar el mantenimiento de los datos que constituyen el marco de referencia geográfica, hidrológica y taxonómica, que es necesario definir para posteriormente poder introducir los datos recogidos en los diferentes muestreos.

A continuación vamos a detallar cómo mantener (introducir, consultar, modificar o eliminar) los datos de los diferentes muestreos que se realicen. El acceso a los formularios de mantenimiento de estos datos se realiza pulsando el botón etiquetado ***Datos de Muestreo,***

situado en la parte inferior izquierda de la ventana inicial de la aplicación (ver descripción de esta ventana en el punto 0). La ventana que se mostrará entonces será la que aparece en la figura siguiente:

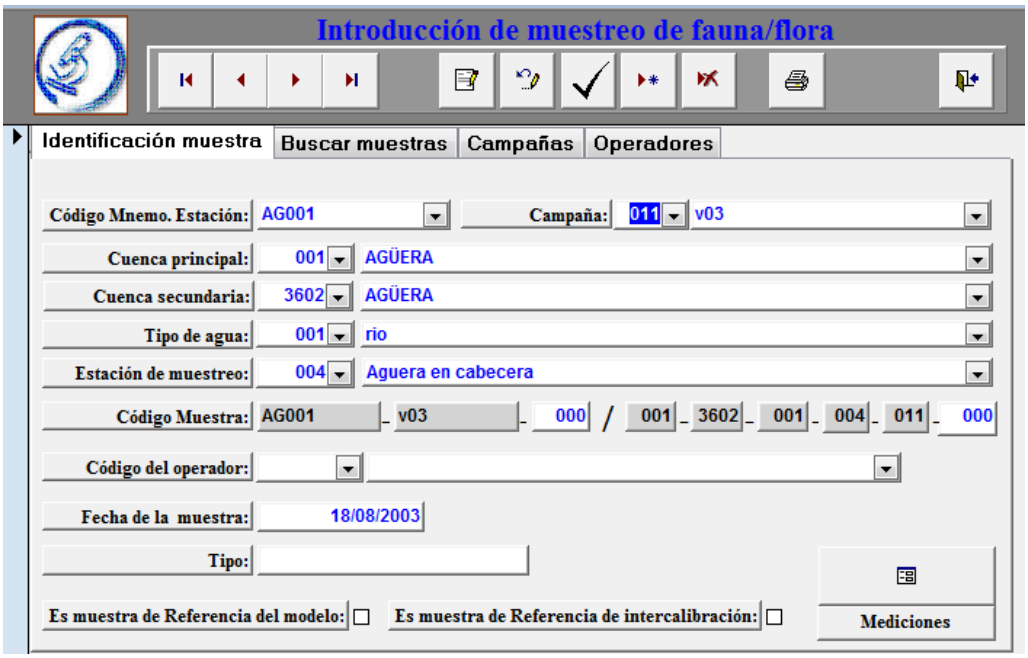
En ella vemos que aparecen 5 botones que dan acceso a los correspondientes formularios de mantenimiento de datos de muestreo de fauna/flora, de hábitat, de análisis físico-químico, de hidromorfología, y de QBR. En cada uno de estos formularios, como se explicará cpn detalle más adelante, se deberá identificar primero la estación de muestreo y la campaña dentro de las cuales se ha realizado el muestreo cuyos datos se quieren introducir. Por ello, es necesario, previamente a cualquier operación de mantenimiento de datos de muestreo, haber realizado el adecuado mantenimiento de los datos de información geográfica, hidrográfica y taxonómica necesarios. Más concretamente, deben necesariamente estar dados de alta los datos correspondientes a una estación de muestreo y campaña antes de poder introducir datos de muestreo correspondientes a dicha estación y campaña. El mantenimiento de estos datos se detalló en el apartado 8.4.

Es de señalar que las categorías de datos indicadas (de muestreo de fauna/flora, de hábitat, de análisis físico-químico, de hidromorfología, y de QBR) son independientes, lo que implica que puede realizarse su mantenimiento en cualquier orden deseado, y ninguna categoría es obligatoria.

A continuación vamos a detallar el funcionamiento de cada uno de los formularios de mantenimiento de datos de muestreo.

8.5.1. Datos de muestreo de fauna/flora

El formulario de datos de muestreo de fauna/flora se muestra en la figura siguiente:



Como se puede ver, en el formulario hay 4 solapas, que se describen a continuación:

- **Solapa Identificación Muestra:** en esta solapa se muestran los datos principales de identificación de la estación de muestreo y campaña a los que pertenece la muestra, además de otros datos. Los campos que aparecen en esta solapa son:

    - **Código Mnemo.Estación:** corresponde al código mnemotécnico que identifica de forma unívoca la estación de muestreo donde se tomó la muestra. Cuando se introduce una nueva muestra, este campo es de introducción obligatoria, y para ello debe seleccionarse la estación adecuada de la lista desplegable. Al indicarse este campo, la aplicación actualizará automáticamente los campos correspondientes a la cuenca principal, secundaria, tipo de agua y estación de muestreo que correspondan a la selección hecha.

    - **Campaña:** corresponde la campaña dentro de la cual se tomó la muestra. Cuando se introduce una nueva muestra, este campo es de introducción obligatoria, y para ello debe seleccionarse la campaña adecuada de la lista desplegable.

    - **Cuenca principal, secundaria, tipo de agua y estación de muestreo:** estos campos indican los datos hidrográficos correspondientes al lugar de toma de la muestra. Aunque durante la introducción de una nueva muestra pueden modificarse directamente, normalmente es más sencillo indicar el código mnemotécnico de la estación de muestreo, y la aplicación actualizará automáticamente estos campos con los datos adecuados.

    - **Código Muestra:** el código de muestra identifica de forma única cada muestra. Para construir este código, la aplicación concatena el código mnemotécnico de la estación de muestreo, el nombre de la campaña, y un código numérico de 3

cifras que identifica la muestra. Dicho código es asignado automáticamente por la aplicación al añadir una nueva muestra, pero puede ser modificado por el usuario, con la restricción de que no puede repetirse el mismo código para muestras de la misma estación/campaña. El formulario también muestra el código de muestra en la forma código de cuenca principal+código de cuenca secundaria+código tipo de agua+ código de estación+ código de campaña+ código numérico de muestra, aunque no suele ser necesario para el usuario tener en cuenta dicho código.

- **Código del operador:** este campo (opcional) permite indicar el operador responsable de la muestra.
- **Fecha de la muestra:** permite introducir la fecha de toma o análisis de la muestra (opcional).
- **Tipo:** permite indicar un texto libre que describa el tipo de muestra de que se trata (opcional).
- **Es muestra de referencia del modelo de Inv/Diat/IC:** permite indicar si esta muestra se usará como muestra de referencia (ver punto 0). No modifique este campo a menos que esté seguro de que es correcto hacerlo, ya que este campo afecta al modelo de evaluación. No se debe indicar una muestra como muestra de referencia si la estación de muestreo donde se ha tomado no es a su vez estación de referencia.
- **Botón Mediciones:** ese botón permite acceder al formulario donde se registran las mediciones o contajes de fauna/flora de la muestra. Se detallará más adelante.

- **Solapa Buscar Muestras:** en esta solapa se posibilita la búsqueda sencilla de muestras de fauna/flora. Para ello, seleccione en el campo que aparece en la parte superior el código mnemotécnico de la estación de muestreo de la que quiere consultar las muestras, y pulse el botón de búsqueda, que se muestra con el icono de unos prismáticos a la derecha del campo. En la parte interior del formulario aparecerá la lista de las muestras de fauna/flora registradas para dicha estación. Si se quieren consultar los datos concretos de una de ella, se puede seleccionar pulsando el correspondiente botón en forma de flecha que aparecerá a su derecha.
- **Solapas Campañas y Operadores:** aunque el mantenimiento de los datos de las campañas y operadores ya está soportado en otro formulario (ver punto 0), se han añadido aquí dos solapas que presentan esta información para facilitar la consulta de estos datos sin tener que salir del formulario de muestras de fauna/flora. Estos subformularios son de sólo lectura, es decir, sólo de consulta.

Es de señalar que durante la introducción de nuevos datos o la modificación de datos, sólo la solapa ***Identificación Muestra*** estará visible. También se oculta el botón ***Mediciones*****,** ya que sólo una vez dada de alta una muestra se puede introducir las mediciones.

8.5.1.1. Introducción de mediciones de fauna/flora

Una vez dada de alta una muestra de fauna/flora, se pueden ver/introducir/modificar los datos de mediciones de la muestra pulsando el botón ***Mediciones***, que da acceso al formulario de introducción de muestras de fauna/flora que se muestra en la figura siguiente.

Para introducir datos de muestreo en este formulario se deben seguir los siguientes pasos:

- Añada un nuevo registro, pulsando para ello el botón ***Nuevo registro***
- En el nuevo registro, seleccione en la lista desplegable del campo ***Orden*** el orden correspondiente.
- Luego seleccione la familia, género y especie sucesivamente. Observe que cuando se despliega una de estas listas, aparecen en primer lugar las categorías taxonómicas que corresponden al nivel anterior seleccionado, y más abajo, precedidas por un asterisco, las categorías, que **no** pertenecen a dicho nivel. Normalmente, se seleccionará una categoría que sí corresponda al nivel anterior. Por ejemplo, si selecciona en primer lugar el Orden Bivalvia, lo normal es que seleccione como familia una que corresponda al Orden seleccionado. De no ser así, es decir, si selecciona por ejemplo una familia que no corresponde al orden previamente seleccionado, la aplicación actualizará automáticamente el orden para que coincida con la familia seleccionada.
- Esta funcionalidad de corrección automática de los niveles anteriores permite introducir los datos indicando directamente el nivel deseado, sin tener que pasar por los anteriores. Por ejemplo, si lo desea, puede directamente añadir un registro e indicar en él la especie. La aplicación actualizará automáticamente los niveles anteriores.
- Una vez indicada la categoría, introduzca la medición correspondiente y acepte los cambios.

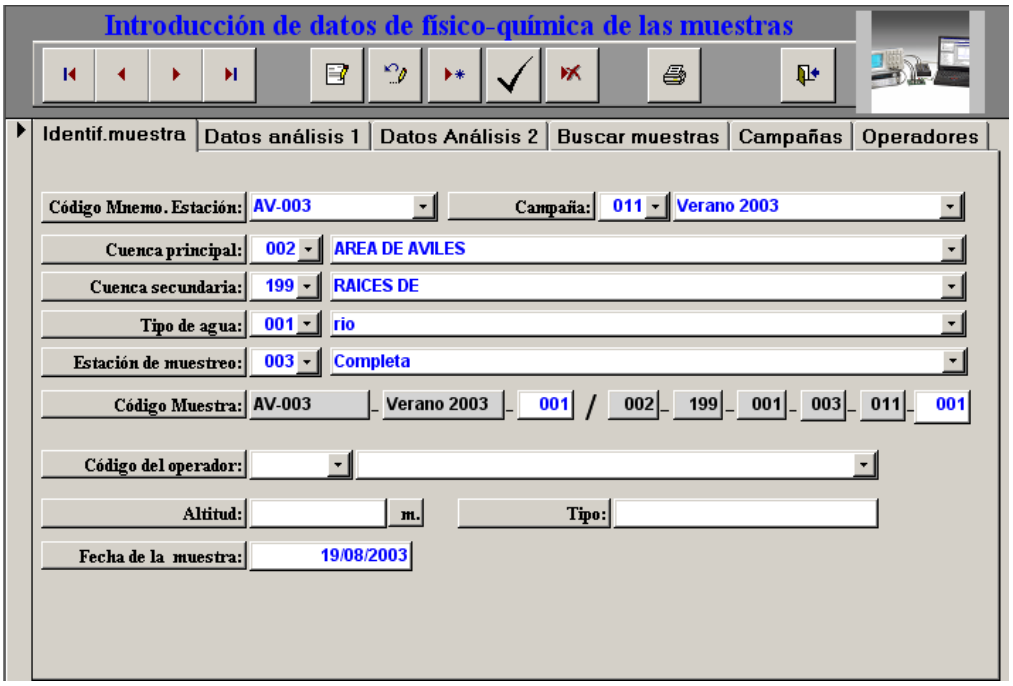
Aunque puede introducirse de esta manera toda la información de las muestras, a menudo se trata de mediciones que comportar un gran nº de categorías taxonómicas (por ejemplo varias familias o especies). Por ello, y para facilitar la introducción de largas listas de datos, este formulario ofrece dos funciones específicas que describimos a continuación:

- **Botón de desbloqueo de la edición automática de registros**: este botón permite desbloquear (o volver a bloquear) la edición automática de registros, es decir, que la aplicación permita automáticamente la inserción/modificación de registros sin tener que pulsar los botones de la barra de botones para ello. Bastará entonces colocarse en un registro y modificarlo, o colocarse en un registro nuevo (que aparece siempre al final de la lista, marcado con un asterisco) y añadir los datos.

- **Botón de adición de especies de uso común**: añade automáticamente a la muestra actual la lista de especies que se hayan seleccionado como de uso común en el correspondiente formulario de mantenimiento de taxonomía de fauna/flora (ver apartado 0). De esta manera, evitaremos tener que introducirse manualmente cada una de las categorías taxonómicas, y simplemente deberemos completar los valores de medición para cada categoría.

8.5.2. Datos físico-químicos

El formulario de datos físico-químicos se muestra en la figura siguiente:



Como se puede ver, en el formulario hay 6 solapas, que se describen a continuación:

- **Solapa Identificación Muestra:** en esta solapa se muestran los datos principales de identificación de la estación de muestreo y campaña a los que pertenece el análisis físico-químico, además de otros datos. Los campos que aparecen en esta solapa son:

    - **Código Mnemo.Estación:** corresponde al código mnemotécnico que identifica de forma unívoca la estación de muestreo donde se realizó el análisis. Cuando se introduce un nuevo análisis, este campo es de introducción obligatoria, y para ello debe seleccionarse la estación adecuada de la lista desplegable. Al indicarse este campo, la aplicación actualizará automáticamente los campos correspondientes a la cuenca principal, secundaria, tipo de agua y estación de muestreo que correspondan a la selección hecha.

    - **Campaña:** corresponde la campaña dentro de la cual se tomó la muestra. Cuando se introduce una nueva muestra, este campo es de introducción obligatoria, y para ello debe seleccionarse la campaña adecuada de la lista desplegable.

    - **Cuenca principal, secundaria, tipo de agua y estación de muestreo:** estos campos indican los datos hidrográficos correspondientes al lugar de toma de la muestra. Aunque durante la introducción de una nueva muestra pueden modificarse directamente, normalmente es más sencillo indicar el código mnemotécnico de la estación de muestreo, y la aplicación actualizará automáticamente estos campos con los datos adecuados.

- **Código Muestra:** el código de muestra identifica de forma única cada muestra analizada. Para construir este código, la aplicación concatena el código mnemotécnico de la estación de muestreo, el nombre de la campaña, y un código numérico de 3 cifras que identifica la muestra. Dicho código es asignado automáticamente por la aplicación al añadir una nueva muestra, pero puede ser modificado por el usuario, con la restricción de que no puede repetirse el mismo código para muestras de la misma estación/campaña. El formulario también muestra el código de muestra en la forma código de cuenca principal+código de cuenca secundaria+código tipo de agua+ código de estación+ código de campaña+ código numérico de muestra, aunque no suele ser necesario para el usuario tener en cuenta dicho código.

- **Código del operador:** este campo (opcional) permite indicar el operador responsable de la muestra.

