

# MÉTODOS Y TÉCNICAS INTEGRADOS EN BIOLOGÍA

## ANÁLISIS DE SISTEMAS ACUÁTICOS 2012/2013



Leticia Arribas Sánchez  
Silvia García Cuadrado  
Carmen García Martínez  
Alejandro Larrán Jiménez  
Eduardo Martín—Moreno Ventas  
David Vallejo Lucas

## ÍNDICE

Introducción .....	Página 2
Material y métodos .....	Página 3
- Áreas de estudio .....	Página 3
- Análisis previos .....	Página 8
- Metodología in-situ .....	Página 9
- Metodología en el laboratorio .....	Página 10
Resultados .....	Página 12
- Parámetros físico-químicos .....	Página 13
○ In-situ .....	Página 13
○ En laboratorio .....	Página 13
- Zooplancton .....	Página 14
- Fitoplancton .....	Página 14
- Macroinvertebrados .....	Página 16
- Índice QBR .....	Página 19
- Índice IHF .....	Página 20
- Vegetación encontrada .....	Página 22
Discusión .....	Página 22
- Parámetros físico-químicos .....	Página 22
- Zooplancton .....	Página 25
- Fitoplancton .....	Página 27
- Macroinvertebrados .....	Página 29
- Índices QBR e IHF.....	Página 31
Conclusiones .....	Página 31
Bibliografía .....	Página 35
Anexo .....	Página 37

## INTRODUCCIÓN

Limnología es el estudio ecológico de los sistemas acuáticos continentales, lo que incluye ríos, lagos y humedales. En este trabajo se va a realizar la caracterización ecológica del lago de Sanabria y de algunos sistemas acuáticos cercanos (río Tera, río de la Forcadura, laguna de los Peces, laguna de las Yeguas), además de un análisis limnológico de otros dos sistemas: las lagunas de Villafáfila y el lago de Carucedo.

El lago de Sanabria es el mayor lago natural de España. Los primeros estudios que se realizaron datan de principios del S. XX; Taboada (1913) compiló los primeros mapas batimétricos del lago y Bachman (1913) determinó 12 especies de fitoplancton recolectadas por Halbfas (1913), una de ellas nueva.

Vega, de Hoyos y Aldasoro (1992), en la primera síntesis limnológica moderna que se realizó, lo describieron como un lago glacial, situado en un valle localizado en una morrena frontal. Estudios más recientes evidencian al menos tres fases de glaciación en el Parque Natural Lago de Sanabria (Cowton *et al.*, 2009) y diez episodios de retiro frontal y estabilización del glaciar tras la glaciación máxima local (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2011a). La realización de la cartografía geomorfológica del lago en 3D ha permitido reconstruir la extensión alcanzada por el hielo durante el máximo glaciar local (155 km<sup>2</sup>) (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2011b)

Su afluente es el río Tera aunque en la cuenca hay dos ríos más que se unen al Tera justo antes de su entrada al lago. Todos estos ríos corren sobre un sustrato ácido de baja solubilidad, y son muy pobres en sales. En el lago, los principales nutrientes están presentes en pequeñas concentraciones, con una distribución vertical cerca de ser homogénea durante la circulación invernal y con tendencia ortógrada durante la estratificación estival (Vega *et al.*, 1992).

En 1986, la Junta de Castilla y León declaró a las lagunas de Villafáfila como Reserva Nacional de Caza. Después ha sido incluida en algunas de las principales figuras de protección de ámbito internacional: ZEPA en 1987 y Lista de Humedales de Importancia Internacional del Convenio Ramsar en 1989 (Morales *et al.*, 2003). El paisaje puede describirse como una estepa cerealística, con la singularidad de las lagunas. Conviven la fauna acuática y esteparia, ambas de importancia al tener un número elevado de especies que escasean en Europa. Las lagunas son un punto fundamental de acogida de las aves migratorias y al margen de los humedales, la zona presenta una alta densidad de avutardas (*Otis tarda*) y sisones (*Tetrax tetrax*) en los campos de cereales (Rosell *et al.*, 1996). Las lagunas presentan un gradiente de encharcamiento-sequía causado por las variaciones rítmicas estacionales de la pluviosidad y tener un grado de salinidad notable, con formación de costras salinas en la superficie del

suelo en las épocas de sequía, poco frecuentes en ecosistemas situados tierra adentro (Regil & Garrido, 1993).

En el primer cuarto del S. XX, se publicó la que puede considerarse la primera referencia científica sobre el lago de Carucedo (Arévalo, 1923); se trata de una monografía del lago, donde se incluía un mapa batimétrico y todos los datos relativos a la morfología, señalando también los organismos acuáticos, especialmente plancton. Arévalo indicó en ella que no encontró antecedentes científicos previos a su estudio, excepto algunas investigaciones técnicas con fines industriales, y que, por tanto, todas las referencias que utilizó para conocer el entorno del lago provenían de descripciones de algunas obras del lugareño Enrique Gil y Carrasco, como la novela *El lago de Carucedo*.

Los objetivos de este trabajo son el análisis del territorio donde se encuentra el ecosistema a estudiar, así como su caracterización de las propiedades físico-químicas (temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad,...). Además se va a realizar un estudio de las muestras biológicas recogidas (fitoplancton, zooplancton, macroinvertebrados).

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **1) ÁREAS DE ESTUDIO**

- **LAGO DE SANABRIA Y ALREDEDORES**

El Parque Natural del Lago de Sanabria y sus alrededores se encuentra situado al Noroeste de la Provincia de Zamora (42°07'N 6°43'O), comprende una superficie total de 22.365 Ha., que se extienden por una zona montañosa de origen glaciar de granitos y granodioritas cuya variación altitudinal oscila entre los 988 y los 2.124 metros, estando el Lago de Sanabria a 1000 metros de altitud respecto al nivel del mar. Este lago constituye el sistema lenítico natural más grande de España con 100 Hm<sup>3</sup> (Vega *et al*, 1992) y ahí reside el principal motivo de conservación del mismo.

- **GEOLOGÍA Y MORFOMETRÍA:**

La cuenca que drena hacia el lago tiene una superficie de 127.3 km<sup>2</sup>. La parte alta de la cuenca está formada por una meseta situada en la parte superior de la sierras Segundera y Cabrera; desde esta zona hasta el lago, el terreno tiene una pronunciada inclinación sobretodo en la orilla norte. En la orilla oeste, la pendiente es menos pronunciada hasta llegar a la orilla del lago donde se acumulan los sedimentos transportados por el Tera. La zona oeste se cierra con morrenas glaciares.

La cubeta que ocupa el lago de Sanabria se ha formado a partir de un valle fluvial preglaciar formado por el río Tera y modificado más tarde por acción glaciar. Durante la glaciación del Würm se acumularon en las sierras Segundera y Cabrera grandes cantidades de hielo originando un glaciar de

meseta o casquete situado a 1500-1700 m de altitud. Este glaciar de meseta alimentaba varias lenguas de hielo que bajaban aprovechando anteriores valles fluviales. La confluencia de la lengua glaciar del Tera con la que descendía por los valles del Segundera y del Cárdena, desde los 1700 m del altiplano hasta la altura de Ribadelago, dio lugar a una acumulación de hielo de cerca de 300 m de espesor en algunos puntos. Esta lengua glaciar arrancó y arrastró grandes cantidades de materiales que originaron las morrenas laterales que se observan actualmente a ambos lados del valle del lago y la serie de morrenas frontales (siete) que cierran el valle y marcan los sucesivos retrocesos del glaciar.

La morfometría de un lago está relacionada principalmente con su origen, historia y con las características geológicas de su cubeta y de su cuenca. Estos condicionantes influyen a su vez en el comportamiento térmico, régimen hidrológico y dinámica del mismo. La morfología actual del Lago de Sanabria es la consecuencia de la interacción entre las fuerzas del hielo del glaciar que hemos comentado anteriormente, la escasa pendiente del valle en este tramo y la litología de la cubeta en una zona que es de transición entre granitos y gneises. A estas fuerzas originales se añaden posteriormente los derrumbes de las laderas, la erosión fluvial de la cuenca directa, la acción del oleaje en las orillas mas expuestas al viento del oeste y los aportes fluviales del Tera que han rellenado paulatinamente la orilla oeste del lago (Vega *et al.* 2005).

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS	
Área del lago (A)	3475798 m <sup>2</sup>
Área de la cuenca (A <sub>c</sub> )	12730 hm <sup>2</sup>
Porcentaje de área de la cuenca ocupada por el lago (A/A <sub>c</sub> )	2.73 %
Volumen (V)	96289887 m <sup>3</sup>
Longitud máxima (L <sub>max</sub> )	3160 m
Anchura máxima (cubeta E) (B <sub>max</sub> )	1530 m
Anchura máxima (cubeta W)	1500 m
Anchura mínima	900 m
Anchura media (B <sub>m</sub> )	1099.9 m
Profundidad máxima (cubeta E) (Z <sub>max</sub> )	51 m
Profundidad máxima (cubeta W)	46 m
Profundidad media (Z <sub>m</sub> )	27,7 m
Profundidad relativa (Z <sub>r</sub> )	2,42 %
Profundidad mediana (Z <sub>50</sub> )	31 m
Longitud de la línea de costa (L)	9518 m
Desarrollo de la línea de costa (D <sub>L</sub> )	1.44
Desarrollo del volumen (D <sub>v</sub> )	1.63
Z <sub>m</sub> /Z <sub>max</sub>	0.54
A <sub>c</sub> /A	36.62
A <sub>c</sub> /V	1.32 m <sup>-1</sup>

Tabla 1: Parámetros morfométricos del lago de Sanabria. (Vega *et al.*, 2005)

#### ○ CLIMATOLOGÍA:

El clima tiene una gran importancia en la regulación de los procesos que ocurren en el lago. El lago de Sanabria se encuentra en el límite entre la región mediterránea y la región eurosiberiana, pero se podría decir que el lago se encuentra en la primera.

