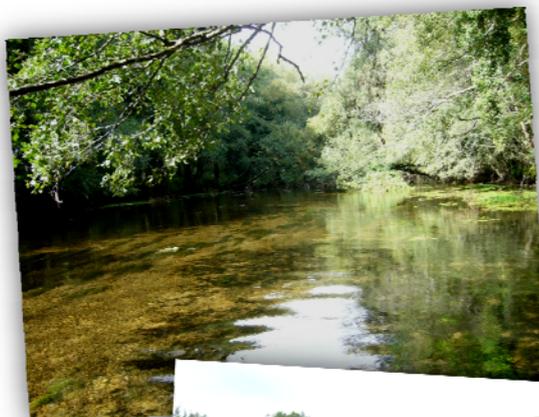


Tipología de ríos y conformidad con las comunidades biológicas en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL MIÑO-SIL



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL CANTÁBRICO



UNIVERSIDADE DE VIGO

NIPO 783-10-003-9

Tipología de ríos y conformidad con las comunidades biológicas en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico

Este protocolo ha sido realizado por las **Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico** con la asistencia técnica de:

Isabel Pardo – Universidad de Vigo
Rut Abraín – Universidad de Vigo
Carola Gómez-Rodríguez – Universidad de Vigo
Emilio García-Roselló – Universidad de Vigo



UNIVERSIDADE
DE VIGO



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE,
Y MEDIO RURAL Y MARINO

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL MIÑO-SIL



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE,
Y MEDIO RURAL Y MARINO

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL CANTÁBRICO

<http://www.chminosil.es/>

NIPO 783-10-003-9

Cómo citar este documento:

PARDO, I., ABRAÍN, R., GÓMEZ-RODRÍGUEZ, C., GARCÍA-ROSELLÓ, E. 2010.
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 . NIPO 783-10-003-9

Tipología de ríos y conformidad con las comunidades biológicas en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico

1.	Objetivos	1
2.	Condiciones biológicas de referencia.....	2
	2.1 Principios, criterios y métodos para el establecimiento de las condiciones biológicas de referencia y otras condiciones físico-químicas e hidromorfológicas acompañantes....	2
	2.2 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	3
3.	Tipología de los ríos según la Directiva Marco del Agua: Consideraciones teóricas	6
	3.1 Los dos pasos de la identificación y tipificación de los tipos de ríos	6
	3.2 Las tipologías A y B: Descriptores fundamentales	6
4.	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	8
	4.1 Identificación de los diferentes tipos de asociaciones biológicas en la red espacial de localidades de referencia	9
	4.1.1 Tipos de asociaciones biológicas en base a la comunidad de invertebrados	9
	4.1.2 Tipos de asociaciones biológicas en base a la comunidad de diatomeas	12
	4.2 Características ambientales de los tipos de ríos de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico	14
	4.2.1 Tipos de ríos en función de la comunidad de invertebrados	15
	4.2.2 Tipos de ríos en función de la comunidad de diatomeas.....	17
	4.3. Construcción de modelos para predecir los tipos de asociaciones biológicas a partir de variables ambientales	20
	4.3.1 Modelo predictivo de tipos de asociaciones biológicas de invertebrados	21
	4.3.2 Modelo predictivo de tipos de asociaciones biológicas de diatomeas	21
5.	Estimación del estado ecológico de los tramos fluviales en las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico	22
	5.1 Cartografía de los tipos de asociaciones biológicas de invertebrados y diatomeas...	22
	5.2 Cálculo del índice de calidad ecológico (<i>Ecological Quality Ratio</i> , EQR)	24
6.	Referencias bibliográficas	27
7.	Agradecimientos	28
8.	Anexos	i

1. Objetivos

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.

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. Los criterios de referencia se basan en la ausencia de presiones significativas en las cuencas que drenan a los ríos, lo que asegura que sean ecosistemas mínimamente alterados por la actividad humana. Las presiones antrópicas se han evaluado utilizando variables ambientales indicadoras de impacto, tales como los usos del suelo o la existencia de vertidos, por ejemplo. Igualmente se ha comprobado que la biota en estos puntos mínimamente alterados por el hombre no presente unas asociaciones biológicas empobrecidas, lo que evidenciaría una potencial degradación por actividades antrópicas no evaluadas.

Se han identificado 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 mediante análisis multivariantes de ordenación y clasificación, testándose posteriormente la significación de las diferencias entre las asociaciones biológicas resultantes. El nivel de resolución taxonómico ha sido diferente para invertebrados y diatomeas, ya que los primeros se han analizado mayoritariamente a nivel de familia mientras que las diatomeas a nivel de especie.

Por tanto, se ha elaborado una tipología de ríos usando a 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.

Se suministran dos cartografías en las que se representa el tipo, según la comunidad de invertebrados o de diatomeas, de todos los tramos de ríos de las Demarcaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico (tamaño de tramo = píxel de 25 m). Estas cartografías se han obtenido tras la aplicación de los dos modelos predictivos.

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 asunción de un carácter más sensible que tolerante a 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]).

2. Condiciones biológicas de referencia

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 [...].

2.1 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.

2.2 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 Miño-Sil y Cantábrico 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, 2003b) 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 km²) 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 1):
 - Uso artificial del suelo nulo (0%)
 - Porcentaje de suelo agrícola menor del 25%
 - Ríos medianos y grandes (ver Tabla 1):
 - 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	
Ríos medianos y grandes	< 0.6%	Agricultura no intensiva: Predominante, incluyendo usos naturales y seminaturales Agricultura intensiva: < 25% (niveles 20-50% requieren verificación físico-química)	Continuidad ribera terrestre Bosques aluviales extensos y bien conservados			

Tabla 1. 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).

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

3.1 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.

3.2 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 2).

- 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 categoría 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 2. Criterios de la DMA para establecer las tipologías de ríos mediante los sistemas A y B.

4. 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 bentónicas, 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 3). 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 por ello 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 3. 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.

4.1 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).

4.1.1 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 4). La ordenación NMDS muestra la distribución espacial de las localidades correspondientes a las cinco asociaciones biológicas resultantes (Figura 1).

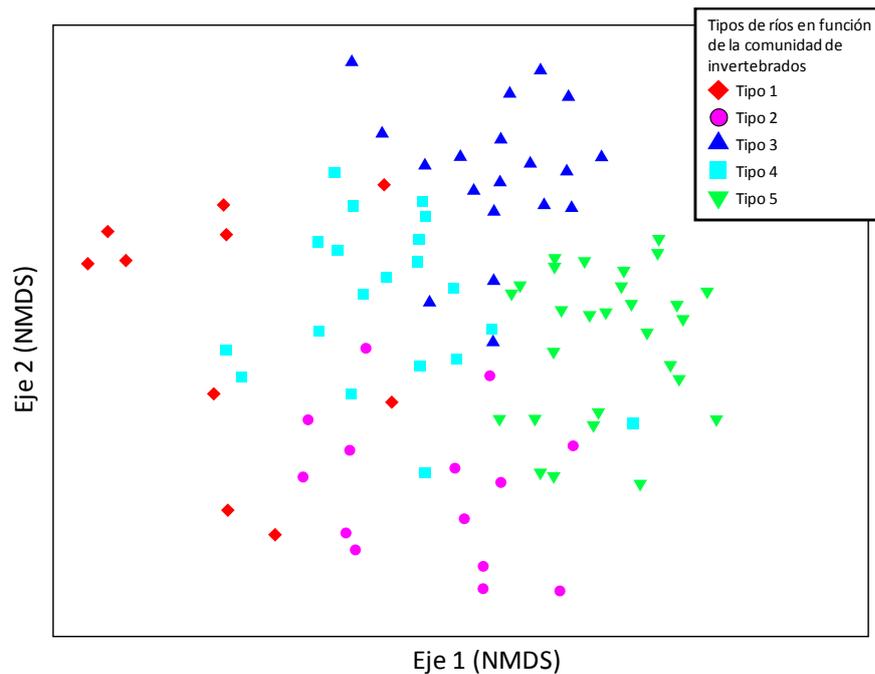


Figura 1. Ordenación NMDS (estrés = 0.25) de las localidades de referencia en base a la similitud en su composición de invertebrados bentónicos. Se representan los cinco grupos identificados en la clasificación.