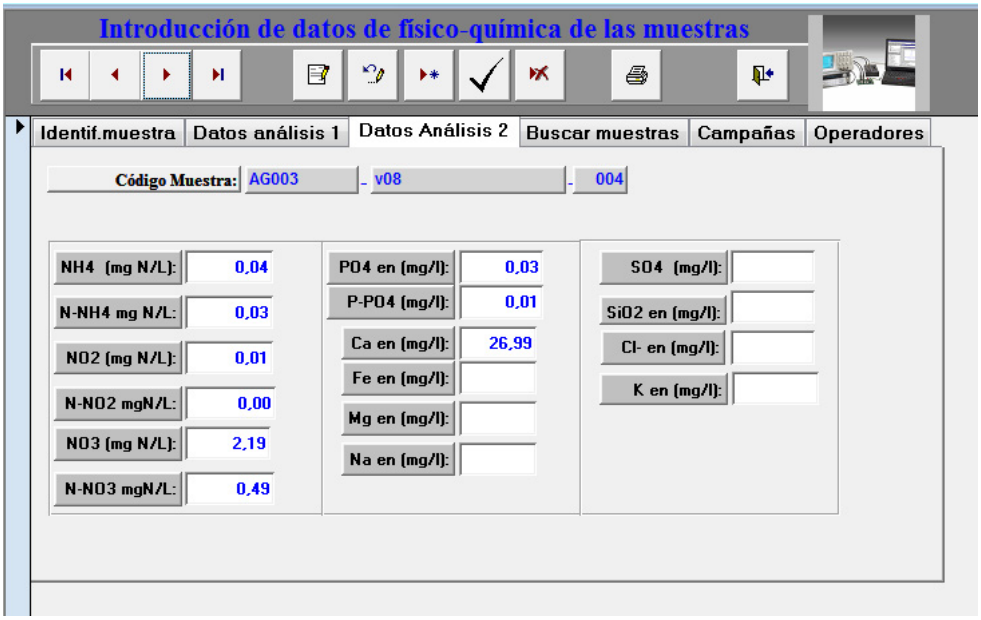
- **Fecha de la muestra:** permite introducir la fecha de toma o análisis de la muestra (opcional).

- **Tipo:** permite indicar un texto libre que describa el tipo de muestra de que se trata (opcional).

- **Altitud:** permite indicar la altitud del punto donde se realizó el análisis (opcional).

- **Solapa Datos análisis 1:** en esta solapa se muestran varios campos de datos físico-químicos. Durante la introducción de un nuevo registro de análisis, una vez completada la primera solapa **Identificación Muestra**, se puede pasar a esta solapa para introducir estos datos. Como se podrá observar, en la parte superior aparece el código de identificación de la muestra, a efectos informativos. Más abajo aparecen los diferentes campos de datos físico-químicos (temperatura, oxígeno, pH, etc…), para los que hay un máximo de 8 réplicas que pueden introducirse. Ningún campo es obligatorio, y pueden indicarse datos en unas réplicas y no en otras, a discreción del usuario.

- **Solapa Datos análisis 2:** en esta solapa se muestran varios campos de datos físico-químicos. Durante la introducción de un nuevo registro de análisis, una vez completada la primera solapa **Identificación Muestra**, y opcionalmente la de **Datos análisis 1,** se puede pasar a esta solapa para introducir estos datos. Como se podrá observar, en la parte superior aparece el código de identificación de la muestra, a efectos informativos. Ningún campo es obligatorio.



- **Solapa Buscar Muestras:** en esta solapa se posibilita la búsqueda sencilla de muestras de análisis físico-químicos. Para ello, seleccione en el campo que aparece en la parte superior el código mnemotécnico de la estación de muestreo de la que quiere consultar las muestras, y pulse el botón de búsqueda, que se muestra con el icono de unos prismáticos a la derecha del campo. En la parte interior del formulario aparecerá la lista de las muestras de fauna/flora registradas para dicha estación. Si se quieren consultar los datos concretos de una de ella, se puede seleccionar pulsando el correspondiente botón en forma de flecha que aparecerá a su derecha.

- **Solapas Campañas y Operadores:** aunque el mantenimiento de los datos de las campañas y operadores ya está soportado en otro formulario (ver punto 0), se han añadido aquí dos solapas que presentan esta información para facilitar la consulta de estos datos sin tener que salir del formulario de datos físico-químicos. Estos subformularios son de sólo lectura, es decir, sólo de consulta.

Es de señalar que durante las operaciones de introducción de nuevos datos o de modificación de datos, las solapas de ***Buscar Muestras***, ***Campañas*** y ***Operadores*** se ocultarán automáticamente, ya que no pueden utilizarse durante operaciones de este tipo.

8.5.3. Datos de hidromorfología

El formulario de datos de hidromorfología se muestra en la figura siguiente.

Como se puede ver, en el formulario hay 7 solapas, que se describen a continuación:

- **Solapa Identificación Muestra:** en esta solapa se muestran los datos principales de identificación de la estación de muestreo y campaña a los que pertenece el análisis de hidromorfología, además de otros datos. Los campos que aparecen en esta solapa son:

    - **Código Mnemo.Estación:** corresponde al código mnemotécnico que identifica de forma unívoca la estación de muestreo donde se realizó el análisis. Cuando se introduce un nuevo análisis, este campo es de introducción obligatoria, y para ello debe seleccionarse la estación adecuada de la lista desplegable. Al indicarse este campo, la aplicación actualizará automáticamente los campos correspondientes a la cuenca principal, secundaria, tipo de agua y estación de muestreo que correspondan a la selección hecha.

    - **Campaña:** corresponde la campaña dentro de la cual se realizó el análisis. Cuando se introduce un nuevo análisis, este campo es de introducción obligatoria, y para ello debe seleccionarse la campaña adecuada de la lista desplegable.

    - **Cuenca principal, secundaria, tipo de agua y estación de muestreo:** estos campos indican los datos hidrográficos correspondientes al lugar de análisis. Aunque durante la introducción de una nueva muestra pueden modificarse directamente, normalmente es más sencillo indicar el código mnemotécnico de la estación de muestreo, y la aplicación actualizará automáticamente estos campos con los datos adecuados.

    - **Código Muestra:** el código de muestra identifica de forma única cada análisis de hidromorfología. Para construir este código, la aplicación concatena el código mnemotécnico de la estación de muestreo, el nombre de la campaña, y un código numérico de 3 cifras que identifica el análisis. Dicho código es asignado automáticamente por la aplicación al añadir un nuevo análisis, pero puede ser modificado por el usuario, con la restricción de que no puede repetirse el mismo código para muestras de la misma estación/campaña. El

formulario también muestra el código de muestra en la forma código de cuenca principal+código de cuenca secundaria+código tipo de agua+ código de estación+ código de campaña+ código numérico de muestra, aunque no suele ser necesario para el usuario tener en cuenta dicho código.

- **Código del operador:** este campo (opcional) permite indicar el operador responsable del análisis.
- **Fecha de la muestra:** permite introducir la fecha de toma o análisis (opcional).
- **Altitud:** permite indicar la altitud del punto donde se realizó el análisis (opcional).

- **Solapas Datos Hidro. 1, 2 y 3:** en estas solapas se muestran varios campos de datos de hidromorfología. Durante la introducción de un nuevo registro de análisis, una vez completada la primera solapa **Identificación Muestra**, se puede pasar a estas solapas para introducir estos datos. Como se podrá observar, en la parte superior aparece el código de identificación del análisis, a efectos informativos. Más abajo aparecen los diferentes campos de datos de hidromorfología. Ningún campo es obligatorio, y pueden indicarse datos en unos y no en otros, a discreción del usuario.

- **Solapa Buscar Muestras:** en esta solapa se posibilita la búsqueda sencilla de muestras de análisis de hidromorfología. Para ello, seleccione en el campo que aparece en la parte superior el código mnemotécnico de la estación de muestreo de la que quiere consultar las muestras, y pulse el botón de búsqueda, que se muestra con el icono de unos prismáticos a la derecha del campo. En la parte interior del formulario aparecerá la lista de las muestras de fauna/flora registradas para dicha estación. Si se quieren consultar los datos concretos de una de ella, se puede seleccionar pulsando el correspondiente botón en forma de flecha que aparecerá a su derecha.

- **Solapas Campañas y Operadores:** aunque el mantenimiento de los datos de las campañas y operadores ya está soportado en otro formulario (ver punto 0), se han añadido aquí dos solapas que presentan esta información para facilitar la consulta de estos datos sin tener que salir del formulario de datos de hidromorfología. Estos subformularios son de sólo lectura, es decir, sólo de consulta.

Es de señalar que durante las operaciones de introducción de nuevos datos o de modificación de datos, las solapas de ***Buscar Muestras***, ***Campañas*** y ***Operadores*** se ocultarán automáticamente, ya que no pueden utilizarse durante operaciones de este tipo.

8.5.4. Datos de QBR (Índice de calidad del bosque de ribera)

El formulario de datos de QBR se muestra en la figura siguiente.

Como se puede ver, en el formulario hay 6 solapas, que se describen a continuación:

- **Solapa Identificación Muestra:** en esta solapa se muestran los datos principales de identificación de la estación de muestreo y campaña a los que pertenece el análisis de QBR, además de otros datos. Los campos que aparecen en esta solapa son:

    - **Código Mnemo.Estación:** corresponde al código mnemotécnico que identifica de forma unívoca la estación de muestreo donde se realizó el análisis QBR. Cuando se introduce un nuevo análisis, este campo es de introducción obligatoria, y para ello debe seleccionarse la estación adecuada de la lista desplegable. Al indicarse este campo, la aplicación actualizará automáticamente los campos correspondientes a la cuenca principal, secundaria, tipo de agua y estación de muestreo que correspondan a la selección hecha.

    - **Campaña:** corresponde la campaña dentro de la cual se realizó el análisis QBR. Cuando se introduce un nuevo análisis, este campo es de introducción obligatoria, y para ello debe seleccionarse la campaña adecuada de la lista desplegable.

    - **Cuenca principal, secundaria, tipo de agua y estación de muestreo:** estos campos indican los datos QBR correspondientes al lugar de análisis. Aunque durante la introducción de una nueva muestra pueden modificarse directamente, normalmente es más sencillo indicar el código mnemotécnico de la estación de muestreo, y la aplicación actualizará automáticamente estos campos con los datos adecuados.

- **Código Muestra:** el código de muestra identifica de forma única cada análisis de QBR. Para construir este código, la aplicación concatena el código mnemotécnico de la estación de muestreo, el nombre de la campaña, y un código numérico de 3 cifras que identifica el análisis. Dicho código es asignado automáticamente por la aplicación al añadir un nuevo análisis, pero puede ser modificado por el usuario, con la restricción de que no puede repetirse el mismo código para muestras de la misma estación/campaña. El formulario también muestra el código de muestra en la forma código de cuenca principal+código de cuenca secundaria+código tipo de agua+ código de estación+ código de campaña+ código numérico de muestra, aunque no suele ser necesario para el usuario tener en cuenta dicho código.

- **Código del operador:** este campo (opcional) permite indicar el operador responsable del análisis.

- **Fecha de la muestra:** permite introducir la fecha de toma o análisis (opcional).

- **Observaciones:** permite indicar un texto libre con observaciones al respecto del análisis QBR (opcional).

- **Solapas Datos Análisis y Datos 2:** en estas solapas se muestran varios campos de datos de QBR. Durante la introducción de un nuevo registro de análisis de QBR, una vez completada la primera solapa **Identificación Muestra**, se puede pasar a estas solapas para introducir estos datos. Como se podrá observar, en la parte superior aparece el código de identificación del análisis, a efectos informativos. Más abajo aparecen los diferentes campos de datos de QBR. Ningún campo es obligatorio, y pueden indicarse datos en unos y no en otros, a discreción del usuario.

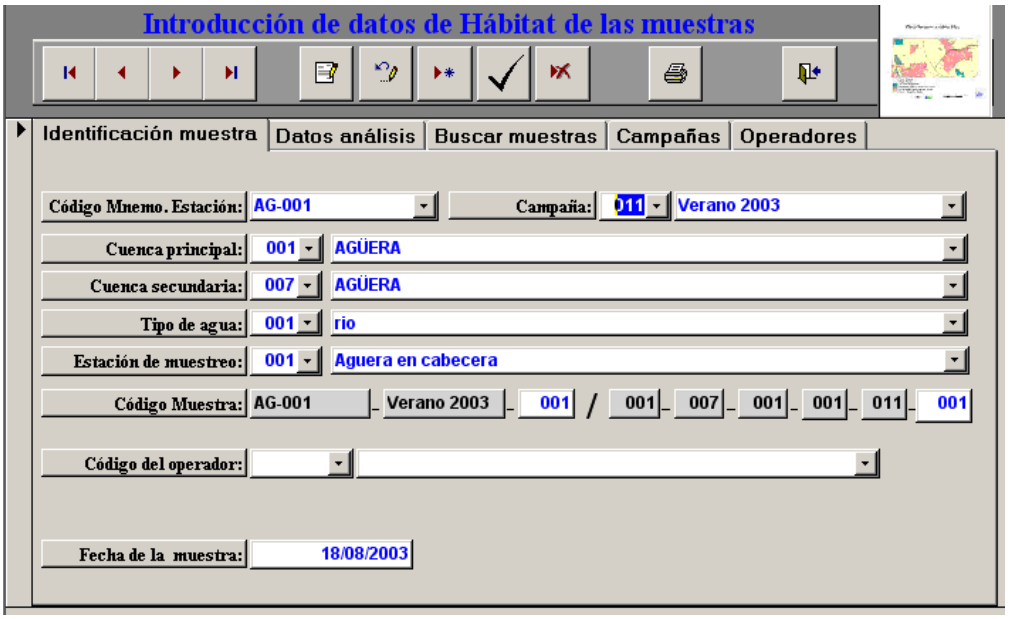
- **Solapa Buscar Muestras:** en esta solapa se posibilita la búsqueda sencilla de muestras de análisis QBR. Para ello, seleccione en el campo que aparece en la parte superior el código mnemotécnico de la estación de muestreo de la que quiere consultar las muestras, y pulse el botón de búsqueda, que se muestra con el icono de unos prismáticos a la derecha del campo. En la parte interior del formulario aparecerá la lista de las muestras de fauna/flora registradas para dicha estación. Si se quieren consultar los datos concretos de una de ella, se puede seleccionar pulsando el correspondiente botón en forma de flecha que aparecerá a su derecha.

- **Solapas Campañas y Operadores:** aunque el mantenimiento de los datos de las campañas y operadores ya está soportado en otro formulario (ver punto 0), se han añadido aquí dos solapas que presentan esta información para facilitar la consulta de estos datos sin tener que salir del formulario de datos QBR. Estos subformularios son de sólo lectura, es decir, sólo de consulta.

Es de señalar que durante las operaciones de introducción de nuevos datos o de modificación de datos, las solapas de ***Buscar Muestras***, ***Campañas*** y ***Operadores*** se ocultarán automáticamente, ya que no pueden utilizarse durante operaciones de este tipo.

8.5.5. Datos de hábitat

El formulario de datos de hábitat se muestra en la figura siguiente.



Como se puede ver, en el formulario hay 5 solapas, que se describen a continuación:

- **Solapa Identificación Muestra:** en esta solapa se muestran los datos principales de identificación de la estación de muestreo y campaña a los que pertenece el análisis de hábitat, además de otros datos. Los campos que aparecen en esta solapa son:
    - **Código Mnemo.Estación:** corresponde al código mnemotécnico que identifica de forma unívoca la estación de muestreo donde se realizó el análisis hábitat. Cuando se introduce un nuevo análisis, este campo es de introducción obligatoria, y para ello debe seleccionarse la estación adecuada de la lista desplegable. Al indicarse este campo, la aplicación actualizará automáticamente los campos correspondientes a la cuenca principal, secundaria, tipo de agua y estación de muestreo que correspondan a la selección hecha.
    - **Campaña:** corresponde la campaña dentro de la cual se realizó el análisis hábitat. Cuando se introduce un nuevo análisis, este campo es de introducción obligatoria, y para ello debe seleccionarse la campaña adecuada de la lista desplegable.
    - **Cuenca principal, secundaria, tipo de agua y estación de muestreo:** estos campos indican los datos hábitat correspondiente al lugar de análisis. Aunque durante la introducción de una nueva muestra pueden modificarse directamente, normalmente es más sencillo indicar el código mnemotécnico de la estación de muestreo, y la aplicación actualizará automáticamente estos campos con los datos adecuados.