En la zona de estudio, la región mediterránea está compuesta por dos pisos bioclimáticos:

- **El piso oromediterráneo** aparece entre los 1600-2000 m. sufre un mayor rigor térmico con temperaturas más frías y con contrastes mas acusados entre verano y invierno. Las precipitaciones son más abundantes, pero estas diferencias de temperatura y una mayor exposición a la insolación hacen que esta zona sea un pastizal de brezos (*Erica autralis*, *Calluna vulgaris*) y genistas (*Genista florida*).

- **El piso supramediterráneo** que se encuentra a partir de los 1000 m y que termina a la altura del límite del arbolado, principalmente de rebollares (*Quercus pirenaica*). Estos bosques caracterizados como bosques de caducifolio mixto se extienden alrededor del lago y entre los valles de la zona. Hay que añadir que la influencia atlántica influye en la precipitación y por tanto los valles situados hacia la vertiente oeste presentan una composición florística diferente. (*Rivas et al*, 1987)

#### ○ VEGETACIÓN:

Como ya hemos mencionado, la zona de estudio se sitúa entre las dos grandes sectorizaciones bioclimáticas de la península ibérica, la región mediterránea y la eurosiberiana lo cual le da a este espacio natural una diversidad única. Además esta zona siempre a estado sujeta a fuertes alteraciones, principalmente incendios.

En el piso oromediterráneo vamos a encontrar principalmente formaciones de matorrales con enebros rastreros (*Genisto sanabrensis- Juniperetum nanae*). Los brezales con carquesas del *Ericion umbellatae* (*Pterosparto lasianthi-Ericetum aragonensis*) cubren buena parte de las laderas de las zonas elevadas del Espacio Natural. Estos matorrales forman mosaicos con escobonales amarillos del *Genistion polygaliphyllae* (*Cytiso scopari-Genistetum polygaliphyllae*), en las zonas bajas de las laderas, y con los piornales orófilos del *Genistion polygaliphyllae* (*Cytiso oromediterranei-Genistetum obtusirameae*) en las zonas elevadas. Ocupando suelos escasamente desarrollados (crestones, cumbres venteadas,...) o sometidos a frecuentes perturbaciones (fundamentalmente incendios forestales) en zonas con cierta innivación se disponen los matorrales de brezo y piorno sanabrés, del *Ericion umbellatae* (*Erico umbellatae-Genistetum sanabrensis*). En contacto con todos ellos se disponen pastizales pioneros del *Molineriellion laevis* o crasifolios del *Sedion pedicellato-andegavensis*. (LINEA. 2006)

En el piso supramediterráneo los bosques de rebollos (rebollares o melojares) del *Quercion pyrenaicae* (*Holco mollis-Quercetum pyrenaicae*) son los dominantes en el paisaje vegetal arbolado del Espacio Natural. En determinados enclaves más frescos y umbríos, sometidos a cierta influencias atlánticas, estos robledales se enriquecen con la participación de *Quercus robur* y un sotobosque con una elevada participación de elementos eurosiberianos dando lugar a robledales mixtos encuadrables en la asociación (*Vaccinium myrtilli-Quercetum robori*) de la misma alianza. En los bordes, linderos y claros del robledal prosperan herbazales subnitrófilos vivaces del *Linarion triornithophorae*. En las zonas basales el régimen se ralentiza permitiendo la estabilización de las orillas y la instalación de un bosque de alisos que en general presenta un buen estado de conservación. Estas alisedas se alternan con bosquetes de sauces y con zonas desarboladas que son colonizadas por formaciones de cárices amacollados.

En estos cauces, de aguas frías y oligotróficas, se alternan los tramos rápidos en los que las aguas discurren rápidamente y se establecen comunidades de ranúnculos de hojas semisumergidas con otras zonas remansadas como consecuencia de pequeñas represas naturales en los que alcanzan su mayor plenitud las formaciones de hidrófitos con hojas flotantes. (LINEA. 2006)

- **LAGOS DE CARUCEDO**

Los lagos de Carucedo (son dos cubetas, una grande y una pequeña) se encuentran dentro del término regional de El Bierzo, en el oeste de la provincia de León, en la comunidad autónoma de Castilla y León (42°29'N 6°46'O), y comprende una superficie de 56,5 km<sup>2</sup> con una profundidad máxima de 9 metros. Estos lagos se encuentran a una altitud de 485 metros respecto al nivel del mar y, su origen es antrópico aunque de manera indirecta ya que se crearon en el siglo I a. C. por la actividad minera de los romanos, que explotaron Las Médulas para obtener oro. Se formaron gracias al represamiento de un flujo fluvial, represamiento hecho por la acumulación de sedimentos provenientes de Las Médulas (de ahí el origen antrópico indirecto). El principal impacto directo que tiene el lago es el vertido de aguas fecales procedente del pueblo de Carucedo (Diario de León, 2013).

- GEOLOGIA:

Son principalmente depósitos de arenas del terciario, en su mayoría arcillas, margas, pizarras y algunas calizas procedentes de la erosión de la montaña donde actualmente se encuentran las Médulas.

- VEGETACION:

Es una zona rodeada de abundante vegetación de encinas, castaños, sauces y juncos entre otras especies vegetales. Su principal atractivo es la gran variedad de aves que anidan en el entorno del lago (Las rutas del agua, 2013). Actualmente este entorno está compuesto por las ya mencionadas combinaciones de arbolado, pero se puede observar que también hay zonas de cultivo y de pastizales que rodean el lago (iberpix, 2013).

- CLIMA:

Nos encontramos justamente en el límite entre la región eurosiberiana y mediterránea, aunque es la segunda la que posee una dominancia climática. Aún así, especies típicas eurosiberianas como el castaño (*Quercus robur*) aparecen en este entorno natural junto con brezales y algunos escobornales. Por lo tanto es una zona que tiene una mayor precipitación y en consecuencia una mayor humedad ambiental que hace de esta zona un lugar idóneo para ver representado los diferentes climas de la Península Ibérica (lago sumido, 2013).

- **LAGUNAS DE VILLAFÁFILA**

La Reserva Natural de Lagunas de Villafáfila se encuentra en la región de Tierra de Campo, en el noroeste de la provincia de Zamora (41°49'N 5°36'O). Dentro de esta Reserva Natural encontramos un complejo de lagunas, denominadas “Las Salinas” debido a la elevada concentración de sales que

contienen estas aguas. Esta elevada salinidad se debe al arrastre de los sedimentos en la época húmeda y a su posterior acumulación cuando en el verano se evapora el agua.

En el presente estudio se tomaron muestras y análisis físico-químicos de la Laguna Grande, que posee una superficie de 192 Ha pero de profundidad muy escasa. Estas lagunas se encuentran a una altitud de 678 metros respecto al nivel del mar.

Estos sistemas son temporales y pueden llegar a secarse del todo, por lo que los peces que existen llegan por los arroyos y, además, es un punto importante de cría de muchas aves.

#### ○ GEOLOGIA Y MORFOMETRIA:

Los datos geológicos indican que los materiales mas representativos pertenecen al terciario y al Cuaternario, cubriendo a los materiales paleozoicos que forman la base de la cuenca. El carácter salino lo dan la gran cantidad de sales que contiene el sustrato de origen Terciario, ya que son materiales detríticos y en parte carbonatados. El sustrato es en gran parte impermeable y no existen filtraciones debido al sustrato arcilloso del fondo (margas, yesos, arcillas, conglomerados, etc.). (patrimonio natural, 2013).

#### ○ CLIMA Y VEGETACIÓN:

Esta zona de estudio también se encuentra en la región Carpetano Ibérico-Leonesa, más concretamente en zonas del Supramediterráneo (Rivas Martínez *et al.* 1987). Las bajas temperaturas que se dan en esta región condicionan fuertemente a la vegetación, por lo tanto son plantas de un porte pequeño, y muy resistentes al frío y al calor estival (son zonas esteparias). Los principales representantes de la vegetación terrestre son el *Cyperus rotundus* y el gramón. Con respecto a las especies acuáticas mencionar a tres especies del genero *Scirpus*, *maritimus*, *litoralis* y *lacustris* (patrimonio natural, 2013).

Este espacio natural fue deforestado principalmente para el uso agrícola. Actualmente se siembran cereales como trigo, cebada y alfalfa de secano así como plantas ruderales características. Esta monotonía se ve ligeramente alterada por alguna pequeña alameda y unos escasos ejemplares de pino piñonero (*Pinus pinea*).