Se realizó un análisis para estimar la contribución de cada taxón a las diferencias entre grupos (análisis SIMPER), que mostró que las familias Ancyliidae, 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 5) 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 4. 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 5. 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.

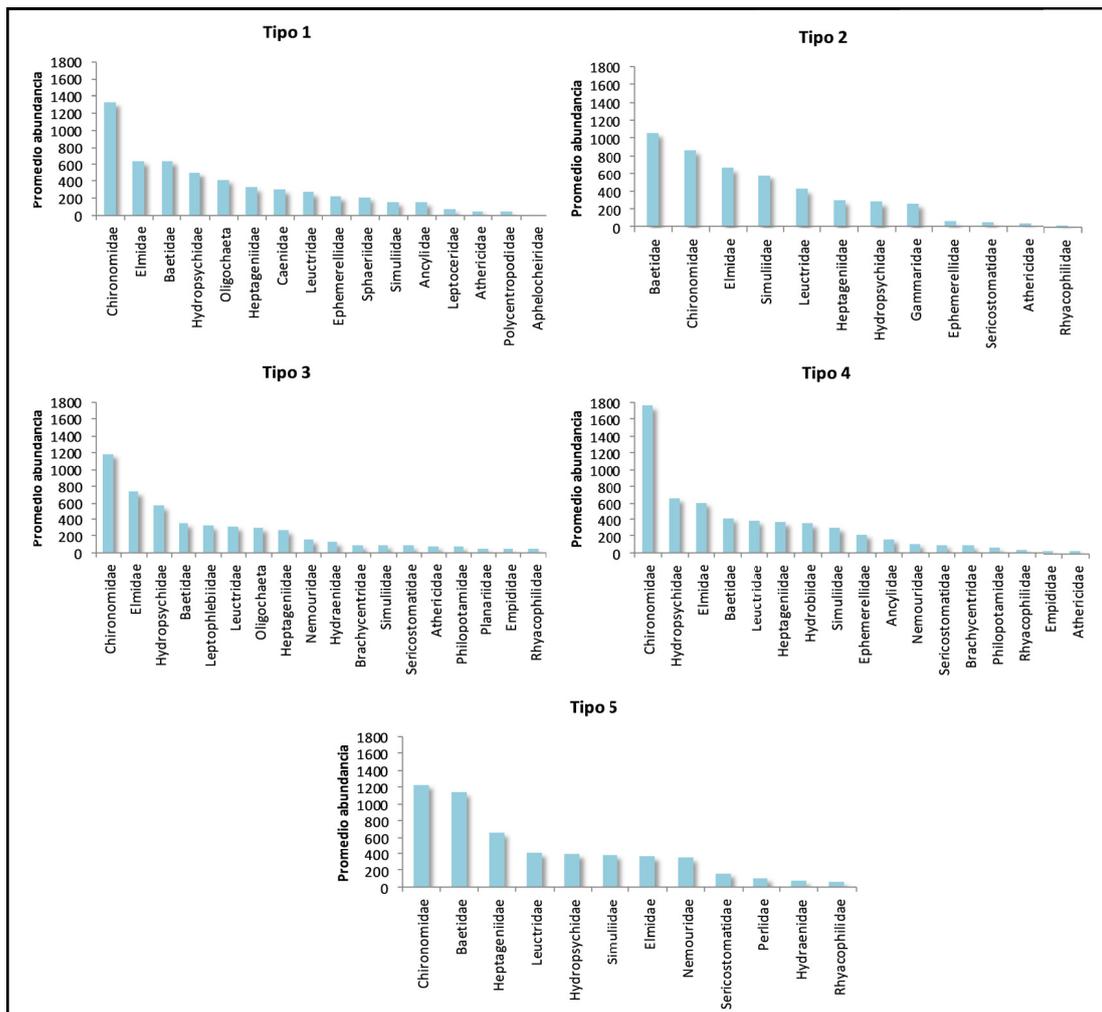


Figura 2. Estructura de la comunidad de invertebrados en los distintos tipos de asociaciones biológicas según las muestras de referencia. Se muestran los taxones que contribuyen en más de un 75% a la similitud entre tipos.

4.1.2 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 *Achnanthydium minutissimum* (ADMI) y *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (CPLE) que aparecieron en más del 96% y 80% del total de las muestras de referencia, respectivamente. Las especies más abundantes fueron *Achnanthydium minutissimum* (ADMI), *Achnanthydium pyrenaicum* (ADPY) y *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (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 6). La ordenación NMDS muestra la distribución espacial de las localidades correspondientes a las cuatro asociaciones biológicas resultantes (Figura 3).

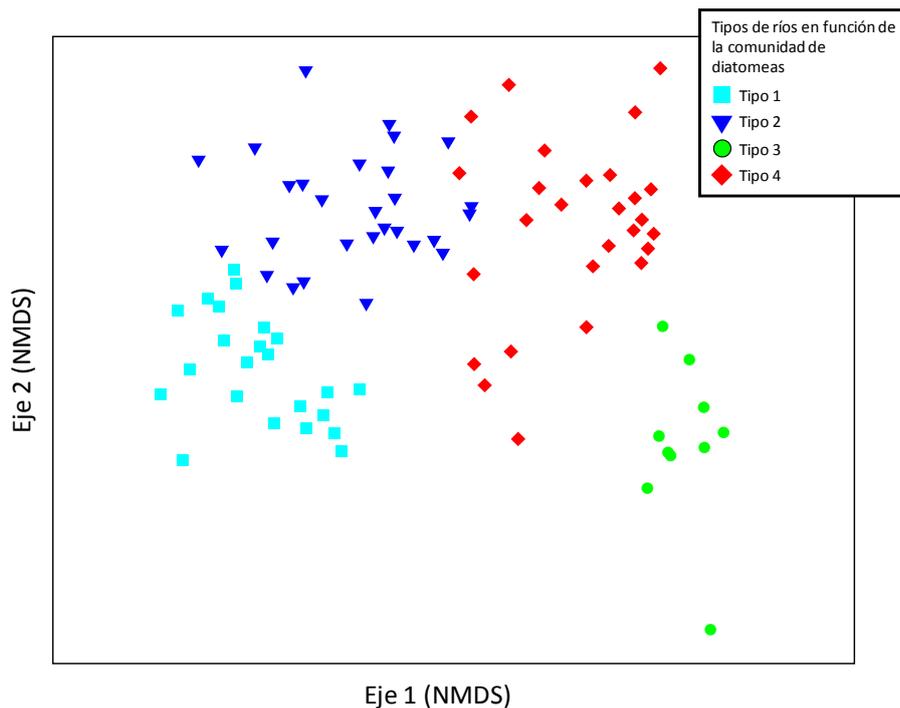


Figura 3. Ordenación NMDS (estrés = 0.18) de las localidades de referencia en base a la similitud en su composición de diatomeas bentónicas. Se representan los cuatro grupos identificados en la clasificación.

Se realizó un análisis SIMPER para identificar la contribución de cada especie a las diferencias entre grupos (Tablas 6 y 7). El análisis indica que las especies *Achnantheidium pyrenaicum* (ADPY), *Eunotia subarcuatooides* (ESUB), *Achnantheidium subatomus* (ADSU), *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (CPL) 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 7), con la excepción del tipo 3, que presentó sólo 41 especies.