- **Código Muestra:** el código de muestra identifica de forma única cada análisis de hábitat. Para construir este código, la aplicación concatena el código mnemotécnico de la estación de muestreo, el nombre de la campaña, y un código numérico de 3 cifras que identifica el análisis. Dicho código es asignado automáticamente por la aplicación al añadir un nuevo análisis, pero puede ser modificado por el usuario, con la restricción de que no puede repetirse el mismo código para muestras de la misma estación/campaña. El formulario también muestra el código de muestra en la forma código de cuenca principal+código de cuenca secundaria+código tipo de agua+ código de estación+ código de campaña+ código numérico de muestra, aunque no suele ser necesario para el usuario tener en cuenta dicho código.

- **Código del operador:** este campo (opcional) permite indicar el operador responsable del análisis.

- **Fecha de la muestra:** permite introducir la fecha de toma o análisis (opcional).

- **Solapa Datos Análisis:** en esta solapa se muestran varios campos de datos de hábitat. Durante la introducción de un nuevo registro de análisis de hábitat, una vez completada la primera solapa **Identificación Muestra**, se puede pasar a esta solapa para introducir estos datos. Como se podrá observar, en la parte superior aparece el código de identificación del análisis, a efectos informativos. Más abajo aparecen los diferentes campos de datos de hábitat. Ningún campo es obligatorio, y pueden indicarse datos en unos y no en otros, a discreción del usuario.

- **Solapa Buscar Muestras:** en esta solapa se posibilita la búsqueda sencilla de muestras de análisis hábitat. Para ello, seleccione en el campo que aparece en la parte superior el código mnemotécnico de la estación de muestreo de la que quiere consultar las muestras, y pulse el botón de búsqueda, que se muestra con el icono de unos prismáticos a la derecha del campo. En la parte interior del formulario aparecerá la lista de las muestras de fauna/flora registradas para dicha estación. Si se quieren consultar los datos concretos de una de ella, se puede seleccionar pulsando el correspondiente botón en forma de flecha que aparecerá a su derecha.

- **Solapas Campañas y Operadores:** aunque el mantenimiento de los datos de las campañas y operadores ya está soportado en otro formulario (ver punto 0), se han añadido aquí dos solapas que presentan esta información para facilitar la consulta de estos datos sin tener que salir del formulario de datos hábitat. Estos subformularios son de sólo lectura, es decir, sólo de consulta.

Es de señalar que durante las operaciones de introducción de nuevos datos o de modificación de datos, las solapas de ***Buscar Muestras***, ***Campañas*** y ***Operadores*** se ocultarán automáticamente, ya que no pueden utilizarse durante operaciones de este tipo.

8.6. Obtención de matrices de datos, cálculo de métricos y estimaciones

Además de los diferentes informes y listados que pueden obtenerse desde algunos de los formularios de mantenimiento de datos vistos anteriormente, utilizando los correspondientes botones (ver punto 0, apartado C), las consultas que pueden hacerse a través de la aplicación conciernen la obtención de matrices de datos de diversa índole, el cálculo de métricos y la generación de elipses de confianza que muestran la clasificación de una estación frente a otras, y la clasificación logística de estaciones en grupos.

El acceso a todas estas consultas se realiza desde la pantalla principal de la aplicación, pulsando el botón de ***Matrices y métricos***. Se mostrará entonces el formulario de acceso a las consultas de matrices de datos, que es el que se muestra en la siguiente figura:

Es importante señalar que dado que generalmente las consultas se mostrarán en forma de una hoja de cálculo de Excel, que establece un límite de 256 columnas de datos, usualmente deberemos establecer algún criterio de selección sobre las campañas y estaciones de muestreo para evitar sobrepasar este límite (siempre que tengamos más de 256 estaciones de muestreo en total, o que el valor de *Nº de campañas x Nº estaciones de muestreo* supere este valor.

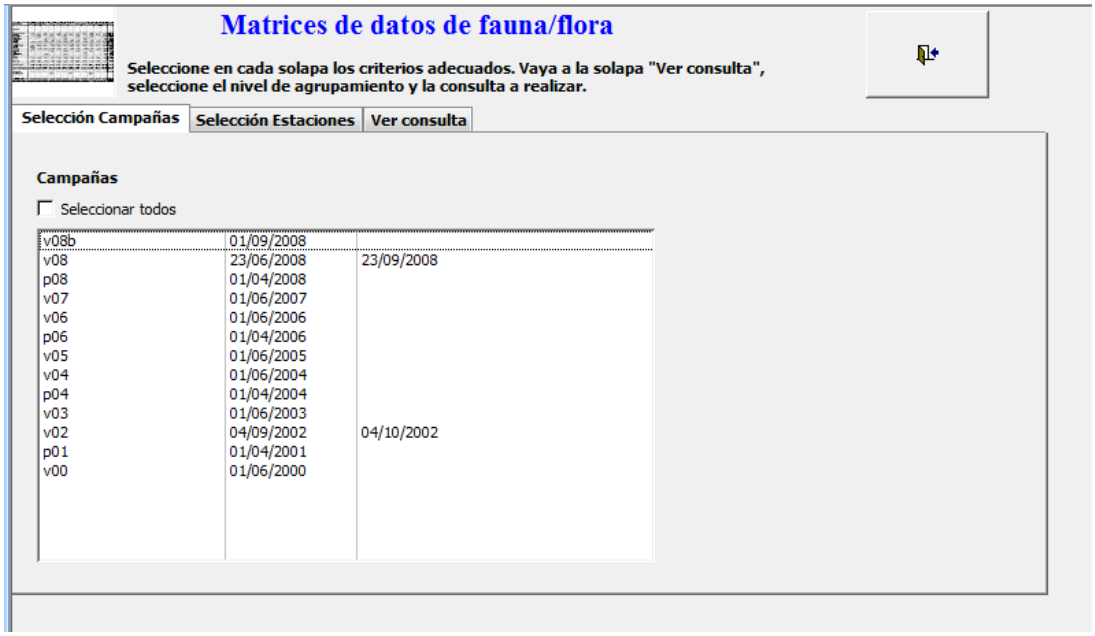
Vamos a continuación a detallar cada una de las opciones presentes en este formulario.

8.6.1. Consulta de matrices de muestreo de fauna/flora

La opción de consulta de matrices de muestreo de fauna/flora permite realizar consultas de diversos tipos de matrices y cálculo de métricos a partir de los datos de muestreo de fauna/flora que se hayan introducido previamente en la aplicación.

Al seleccionar esta opción, se mostrará una pantalla como la que se muestra en la figura siguiente, que consta de varias solapas. En cada solapa se pueden determinar varios criterios de selección de los datos de muestreo que se quieren consultar. Es importante realizar la selección siguiendo el orden de las solapas, ya que unas pueden influir en las otras. Por ejemplo, si se selecciona un orden, familia y género en la primera solapa, esto afectará a la lista de especies que se podrán seleccionar en la segunda solapa.

Otro detalle importante a tener en cuenta es que si no se desea restringir una consulta por determinado criterio, bastará con no indicar nada en la solapa correspondiente. Por ejemplo, si deseamos realizar una consulta que incluya todas las estaciones de muestreo, bastará con no señalar nada en la correspondiente solapa de selección de estaciones. Ni siquiera es necesario seleccionarlas todas, ya que por defecto, si no se indica una selección explícita, la aplicación asume que se desean incluir todas. Esto mismo es aplicable a las demás solapas y criterios de selección. Bastará por tanto indicar la selección sobre el criterio deseado, dejando los otros por defecto.



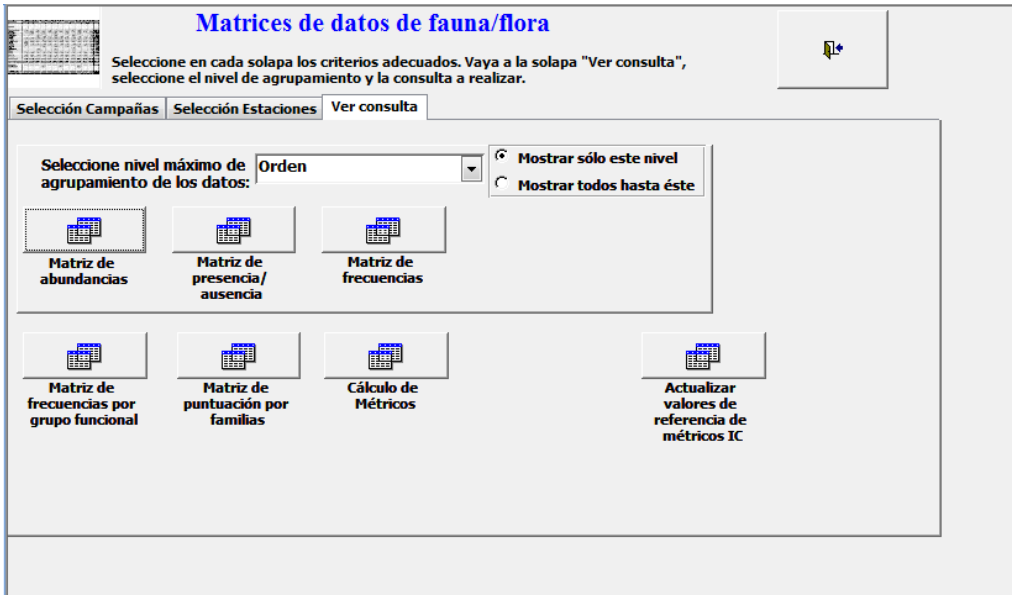
A continuación se detalla cada una de las solapas del formulario:

- **Selección Campañas:** permite seleccionar de qué campañas se tomarán los datos para realizar la consulta. Aunque no es obligatorio realizar una selección de campañas, es normalmente recomendable hacerlo, ya que en caso contrario nos podemos encontrar con grandes cantidades de datos de diferentes campañas en una misma consulta, y podría sobrepasarse el límite de 256 columnas de datos indicado anteriormente. La selección de una o varias campañas también es el paso previo obligatorio para poder establecer una selección de cuencas o estaciones en la siguiente solapa que se detalla a continuación.

- **Selección Estaciones:** si se ha seleccionado una o varias campañas, en esta solapa podremos seleccionar a su vez las cuencas principales y estaciones que queremos

incluir en la consulta. Primero deben seleccionarse las cuencas principales, y opcionalmente las estaciones dentro de dichas cuencas.

- **Ver Consulta:** esta última solapa permite realizar la consulta una vez establecidos los criterios de selección de datos. Se muestra en la figura siguiente:



Como puede verse, consta de varias opciones que detallamos a continuación:

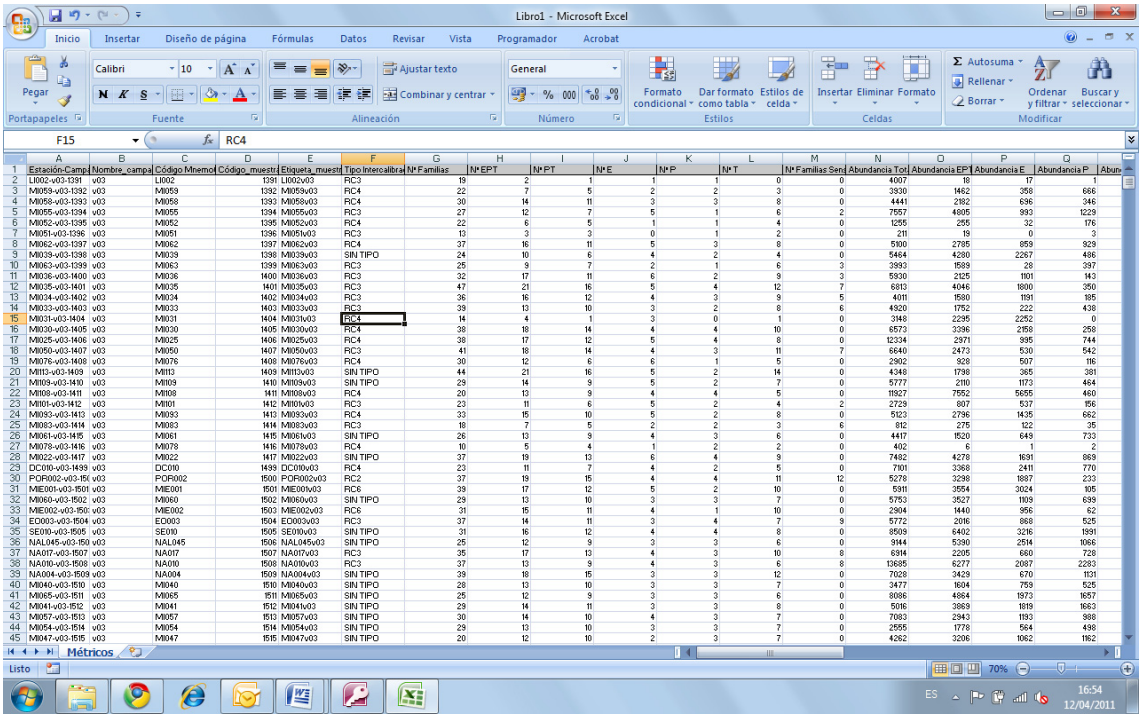
- **Selección del nivel máximo de agrupamiento de datos:** permite indicar hasta qué nivel taxonómico se agruparán los datos. Afecta a las consultas de matrices de abundancias, de presencia/ausencia y de frecuencias. Si por ejemplo se selecciona el nivel de agrupamiento de Familia, se mostrarán los datos de las matrices calculados hasta el nivel de familias.

- **Mostrar sólo este nivel/Mostrar todos hasta éste:** este cuadro de selección de opción actúa en consonancia con el anterior, permitiendo indicar si se quieren obtener datos desglosados para los niveles superiores al nivel de agrupamiento seleccionado o no. Si por ejemplo seleccionamos el nivel de agrupamiento de Especie, y seleccionamos mostrar sólo ese nivel, obtendremos matrices que sólo muestran los resultados para ese nivel taxonómico. Si en cambio seleccionamos mostrar todos hasta éste, obtendremos matrices para el nivel seleccionado (en este caso seleccionado), y un resumen para todos los superiores (es decir, en este caso Orden, Familia y Género).

- **Matriz de abundancias, de presencia/ausencia y de frecuencias:** estos botones generan las correspondientes matrices, sobre los datos de muestreo seleccionados, y las muestran en una hoja de cálculo de Excel. El resultado de la consulta se presenta en forma de una tabla donde cada columna corresponde a una estación de muestreo, para una campaña determinada. El nivel máximo de agrupamiento y el desglose serán los seleccionados usando las opciones adecuadas detalladas anteriormente.

- **Matriz de frecuencias por grupo funcional y matriz de puntuación por familias:** estos botones generan las correspondientes matrices, sobre los datos de muestreo seleccionados, y las muestran en una hoja de cálculo de Excel. El resultado de la consulta se presenta en forma de una tabla donde cada columna corresponde a una estación de muestreo, para una campaña determinada. En este caso e nivel de agrupamiento viene predeterminado por el tipo de consulta, que en un caso es por grupo funcional y en el otro por familia.