#### ○ FAUNA:

Es una importante reserva de aves esteparias ya que contiene el 50% de todas las aves acuáticas censadas en Castilla y León. Las mas representativas son: la avutarda (Otis tarda), cernícalo primilla, aguilucho cenizo y el sisón entre otros. Como nidificantes pueden destacarse la cigüeñuela, la avoceta, el aguilucho lagunero, la pagaza piconegra, la avefría, el azulón, el zampullín, la cigüeña blanca, el pato cuchara y el chorlitejo chico. Como únicamente invernantes o en paso citaremos al ánser común, con una media de 26.000 individuos invernantes en la última década, la grulla, el ánade friso, la cerceta común y la espátula. (patrimonio natural, 2013)



## 2) ANÁLISIS PREVIOS

Se realizaron una serie de análisis exploratorios de la zona del Parque Natural del Lago de Sanabria y alrededores mediante el uso de dos programas de GIS (Sistemas de Información Geográfica) diferentes: Idrisi-kilimanjaro y ArcMap; este último lo encontramos en el paquete de ArcGis 9.3.

La principal diferencia entre ambos software de GIS es la posibilidad que proporciona Idrisi-kilimanjaro de usar capas ráster además de las capas vectoriales, al contrario que ArcMap que sólo permite el uso de capas vectoriales.

- EXPLORACIÓN VISUAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Con Idrisi-kilimanjaro usaremos capas ráster con una resolución de 1x1 km. En esta exploración usaremos este programa y diferentes capas para analizar la orografía (gracias a una capa de modelo digital de elevaciones o MDE), la red hidrográfica del Duero y la posición del Lago de Sanabria. Además, se sumaron imágenes de cada mes durante un año para obtener una nueva capa ráster que representara la precipitación total anual.

Usando el programa ArcMap y sus capas vectoriales analizaremos el entorno ecológico del Parque Natural gracias al uso de una capa de la composición del sustrato. Gracias a esta capa del sustrato y con la red hidrográfica del Duero y la disposición del lago conoceremos la litología de la zona sin necesidad de desplazarnos al lugar.

- ANÁLISIS

Haremos un análisis de la red de drenaje de la cuenca hidrográfica con Idrisi-kilimanjaro. Para ello, primero hay que delimitar la cuenca hidrográfica mediante el corte de capas y estimando el área mínima a la que se debe considerar una cuenca.

Abriremos las capas DEM de Sanabria, la red hidrográfica del Duero y la de la localización de los lagos de Sanabria. Con todo ello, identificaremos las vías de drenaje del área de interés gracias a la función *perform it removal* de la opción “runoff” (escorrentía). Con todo ello conoceremos la dirección a la que el agua caería sobre cada celdilla mediante las pendientes extraídas del MDE, identificando así las diferentes cuencas hidrográficas. Por último, usaremos la función “watershed” para determinar, como ya se comentó anteriormente, el área mínima a la que debemos considerar una cuenca hidrográfica para así descartar pequeñas cuencas que acaban formando una misma más grande.

Además, para conocer la cantidad de agua que recoge la cuenca hidrográfica habrá que calcular el área de la cuenca, obteniendo una capa nueva en la que sólo aparece la cuenca gracias a la reclasificación de la capa anterior con las diferentes cuencas (se da un valor de 1 a la cuenca que queremos y un valor 0 al resto, para así obtener una capa en la que sólo se encuentre nuestra cuenca). Con el área (163 km<sup>2</sup>) y la

cantidad promedio anual de agua caída en la cuenca ( $1700 \text{ l/m}^2$ ), obtenida anteriormente, se obtiene la cantidad de agua recogida en la cuenca ( $277 \text{ Hm}^3$ ).

### 3) METODOLOGÍA IN-SITU

- ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

Para la recogida de datos físico-químicos se usaron diferentes aparatos dependiendo de la variable a medir. Así pues, se usaron los siguientes materiales para la obtención de estos datos:

- pH-metro: para la medición del pH y de la temperatura (en grados centígrados).
- Conductivímetro: para medir la concentración total de sales en el sistema (a mayor concentración de sales mayor será la conductividad que posee el sistema). Esta medida refleja la composición de la roca en la que se encuentra el sistema, ya que una roca dura no aportará prácticamente materiales al sistema (granitos, gneises, etc.), al contrario que en el caso de una roca blanda (calizas). Esta medida se toma en  $\mu\text{S/cm}$  (microSiemens/centímetro).
- Oxímetro: para medir la concentración de oxígeno en el sistema. Esta medida se toma en partes por millón (ppm) o en porcentaje de saturación (%).

También, en el caso de la toma de medidas en los sistemas lóticos (que se realiza para conocer las características de las aguas que van a llegar al sistema lenítico), se midió el caudal del sistema, para lo cual se realizaron mediciones de la velocidad de la corriente (m/s) con el Correntímetro cada medio metro a lo largo del ancho del río.

Además de las mediciones de corriente se midió la profundidad en cada punto para, con la media de la velocidad, obtener una superficie en la que medir el flujo.

- ÍNDICES

Se determinaron los índices QBR (Índice de Calidad del Bosque de Ribera) y el IHF (Índice de evaluación del Hábitat Fluvial) para valorar los aspectos físicos, biológicos y el estado de conservación de las zonas de estudio. Estos índices son muy sencillos de obtener y proporcionan un análisis rápido y económico del estado del sistema fluvial de estudio. Cabe señalar que estos índices proporcionan un estado global del sistema y es necesario completarlo con el resto de análisis hechos en otros apartados de este trabajo.

#### a) **Índice QBR o Índice de Calidad del Bosque de Ribera.**

El QBR es un índice que se basa en la observación de las características de la vegetación del bosque de ribera (que llega hasta la zona inundable en caso de crecida) y de la alteración o no del cauce del río. Se compone de cuatro bloques independientes, cada uno de los cuales valora diferentes componentes del sistema (Solá & Prat, 1998):

1. Grado de cubierta vegetal de las riberas.

2. Estructura vertical de la vegetación.
3. Calidad y la diversidad de la cubierta vegetal.
4. Grado de naturalidad del canal fluvial.

Cada bloque recibe una puntuación entre 0 y 25, y la suma de los cuatro bloques da la puntuación final del índice, que expresa el nivel de calidad de la zona de estudio. En la puntuación se suman todos los elementos que aportan cierta calidad al ecosistema de ribera, y resta todo aquello que supone una alteración. Por lo tanto, el nivel de calidad es máximo se da cuando las riberas evaluadas no presentan alteraciones antrópicas.

#### **b) Índice IHF o Índice de evaluación del Hábitat Fluvial para ríos mediterráneos.**

El índice IHF es un índice que evalúa la heterogeneidad ambiental o la diversidad de hábitats fluviales. La valoración de la diversidad de hábitats es, además, esencial para interpretar adecuadamente otros indicadores fundamentales en la determinación del estado ecológico, como son los elementos de calidad biológica. Así, cuando de forma natural los ríos presentan una baja diversidad de sustratos y por consiguiente también de hábitats disponibles para la flora o la fauna acuáticas, las comunidades biológicas pueden estar empobrecidas sin que haya ninguna causa antrópica.

Como observación, cabe destacar que no hay que evaluar el hábitat inmediatamente después de una crecida ya que puede presentarse alterado el sistema y obtener así un análisis erróneo del mismo.

El IHF evalúa la presencia de 7 parámetros diferentes que hacen referencia al hábitat fluvial:

- Composición del sustrato y medida de las partículas. (Máx. 20 puntos)
- Regímenes de velocidad/profundidad. (Máx. 10 puntos)
- Inclusión rápidos – sedimentación pozas. (Máx. 10 puntos)
- Frecuencia de rápidos. (Máx. 10 puntos)
- Porcentaje de sombra en el cauce. (Máx. 10 puntos)
- Elementos de heterogeneidad. (Máx. 10 puntos)
- Cobertura y diversidad de la vegetación acuática. (Máx. 30 puntos)

La puntuación máxima de cada apartado es independiente y la suma de todos ellos nos da el valor del índice IHF, con un máximo de 100 puntos. Cuanto mayor sea la puntuación mayor será la heterogeneidad de hábitats.

## **4) METODOLOGÍA EN EL LABORATORIO**

### **• ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS**

Se llevaron a cabo dos tipos de metodologías:

- Volumetrías: para determinar la alcalinidad total, la dureza total y la concentración de cloruros.
- Colorimetrías: para determinar, gracias al espectrofotómetro, las concentraciones de sulfato, nitrato, nitrito, amonio y fosfato.

Los protocolos a llevar a cabo para la determinación de cada uno de los análisis lo encontramos en los manuales APHA-AWWA-WPCF. 1989 y 1992.

- IDENTIFICACIÓN DE LOS ORGANISMOS

**a) Identificación de macroinvertebrados e índice IBMWP.**

En el laboratorio se identificó cada uno de los ejemplares recolectados en cada punto de muestreo (con una red de mano de unos 300  $\mu\text{m}$  de luz de malla) y, fijadas en alcohol, en los botes para, posteriormente, conseguir hallar el índice IBMWP.