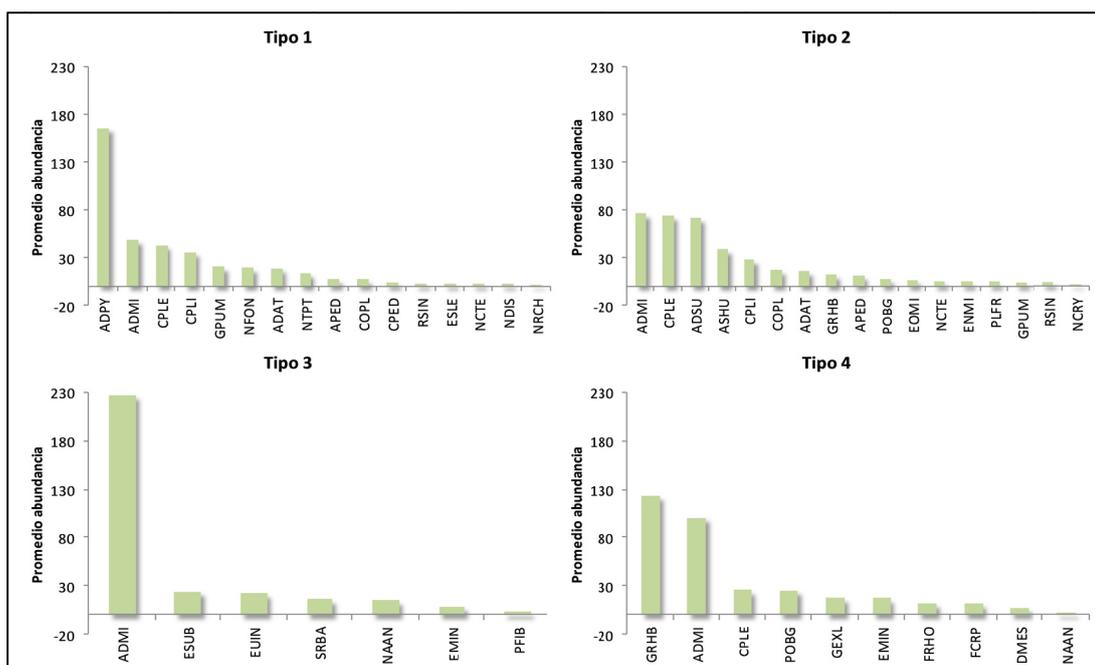
% Similitud (ANOSIM R)

	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 6. 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 7. 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 (*Achnanthydium pyrenaicum*); ADMI (*Achnanthydium minutissimum*); CPLE (*Cocconeis placentula* var. *euglypta*); CPLI (*Cocconeis placentula* var. *lineata*); GPUM (*Gomphonema pumilum*); NFON (*Nitzschia fonticola*); ADAT (*Achnanthydium 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 reichardtiana* var. *reichardtiana*); ASHU (*Achnanthes subhudsonis*); ADSU (*Achnanthydium subatomus*); DMES (*Diatoma mesodon*); ENMI (*Encyonema minutum*); EOMI (*Eolimna minima*); EMIN (*Eunotia minor*); ESUB (*Eunotia subarcuatooides*); EUIN (*Eunotia intermedia*); FCRP (*Fragilaria capucina*); FRHO (*Frustulia rhomboides*); GEXL (*Gomphonema exilissimum*); GRHB (*Gomphonema rhombicum*); NAAN (*Navicula angusta*); NCRY (*Navicula cryptocephala*); PFIB (*Peronia fibula*); PLFR (*Planothidium frequentissimum*); 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.

4.2 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 km² y el porcentaje de geología calcárea entre 0 y 100%. Estos datos reflejan la gran amplitud ambiental recogida en las variables seleccionadas para la construcción de los modelos.

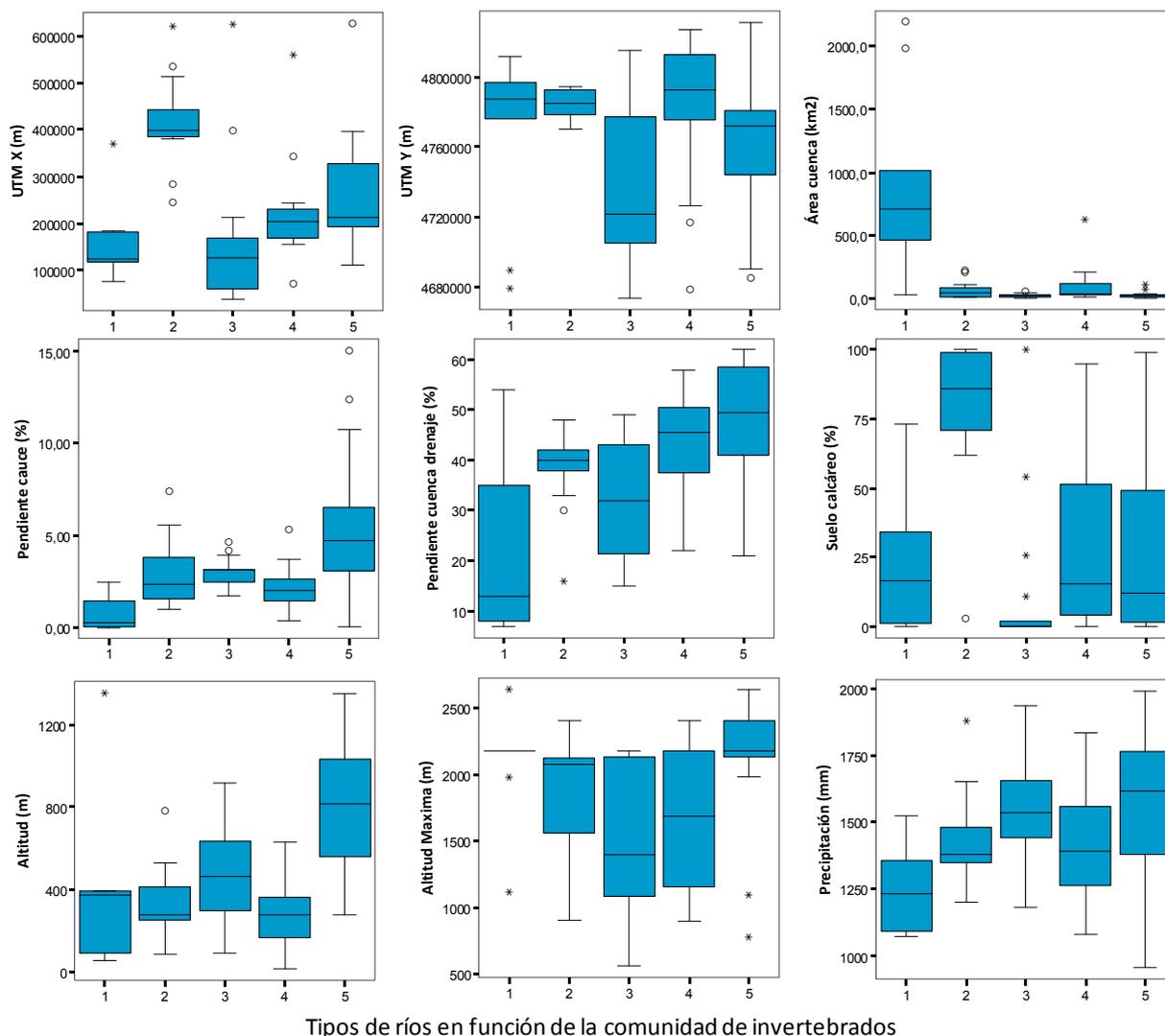
4.2.1 Tipos de ríos en función de la comunidad de invertebrados

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 8, 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 (km²)	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 8. 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.