- **Cálculo de métricos:** esta opción realiza el cálculo de diversos métricos a partir de los datos de muestreo de fauna/flora, para cada estación seleccionada. Esta función también calcula los métricos y el EQR del modelo de Intercalibración. Por ello, cuando se selecciona esta opción la aplicación preguntará si se desean actualizar los valores de referencia de los grupos de intercalibración, ya que estos valores se usan para el cálculo de estos métricos. Si no se han realizado modificaciones en el modelo ni en las muestras de referencia desde la última actualización de estos valores, no es necesario realizar dicha actualización. El resultado se mostrará en una hoja de Excel, como el que se muestra en la siguiente figura:

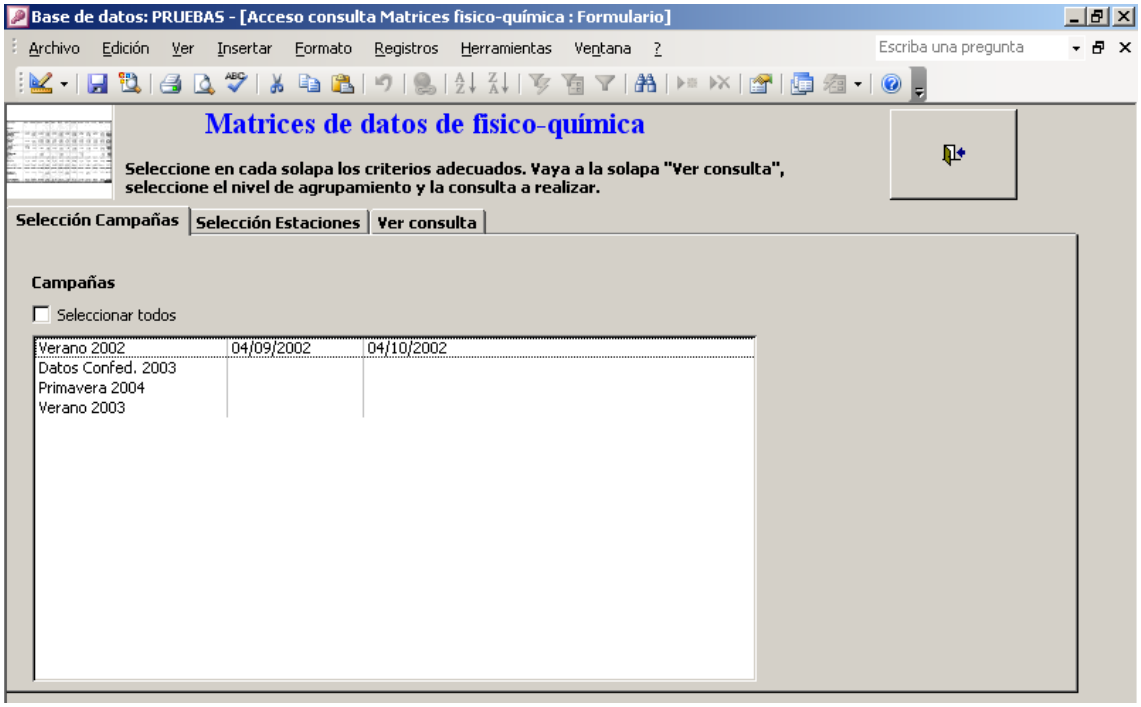


- **Actualizar valores de referencia de métricos IC:** esta opción permite actualizar los valores de referencia de los grupos de intercalibración, ya que estos valores se usan para el cálculo de algunos métricos y del EQR de IC. Si se han realizado modificaciones en el modelo o en las muestras de referencia, es necesario realizar dicha actualización antes de calcular métricos.

8.6.2. Consulta de matrices de datos físico-químicos

La opción de consulta de matrices de datos físico-químicos permite consultar los datos de físico-química que se hayan introducido previamente en la aplicación.

Al seleccionar esta opción, se mostrará una pantalla como la que se muestra en la figura siguiente, que consta de varias solapas. En cada solapa se pueden determinar varios criterios de selección de los datos que se quieren consultar.

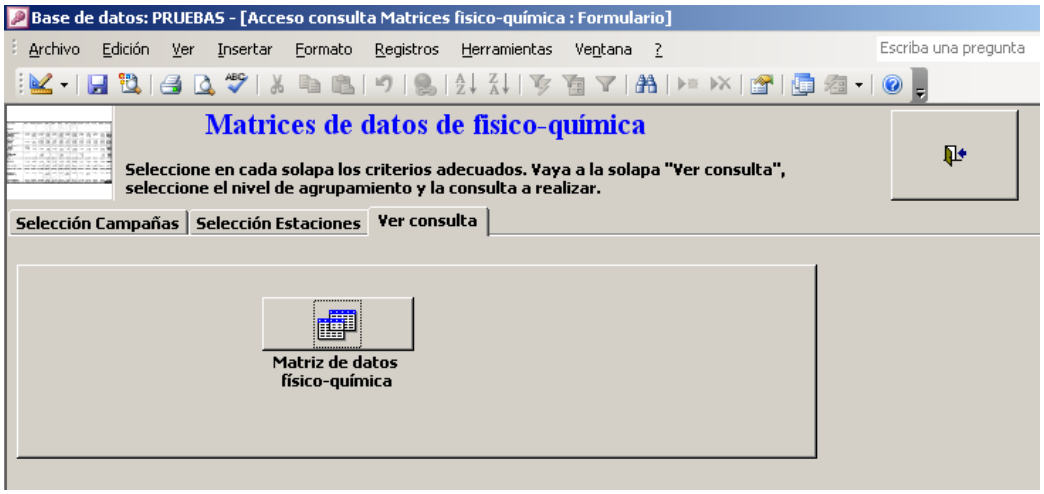


A continuación se detalla cada una de las solapas del formulario:

- **Selección Campañas:** permite seleccionar de qué campañas se tomarán los datos para realizar la consulta. Aunque no es teóricamente obligatorio realizar una selección de campañas, en la práctica es normalmente necesario hacerlo, ya que en caso contrario nos podemos encontrar con grandes cantidades de datos de diferentes campañas en una misma consulta, y podría sobrepasarse el límite de 256 columnas de datos indicado anteriormente. La selección de una o varias campañas también es el paso previo obligatorio para poder establecer una selección de cuencas o estaciones en la siguiente solapa que se detalla a continuación.

- **Selección Estaciones:** si se ha seleccionado una o varias campañas, en esta solapa podremos seleccionar a su vez las cuencas principales y estaciones que queremos incluir en la consulta. Primero deben seleccionarse las cuencas principales, y opcionalmente las estaciones dentro de dichas cuencas.

- **Ver Consulta:** esta última solapa permite realizar la consulta una vez establecidos los criterios de selección de datos. Se muestra en la figura siguiente:

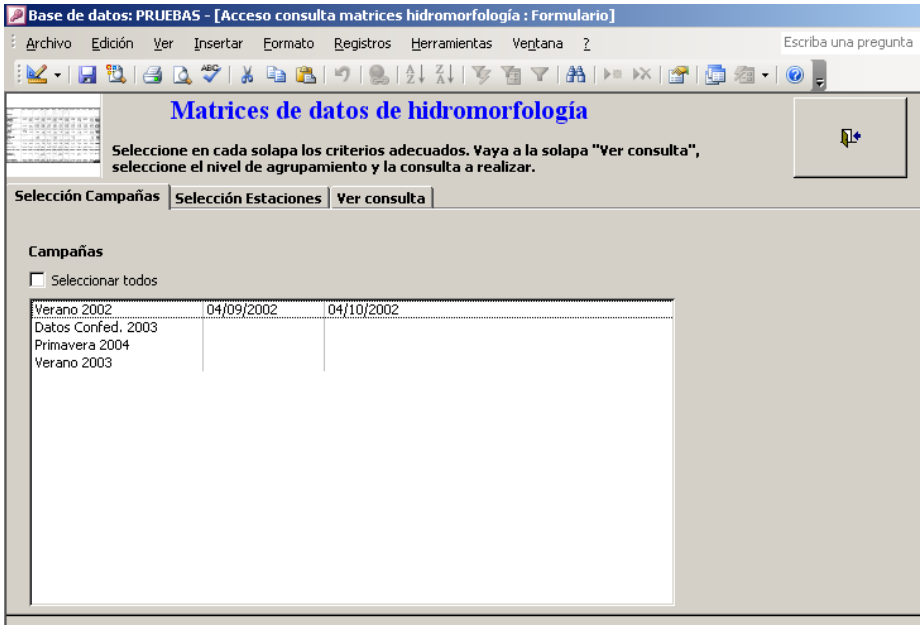


Al pulsar el botón que aparece en el formulario se generará la correspondiente matriz sobre los datos seleccionados, y se mostrará en una hoja de cálculo de Excel.

8.6.3. Consulta de matrices de datos de hidromorfología

La opción de consulta de matrices de datos de hidromorfología permite consultar los datos de hidromorfología que se hayan introducido previamente en la aplicación.

Al seleccionar esta opción, se mostrará una pantalla como la que se muestra en la figura siguiente, que consta de varias solapas. En cada solapa se pueden determinar varios criterios de selección de los datos que se quieren consultar.



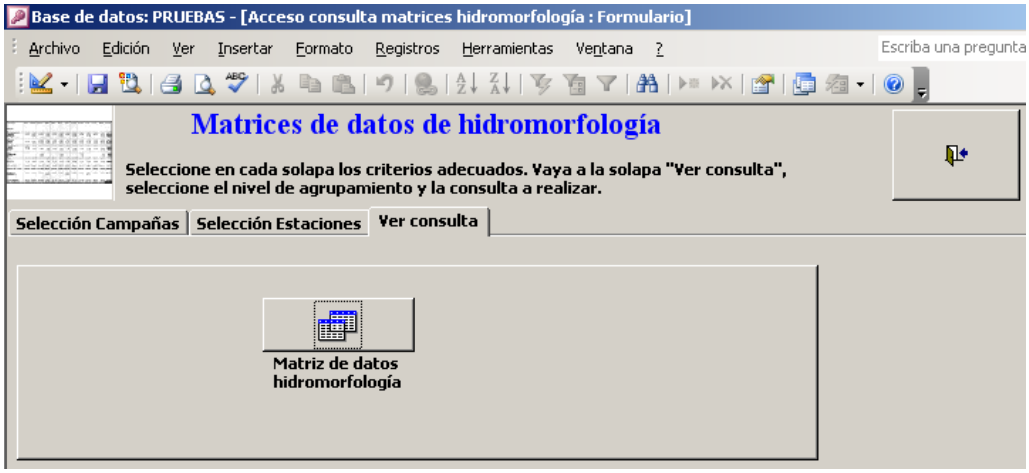
A continuación se detalla cada una de las solapas del formulario:

- **Selección Campañas:** permite seleccionar de qué campañas se tomarán los datos para realizar la consulta. Aunque no es teóricamente obligatorio realizar una selección de campañas, en la práctica es normalmente necesario hacerlo, ya que en caso contrario nos podemos encontrar con grandes cantidades de datos de diferentes campañas en

una misma consulta, y podría sobrepasarse el límite de 256 columnas de datos indicado anteriormente. La selección de una o varias campañas también es el paso previo obligatorio para poder establecer una selección de cuencas o estaciones en la siguiente solapa que se detalla a continuación.

- **Selección Estaciones:** si se ha seleccionado una o varias campañas, en esta solapa podremos seleccionar a su vez las cuencas principales y estaciones que queremos incluir en la consulta. Primero deben seleccionarse las cuencas principales, y opcionalmente las estaciones dentro de dichas cuencas.

- **Ver Consulta:** esta última solapa permite realizar la consulta una vez establecidos los criterios de selección de datos. Se muestra en la figura siguiente:

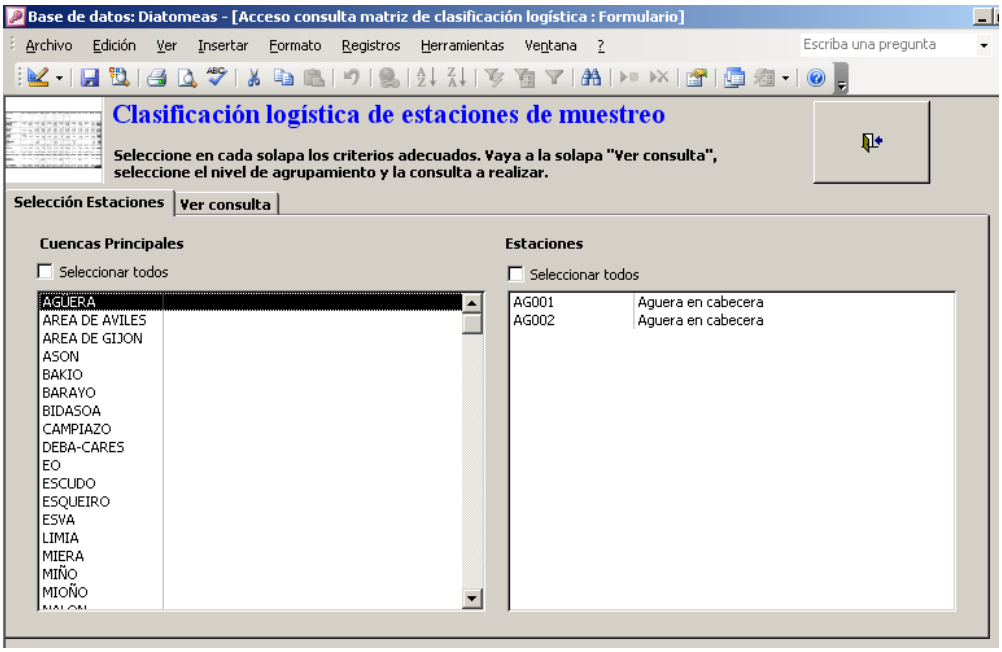


Al pulsar el botón que aparece en el formulario se generará la correspondiente matriz sobre los datos seleccionados, y se mostrará en una hoja de cálculo de Excel.

8.6.4. Clasificación logística de las estaciones en grupos

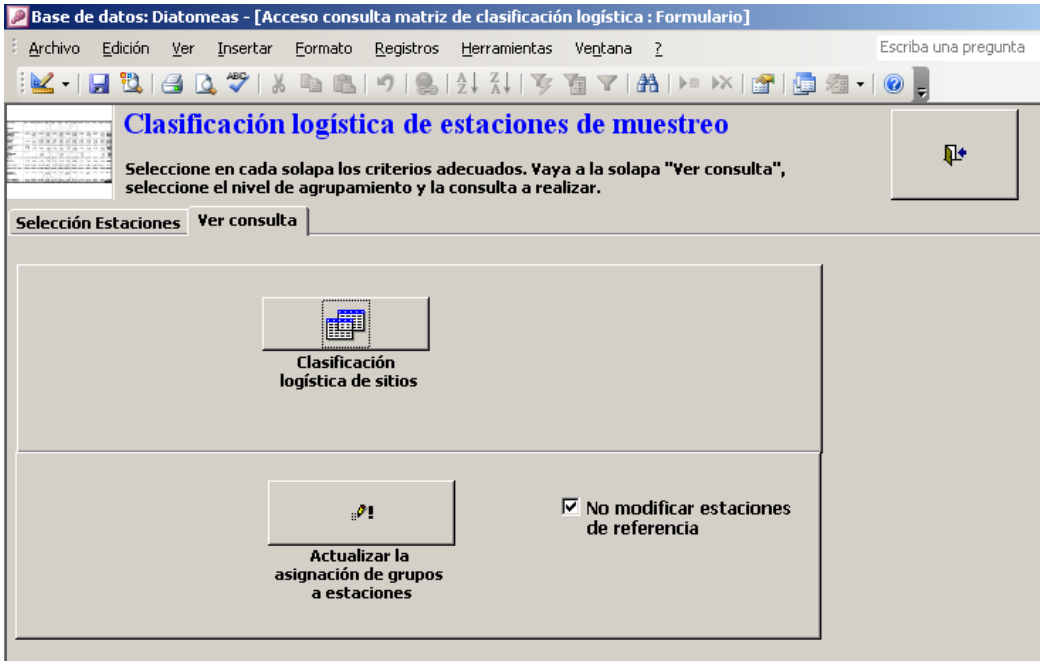
Esta opción permite realizar la clasificación de las estaciones de muestreo en grupos de referencia aplicando un modelo lógistico que ha sido previamente introducido en la base de datos. Tenga en cuenta que esta operación puede modificar el modelo de evaluación de estaciones, por lo que utilícela con precaución, y sólo si conoce con detalle el proceso.