El muestreo se realiza de aguas abajo hacia aguas arriba para evitar que la perturbación provocada por el removimiento del sustrato no provoque que los animales huyan y, por tanto, no sean identificados en el laboratorio (alterando así el valor del índice).

Este índice se obtiene a partir de la diversidad de familias de macroinvertebrados obtenidos en cada punto de muestreo del sistema fluvial. Cada familia posee un valor determinado en el índice en función de su sensibilidad a la contaminación, poseyendo un valor de 1 las especies más tolerantes y 10 las más sensibles. Por tanto, cuantas más especies sensibles encontremos, mejor será la calidad de las aguas del estudio.

Se suma la puntuación total obtenida por todas las familias en un muestreo en un tramo de río dado y se obtiene el índice IBMWP del tramo, asignándose un rango de calidad, clasificados en 5 clases, siendo la clase I (valor mayor a 100) la indicadora de una muy buena calidad de las aguas y, la clase V (valor menor de 15) indicadora de una mala calidad de las aguas. Cada clase de calidad se representa de un color diferente para hacer este índice más reconocible visualmente.

- PLANCTON

Es importante conocer el tipo de organismos que forman el plancton de un sistema acuático ya que dependiendo de qué organismos existan son unos claros bioindicadores de la buena o mala calidad del sistema.

Para la toma de muestras en el campo, necesitamos redes de arrastre de diferentes luces de malla para el fitoplancton y el zooplancton, botes para poder recoger una muestra, en los que se fija la muestra para que más tarde la analicemos en el laboratorio; cada bote lo etiquetamos con el lugar de recogida.

Una vez en el laboratorio, necesitamos pinzas, placas de Petri, pipetas Pasteur, bateas de plástico, lupas binoculares y microscopios.

Para ver los distintos organismos de las muestras, se toman unas gotas del fondo del bote con las pipetas Pasteur con cuidado de no removerla, se pone la gota en un porta y se coloca el cubreobjetos

teniendo cuidado para que no se formen burbujas de aire. Ahora, se observan al microscopio para ver la diversidad de formas existente y la abundancia de cada una de ellas.

### ○ **Fitoplancton**

Para la recolección de muestras de fitoplancton se usó una red de arrastre con una luz de malla de 37  $\mu\text{m}$ , que se lanzó y arrastró varias veces para asegurar una buena recogida de la muestra.

Para que la muestra se mantenga en buen estado y podamos observar los distintos organismos, una vez cogemos el agua, fijamos con una solución de lugol para que las formas más delicadas no se desintegren.

### ○ **Zooplancton**

Para la toma de muestras de zooplancton se usó el mismo procedimiento que con el fitoplancton, es decir, se recogió gracias a una red de arrastre, pero en este caso con una luz de malla mayor y, se fijaron con etanol en vez de lugol.

## **RESULTADOS**

Presentación de los resultados obtenidos en las distintas zonas de estudio: Villafáfila, Lago de Sanabria, Río Tera (entrada al Lago), Río Tera (salida), Lagos del altiplano (Laguna de los Peces y Laguna de las Yeguas), Forcadura y Lago de Carucedo.

Por una parte tenemos los datos físico-químicos y resultantes del análisis de las aguas: pH, temperatura, conductividad, concentración de oxígeno, salinidad total, dureza total, concentración de cloruros, sulfatos, nitratos y fosfato.

Por otra parte, se presentan datos del análisis biológico de las muestras acuáticas recogidas en los distintos puntos, diferenciamos así zooplancton, fitoplancton y macroinvertebrados, relacionándolos con el Índice IBMWP.

Además del índice IBMWP, también se presentan los indicadores de calidad hidromorfológica: en las zonas del Río Tera (entrada y salida), son el QBR (calidad del bosque de ribera) y el IHF (índice de hábitat fluvial).

Así como una recopilación de las especies vegetales más características de cada zona.

### • **PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS:**

Medidos '*in-situ*'.

Los espacios representados por (\*) indican una falta de datos, debido a un problema con el pHímetro.

	pH	Temperatura (°C)	Conductividad (μS/m)	Oxígeno (%)	Oxígeno (ppm)
Villafáfila	9,1-9,4	18,-19,7	5970	31,2-33,9	2,4-2,5
Lago de Sanabria	7-7,7	8,6-8,9	7,6-7,8	37	3,2
Río Tera salida	6,82	13,5	28,6-49,4	17	1,3
Río Tera entrada	6,38	9-11,2	31,2-31,8	89,7-90,1	9,84
Laguna de los Peces	*	9,3-9,8	1,2	91,8-94	10,64
Laguna de las Yeguas	*	2,7-5,3	1,28-1,40	91,8-96,7	11,87
Forcadura	*	14,1	6,57	124	12,76
Lago de Carucedo	7,4-7,7	16,5-16,9	279	121,3-144,9	11,94-13,84

Tabla 1. Recopilación de datos físico-químicos de las distintas zonas de estudio.

- **Análisis del agua:**

Mediante volumetrías y colorimetrías. Resultados obtenidos en diferentes días de trabajo.

	Villafáfila	Sanabria	Carucedo
Alcalinidad (mg/L)	44	7	50
Dureza total (mg/L)	90	18	98
Cloruros (mg/L)	2.380	3	0,8
Sulfatos (mg/L)	83	0	18
Nitrato (mg/L) $\text{N/NO}_3^-$	< 0,1	0,1	0,2
Fosfato (mg/L $\text{PO}_4^{3-}$ )	0,09	0,27	0,05

Tabla 2. Tabla 1 del análisis del agua muestreada.

	Villafáfila	Sanabria	Carucedo
Alcalinidad (mg/L)	119	6	90
Dureza total (mg/L)	226	3	109
Cloruros (mg/L)	950	(no hay agua)	18
Sulfatos (mg/L)	79	1	19
Nitrato (mg/L) $\text{N/NO}_3^-$	0	0,1	0,4
Fosfato (mg/L $\text{PO}_4^{3-}$ )	0,25	0,1	0,05

Tabla 3. Tabla 2 del análisis del agua muestreada.

- Zooplankton**

			Villafáfila	Sanabria	Yeguas	Peces	Carucedo
Phyllum Rotifera	Orden Flosculariaceae		1				
Phyllum Rotifera		<i>Asplanchna sp.</i>					1
Phyllum Rotifera	Clase Monogonta	<i>Brachionus sp.</i>	1	1			
Phyllum Rotifera		<i>Trichocerca</i>		1			
Phyllum Rotifera		<i>Kellicotia</i>		1			
Phyllum Rotifera		<i>Euchlanis</i>	1				
Clase Branchiopoda	Orden Spinacaudata						1
Clase Branchiopoda	Orden Anomopoda	Euricercidae	1				1
		<i>Daphnia atkinsoni</i>	1				
		<i>Daphnia longispina</i>	1				
	Orden Anostraca	<i>Brachinecta ferox</i>	1				
Clase Maxillopoda	Subclase Copepoda	Orden Cyclopoida	1	1	1		1
		Orden Calanoida	1	1	1		
		Orden Harpacticoida	1				
		Nauplius	1				
Clase Maxillopoda	Subclase Ostracoda		1				
Clase Nematoda				1			
Orden Diptera	pupa de Chironomido			1			
Acari		Hydracarina				1	

Tabla 4. Tabla comparativa del zooplankton analizado en las distintas zonas de estudio

- Fitoplancton**

	Género	Villafáfila	Sanabria	Yeguas	Peces	Carucedo
Cyanophyceae	<i>Anabaena</i>			1		1
	<i>Oscillatoria</i>					1
	<i>Lyngbya sp</i>					1
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Amphora</i>				1	
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Fragilaria</i>		1	1	1	1
	<i>Fragilaria crotonensis</i>			1		
	<i>Fragilaria capucina</i>			1		
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Nitzschia</i>			1	1	1
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Stauroneis</i>			1		1
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Surirella</i>			1		1
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Tabellaria fenestrata</i>	1		1	1	
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Tabellaria flocculosa</i>			1	1	

Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Ankistrodesmus sp.</i>			1		
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Tabellaria</i>		1			
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Diatomea elongatum</i>		1			
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Navicula radiosa</i>			1		1
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Navicula</i>	1	1	1	1	1
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Asterionella formosa</i>		1		1	1
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Nitzschia sigmoidea</i>		1			
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Nitzschia</i>		1		1	
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Stauroneis anceps</i>		1			
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Cymbella</i>			1		1
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Stauroneis</i>					
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Synedra</i>					1
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Achnantes</i>	1				
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Pinnularia</i>				1	1
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Gomphonema</i>				1	1
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Aulacoseira</i>				1	
Xantophylla	<i>Amonoloneis</i>					1
Xantophylla	<i>Bumilleriopsis</i>		1	1		1
Cryptophyta	<i>Botrydiopsis</i>			1		
Cryptophyta	<i>Chroomonas</i>			1		1
Chlorophyceae	<i>Chlamydomonas</i>	1	1	1		
Chlorophyceae	<i>Spirogyra sp.</i>			1		
Chlorophyceae	<i>Zygnema</i>			1		
Chlorophyceae	<i>Mougeotia</i>					1
Chlorophyceae	<i>Cosmarium</i>					1
Chlorophyceae	<i>Micrasterias</i>					1
Chlorophyceae	<i>Schroederia</i>	1	1			
Chlorophyceae	<i>Oedogonium</i>	1				
Chlorophyceae	<i>Staurodesmus</i>			1		
Chlorophyceae	<i>Closterium lunula</i>					
Chlorophyceae	<i>Desmidium sp.</i>		1			
Chlorophyceae	<i>Scenedesmus</i>	1			1	
Chlorophyceae	<i>Spirogyra sp</i>	1		1	1	
Chlorophyceae	<i>Ulothrix</i>		1		1	1
Chlorophyceae	<i>Gonium sp</i>			1	1	
Chlorophyceae	<i>Monoraphidium</i>	1			1	
Chlorophyceae	<i>Dictyosphaerium</i>					
Charophyceae	<i>Pleurotaenium sp</i>			1		
Dinofíceae	<i>Peridinium cinctum</i>			1		

Tabla 5. Tabla comparativa del fitoplancton analizado de las distintas zonas de estudio



- **Macroinvertebrados:**

Muestreado de bentos.