Tipos de ríos en función de la comunidad de invertebrados

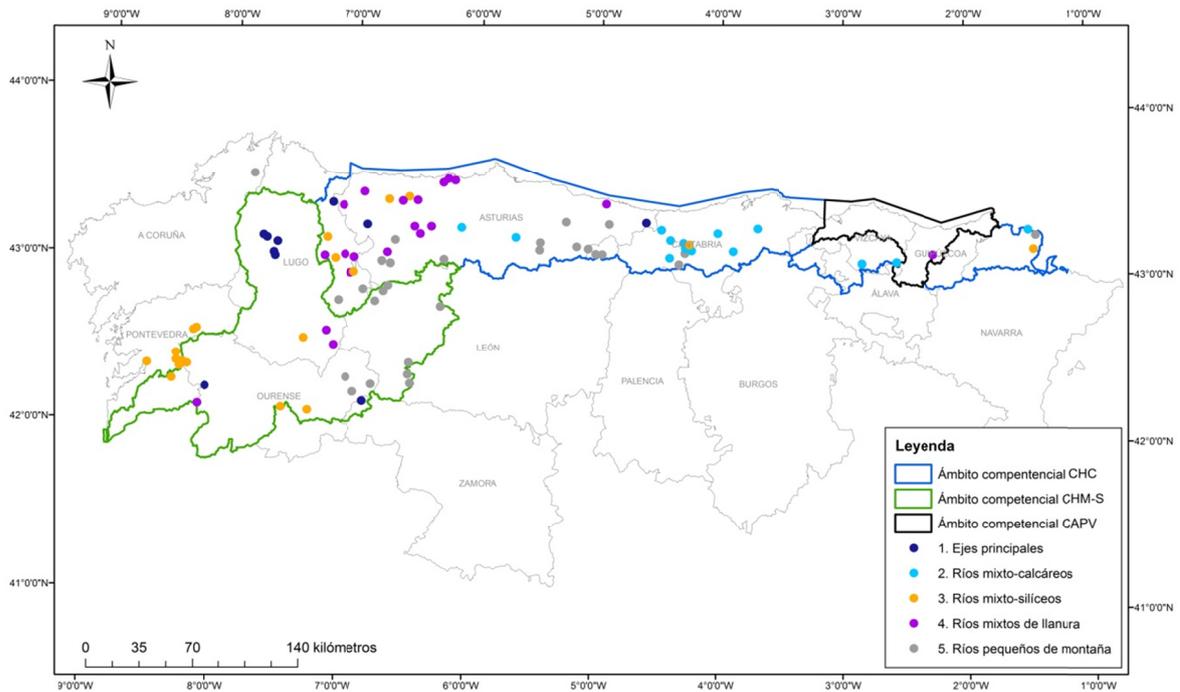
Figura 5. Diagramas de caja de las variables ambientales para los distintos tipos de ríos del Norte de España según su asociación biológica de invertebrados. Datos obtenidos a partir de la red de localidades de referencia.

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 9).

Tipos	Comunidades Autónomas						Total general
	Cantabria	Castilla y León	Galicia	Navarra	País Vasco	Principado de Asturias	
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 9: 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.

4.2.2 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 10, 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-calcareos 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 (km²)	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 10. 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.

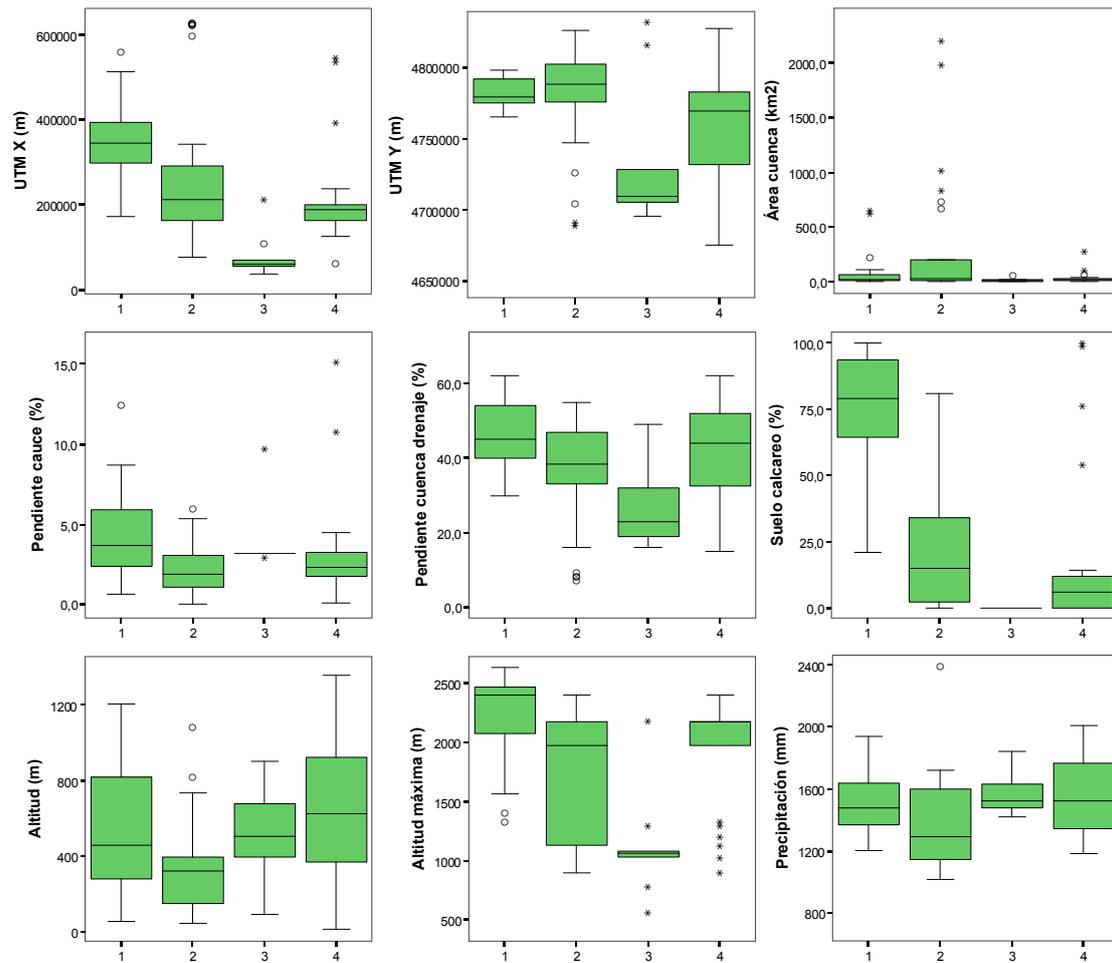


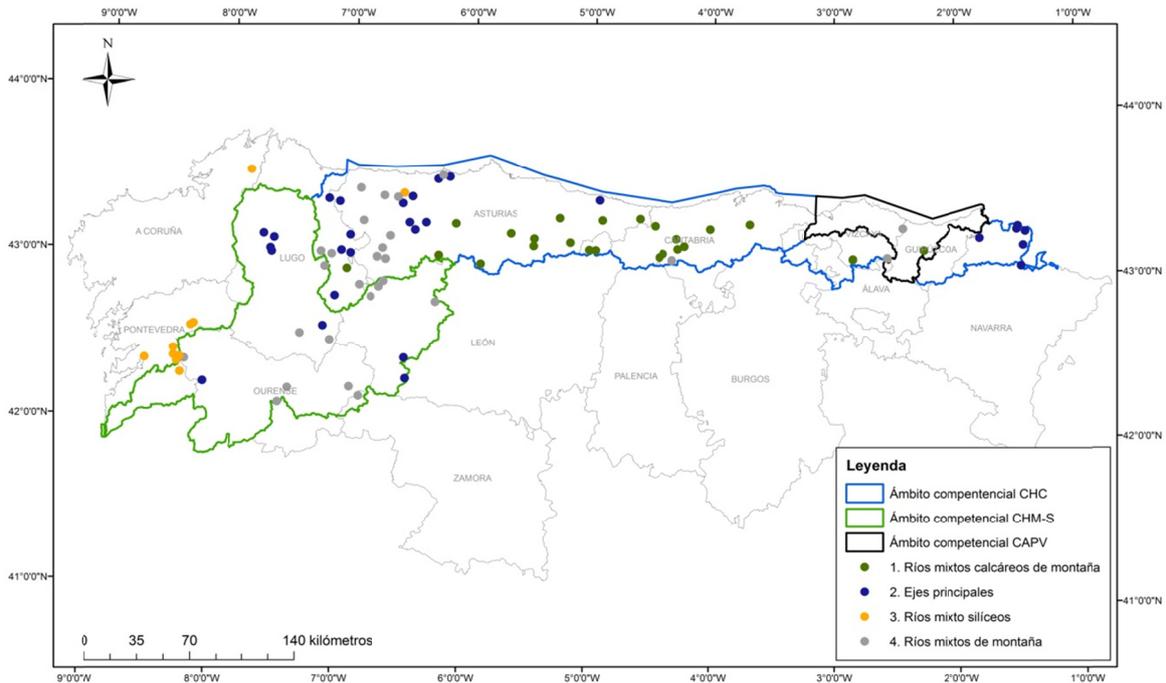
Figura 7. Diagramas de caja de las variables ambientales para los distintos tipos de ríos del Norte de España según su asociación biológica diatomeas. Datos obtenidos a partir de la red de localidades de referencia.