Al selecciona esta opción se mostrará una pantalla como la de la figura siguiente.



Para realizar la clasificación logística, inicialmente en la solapa "**Selección estaciones**" seleccione la o las cuencas principales y estaciones de muestreo que desea clasificar. Si quiere clasificarlas todas, simplemente no seleccione nada.

Una vez realizada la selección deseada, pulse sobre la solapa "**Ver consulta**", y se mostrará una pantalla como la siguiente:



En esta pantalla dispone de dos botones, que describimos a continuación:

- **Clasificación logística de sitios:** pulsando este botón, tras un instante se mostrarán en Excel dos hojas de cálculo con información sobre la clasificación logística de las

estaciones seleccionadas en los grupos de referencia que se les asignaría en base al modelo incluído en la aplicación.

La primera de estas hojas muestra las probabilidades calculadas de pertenencia de cada estación a cada uno de los grupos de referencia definidos. Por ejemplo:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Tabla de probabilidades por grupo							
2	Estación	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 8
3	AS012	1	0	0	0	0	0	1
4	AS013	1	0	0	0	0	0	1
5	AV001	0	0	0	1	0	0	1
6	AV002	0	0	0	1	0	0	1
7	AV003	4,447E-26	0,0522122	2,415E-17	0,423439	0,5243488	1,124E-29	0
8	AV004	3,07E-14	0,00558	1,365E-38	0,8177144	0,1767056	5,544E-37	1,11E-16
9	BA001	9,293E-47	0,0417248	6,828E-05	0,8692785	0,0889241	5,022E-12	4,333E-06
10	BK001	1	0	0	0	0	0	1
11	GI001	1	0	0	0	0	0	1
12	GI002	2,007E-26	0,0004377	0,0001048	0,1409682	0,8584893	4,718E-40	0
13	GI004	1	0	0	0	0	0	1

La segunda de estas hojas muestra la asignación final de cada estación al grupo que le correspondería. Se incluyen columnas con el nombre y nº de grupo asignados, la asignación anterior (es decir, la asignación efectiva que figura actualmente en la base de datos), si es una estación de referencia, y si en el cálculo de las probabilidades de pertenencia por grupos se ha producido un desbordamiento de la capacidad numérica máxima de cálculo (lo que puede influir en una incorrecta asignación).

	A	B	C	D	E	F
1	Tabla de Asignación a grupos					
2	Estación	Grupo asignado	Nº grupo	Anterior asignación	Es estación de ref	Desbord
3	AS012	Grupo 1	1	1	No	Sí
4	AS013	Grupo 1	1	1	No	Sí
5	AV001	Grupo 4	4	4	No	Sí
6	AV002	Grupo 4	4	4	No	Sí
7	AV003	Grupo 5	5	5	No	No
8	AV004	Grupo 4	4	4	No	No
9	BA001	Grupo 4	4	4	No	No
10	BK001	Grupo 1	1	1	No	Sí
11	GI001	Grupo 1	1	1	No	Sí
12	GI002	Grupo 5	5	5	No	No
13	GI004	Grupo 1	1	1	No	Sí

Debe señalarse que esta consulta NO MODIFICA los datos actuales de la base de datos. Sólo se trata de una operación informativa, pero las asignaciones de estaciones a grupos no se verán modificadas por la realización de esta consulta. Para modificar las asignaciones, vea el siguiente punto.

- **Actualizar la asignación de grupos a estaciones:** pulsando este botón se produce el cálculo y reasignación de las estaciones de muestreo seleccionadas al grupo de referencia que les corresponda según el modelo incluido en la aplicación. Esta operación NO ES REVERSIBLE y realiza modificaciones importantes, por lo que no la utilice si no está seguro. Para evitar su uso por error, se le pedirá que confirme varias veces que realmente desea realizar las modificaciones implicadas. Por defecto, la

reasignación de estaciones a grupos NO afecta a las estaciones de referencia, para evitar modificar la ordenación de referencia del modelo. Si quiere que también se recalculen las asignaciones a estas estaciones, desactive la casilla de verificación "**No modificar estaciones de referencia"** que aparece a la derecha del botón antes de pulsar éste. En todo caso, NO desactive esta casilla si no está seguro. Le recomendamos haga una copia de seguridad de la base de datos antes de realizar esta operación.

8.6.4.1. Listar grupos de referencia

Pulsando este botón se generarán dos hojas de cálculo en Excel que contienen:

- Hoja 1: La lista de estaciones de referencia por grupo.
- Hoja 2: La lista de datos de las muestras de referencia.

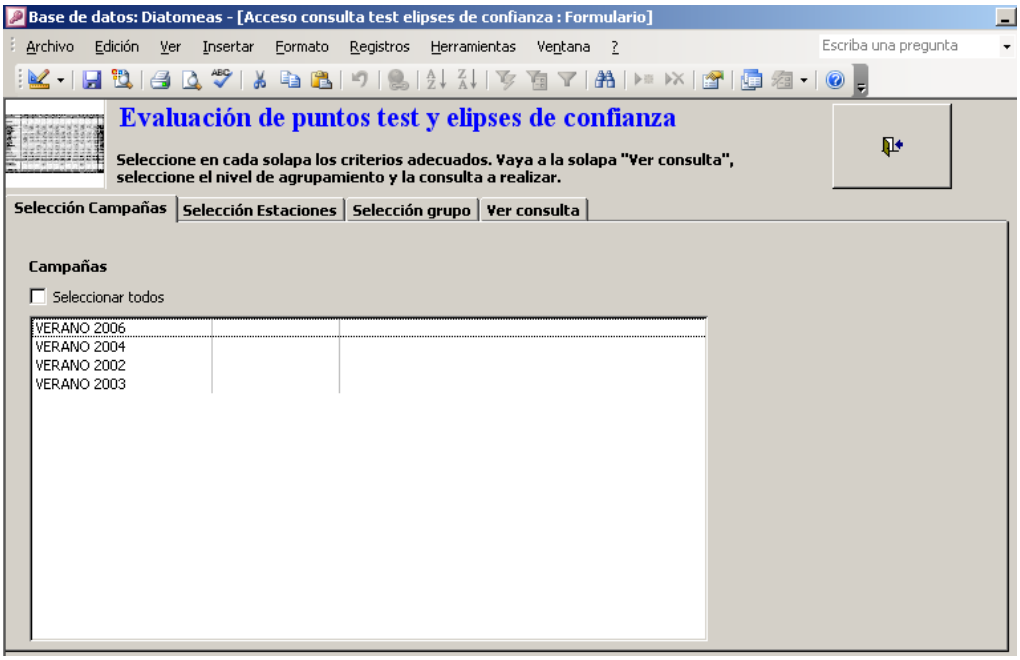
8.6.5. Generar elipses de confianza de estaciones de muestreo

Esta opción permite generar las elipses de confianza para las estaciones de muestreo, en base a su clasificación en un grupo de referencia y a los datos de muestreo disponibles, usando un escalado multidimensional. Debe tenerse en cuenta que para poder generar elipses de confianza de una estación, esta debe tener asignado un grupo de referencia.

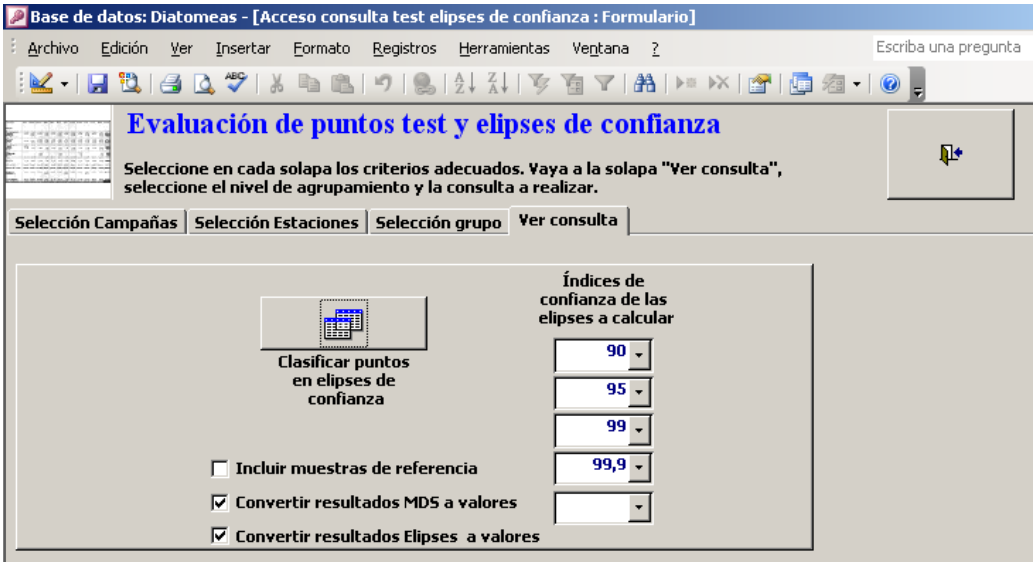
Al seleccionar esta opción, se mostrará una pantalla como la que se muestra en la figura siguiente, que consta de varias solapas. En cada solapa se pueden determinar varios criterios de selección de los datos que se quieren consultar.

A continuación se detalla cada una de las solapas del formulario:

- **Selección Campañas:** permite seleccionar de qué campañas se tomarán los datos para realizar la consulta. La selección de una o varias campañas es el paso previo obligatorio para poder establecer una selección de cuencas o estaciones en la siguiente solapa que se detalla a continuación.
- **Selección Estaciones:** si se ha seleccionado una o varias campañas, en esta solapa podremos seleccionar a su vez las cuencas principales y estaciones que queremos incluir en la consulta. Primero deben seleccionarse las cuencas principales, y opcionalmente las estaciones dentro de dichas cuencas.
- **Selección grupo:** alternativamente, en vez de seleccionar campañas, cuencas o estaciones, se pueden seleccionar directamente grupos de referencia, para generar todas las elipses para todas las estaciones asignadas al grupo seleccionado. También se puede combinar este criterio con la selección de campañas o estaciones de las solapas anteriores.



- **Ver Consulta:** esta última solapa permite realizar la consulta una vez establecidos los criterios de selección de datos. Se muestra en la figura siguiente:



Las opciones disponibles son:

- **Incluir muestras de referencia**: si se activa, se incluirán en la consulta las muestras clasificadas como de referencia y se generarán sus elipses. Por defecto sólo se calculan las elipses de las muestras que NO son de referencia.

- **Convertir resultados MDS a valores** y **Convertir resultados elipses a valores**: si están activas (por defecto) una vez realizados los cálculos del MDS y las elipses, éstos se convertirán en valores en la hoja de Excel donde se generan. En caso contrario, se mantendrían como fórmulas, con el inconveniente de que las hojas generadas no funcionarán en otro PC que no tenga instalada la

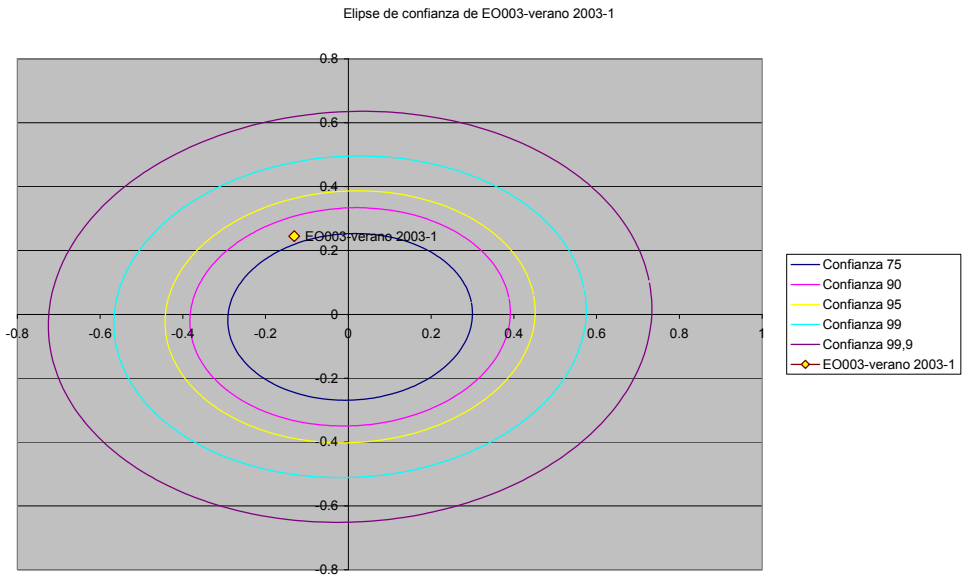
aplicación, y además se recalcularán cada vez que se abra la hoja, lo que requiere tiempo. Por ello se recomienda dejar ACTIVAS estas opciones.

- **Indices de confianza de las elipses a calcular**: esta serie de cuadros permite indicar los % de confianza de las elipses a generar. Se pueden indicar hasta 5 índices.

Una vez indicadas las opciones deseadas, para generar las elipses se pulsará el botón "**Clasificar puntos en elipses de confianza"** que se muestra en la pantalla. Debe tenerse en cuenta que esta operación puede requerir bastante tiempo (más de 30 minutos en algunos casos), dependiendo de la velocidad del PC y del nº de estaciones seleccionadas. Durante el tiempo en que se procesen las elipses es importante NO REALIZAR otras operaciones sobre el PC, ya que podrían interferir en el cálculo y copiado de los datos en Excel.

Una ver terminada la operación, se mostrará un libro Excel que contiene 3 hojas por cada muestra seleccionada, que se denominarán:

- "Test *estación"*: esta hoja contiene los datos de muestreo de fauna/flora de la estación, junto con los de todas las muestras de las estaciones de referencia de su grupo asignado.
- "MDS *estación"*: esta hoja contiene los resultados del cálculo de la posición de la estación respecto a las estaciones de referencia, así como las coordenadas de las elipses a cada grado de confianza seleccionado.
- "MDS *estación*_Graf": esta hoja es la gráfica que muestra las elipses de confianza y el punto que corresponde a la muestra de la estación seleccionada. Un ejemplo se muestra en la figura siguiente:



9 Colaboración con expertos internacionales

En relación con los trabajos relacionados con el desarrollo de los sistemas de evaluación del estado ecológico se ha contado con la colaboración de Treffor Reynoldson (Cánada) y Michael Barbour (USA).

El Dr. Reynoldson es un ecólogo de ríos que ha desarrollado en Canada el modelo predictivo basado en invertebrados llamado BEAST (Benthic Assessment of SedimenT), dada su experiencia en este tipo de análisis estadístico, se ha buscado su colaboración en el análisis estadístico implicado en la elaboración de los modelos de diatomeas e invertebrados. El Dr. Barbour, trabaja en la empresa consultora (Tetratech, S.L.) involucrada en la realización de la evaluación del la calidad ambiental de los ríos en los Estados Unidos de América (Environmental Protection Agency), y su labor ha consistido básicamente en el asesoramiento y discusión conjunta con el personal de la Universidad de Vigo de los resultados obtenidos de la valoración de los distintos elementos biológicos y su integración en el sistema de clasificación del estado ecológico.

Referencias bibliográficas

Barbour MT, Gerritsen J, Snyder BD, Stribling JB. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, 2nd ed. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.

Bennett C, Kelly MG, Pardo I, Owen R. 2010. Instruction manual for intercalibrating national assessment systems for macro-invertebrates and phytobenthos in the Central Baltic Geographic Intercalibration Group. Central Baltic GIG rivers instruction manual. 14 pp.

Bennett C, Owen R, Birk S, Buffagni A, Erba S, Mengin N, Murray-Bligh J, Ofenböck G, Pardo I, van de Bund W, Wagner F, Wasson JG. 2011. Bringing European river quality into line: an exercise to intercalibrate macro-invertebrate classification methods. Hydrobiologia. DOI 10.1007/s10750-011-0635-2.