- **Villafáfila.**

Taxón	Puntuación IBMWP
<b>Dípteros.</b> Fam. Chironomidae	2
<b>TOTAL</b>	2

Tabla 6. Tabla de puntuación del muestreado de bentos en las Lagunas de Villafáfila.

➤ **Indicadores de calidad biológica:**

- **Índice IBMWP:** con un valor de 2 (clase V, <15) este índice nos muestra unas aguas fuertemente contaminadas. Representado por el color rojo.
- **Índice ASTP:**  $IBMWP / n^{\circ} \text{ familias} = 2/1 = 2$ . Es la puntuación media de las familias.

- **Río Tera, entrada.**

Taxón	Puntuación IBMWP
<b>Hirudíneos.</b> Fam. Hydrudinidae	3
<b>Efemerópteros.</b> Fam. Baetidae	4
Fam. Caenidae	4
Fam. Heptageniidae	10
Fam. Polymitarcidae	5
Fam. Ephemerellidae	7
<b>Odonatos.</b> Fam. Gomphidae	8
Fam. Calopterygidae	8
Fam. Libellulidae	8
Fam. Platycnemididae	6
<b>Tricópteros.</b> Fam. Brachycentridae	10
Fam. Lepidostomatidae	10
Fam. Economididae	7
Fam. Hydropsychidae	5
Fam. Rhyacophilidae	7
Fam. Limnephilidae	7
<b>Plecópteros.</b>	10

Fam. Taeniopterygidae	
Fam. Nemouridae	7
Fam. Chloroperlidae	10
<b>Heterópteros.</b>	3
Fam. Nepidae	
Fam. Naurocoridae	3
<b>Dípteros.</b>	2
Fam. Chiromidae	
Fam. Simuliidae	5
<b>TOTAL</b>	155

Tabla 7. Tabla de puntuación del muestreo de bentos en el Río Tera, entrada.

➤ **Indicadores de calidad biológica:**

- **Índice IBMWP:** con un valor de 155 este índice nos muestra unas aguas muy limpias, no contaminadas ni alteradas. Calidad de clase I. Representado por el color azul.
- **Índice ASTP:**  $IBMWP / n^{\circ} \text{ familias} = 155/23 = 6,74$ . Es la puntuación media de las familias representadas.

- **Río Tera, salida.**

Taxón	Puntuación IBMWP
<b>Efemerópteros.</b>	10
Fam. Ephemerellidae	
Fam. Siphonuridae	10
<b>Tricópteros</b>	7
Fam. Limnephilidae	
<b>TOTAL</b>	27

Tabla 8. Tabla de puntuación del muestreo de bentos en el Río Tera, salida.

➤ **Indicadores de calidad biológica:**

- **Índice IBMWP:** con un valor de 27 (clase IV, 16-35) este índice nos muestra unas aguas muy contaminadas. Representado por el color naranja.
- **Índice ASTP:**  $IBMWP / n^{\circ} \text{ familias} = 27/3 = 9$ . Es la puntuación media de las familias.

- **Laguna de los Peces.**

Taxón	Puntuación IBMWP
<b>Ácaros.</b>	4
Fam. Hydrachnellae	

<b>Coleópteros</b> Fam. Hydrophilidae	3
<b>Heterópteros</b> Fam. Corixidae	3
<b>Oligoquetos</b>	1
<b>Tricópteros</b> Fam. Brachycentridae	10
<b>TOTAL</b>	21

Tabla 9. Tabla de puntuación del muestreado de bentos en la Laguna de los Peces.

➤ **Indicadores de calidad biológica:**

- **Índice IBMWP:** con un valor de 21 (clase IV, 16-35) este índice nos muestra unas aguas muy contaminadas. Representado por el color naranja.
- **Índice ASTP:**  $IBMWP / n^{\circ} \text{ familias} = 21/5 = 4,2$ . Es la puntuación media de las familias.

- **Forcadura.**

Taxón	Puntuación IBMWP
<b>Efemerópteros</b> Fam. Heptageniidae	10
<b>Coleópteros</b> Fam. Gyrinidae	3
<b>Heterópteros</b> Fam. Corixidae	3
<b>Tricópteros</b> Fam. Limnephilidae	7
<b>TOTAL</b>	23

Tabla 10. Tabla de puntuación del muestreado de bentos en Forcadura.

➤ **Indicadores de calidad biológica:**

- **Índice IBMWP:** con un valor de 23 (clase IV, 16-35) este índice nos muestra unas aguas muy contaminadas. Representado por el color naranja.
- **Índice ASTP:**  $IBMWP / n^{\circ} \text{ familias} = 23/4 = 5,75$ . Es la puntuación media de las familias.

- **Lago de Carucedo.**

Taxón	Puntuación IBMWP
<b>Ácaros.</b> Fam. Hydrachnellae	4

<b>Coleópteros</b> Fam. Dytiscidae	3
<b>Efemerópteros.</b> Fam. Baetidae	4
Fam. Caenidae	4
Fam. Ephemerellidae	7
<b>Odonatos.</b> Fam. Coenagrionidae	6
<b>Plecópteros.</b> Fam. Taeniopterygidae	10
Fam. Nemouridae	7
Fam. Perlodidae	10
<b>Heterópteros.</b> Fam. Naurocoridae	3
Fam. Corixidae	3
<b>Dípteros.</b> Fam. Chiromidae	2
Fam. Tipulidae	5
<b>TOTAL</b>	68

Tabla 11. Tabla de puntuación del muestreado de bentos en el Lago de Carucedo.

➤ **Indicadores de calidad biológica:**

- **Índice IBMWP:** con un valor de 68 este índice nos muestra algunos efectos de contaminación en las aguas. Calidad de clase II (61-100). Representado por el color verde.
- **Índice ASTP:**  $IBMWP / n^{\circ} \text{ familias} = 68/13 = 5,23$ . Es la puntuación media de las familias representadas.

• **Índice QBR. Calificación de la zona de ribera de los ecosistemas fluviales.**

Exponemos la puntuación por bloque y puntuación final.

**Río Tera (salida del Lago):**

- **1.** Grado de cubierta de la zona: 5. Consideramos entre un 10-50% de cubierta vegetal de la zona de ribera, además de una conectividad con el ecosistema forestal adyacente muy alta (mayor al 50%).
- **2.** Estructura de la cubierta: 10. Observamos una cobertura de árboles inferior al 50% y un porcentaje de arbustos del 10-25%. Y los árboles tienen un sotobosque arbustivo.
- **3.** Calidad de la cubierta: determinamos el tipo geomorfológico de la zona de ribera como de tipo 2: una ribera con una potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada, tramo medio de los ríos. 30. Por el número de especies de árboles o arbustos autóctonos. La comunidad longitudinal al canal fluvial en más del 75% del tramo, y presentar estructuras construidas por el hombre (puente).

- **4.** Grado de Naturalidad del canal fluvial: 25. No observamos indicios de que el canal del río haya estado modificado.
- **Total: 75** – Calidad buena, bosque de ribera ligeramente perturbado. Color representativo verde.

**Río Tera (entrada al Lago):**

1. Grado de cubierta de la zona: -5. Consideramos entre un 10-50% de cubierta vegetal de la zona de ribera, pero la conectividad con el ecosistema forestal adyacente es baja, inferior al 25%
2. Estructura de la cubierta: 0. Observamos una cobertura de árboles inferior al 50% y un porcentaje de arbustos del 10-25%. Y los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad.
3. Calidad de la cubierta: determinamos el tipo geomorfológico de la zona de ribera como de tipo 2: una ribera con una potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada, tramo medio de los ríos. 20. Por el número de especies de árboles o arbustos autóctonos (mayor de 2) y presentar estructuras construidas por el hombre (puente).
4. Grado de Naturalidad del canal fluvial: 25. No vemos que el canal del río haya estado modificado.