En la Tabla 11 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.

Tipos	Comunidades Autónomas						Total general
	Cantabria	Castilla y León	Galicia	Navarra	País Vasco	Principado de Asturias	
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 11. 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.

4.3. 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 los 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*).

4.3.1 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 12).

Observado	Pronosticado					Porcentaje correcto
	1	2	3	4	5	
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 12. 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.

4.3.2 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 13). El modelo de diatomeas presentó porcentaje de asignación correcto de las estaciones a los tipos similar al del modelo de invertebrados.

Observado	Pronosticado				Porcentaje correcto
	1	2	3	4	
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 13. 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.

5. Estimación del estado ecológico de los tramos fluviales en las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico

5.1 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 14, 15.1 y 15.2), 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 14, 15.1 y 15.2). 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 14), 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.

Cantábrico		Tipos invertebrados					Porcentaje global
		1. Ejes principales	2. Ríos mixto-calcáreos	3. Ríos mixto-silíceos	4. Ríos mixtos de llanura	5. Ríos pequeños de montaña	
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 14. 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 15.1. 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 15.2. 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 15.1, 15.2 y 16). 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).

Miño-Sil		Tipos invertebrados					Porcentaje global
		1. Ejes principales	2. Ríos mixto-calcáreos	3. Ríos mixto-silíceos	4. Ríos mixtos de llanura	5. Ríos pequeños de montaña	
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 16. 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.

5.2 Cálculo del índice de calidad ecológico (*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.

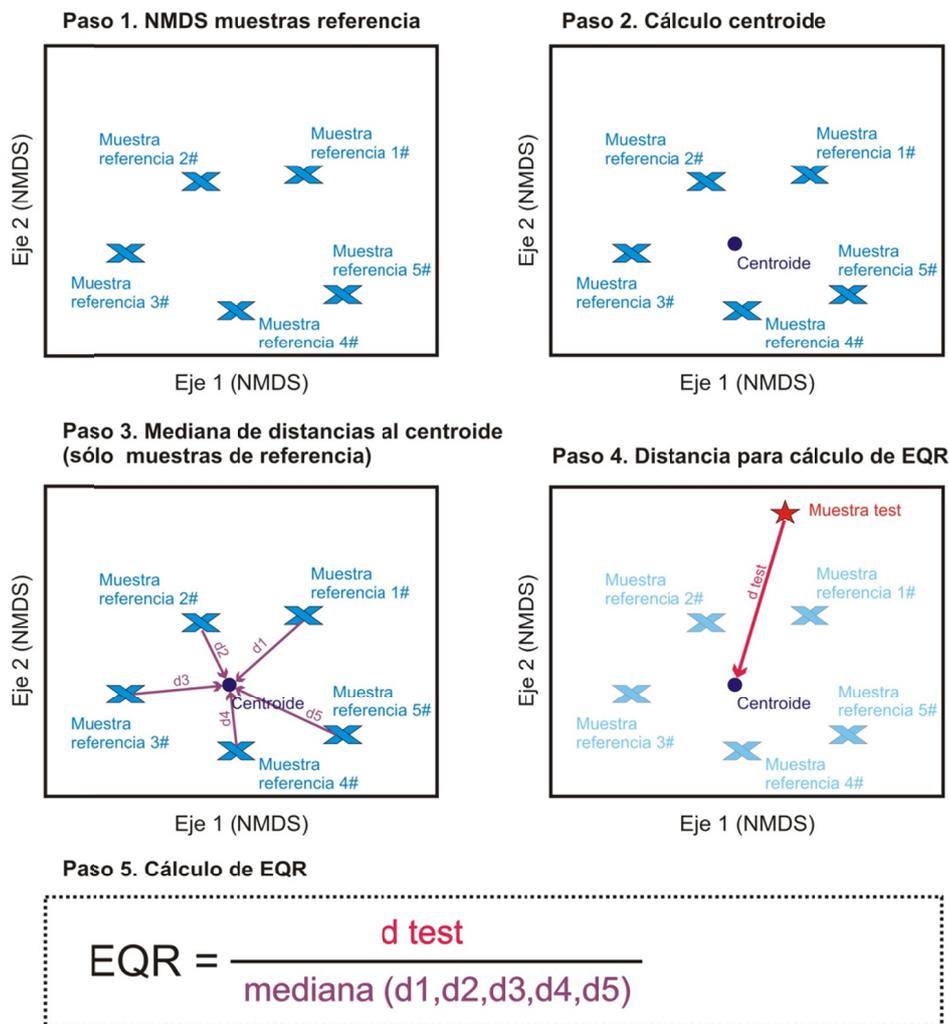


Figura 9. Esquema del procedimiento aplicado para calcular de forma automática el índice de calidad ecológico (EQR).

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 _{ref} = 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 Miño-Sil y Cantábrico 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.

6. Referencias bibliográficas

- Clarke KR, Gorley RN. 2006. PRIMER v6: User manual/tutorial. PRIMER-E, Plymouth.
- 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.
- European Commission. 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).
- European Commission. 2003b. 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).
- European Union. 2000. Directive 2000/60/EC of the Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities L372:1-72.
- Instituto Geográfico Nacional. 2004-2008. Modelo digital del terreno 1:25000 (MDT25). Instituto Geográfico Nacional, Madrid.
- Instituto Geográfico Nacional. 2000. CORINE: Coordination of Information on the Environment, Land Cover. Escala 1:100.000
- 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.
- 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.
- 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.

7. 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.