Clarke KR, Gorley RN. 2006. PRIMER v6: User manual/tutorial. PRIMER-E, Plymouth.

Comisión Europea. 2003a. Guidance Document Nº2. Identification of water bodies. CIS Working group on water bodies. Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC).

Comisión Europea. 2003b. Guidance document nº 3: Analysis of Pressures and Impacts. Common Implementation Strategy (CIS) for the Water Framework Directive. CIS Working Group 2.1 (IMPRESS).

Comisión Europea. 2003c. Guidance Document Nº10. Rivers and Lakes – Typology, Reference Conditions and Classification Systems. CIS Working Group 2.3 – REFCOND. Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC).

Comisión Europea. 2003d. Guidance document nº 13: Overall approach to the classification of ecological status and ecological potential. Common Implementation Strategy (CIS) for the Water Framework Directive. CIS Working Group 2.A (ECOSTAT).

Comisión Europea. 2008. Commission decision of 30 October 2008, establishing, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, the values of the Member State monitoring system classifications as a result of the 25 intercalibration exercise (notified under document number C(2008) 6016) (2008/915/EC). Official Journal of the European Union, L332: 20-44.

Confederación Hidrográfica del Cantábrico. 2008. Esquema provisional de temas importantes en materia de gestión de las aguas en la Demarcación Hidrográfica Del Cantábrico. Disponible en http://www.chcantabrico.es (Marzo 2011)

Confederación Hidrográfica del Miño-Sil. 2010. Propuesta proyecto Plan Hidrológico. Disponible en http://www.chminosil.es/ (Marzo 2011)

Delgado C, Pardo I, García L. 2010. A multimetric diatom index to assess the ecological status of coastal Galician rivers (NW Spain). Hydrobiologia 644: 371-384.

Estrela T, Quintas L. 1996. El Sistema Integrado de Modelización Precipitación-Aportación SIMPA. Revista de Ingeniería Civil 104: 43-52. CEDEX - Ministerio de Fomento, Madrid.

IMPRESS. 2002. Guidance for the analysis of pressures and impacts in accordance with the Water Framework Directive. Common Implementation Strategy Working Group 2.1, Office for Official Publications of the European Communities, Bruselas. 156 pp.

Instituto Geográfico Nacional. 2000. CORINE: Coordination of Information on the Environment, Land Cover. Escala 1:100.000

Instituto Geográfico Nacional. 2004-2008. Modelo digital del terreno 1:25000 (MDT25). Instituto Geográfico Nacional, Madrid.

Instituto Geológico y Minero de España. 2006. Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad de España 1:200000. Ministerio de Medio Ambiente - Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

Jaccard P. 1901. Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura. Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles 37: 547–579.

Jones I, Clarke RT. 2009. Deliverable D6.1-1: Report on a workshop to bring together experts experienced with tool development and uncertainty estimation. WISER project.

Kelly M, Bennett C, Coste M, Delgado C, Delmas F, Denys L, Ector L, Fauville C, Ferréol M, Golub M, Jarlman A, Kahlert M, Lucey J, Chatháin BN, Pardo I, Pfister P, Picinska-Faltynowicz J, Rosebery J, Schranz C, Schaumburg J, van Dam H, Vilbaste S. 2009a. A comparison of national approaches to setting ecological status boundaries in phytobenthos assessment for the European Water Framework Directive: results of an intercalibration exercise. Hydrobiologia 621: 169–182.

Kelly M, Bennion H, Burgess A, Ellis J, Juggins S, Guthrie R, Jamieson J, Adriaenssens V, Yallop M. 2009b. Uncertainty in ecological status assessments of lakes and rivers using diatoms. Hydrobiologia 633(1): 5-15.

Orden ARM/2656/2008, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica. BOE nº 229 de 22/09/08.

Pardo, I., A. M. Olsen, C. Delgado, L. García, A. Nebra & M. Domínguez, 2005. Implantación da Directiva Marco da Auga 2000/60/CE no Ámbito territorial Galicia-Costa. Technical report.

Pardo I, Abraín R, Gómez-Rodríguez C, García-Roselló E. 2010a. Tipología de ríos y conformidad con las comunidades biológicas en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño – Sil. Convenio entre la Universidad de Vigo y las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil. 28 + xi pp

Pardo I, García L, Delgado C, Costas N, Abraín R. 2010b. Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil. Convenio entre la Universidad de Vigo y las Confederaciones Hidrológicas del Cantábrico y Miño-Sil. 65 pp.

Pardo I. 2007. Componentes intercalibrados del sistema de evaluación del estado ecológico desarrollados para el Norte de España. Informe técnico realizado para la Confederación Hidrográfica del Norte. 5 pp.

Pardo I. 2008. Integración de la evaluación de los sistemas biológicos con las condiciones físico-químicas e hidromorfológicas acompañantes en los ríos de la cuenca Norte. 19 pp.

Reynoldson TB, Wright JF. 2000. The reference condition: problems and solutions – En: Wright JF, Sutcliffe DW, Furse MT (eds). Assessing the biological quality of fresh waters: RIVPACS and other techniques, pp. 293-303. Freshwater Biological Association, Ambleside, Reino Unido.

Unión Europea. 2000. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de las aguas, la Directiva Marco del Agua. Official Journal of the European Communities L372: 1-72.

Unión Europea. 2006. Directiva 2006/44/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de septiembre de 2006, relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces. Official Journal of the European Union, L264: 20-31.

van de Bund, WJ (ed). 2009. Water Framework Directive intercalibration technical report. Part 1: Rivers. JRC Scientific and Technical Reports, Ispra, Italia.

Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW, Sedell JR, Cushing CE. 1980. The river continuum concept. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37: 130-137.

Agradecimientos

Nuestro más sincero agradecimiento a Fernando Sandoval Menéndez (Oficina de Planificación Hidrológica) por su generosa contribución en la elaboración de las cartografías, suministro de información ambiental de las Demarcaciones del Cantábrico y Miño-Sil y aplicación en GIS de los modelos.

También al asesoramiento del Dr. Trefor Reynoldson en el desarrollo de la metodología estadística para la elaboración de este documento.

Anexos

Anexo I. Listado de localidades de referencia de las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil iii

Anexo II. Valores de referencia para el cálculo del multimétrico de intercalibración vi

Anexo III. Cartografías de los tipos de ríos en función de su asociación biológica viii

Anexo IV. Comunidad biológica-tipo de referencias y medianas del índice de Bray-Curtis en las referencias por tipo de ríos xviii

Anexo I. Listado de localidades de referencia de las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil

Cod. Localidad	UTM X	UTM Y	Cauce	Cuenca principal	Municipio	Provincia	CCAA
LA001	379813	4792821	Lamason	Nansa	Lamason	Cantabria	Cantabria
MIE002	443389	4793653	Miera	Miera	Miera	Cantabria	Cantabria
NAN001	382724	4771901	Nansa	Nansa	Polaciones	Cantabria	Cantabria
NAN002	385090	4774181	Nansa	Nansa	Polaciones	Cantabria	Cantabria
NAN008	385761	4785955	Vendul	Nansa	Rionansa	Cantabria	Cantabria
PAS017	427141	4778537	Magdalena (de la)	Pas	Luena	Cantabria	Cantabria
SB001	391276	4769878	Saja	Saja-Besaya	Hermandad de Campoo de Suso	Cantabria	Cantabria
SB002	395180	4777328	Saja	Saja-Besaya	Tojos (Los)	Cantabria	Cantabria
SB004	399624	4779101	Argonza	Saja-Besaya	Tojos (Los)	Cantabria	Cantabria
SB005	394364	4784061	Saja	Saja-Besaya	Cabuerniga (Valle de)	Cantabria	Cantabria
SB017	416928	4790567	Barranco las Tejas/Besaya	Saja-Besaya	San Felices de Buelna	Cantabria	Cantabria
SB022	395545	4780583	Saja	Saja-Besaya	Tojos (Los)	Cantabria	Cantabria
SB026	398090	4783007	Viaña (de)	Saja-Besaya	Cabuerniga (Valle de)	Cantabria	Cantabria
DC033	340022	4776624	Cares	Deva-Cares	Posada de Valdeon	León	Castilla y León
MI047	232623	4742341	Boeza	Miño	Igüeña	León	Castilla y León
MI054	211784	4704732	Compludo de	Miño	Ponferrada	León	Castilla y León
MI057	198380	4756451	Cua	Miño	Peranzanes	León	Castilla y León
MI060	195219	4752751	Vega de la	Miño	Candin	León	Castilla y León
MI065	189676	4746171	Burbia	Miño	Vega de Espinareda	León	Castilla y León
MI074	212490	4690852	Cabo	Miño	Castrillo de Cabrera	León	Castilla y León
MI783	211057	4696780	Santa Eulalia	Miño	Encinedo	León	Castilla y León
SE010	335719	4776828	Sella	Sella	Oseja de Sajambre	León	Castilla y León
SE033	330718	4780255	Molizo	Sella	Oseja de Sajambre	León	Castilla y León
MI085	180877	4679111	Bibey	Miño	Porto	Zamora	Castilla y León
SNTORF	110399	4831705	Santomé	Mera	As Pontes de Garcia Rodriguez	Coruña	Galicia
EO001	156396	4776541	Cubilledo de	Eo	Baleira	Lugo	Galicia
EO013	158342	4788689	Lua	Eo	Ribeira de Piquin	Lugo	Galicia
MI009	116091	4790353	Ladra	Miño	Begonte	Lugo	Galicia
MI010	118324	4788766	Ladra	Miño	Begonte	Lugo	Galicia
MI012	125247	4785961	Miño	Miño	Rabade	Lugo	Galicia
MI014	122722	4778850	Miño	Miño	Outeiro de Rei	Lugo	Galicia
MI015	123584	4776558	Miño	Miño	Lugo	Lugo	Galicia
MI018	158787	4766743	Neira	Miño	Baleira	Lugo	Galicia
MI100	161849	4717143	Soldon	Miño	Quiroga	Lugo	Galicia
MI104	157306	4726665	Lor	Miño	Folgoso do Courel	Lugo	Galicia
MI117	141984	4721831	Rubin	Miño	Puebla del Brollon	Lugo	Galicia
NA001	165377	4746927	Bolles	Navia	Nogais (As)	Lugo	Galicia
NA004	181984	4754198	Mazo	Navia	Cervantes	Lugo	Galicia
NA006	173605	4765168	Navia	Navia	Navia de Suarna	Lugo	Galicia
NA009	176115	4775305	Castañedo de	Navia	Fonsagrada (A)	Lugo	Galicia
NA010	163543	4774790	Ferreira de	Navia	Fonsagrada (A)	Lugo	Galicia
NA011	170022	4777183	Lamas	Navia	Fonsagrada (A)	Lugo	Galicia

Cantabria [C]; Castilla y León [CL]; Galicia [G]; Navarra [N]; Principado de Asturias [A]; País Vasco [PV]

Anexo I. Listado de localidades de referencia de las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil (continuación)

Cod. Localidad	UTM X	UTM Y	Cauce	Cuenca principal	Municipio	Provincia	CCAA
NA017	176091	4787487	Allonca	Navia	Fonsagrada (A)	Lugo	Galicia
NA028	173940	4777950	Suarna	Navia	Fonsagrada (A)	Lugo	Galicia
NA040	175765	4765725	Vesada Fonte (de)	Navia	Navia de Suarna	Lugo	Galicia
LI011	76145	4647235	Caldo	Limia	Lobios	Ourense	Galicia
MI090	174625	4685377	Requejo	Miño	Veiga (A)	Ourense	Galicia
MI096	133587	4684939	Navea	Miño	Chandrexa de Queixa	Ourense	Galicia
MI134	64525	4704875	Avia	Miño	Avión	Ourense	Galicia
MI137	126886	4675397	Arnoya	Miño	Vilar de Barrio	Ourense	Galicia
MI146	76557	4689628	Arnoya	Miño	Arnoia	Ourense	Galicia
MI607	171271	4683884	Jares	Miño	Veiga (A)	Ourense	Galicia
MI744	71180	4678023	Barjas	Miño	Padrenda	Ourense	Galicia
MI786	186698	4690436	San Gil (de)	Miño	Carballeda	Ourense	Galicia
MI788	144342	4673308	Ribera Grande (de la)	Miño	Vilariño de Conso	Ourense	Galicia
MI789	170965	4686403	Matabueyes (de)	Miño	Veiga (A)	Ourense	Galicia
MI791	170064	4695185	Riomao (de)	Miño	Veiga (A)	Ourense	Galicia
DEZ1RF	70990	4728676	deza	Ulla	Lalin	Pontevedra	Galicia
GROVRF	68995	4727461	Grova	Ulla	Lalin	Pontevedra	Galicia
MI151	61685	4695753	Tea	Miño	Covelo (o)	Pontevedra	Galicia
MI747	54370	4695245	Alen	Miño	Covelo (o)	Pontevedra	Galicia
ULLO	38340	4705674	Ulló	Ulló	Pontevedra	Pontevedra	Galicia
VALHRF	59500	4703252	Valdohome	Valdebois	Fornelos de Monte	Pontevedra	Galicia
VER3RF	57460	4712178	Verdugo	Verdugo	A Lama	Pontevedra	Galicia
X800RF	61418	4706076	Xesta	Verdugo	A Lama	Pontevedra	Galicia
XESTRF	57511	4707225	Xesta	Verdugo	A Lama	Pontevedra	Galicia
BI001	625828	4780576	Iñarbesui	Bidasoa	Baztan	Navarra	Navarra
OL001	621507	4791401	Olavidea	Olavidea	Urdax	Navarra	Navarra
OL002	622208	4793569	Lapiztxurri	Olavidea	Urdax	Navarra	Navarra
UR001	627163	4789979	Aritzacun	Urrizate	Baztan	Navarra	Navarra
URU004	596787	4785170	Elana	Urumea	Goizueta	Navarra	Navarra
VAL001	624581	4766937	Zubiondo	Valcarlos	Baztan	Navarra	Navarra
URL001	559406	4776501	Arratz Erreta Urrestilla	Urola	Azpeitia	Guipuzcoa	Pais Vasco
AR001	545386	4791129	Amaioa	Artibay	Markina-Xemein	Vizcaya	Pais Vasco
NER008	512339	4770403	Achuri	Nervión	Orozko	Vizcaya	Pais Vasco
NER014	535087	4771297	Txareta/El Horrio	Nervión	Atxondo	Vizcaya	Pais Vasco
DC006	369777	4797600	Deva	Deva-Cares	Peñamellera Baja	Asturias	Principado de Asturias
DC008	357376	4786998	Duje	Deva-Cares	Cabrales	Asturias	Principado de Asturias
DC034	344697	4796670	Casaño	Deva-Cares	Cabrales	Asturias	Principado de Asturias
EO008	169277	4810046	Cabreira	Eo	Taramundi	Asturias	Principado de Asturias
EO009	162189	4812055	Eo	Eo	San Tirso de Abres	Asturias	Principado de Asturias
ES001	218141	4813134	Barcena	Esva	Tineo	Asturias	Principado de Asturias
ES002	211696	4808546	Yervo de	Esva	Tineo	Asturias	Principado de Asturias
ES003	212739	4815514	Esva	Esva	Tineo	Asturias	Principado de Asturias

Cantabria [C]; Castilla y León [CL]; Galicia [G]; Navarra [N]; Principado de Asturias [A]; País Vasco [PV]

Anexo I. Listado de localidades de referencia de las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil (continuación)