**Total: 40** – Calidad deficiente, existe una alteración fuerte. Color representativo naranja.

• **Índice IHF. Evaluación del Hábitat Fluvial para Ríos Mediterráneos:**

Exponemos los resultados y puntuaciones obtenidos para cada bloque.

**Río Tera, salida del Lago:**

1. Inclusión Rápidos-sedimentación pozas: 5. Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30-60%
2. Frecuencia de Rápidos: 10. Observamos alta frecuencia de rápidos y la relación de la distancia entre rápidos y anchura del río es menor a 7.
3. Composición del sustrato: 7. Más del 10% de bloques y piedras y poco porcentaje (1-10%) de cantos y gravas.
4. Regímenes de velocidad/profundidad: 4. Nuestro tramo contenía solo zonas rápidas y profundas, sólo una categoría de las cuatro.
5. Porcentaje de sombra en el cauce: 7. Consideramos que había un sombreado total.
6. Elementos de heterogeneidad: 2. Observamos hojarasca.
7. Cobertura de vegetación acuática: 5. Compuesta por plecton, briófitos y pecton.

Total: 40 Este valor indica un hábitat fluvial poco diverso, no llega a buena.

### **Río Tera, entrada al Lago:**

1. Inclusión Rápidos-sedimentación pozas: 5. Piedras, cantos rodados y gravas poco fijados por sedimentos finos. Inclusión 30-60%.
2. Frecuencia de Rápidos: 4 Observamos una constancia de flujo laminar o rápidos someros y la relación de la distancia entre rápidos y anchura del río es mayor a 25.
3. Composición del sustrato: 12. Más del 10% de bloques y piedras, cantos y gravas y menor porcentaje (1- 10%) de arena.
4. Regímenes de velocidad/profundidad: 6. Nuestro tramo contenía solo dos categorías de las cuatro. (lento-somero y rápido-somero), como puede observarse en la tabla que relaciona profundidad-velocidad según se avanza en el río.

Ribadelago		
P muestreo	Prof. Cm	Veloc m/s
0,5	15	0,12
1	27	0,19
1,5	33	0,21
2	38	0,2
2,5	35	0,2
3	29	0,18
3,5	16	0,1
4	20	0
4,5	31	0
5	36	0,32
5,5	43	0,34
6	40	0,33
6,5	40	0,26
7	39	0,23
7,5	36	0,13
8	35	0,11
8,5	42	0,09
9	40	0,26
9,5	41	0,31
10	43	0,39
10,5	51	0,3
11	50	0,33
11,5	40	0,17
12	37	0,08
12,5	34	0,1
13	21	0,54
13,5	15	0,28

14	15	0,77
14,5	25	0,1
15	25	0,51
15,5	35	0,69
16	53	0,45
16,5	54	0,17
17	39	0,16

Tabla 12. Tabla de la profundidad y velocidad del Río Tera en la entrada al Lago.

Todas las mediciones tienen un régimen de profundidad menos a 0,5 m/s (son someras) excepto dos datos finales, que apenas lo sobrepasan, por lo que consideramos que todo el tramo estudiado fue somero. Con regímenes de velocidad mayormente lentos ( $< 0,3$  m/s) y algunos rápidos según aumentamos la profundidad.

5. Porcentaje de sombra en el cauce: 5. Consideramos que había grandes claros.

6. Elementos de heterogeneidad: 2. Hay una presencia de troncos y ramas.

7. Cobertura de vegetación acuática: 15. Compuesta por plocon, briófitos, pecton y fanerógamas.

Total: 49 Este valor indica un hábitat fluvial poco diverso. No llega a una buena puntuación, aunque es algo más alta que el caso anterior.

\* Ver tablas en el anexo.

### - Vegetación:

En el Parque Natural del Lago de Sanabria y alrededores, la presencia de *Quercus pirenaica* es característica en toda la zona (hasta los 1.500 metros). En las cercanías al Lago, en la ribera del Río Tera existen *Alnus glutinosa* (alisos), *Populus spp.* (chopos), *Salix alba* (sauce) y *Fraxinus angustifolia* (fresnos). En el altiplano se han observado ejemplares del género *Crocus* (herbácea) y carvones de *Nardus stricta* y *Festuca spp.* En la zona también encontramos *Calluna vulgaris* (brezo), *Cytisus oromediterraneus*, *Junierus comunis*.

La ribera del Lago de Carucedo se diferencia por presentar *Phragmites australis* (carrizo), además de *Salix alba*, cerezos y plantas aromáticas como el romero.

En Las Médulas se encuentra *Erica australis* (Brezo rubio), *Castanea sativa* (castaño), *Populus spp.* (chopos) y *Genista tridentata*.

## DISCUSIÓN

### DISCUSIÓN DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS.

Lago de Sanabria y alrededores.

La conductividad del Lago de Sanabria presenta un valor medio de unos 15  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , un dato muy bajo a causa del sustrato que conforma esta cuenca hidrográfica. Estos materiales son en su mayoría granitos, cuarcitas y gneises los cuales poseen un bajo grado de meteorización y por consiguiente provocan que haya un escaso contenido de sales disueltas en el lago.

Esta baja conductividad se ve favorecida por el periodo en el que se recogieron las muestras, en la estación de primavera. En esta época se dan menores valores de este parámetro debido al crecimiento en biomasa de fitoplancton y algas ribereñas, las cuales se encargan de consumir las escasas sales que se encontrarían disueltas en el agua.

El oxígeno disuelto en estas aguas del Lago de Sanabria, según el muestreo llevado a cabo, tienen una saturación media de 27%. Este dato implica que las aguas no están bien oxigenadas, cabría esperar un valor mayor puesto que los días precedentes al estudio hubo abundantes precipitaciones. Aún así este valor es justificable ya que se trata de un sistema lenítico, donde el agua no tiene movilidad alguna para su oxigenación. Así mismo la época en la que fueron recogidas las muestras coincide con la primavera, cuando se produce un aumento en la cantidad de comunidades biológicas y por tanto de consumo de oxígeno.

La temperatura media medida en el lago es de 11 °C. Esta variable está directamente relacionada con la radiación solar en la superficie del agua, en este caso coincide con lo esperable en la estación de la primavera.

En el muestreo realizado durante los días del estudio se obtuvo un pH muy cercano al 7, se esperarían unos valores más ácidos debido a la composición geológica que se veía anteriormente. Este valor casi neutro podría deberse también a la presencia de fitoplancton, que debido a la adquisición de dióxido de carbono para realizar las fotosíntesis, disminuiría la acidez del agua (De Hoyos, 1996).

La medida de otros parámetros físico-químicos ha sido realizada en el laboratorio, puesto que en *in situ* no se podían llevar a cabo. En el caso de Sanabria todos los valores son muy bajos ya que tienen que ver con la cantidad de distintas sales en el lago, y como se decía con anterioridad son muy escasas. Se tomaron medidas de las siguientes variables:

- Alcalinidad: la alcalinidad en el Lago de Sanabria es muy baja, de unos a 7 mg/l. Este valor viene determinado como se decía anteriormente por la escasa concentración de sales y más concretamente por la baja concentración de bicarbonato.
- Dureza: la dureza total es igualmente de valores bajos, en torno a los 18mg/l. Se corresponde equivalentemente con los bajos valores de sales disueltas, en particular con la baja concentración de sales de magnesio y calcio.



- Cloruros: los cloruros del lago se encuentran en una baja concentración de 3mg/l.
- Sulfatos, nitratos, y fosfatos: se mantienen en valores menores a 1mg/l, debido en parte a la baja cantidad de sales que posee de por sí este lago y por otro lado a su utilización como nutrientes para comunidades biológicas.

#### Lago de Carucedo.

La conductividad en el Lago de Carucedo según nuestro estudio, presenta un valor de 279  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Esta cifra viene determinada por la naturaleza de este lago, originado antrópicamente por acumulación de sedimentos calizos de donde provendría una moderada cantidad de sales que justificaría esta cifra. También se puede ver alterado este parámetro puesto que las condiciones en las que se realizó el muestreo eran de un lago inundado.

La saturación de oxígeno disuelto en este sistema es mayor que en el anterior llegando a la cifra de 121%, existe una sobresaturación. Esto es debido a la aportación de los vertidos fecales del pueblo, lo que provoca que exista una gran cantidad de nutrientes para las comunidades, y por tanto en cuanto más nutrientes se produce más actividad biológica y fotosíntesis, conllevando a mucha cantidad oxígeno.

La temperatura media que se obtuvo en el estudio es de unos 16'5 °C. Una elevada temperatura de media para la estación en la que se realizaron las muestras, pero podría ser a causa de vertidos tanto de origen humano como natural o bien por las características tan peculiares en la que se encontraba en el momento del estudio el lago.

El pH medio estimado en esta zona según los muestreos llevados a cabo es de 7'5. Un pH que se acerca más a básico que a ácido, debido a los materiales de la zona en la que hay una parte caliza lo cual tiene notable influencia sobre este parámetro.