8. Anexos

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

Cod. Localidad	UTM X	UTM Y	Cauce	Cuenca principal	Municipio	Provincia	CCAA
NER008	512339	4770403	Achuri	Nervión	Orozko	Vizcaya	PV
NA022	185076	4797070	Agueira	Navia	Pesoz	Asturias	A
NAL006	298706	4779615	Alba	Nalón	Sobrescobio	Asturias	A
NAL060	299182	4784560	Alba	Nalón	Sobrescobio	Asturias	A
MI747	54370	4695245	Alen	Miño	Covelo (o)	Pontevedra	G
NA017	176091	4787487	Allonca	Navia	Fonsagrada (A)	Lugo	G
AR001	545386	4791129	Amalioa	Artibay	Markina-Xemein	Vizcaya	PV
NAL031	216049	4795573	Arganza	Nalón	Tineo	Asturias	A
NAL201	215530	4795191	Arganza	Nalón	Tineo	Asturias	A
SB004	399624	4779101	Arganza	Saja-Besaya	Tojos (Los)	Cantabria	C
UR001	627163	4789979	Aritzacun	Urrizate	Baztan	Navarra	N
MI137	126886	4675397	Arnoya	Miño	Vilar de Barrio	Ourense	G
MI146	76557	4689628	Arnoya	Miño	Arnoia	Ourense	G
URL001	559406	4776501	Arratz Erreta Urrestilla	Urola	Azpeitia	Guipuzcoa	PV
MI134	64525	4704875	Avia	Miño	Avión	Ourense	G
NA027	194352	4772781	Aviougua	Navia	Ibias	Asturias	A
ES001	218141	4813134	Barcena	Esva	Tineo	Asturias	A
MI744	71180	4678023	Barjas	Miño	Padrenda	Ourense	G
SB017	416928	4790567	Barranco las Tejas/Besaya	Saja-Besaya	San Felices de Buelna	Cantabria	C
MI085	180877	4679111	Bibey	Miño	Porto	Zamora	CL
MI047	232623	4742341	Boeza	Miño	Igüeña	León	CL
NA001	165377	4746927	Bolles	Navia	As Nogais	Lugo	G
MI065	189676	4746171	Burbia	Miño	Vega de Espinareda	León	CL
MI074	212490	4690852	Cabo	Miño	Castrillo de Cabrera	León	CL
NA024	199531	4813845	Cabornel	Navia	Villayon	Asturias	A
EO008	169277	4810046	Cabreira	Eo	Taramundi	Asturias	A
LI011	76145	4647235	Caldo	Limia	Lobios	Ourense	G
DC033	340022	4776624	Cares	Deva-Cares	Posada de Valdeon	León	CL
DC034	344697	4796670	Casaño	Deva-Cares	Cabrales	Asturias	A
NA009	176115	4775305	Castañedo	Navia	Fonsagrada (A)	Lugo	G
SE022	316289	4798283	Color/Piloña	Sella	Piloña	Asturias	A
MI054	211784	4704732	Compludo	Miño	Ponferrada	León	CL
NAL038	198038	4778564	del Coto	Nalón	Cangas de Narcea	Asturias	A
MI057	198380	4756451	Cua	Miño	Peranzanes	León	CL
EO001	156396	4776541	Cubilledo	Eo	Baleira	Lugo	G
DC006	369777	4797600	Deva	Deva-Cares	Peñamellera Baja	Asturias	A
DEZ1RF	70990	4728676	Deza	Ulla	Lalin	Pontevedra	G
DC008	357376	4786998	Duje	Deva-Cares	Cabrales	Asturias	A
URU004	596787	4785170	Elana	Urumea	Goizueta	Navarra	N
EO009	162189	4812055	Eo	Eo	San Tirso de Abres	Asturias	A
ESQ002	235058	4824879	Esqueiro	Esqueiro	Luarca	Asturias	A
ESQ003	238397	4827405	Esqueiro	Esqueiro	Cudillero	Asturias	A
ES003	212739	4815514	Esva	Esva	Tineo	Asturias	A

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

Cod. Localidad	UTM X	UTM Y	Cauce	Cuenca principal	Municipio	Provincia	CCAA
NA010	163543	4774790	Ferreira	Navia	A Fonsagrada	Lugo	G
NAL043	227012	4795566	Genestaza	Nalón	Tineo	Asturias	A
GROVRF	68995	4727461	Grova	Ulla	Lalin	Pontevedra	G
NAL009	262769	4767937	Huerta	Nalón	Lena	Asturias	A
BI001	625828	4780576	Iñarbesui	Bidasoa	Baztan	Navarra	N
MI607	171271	4683884	Jares	Miño	A Veiga	Ourense	G
MI009	116091	4790353	Ladra	Miño	Begonte	Lugo	G
MI010	118324	4788766	Ladra	Miño	Begonte	Lugo	G
NA011	170022	4777183	Lamas	Navia	A Fonsagrada	Lugo	G
LA001	379813	4792821	Lamason	Nansa	Lamason	Cantabria	C
OL002	622208	4793569	Lapitzurri	Olavidea	Urdax	Navarra	N
MI104	157306	4726665	Lor	Miño	Folgo do Courel	Lugo	G
EO013	158342	4788689	Lua	Eo	Ribeira de Piquín	Lugo	G
PAS017	427141	4778537	MagdaLena	Pas	Luena	Cantabria	C
MI789	170965	4686403	Matabueyes	Miño	A Veiga	Ourense	G
NA004	181984	4754198	Mazo	Navia	Cervantes	Lugo	G
MIE002	443389	4793653	Miera	Miera	Miera	Cantabria	C
MI012	125247	4785961	Miño	Miño	Rabade	Lugo	G
MI014	122722	4778850	Miño	Miño	Outeiro de Rei	Lugo	G
MI015	123584	4776558	Miño	Miño	Lugo	Lugo	G
SE033	330718	4780255	Molizo	Sella	Oseja de Sajambre	León	CL
NAL039	199911	4771283	Muniellos	Nalón	Cangas de Narcea	Asturias	A
NAN001	382724	4771901	Nansa	Nansa	Polaciones	Cantabria	C
NAN002	385090	4774181	Nansa	Nansa	Polaciones	Cantabria	C
MI096	133587	4684939	Navea	Miño	Chandrexa de Queixa	Ourense	G
ES007	208482	4812744	Navelgas	Esva	Tineo	Asturias	A
NA006	173605	4765168	Navia	Navia	Navia de Suarna	Lugo	G
MI018	158787	4766743	Neira	Miño	Baleira	Lugo	G
PU001	342840	4810230	Nueva de	Puron	Llanes	Asturias	A
OL001	621507	4791401	Olavidea	Olavidea	Urdax	Navarra	N
NAL042	219606	4790691	Onon	Nalón	Cangas de Narcea	Asturias	A
POR002	183310	4819003	Porcia	Porcia	Castropol	Asturias	A
NAL029	203218	4786737	Pumar	Nalón	Cangas de Narcea	Asturias	A
MI090	174625	4685377	Requejo	Miño	A Veiga	Ourense	G
MI788	144342	4673308	Ribera Grande	Miño	Vilariño de Conso	Ourense	G
MI791	170064	4695185	Riomaio	Miño	A Veiga	Ourense	G
MI117	141984	4721831	Rubin	Miño	Puebla del Brollon	Lugo	G
SB001	391276	4769878	Saja	Saja-Besaya	Hermandad de Campoo de Suso	Cantabria	C
SB002	395180	4777328	Saja	Saja-Besaya	Los Tojos	Cantabria	C