Cod. Localidad	UTM X	UTM Y	Cauce	Cuenca principal	Municipio	Provincia	CCAA
ES007	208482	4812744	Navelgas	Esva	Tineo	Asturias	Principado de Asturias
ESQ001	242836	4826292	Sangreña	Esqueiro	Cudillero	Asturias	Principado de Asturias
ESQ002	235058	4824879	Esqueiro	Esqueiro	Luarca	Asturias	Principado de Asturias
ESQ003	238397	4827405	Esqueiro	Esqueiro	Cudillero	Asturias	Principado de Asturias
NA022	185076	4797070	Agueira	Navia	Pesoz	Asturias	Principado de Asturias
NA024	199531	4813845	Cabornel	Navia	Villayon	Asturias	Principado de Asturias
NA027	194352	4772781	Aviouga	Navia	Ibias	Asturias	Principado de Asturias
NAL006	298706	4779615	Alba	Nalón	Sobrescobio	Asturias	Principado de Asturias
NAL009	262769	4767937	Huerna	Nalón	Lena	Asturias	Principado de Asturias
NAL011	283067	4788123	Turon	Nalón	Mieres	Asturias	Principado de Asturias
NAL029	203218	4786737	Pumar	Nalón	Cangas de Narcea	Asturias	Principado de Asturias
NAL031	216049	4795573	Arganza	Nalón	Tineo	Asturias	Principado de Asturias
NAL038	198038	4778564	Coto del	Nalón	Cangas de Narcea	Asturias	Principado de Asturias
NAL039	199911	4771283	Muniellos	Nalón	Cangas de Narcea	Asturias	Principado de Asturias
NAL042	219606	4790691	Onon	Nalón	Cangas de Narcea	Asturias	Principado de Asturias
NAL043	227012	4795566	Genestaza de	Nalón	Tineo	Asturias	Principado de Asturias
NAL045	235058	4773593	Somiedo	Nalón	Somiedo	Asturias	Principado de Asturias
NAL047	246765	4794814	Villabre	Nalón	Yernes y Tameza	Asturias	Principado de Asturias
NAL060	299182	4784560	Alba	Nalón	Sobrescobio	Asturias	Principado de Asturias
NAL201	215530	4795191	Arganza	Nalón	Tineo	Asturias	Principado de Asturias
POR002	183310	4819003	Porcia	Porcia	Castropol	Asturias	Principado de Asturias
PU001	342840	4810230	Nueva de	Puron	Llanes	Asturias	Principado de Asturias
SE008	323179	4781759	Ventaniella de	Sella	Ponga	Asturias	Principado de Asturias
SE022	316289	4798283	CoLor/Piloña	Sella	Piloña	Asturias	Principado de Asturias

Cantabria [C]; Castilla y León [CL]; Galicia [G]; Navarra [N]; Principado de Asturias [A]; País Vasco [PV]

Anexo II. Valores de las medianas de las abundancias de los taxones de invertebrados en las localidades de referencia- Cálculo índice Bray-Curtis.

Familia	Tipos de intercalibración de la categoría de ríos		
	RC2	RC3	RC5
Aeshnidae	2	0	1
Ancylidae	0	9	91
Aphelocheiridae	0	0	24
Asellidae	0	0	51
Athericidae	33.5	20	11
Baetidae	302	197	477
Brachycentridae	6.5	16	13
Caenidae	0	0	328
Calamoceratidae	0.5	0	28
Calopterygidae	13.5	1	26
Ceratopogonidae	0.5	0	1
Chironomidae	979.5	745	1077
Cordulegastridae	3	1	0
Dixidae	0	1	0
Dytiscidae	1	0	3
Elmidae	418	203	624
Empididae	21.5	8	8
Ephemerellidae	23	8	144
Ephemeridae	0.5	0	0
Erpobdellidae	0	0	10
Gammaridae	0	0	68
Gerridae	0.5	1	4
Glossiphoniidae	0	0	4
Goeridae	0	0	1
Gomphidae	1	0	0
Gyrinidae	0	1	2
Heptageniidae	142.5	169	9
Hydraenidae	5	20	0
Hydridae	0	0	0
Hydrobiidae	1	0	184
Hydropsychidae	152	146	48
Lepidostomatidae	1.5	1	0
Leptoceridae	1	1	8
Leptophlebiidae	116.5	116	1
Leuctridae	197	144	111
Limnephilidae	0.5	1	6
Limoniidae	2	6	0
Lymnaeidae	0	0	106
Nemouridae	72.5	104	0
Oligochaeta	27	43	284
Perlidae	7.5	17	0
Philopotamidae	11	12	0
Planariidae	0	1	0
Planorbidae	0	0	13
Polycentropodidae	1.5	7	22
Rhagionidae	0.5	1	0
Rhyacophilidae	18.5	17	2
Scirtidae	0	1	0
Sericostomatidae	54.5	50	29
Sialidae	0	0	4
Simuliidae	56	61	28
Sphaeriidae	0	0	128

Tabla 1. Comunidad de referencia para los tipos de intercalibración.

Anexo II. (continuación)

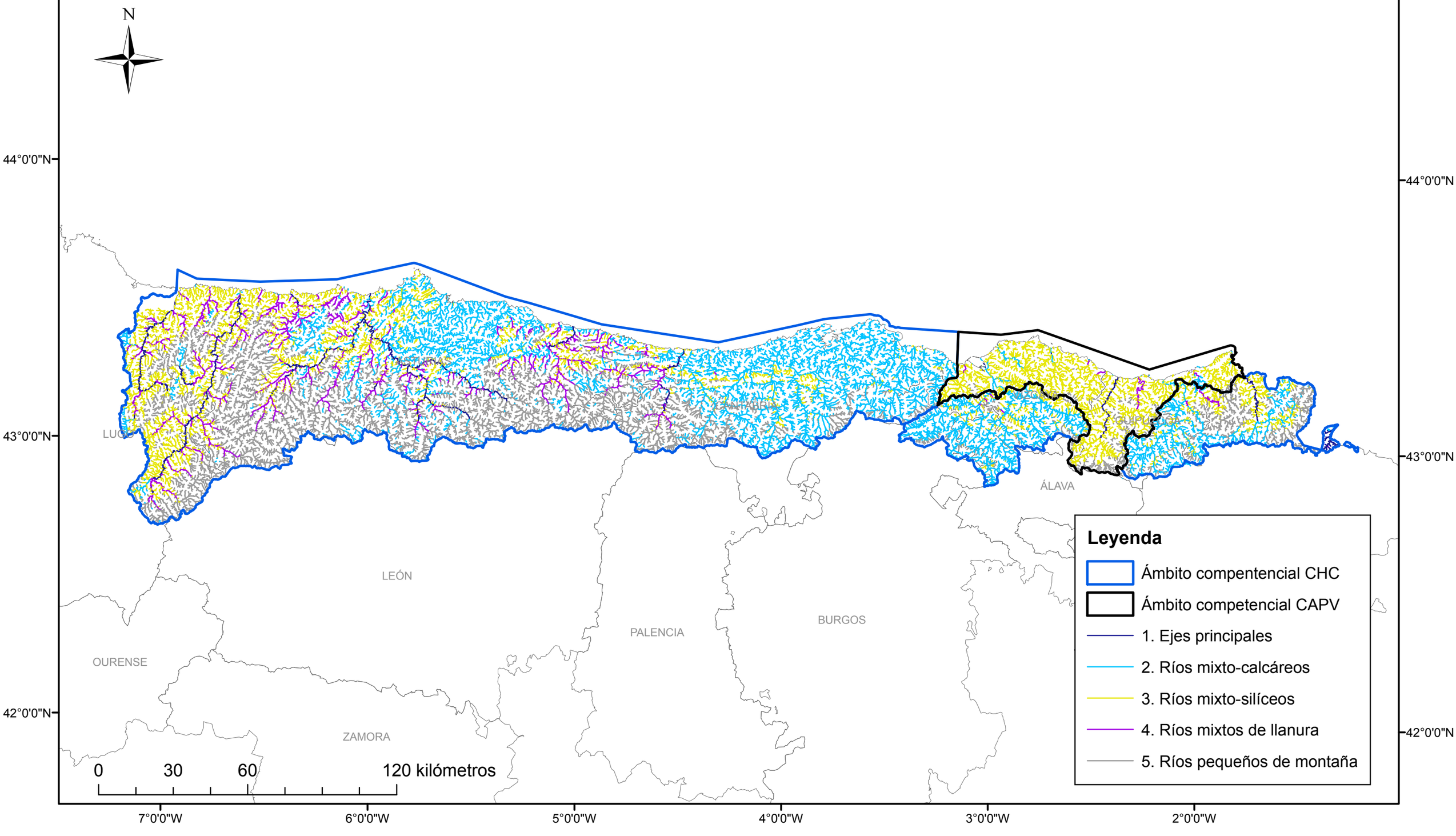
Mediana del multimétrico para las referencias	
Tipo Intercalibración	**Multimetrico IC**
RC2 (n=16)	7.8174
RC3 (n=77)	5.9643
RC4 (n=30)	5.9032
RC5 (n=13)	4.9356
RC6 (n=41)	5.8442

Tabla 2. Valor del multimétrico de referencia (mediana).

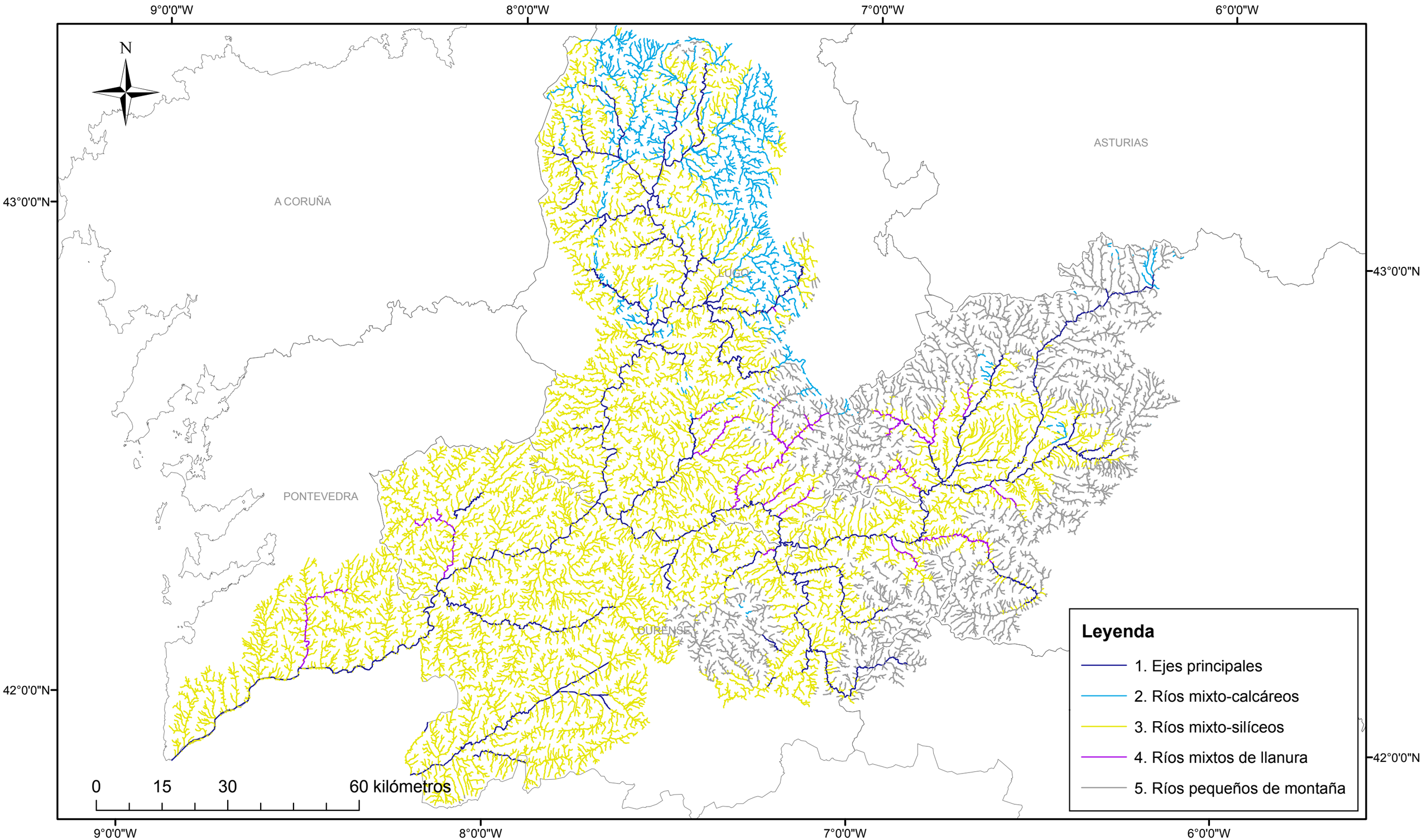
Anexo III. Cartografías de los tipos de ríos en función de su asociación biológica

- Cartografía de los tipos de ríos en función de su asociación biológica de invertebrados. Demarcación Hidrográfica del Cantábrico (Competencia de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico [CHC] y de la Comunidad Autónoma del País Vasco [CAPV])
- Cartografía de los tipos de ríos en función de su asociación biológica de invertebrados. Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil
- Cartografía de los tipos de ríos en función de su asociación biológica de diatomeas. Demarcación Hidrográfica del Cantábrico (Competencia de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico [CHC] y de la Comunidad Autónoma del País Vasco [CAPV])
- Cartografía de los tipos de ríos en función de su asociación biológica de diatomeas. Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil

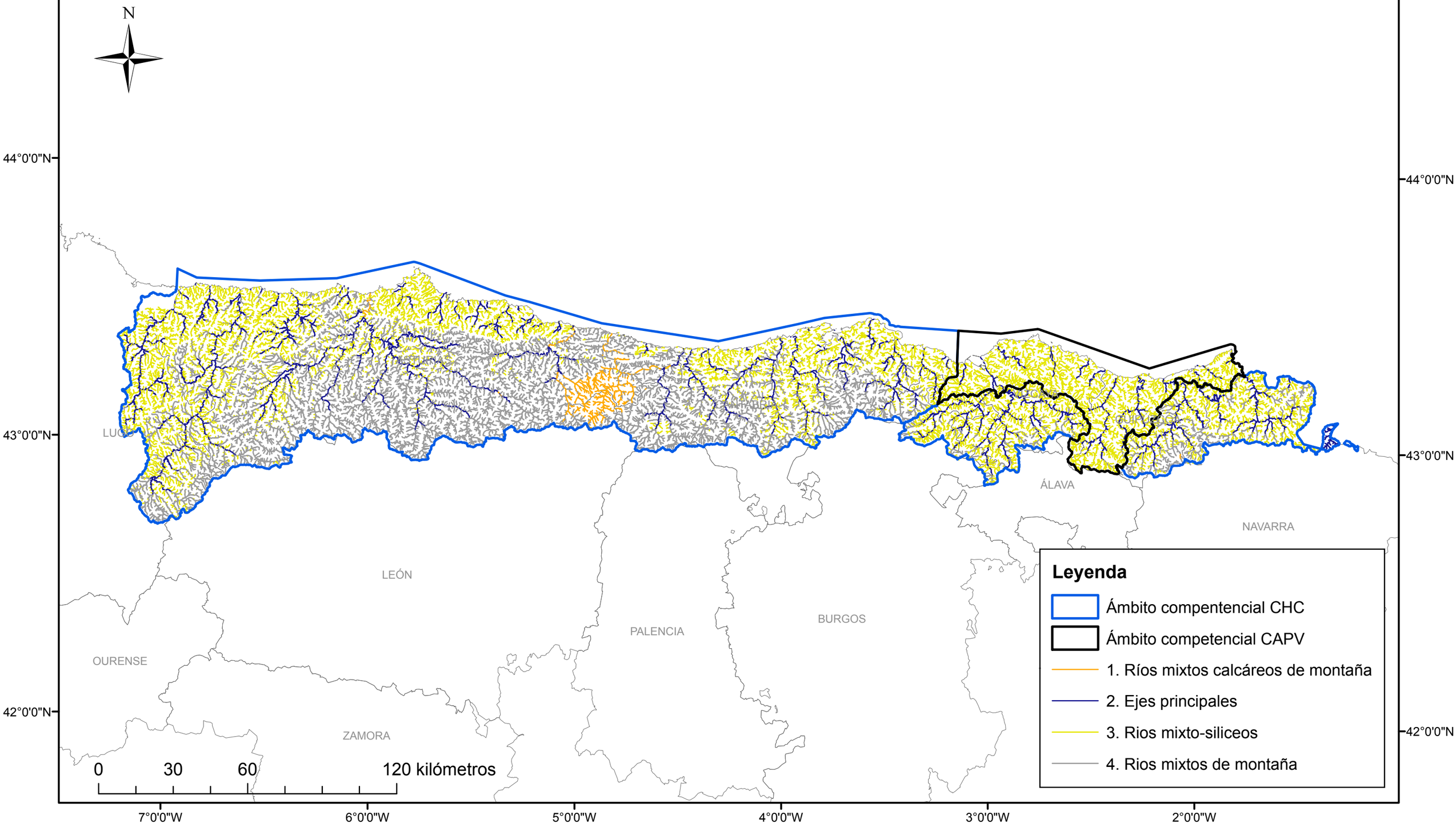
Cartografía de los tipos de ríos en función de su asociación biológica de invertebrados