También se analizó posteriormente las aguas de este lago obteniendo valores intermedios entre el Lago de Sanabria y las Lagunas de Villafáfila. Se midieron los mismos parámetros:

- Alcalinidad: la alcalinidad del agua posee una media de 70mg/l, es un valor elevado puesto que esta laguna contiene gran cantidad de sedimentos sólidos disueltos debido a su origen, lo cual ayuda a que esta alcalinidad sea elevada.
- Dureza: la dureza en este sistema es de unos 105mg/l, contiene una buena cantidad de sales de magnesio y calcio en el agua.
- Cloruros: la cantidad de cloruros disueltos no está muy consensuada puesto que se obtuvieron valores dispares en el análisis del laboratorio, pero estaría cerca de los 9mg/l puesto que sus valores de conductividad son más bien elevados.

- Sulfatos: la cantidad de sulfatos de este lago es destacable por su concentración de 18 mg/l, causado por los desechos vertidos.
- Nitratos y fosfatos: los niveles de nitratos y fosfatos se mantienen por debajo de 0'4mg/l debido a que son sustrato de los productores del lago.

### Lagunas de Villafáfila.

La conductividad de estas aguas es muy elevada, de una media de 5500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Esto es causado por su marcado carácter salino, lo cual indica una elevadísima concentración de sales, más concretamente cloruros. A su vez esta concentración de sales se ve favorecida por un sistema en el que apenas hay vías de exportación del agua, principalmente por evaporación, lo que implica una mayor concentración de sales.

La saturación de oxígeno media en las Lagunas de Villafáfila es de un 32%. Esta cifra está relacionada con el carácter lenítico de estas aguas, pero es mayor que en Sanabria puesto que el aire es capaz de oxigenar mejor las aguas debido a la poca profundidad de las mismas.

La temperatura obtenida en el muestreo es de 17 °C, más elevada de lo esperado en la primavera. Esto es debido a que se trata de aguas poco profundas a las cuales llega mucha radiación solar que permite llegar al fondo de las mismas y mantenerse así con altas temperaturas.

En cuanto al pH, encontramos aquí el más básico de los sistemas anteriormente estudiados. No debería ser así ya que gran parte de los materiales son silíceos, pero se encuentra alterado por las elevadas precipitaciones que se han producido antes del estudio. Por este motivo, las arcillas que conforman el fondo de las lagunas habrían sido removidas dando lugar a la medida básica de este parámetro.

Posteriormente se han llevado a cabo los estudios en el laboratorio, dando como resultado unos valores mayores en todos los aspectos que en los otros dos sistemas analizados:

- Alcalinidad: respecto a la alcalinidad no hay consenso en los resultados, pero viendo los posteriores resultados sería esperable un valor alto de este parámetro de unos 100mg/l ya que contiene una elevada cantidad de distintas sales disueltas.
- Dureza: en la dureza total tampoco se obtuvieron unos datos determinantes, aunque al encontrarse el agua turbia por la arcilla del fondo de la laguna cabría esperar un valor alto de 200mg/l de media.
- Cloruros: lo más destacable de estas lagunas salinas es su alto contenido en cloruros con una cifra media de 1700mg/l.

- Sulfatos: la cantidad de sulfato también es elevada de unos 80mg/l debido posiblemente a la escorrentía de los fertilizantes utilizados por los cultivos de cereales y el aporte de los excrementos de aves de la zona.
- Fosfatos y nitratos: se encuentran en una concentración menos a 0'1mg/l puesto que son elementos utilizados por los consumidores primarios.

## **DISCUSIÓN ZOOPLANCTON**

En cada uno de los diversos sistemas acuáticos estudiados se encuentran diferentes ejemplares de zooplancton atendiendo a las características físico químicas definidas anteriormente.

### Sanabria y alrededores.

Los organismos zooplanctónicos del Lago de Sanabria presentan una escasa y baja variabilidad de especies debido a la poca mineralización del lago aunque es el ambiente con más diversidad analizada en cuanto a filos.

Aún con la poca variabilidad de especies, cabe destacar con más representación los filos Rotifera y Crustacea. Del filo Rotífera cabe destacar la presencia de los géneros: *Brachionus*, *Trichocerca* y *Kellicotia*; los cuales son sensibles a la calidad química del agua, por lo que servirán como bioindicadores. Del filo Crustacea destacan el orden Cyclopoida y Calanoides dentro de la clase de los maxillopodos, ambos presentes en la mayoría de sistemas analizados.

También existe la presencia de otros dos filos como son Nematoda y Artrópoda, pertenecientes a este último se analizó una pupa de Chironomido y Acari.

### Lago de Carucedo.

En las muestras del Lago de Carucedo es donde se encontró una menor diversidad de ejemplares, habiendo sólo representantes del filo Crustacea. Este filo es el más común en un sistema lenítico con unas características físico químicas intermedias como son las que presenta este lago.

En el estudio que se llevó a cabo se detectó la presencia del Orden Spinacaudata dentro de la Clase Branchiopoda y del Orden Cyclopoida dentro de la Clase Maxillopoda.

### Lagunas de Villafáfila.

La diversidad de sales y nutrientes disueltos en estas aguas propicia múltiples formas de zooplancton en este ambiente. Es el lugar con mayor diversidad en cuanto a filos y géneros se refiere de las tres áreas de estudio.

El factor común en cuanto a zooplancton de los tres sistemas son los órdenes Cyclopoida y Calanoides dentro de la Clase Maxillopoda. Existen diferentes ejemplares a los hallados en Sanabria, como son el Orden Flosculariaceae, y el género *Euchlanis* en cuanto al filo Rotifera.

En las lagunas salinas de Villafáfila se encontraron sólo dos filos, Rotifera y Crustacea. En Crustacea existe mucha variabilidad tanto en branquiopodos como de maxillopodos:

- Dentro de la Clase Branchiopoda se encuentra el Orden Anomopoda con el género Eurycercidae y las especies *Daphnia atkinsoni* y *Daphnia longispina*; y el Orden Anostraca con la especie *Brachinecta ferox*.
- Por otro lado dentro de la Clase Maxillopoda destacar los órdenes: Cyclopoida, Calanoides y Harpacticoida de la subclase Copepoda; y ejemplares de la subclase Ostracoda.

## **DISCUSIÓN FITOPLANCTON**

Las algas de las aguas libres de los lagos y grandes ríos constituyen el fitoplancton, en el cual coexisten poblaciones de distintas especies. En el fitoplancton podemos encontrar pequeñas plantas cuya distribución está más o menos sujeta a los movimientos del agua: algunas algas planctónicas se pueden mover mediante flagelos y otros mecanismos que alteran su distribución gracias a los mecanismos de flotabilidad, pero la mayoría flotan libremente, descendiendo y sedimentando al ser su densidad ligeramente superior a la del agua (**1. R. G. Wetzel**).

- Fitoplancton Sanabria

Como podemos observar en la Tabla 5, no se han encontrado muchas especies de fitoplancton debido a la época de muestreo muy cercana aún al invierno en la que aún existe deshielo y ello produce un ambiente poco apropiado, en cuanto a bajas temperaturas, para que el fitoplancton prolifere. Y esta característica abiótica junto con las características oligotróficas del Lago de Sanabria son las responsables del bajo número de individuos y especies encontradas.

El grupo más representado son las diatomeas, lógico en este momento ya que en el deshielo el agua puede arrastrar sílice de las rocas colindantes, proporcionándoselo a las diatomeas para producir su frústula.

El siguiente grupo más representado son las clorofíceas, con pocos representantes por las condiciones anteriormente mencionadas.

Por último, encontramos un único representante del grupo de las Crisofíceas. Este representante es *Dinobryon*, una de las especies principales de Crisofíceas en Sanabria, ya que son típicas de aguas oligotróficas y ácidas. Están más representadas en las épocas frías, por lo que su número debería disminuirse según empiezan los meses más cálidos (De Hoyos, 1996).

Cabe destacar que no se han encontrado Cianofíceas lo cual, según De Hoyos (1996) indicaría que en este momento el nitrógeno no sería el nutriente limitante en el lago ya que es en esas situaciones cuando éstas se desarrollan más. Este dato es importante ya que indica que hay bastante nitrógeno en el lago y, por tanto, no se necesitan a estas algas para fijar en el agua el nitrógeno atmosférico. Todo ello es debido al aporte de nitrógeno que se produce por la actividad antrópica en el lago, lo cual es uno de los principales motivos por los que a este lago se le hace un seguimiento exhaustivo.

- Fitoplancton Villafáfila

Al igual que en el caso anterior, al observar la Tabla 5, perteneciente al fitoplancton, se puede apreciar la baja diversidad de fitoplancton presente en la laguna, ya que encontramos sólo representantes de tres filos distintos: Diatomeas (*Tabellaria fenestrata*, *Navicula* y *Achnantes*), Chryptophyta (un único representante no identificado) y Chlorophyceae (*Chlamydomonas*, *Shroederia*, *Oedogonium*, *Scenedesmus*, *Spirogyra* sp., *Monoraphidium*).

Existen menos representantes básicamente por la elevada turbidez de las aguas de la Laguna Grande y debido a la elevada salinidad de las aguas que sólo permite la proliferación de aquellas especies de algas adaptadas a estas elevadas concentraciones de salinidad.