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

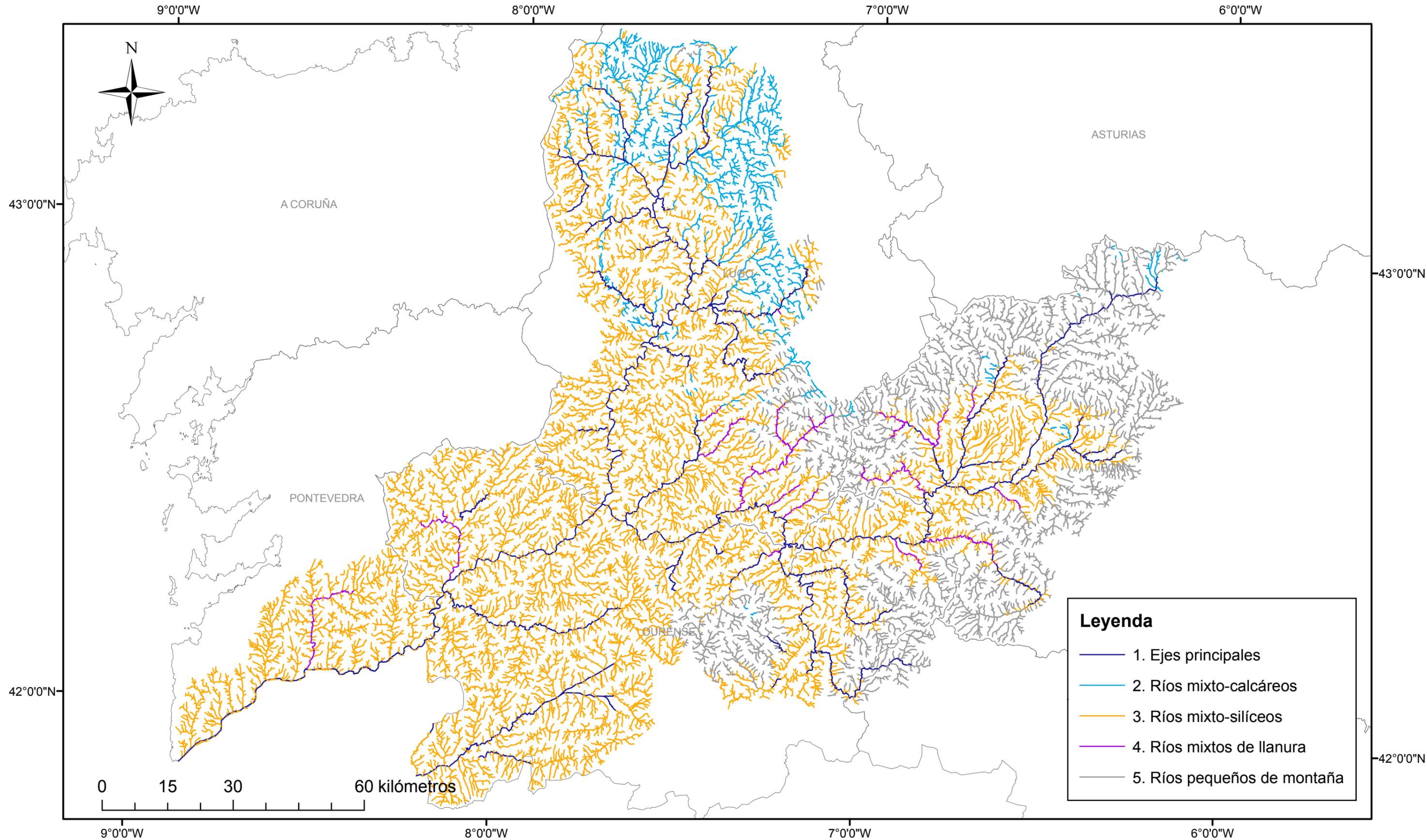
Cod. Localidad	UTM X	UTM Y	Cauce	Cuenca principal	Municipio	Provincia	CCAA
SB005	394364	4784061	Saja	Saja-Besaya	Cabuerniga (Valle de)	Cantabria	C
SB022	395545	4780583	Saja	Saja-Besaya	Los Tojos	Cantabria	C
MI786	186698	4690436	San Gil	Miño	Carballada	Ourense	G
ESQ001	242836	4826292	Sangreña	Esqueiro	Cudillero	Asturias	A
MI783	211057	4696780	Santa Eulalia	Miño	Encinedo	León	CL
SNTORF	110399	4831705	Santomé	Mera	As Pontes de Garcia Rodriguez	Coruña	G
SE010	335719	4776828	Sella	Sella	Oseja de Sajambre	León	CL
MI100	161849	4717143	Soldon	Miño	Quiroga	Lugo	G
NAL045	235058	4773593	Somiedo	Nalón	Somiedo	Asturias	A
NA028	173940	4777950	Suarna	Navia	A Fonsagrada	Lugo	G
MI151	61685	4695753	Tea	Miño	Covelo	Pontevedra	G
NAL011	283067	4788123	Turon	Nalón	Mieres	Asturias	A
NER014	535087	4771297	Txareta/El Horrio	Nervión	Atxondo	Vizcaya	PV
ULLO	38340	4705674	Ulló	Ulló	Pontevedra	Pontevedra	G
VALHRF	59500	4703252	Valdohome	Valdebois	Fornelos de Monte	Pontevedra	G
MI060	195219	4752751	Vega	Miño	Candin	León	CL
NAN008	385761	4785955	Vendul	Nansa	Rionansa	Cantabria	C
SE008	323179	4781759	Ventaniella	Sella	Ponga	Asturias	A
VER3RF	57460	4712178	Verdugo	Verdugo	A Lama	Pontevedra	G
NA040	175765	4765725	Vesada Fonte	Navia	Navia de Suarna	Lugo	G
SB026	398090	4783007	Viaña	Saja-Besaya	Cabuerniga	Cantabria	C
NAL047	246765	4794814	Villabre	Nalón	Yernes y Tameza	Asturias	A
X800RF	61418	4706076	Xesta	Verdugo	A Lama	Pontevedra	G
XESTRF	57511	4707225	Xesta	Verdugo	A Lama	Pontevedra	G
ES002	211696	4808546	Yervo de	Esva	Tineo	Asturias	A
VAL001	624581	4766937	Zubiondo	Valcarlos	Baztan	Navarra	N

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

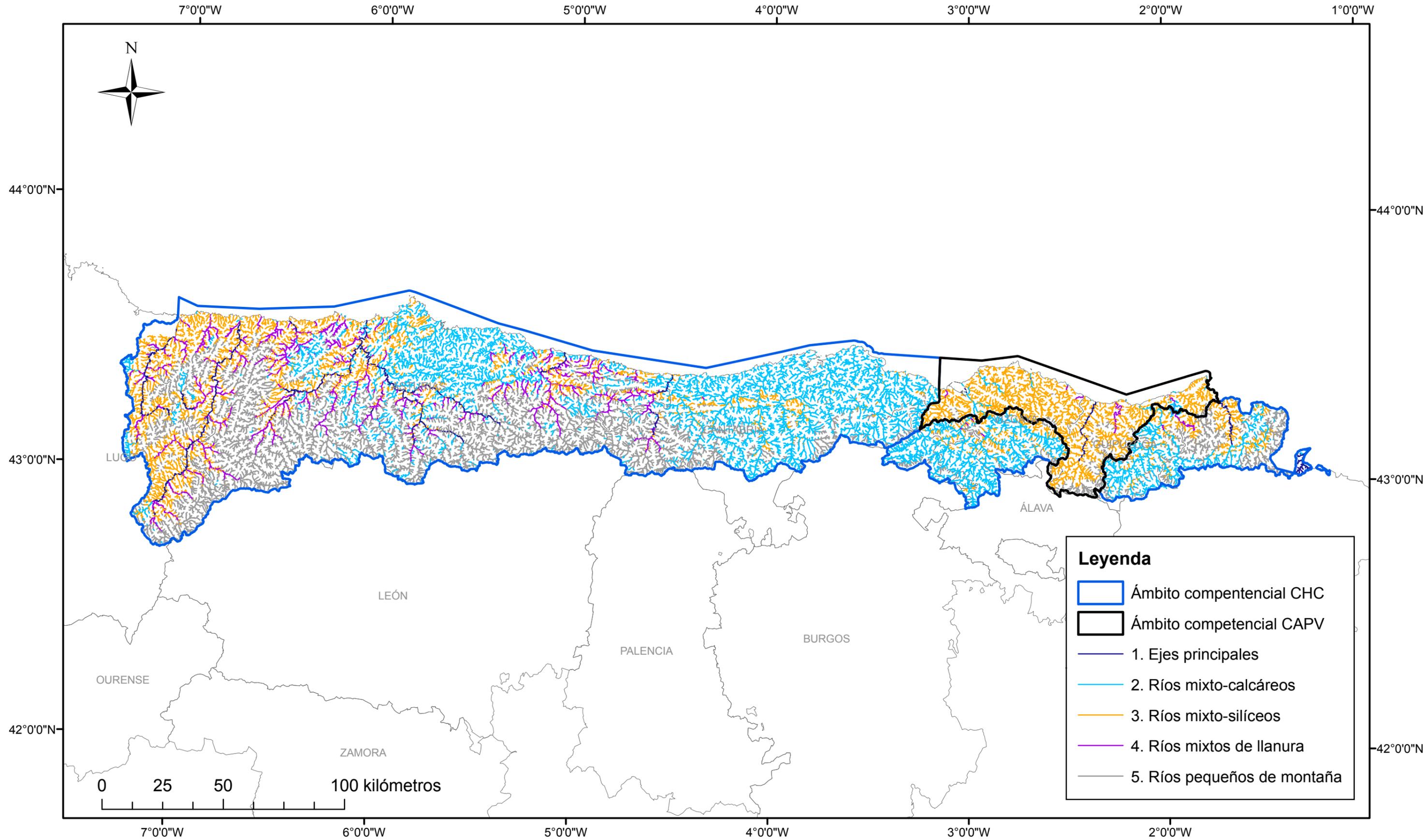
8.2 Anexo II. Cartografías de los tipos de ríos en función de su asociación biológica

- Cartografía de los tipos de ríos en función de su asociación biológica de invertebrados. Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil
- 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 diatomeas. 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])