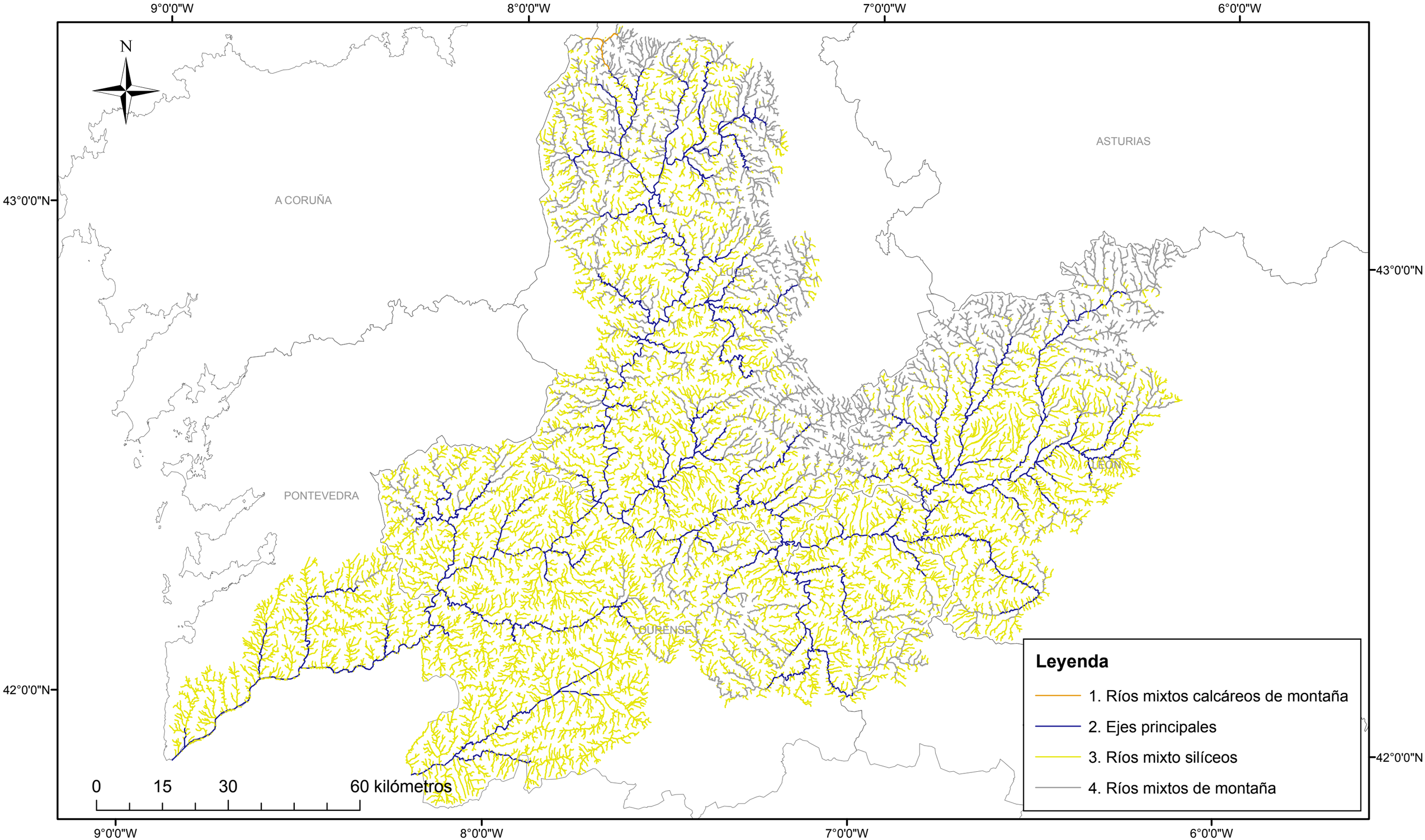
Cartografía de los tipos de ríos en función de su asociación biológica de invertebrados



Cartografía de los tipos de ríos en función de su asociación biológica de diatomeas



Cartografía de los tipos de ríos en función de su asociación biológica de diatomeas



Anexo IV. Comunidad biológica-tipo de referencias y medianas del índice de Bray-Curtis en las referencias por tipo de ríos

	Tipos de ríos en función de la comunidad de invertebrados				
	1	2	3	4	5
Taxón	Ejes principales	Ríos mixto-calcáreos	Ríos mixto-silíceos	Ríos mixtos de llanura	Ríos pequeños de montaña
Aeshnidae	1.0	0.5	3.0	1.0	0.0
Ancylidae	56.5	9.0	8.0	167.0	15.5
Aphelocheiridae	14.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Athericidae	41.0	22.0	50.0	36.5	11.0
Baetidae	676.0	897.5	164.0	414.0	379.0
Blephariceridae	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
Brachycentridae	13.0	10.5	63.0	42.5	43.5
Caenidae	78.0	14.5	0.0	0.0	0.0
Calamoceratidae	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Calopterygidae	1.5	0.0	11.0	8.5	0.0
Ceratopogonidae	0.0	0.5	0.0	0.5	1.0
Chironomidae	955.5	650.0	741.0	1487.5	850.0
Cordulegastridae	1.0	0.0	7.0	1.0	0.0
Corixidae	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Dixidae	0.0	2.0	8.0	0.0	1.0
Dryopidae	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Dytiscidae	9.5	0.0	2.0	0.0	1.0
Elmidae	612.0	685.0	552.0	474.5	224.5
Empididae	6.0	0.0	24.0	35.0	1.0
Ephemerellidae	68.5	32.5	4.0	163.0	0.5
Ephemeridae	0.0	0.5	0.0	1.0	0.0
Erpobdellidae	5.5	0.0	1.0	0.0	0.5
Gammaridae	1.0	150.5	0.0	0.0	0.0
Gerridae	2.5	0.5	2.0	1.5	0.0
Glossiphoniidae	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Goeridae	1.0	5.0	0.0	16.5	1.0
Gomphidae	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Gyrinidae	8.5	0.0	8.0	10.5	0.0
Heptageniidae	108.0	152.5	173.0	298.5	606.0
Hydraenidae	0.0	13.5	72.0	0.0	40.5
Hydrobiidae	4.5	48.5	0.0	56.0	0.0
Hydropsychidae	186.5	263.0	259.0	557.0	296.0
Hydroptilidae	0.0	18.0	1.0	0.0	0.0
Lepidostomatidae	11.0	0.0	16.0	44.0	0.0
Leptoceridae	48.0	1.0	1.0	18.0	0.0
Leptophlebiidae	5.5	9.0	227.0	9.0	104.5
Leuctridae	278.0	277.5	215.0	250.0	291.5
Limnephilidae	1.5	1.0	1.0	1.0	4.0
Limoniidae	0.0	3.0	3.0	1.0	20.0
Lymnaeidae	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Nemouridae	0.0	0.0	71.0	88.5	192.5

Tabla 1. Comunidad biológica-tipo de referencias para invertebrados.

Anexo IV. Comunidad biológica-tipo de referencias y medianas del índice de Bray-Curtis en las referencias por tipo de ríos (continuación)

	Tipos de ríos en función de la comunidad de invertebrados				
	1	2	3	4	5
Taxón	Ejes principales	Ríos mixto-calcáreos	Ríos mixto-silíceos	Ríos mixtos de llanura	Ríos pequeños de montaña
Oligochaeta Gen. sp.	280.0	20.5	98.0	22.0	16.0
Perlidae	0.0	0.5	9.0	1.5	73.0
Philopotamidae	0.0	1.0	19.0	44.5	41.5
Planariidae	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0
Planorbidae	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Polycentropodidae	20.5	4.5	10.0	19.0	0.5
Psychomyiidae	25.0	0.0	0.0	21.5	0.0
Rhyacophilidae	5.5	15.5	19.0	39.5	57.0
Scirtidae	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0
Sericostomatidae	7.0	19.0	22.0	61.0	97.5
Sialidae	7.0	0.0	1.0	0.0	0.0
Simuliidae	84.5	277.0	64.0	91.0	158.5
Sphaeriidae	89.0	0.0	0.0	13.0	0.0
Tipulidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
Uenoidae	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0

Tabla 1 (cont.). Comunidad biológica-tipo de referencias para invertebrados.

Tipos de ríos en función de la comunidad de		Mediana Bray-Curtis en las referencias
1	Ejes principales	72.26
2	Ríos mixto-calcáreos	70.57
3	Ríos mixto-silíceos	71.64
4	Ríos mixtos de llanura	74.51
5	Ríos pequeños de montaña	76.31

Tabla 2. Medianas del índice de Bray-Curtis en las referencias por tipo de ríos en función de la comunidad de invertebrados

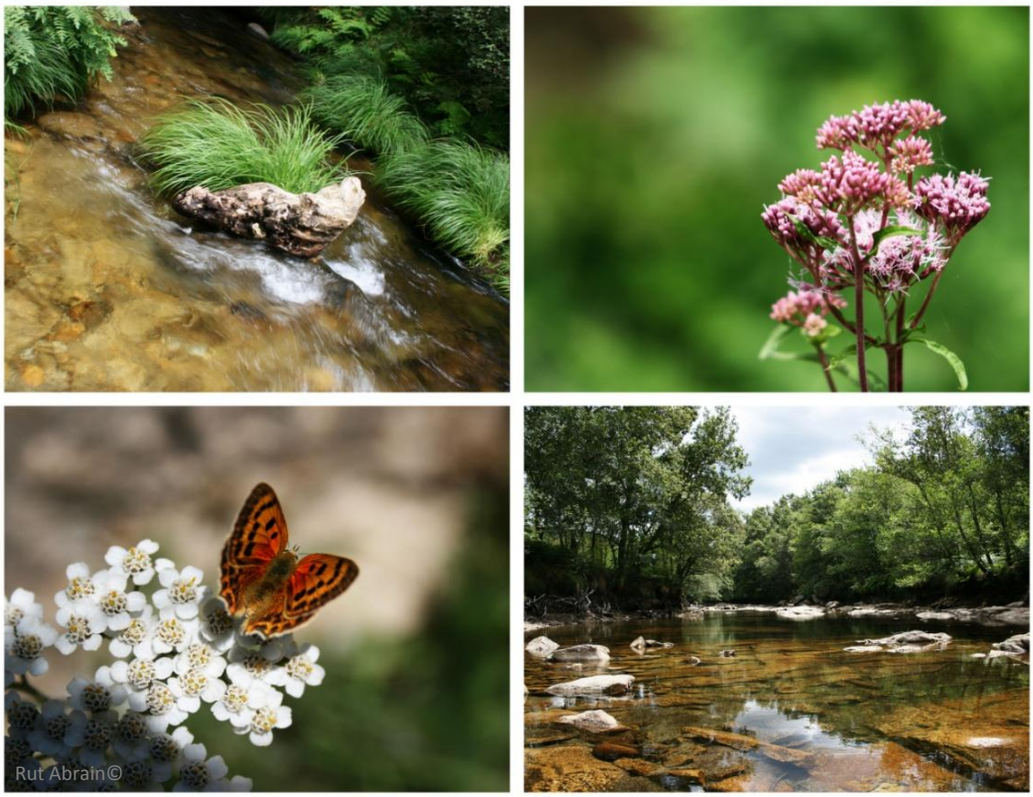
Anexo IV. Comunidad biológica-tipo de referencias y medianas del índice de Bray-Curtis en las referencias por tipo de ríos (continuación)

		Tipos de ríos en función de la comunidad de diatomeas			
		1	2	3	4
		Ríos mixto-calcáreos de montaña	Ejes principales	Ríos mixto-silíceos	Ríos mixtos de montaña
ADSU	*Achnanthidium subatomus*	0.0	25.5	0.0	0.0
DMES	*Diatoma mesodon*	0.0	0.0	0.0	1.0
EOMI	*Eolimna minima*	0.0	2.0	0.0	0.0
EMIN	*Eunotia minor*	0.0	0.0	1.0	1.0
ESUB	*Eunotia subarcuatoides*	0.0	0.0	18.0	0.0
EUIN	*Eunotia intermedia*	0.0	0.0	6.5	0.0
FRHO	*Frustulia rhomboides*	0.0	0.0	0.0	1.0
GEXL	*Gomphonema exilissimun*	0.0	0.0	0.0	2.0
GRHB	*Gomphonema rhombicum*	0.0	3.0	0.0	97.0
NAAN	*Navicula angusta*	0.0	0.0	7.0	0.0
PFIB	*Peronia fibula*	0.0	0.0	2.0	0.0
PLFR	*Planothidium frequentissimun*	0.0	1.0	0.0	0.0
POBG	*Psammothidium oblongellum*	0.0	0.5	0.0	7.0
SRBA	*Surirella roba*	0.0	0.0	10.0	0.0
ADAT	*Achnanthidium atomus*	1.0	0.0	0.0	0.0
APED	*Amphora pediculus*	1.0	2.0	0.0	0.0
COPL	*Cocconeis pseudolineata*	1.0	5.0	0.0	0.0
CPED	*Cocconeis pediculus*	1.0	0.0	0.0	0.0
ESLE	*Encyonema silesiacum*	1.0	0.0	0.0	0.0
NCTE	*Navicula cryptotenella*	1.0	1.5	0.0	0.0
NRCH	*Navicula reichartdiana* var. *reichartdiana*	1.0	0.0	0.0	0.0
NDIS	*Nitzschia dissipata*	1.0	0.0	0.0	0.0
RSIN	*Reimeria sinuata*	1.0	2.0	0.0	0.0
NFON	*Nitzschia fonticola*	2.0	0.0	0.0	0.0
NTPT	*Navicula tripunctata*	4.0	0.0	0.0	0.0
CPLE	*Cocconeis placentula* var. *euglypta*	10.0	45.0	0.0	2.0
CPLI	*Cocconeis placentula* var. *lineata*	13.0	7.0	0.0	0.0
GPUM	*Gomphonema pumilum*	14.0	0.0	0.0	0.0
ADMI	*Achnanthidium minutissimum*	20.0	55.0	297.5	85.0
ADPY	*Achnanthidium pyrenaicum*	177.0	0.0	0.0	0.0

Tabla 3. Comunidad biológica-tipo de referencias para diatomeas

Tipos de ríos en función de la comunidad de diatomeas		**Mediana Bray-Curtis en las referencias**
1	**Ríos mixto-calcáreos de montaña**	58.42
2	**Ejes principales**	50.57
3	**Ríos mixto-silíceos**	67.16
4	**Ríos mixtos de montaña**	51.80

Tabla 4. Medianas del índice de Bray-Curtis en las referencias por tipo de ríos en función de la comunidad de diatomeas



UNIVERSIDADE DE VIGO

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL CANTÁBRICO

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL MIÑO-SIL