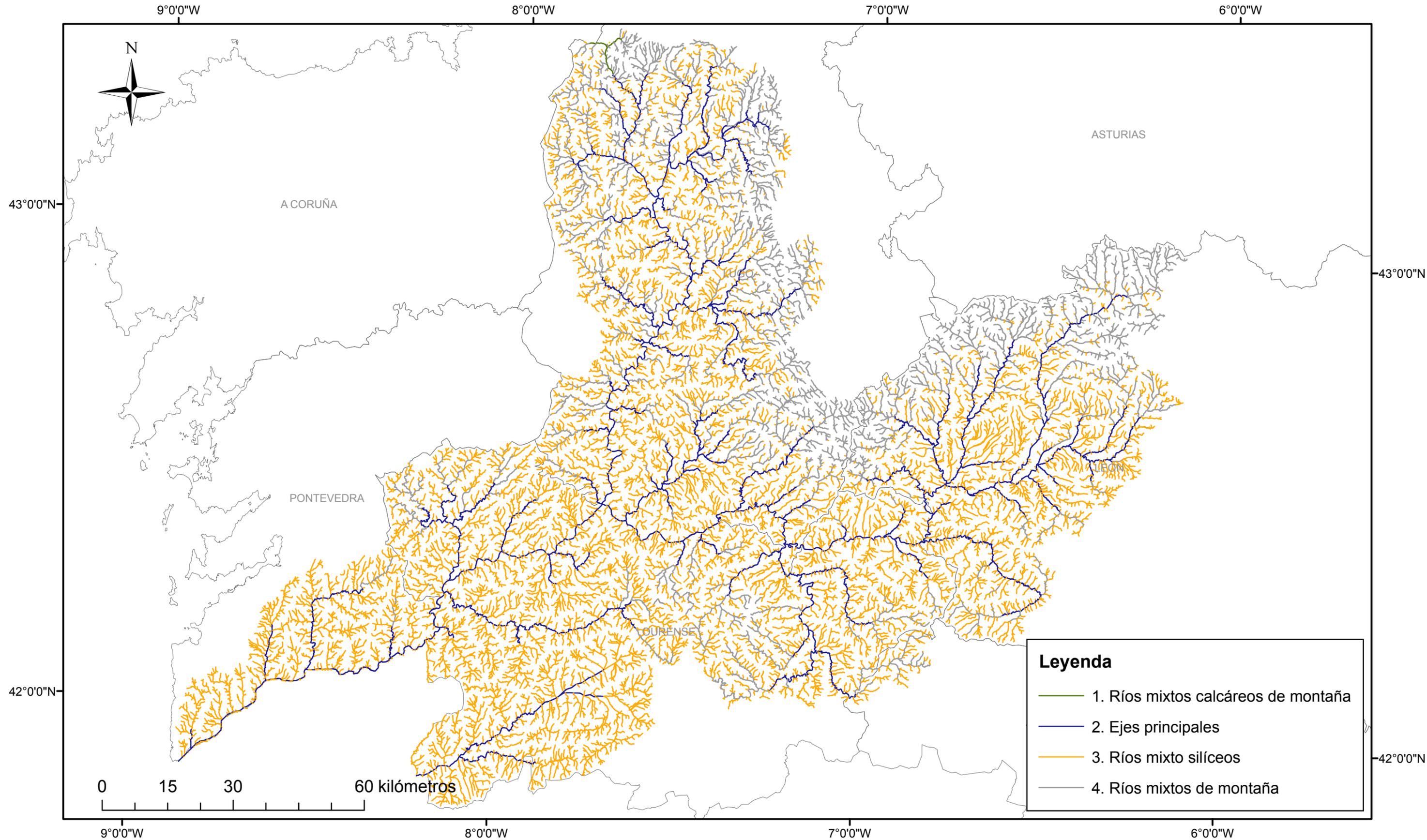
Cartografía de los tipos de ríos en función de su asociación biológica de invertebrados



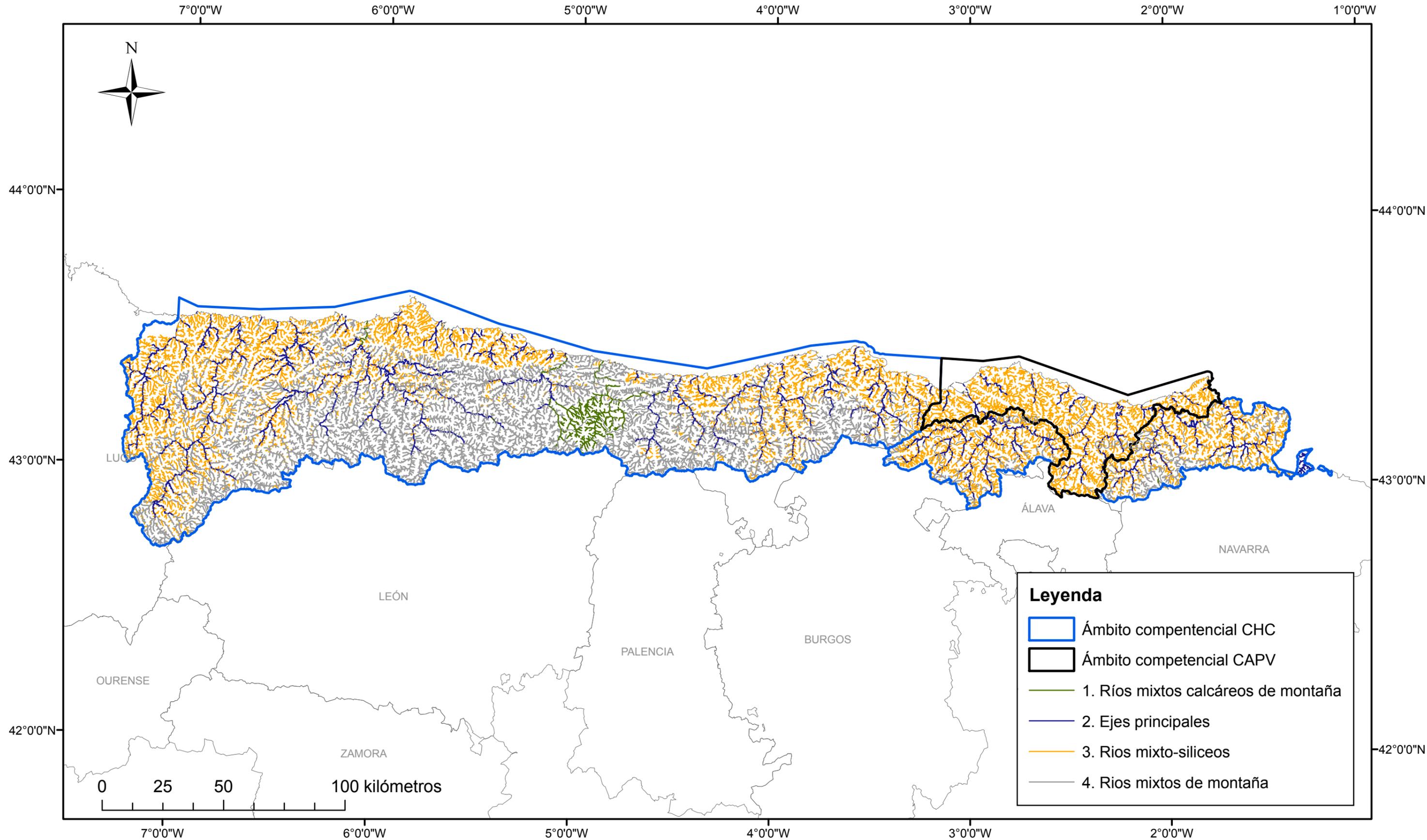
Cartografía de los tipos de ríos en función de su asociación biológica de invertebrados



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



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

A.1 Comunidad biológica-tipo de referencias para invertebrados

Taxón	Tipos de ríos en función de la comunidad de invertebrados				
	1 Ejes principales	2 Ríos mixto- calcáreos	3 Ríos mixto- silíceos	4 Ríos mixtos de llanura	5 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

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

Taxón	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
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

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

B.1 Comunidad biológica-tipo de referencias para diatomeas

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

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

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