- Fitoplancton Lagunas y Carucedo

A diferencia de los sistemas acuáticos estudiados en las Lagunas de Villafáfila y en el Lago de Sanabria, en las lagunas circundantes al propio lago, tanto en la Laguna de los Peces como en la Laguna de las Yeguas, hemos muestreado una cantidad importante de especies fitoplanctónicas.

Como observamos en la Tabla 5, en ambos sistemas las especies más abundantes que hemos encontrado pertenecen a las Diatomeas, de las cuales hemos encontrado especies muy características como *Tabellaria flocculosa*, *Tabellaria fenestrata*, *Navicula* o *Nitzschia*.

Sin embargo, además de Diatomeas también hemos podido observar una gran cantidad de Cloroficeas, donde *Gonium sp.* y *Spirogyra sp.* han sido las especies más relevantes tanto en la Laguna de las Yeguas como en la de los Peces.

Por último, cabe destacar que en la Laguna de las Yeguas es el único lugar donde hemos observado especies pertenecientes a Caroficeas y Dinoficeas.

En los Lagos de Carucedo también hemos observado la presencia de muchas especies de fitoplancton, donde las Diatomeas siguen siendo las más representativas como *Synedra*, seguidas de las Cloroficeas.

## **DISCUSIÓN MACROINVERTEBRADOS**

Debido a que los macroinvertebrados acuáticos por su tamaño son observables a simple vista, por ser de amplia distribución, poseer ciclos de vida relativamente altos y adaptarse la mayor parte de los grupos a características muy definidas de agua, han sido seleccionados como los mejores indicadores de calidad de agua. Una comunidad natural se caracteriza por tener una alta diversidad o riqueza y un bajo número de individuos por especie. Por el contrario, una comunidad bajo presión de la contaminación, se caracteriza por poseer un bajo número de especies, pero muchos individuos por especie. La diversidad de la comunidad se toma como una medida de la calidad del agua del río (Roldán, G., 1999)

En este estudio se ha utilizado el índice IBMWP (Iberian Biological Monitoring Working Party, Alba-Tercedor *et al.* 2002). Se trata de una modificación del BMWP' (Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega, 1988), que es a su vez una adaptación a la fauna peninsular del índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) desarrollado en el Reino Unido por Armitage *et al.* (1983). Este índice ha sido ampliamente utilizado en los últimos años en diferentes estudios (Zamora-Muñoz *et al.* 1995, Zamora-Muñoz y Alba-Tercedor 1996), ya que se trata de un índice relativamente sencillo de aplicar y que guarda altas correlaciones con otros índices europeos (Rico *et al.* 1992). Además este índice fue recomendado para el estudio de la calidad de las aguas en la península Ibérica por la Asociación Española de Limnología en su Congreso Nacional de 1991 celebrado en Granada.

Al comprobar el IBMWP de las lagunas de Villafáfila, se observa que se ha obtenido un valor menor de 15, lo que equivale a la clase V. Esto indica que se trata de aguas fuertemente contaminadas.

En cuanto al valor obtenido en el río Tera, se observan diferencias si se comparan los valores obtenidos en su entrada y en su salida del lago de Sanabria (Clase I: >150, y Clase IV: 16-35, respectivamente). Estos datos obtenidos indican que en la entrada del río pueden encontrarse aguas muy limpias, mientras que la salida del río son aguas muy contaminadas. No cabría esperar el valor de IBMWP tan bajo obtenido a la salida del río Tera. Esto puede deberse a que se han recogido pocas muestras de macroinvertebrados en esta zona. Pero si se observan las familias encontradas (Ephemereleidae, Siphonuridae y Limnephilidae) y sus altas puntuaciones del IBMWP, puede verse que se trata de grupos característicos de aguas limpias. Según los últimos estudios realizados por la Cuenca Hidrográfica del Duero (imagen X), se puede observar que en la zona del río Tera, los resultados que se obtuvieron se corresponden a los encontrados en esta zona.

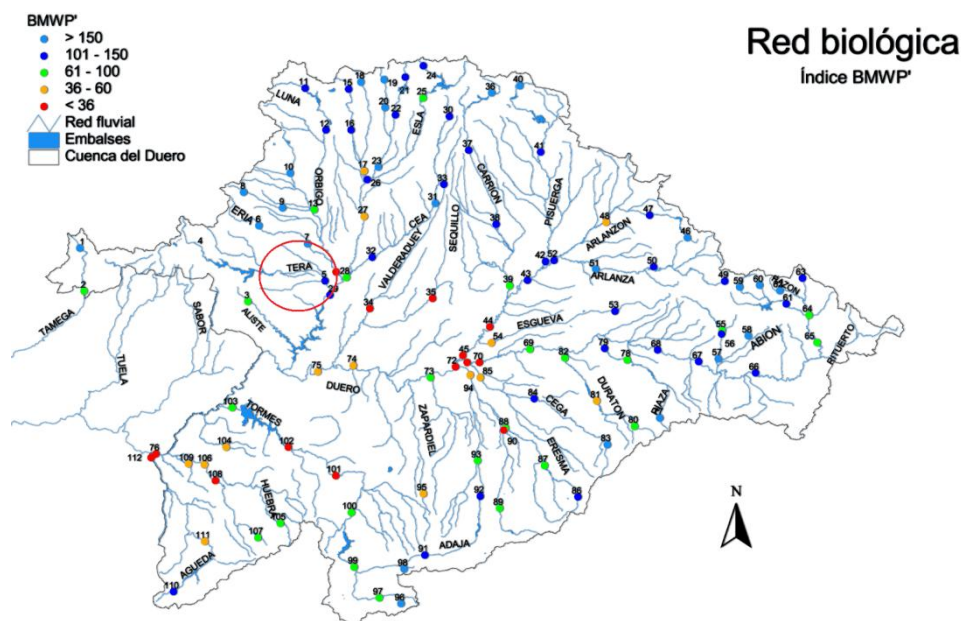


Imagen 13. Mapa que recoge los resultados obtenidos de IBMWP en la Campaña de 2003 realizada por la Cuenca Hidrográfica del Duero (Web CHD)

En relación al valor de IBMWP obtenido en la Laguna de los Peces, se observa que se trata de aguas muy contaminadas, ya que se ha obtenido valores de Clase IV: 16-35. En el Forcadura se han obtenido valores similares de IBMWP a los de la Laguna de los Peces aunque las familias que se han encontrado no son las mismas en ambos casos, ya que son dos sistemas diferentes. Al tratarse de un sistema lenítico frente a uno lótico, los grupos de invertebrados presentes varían. Cabría esperar resultados que indicaran aguas algo contaminadas, debido a que se trata de una zona de influencia ganadera, de represamiento y de turismo (Martínez-Sanz, C., 2012). Sin embargo, los valores obtenidos de contaminación son superiores a lo que cabría esperar en sistemas de alta montaña. Esto podría deberse, de nuevo, a deficiencias en el muestreo.

En el lago de Carucedo se ha obtenido un valor de Clase II: 61-100, lo que indica que se trata de aguas con evidentes efectos de contaminación. Estos datos se corresponden con los reflejados en el *Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica de las cuencas del Miño, Sil y Limia* publicada por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, donde se expone la inexistencia de condiciones de referencia en las que basarse en base a los estudios de macroinvertebrados pero donde se determina un estado ecológico moderado teniendo en cuenta consideraciones relativas a fitoplancton, macrófitos, invertebrados bentónicos y físicoquímicos generales en este sistema.

No se tienen datos de Sanabria ni de Yeguas para comprobación del índice IBMWP, por lo que no se puede decir el nivel de contaminación de estos lugares basándose en él.

## **DISCUSIÓN ÍNDICES QBR E IHF**

Según la puntuación en el índice QBR, es en la salida del Lago donde se indica una buena calidad de la zona de ribera, mucho más rica que en la salida, con una elevada cubierta vegetal de la zona de ribera y conectividad con el ecosistema forestal adyacente, elevado número de especies de árboles alóctonos y que presenta un grado de naturalidad del canal fluvial bastante alto, no está modificado.

El índice IHF, que evalúa el hábitat fluvial, se mantiene constante en ambos lugares, con un valor muy próximo y sin llegar a ser bueno. Por lo que este aspecto no nos muestra diferencias significativas como control de la calidad ecológica.

## **CONCLUSIONES**

El estudio de este sistema lacustre ha de ser integrado en el conjunto del paisaje situado a su alrededor, ya que es imposible un estudio completo sin entender el funcionamiento de los sistemas circundantes del propio lago. Es decir, debemos ser conscientes del desarrollo de las pequeñas lagunas pertenecientes a este sistema lacustre, de la vegetación, del clima o del relieve de la zona. Es fundamental el estudio integrado de todos estos componentes para poder entender a la perfección el desarrollo y funcionamiento del Lago de Sanabria.



Tras los datos obtenidos en el presente estudio y complementados con la bibliografía disponible sobre estudios anteriores, podemos concluir que nos encontramos ante un lago holomíctico, es decir, un lago en el cual se mezcla toda la columna de agua. Hay una alternancia entre los períodos de mezcla y los períodos de estratificación. Estas alternancias están determinadas por el balance hídrico (régimen de precipitaciones) y, consecuentemente, por la tasa de renovación del agua (tiempo de residencia = 4.52 meses). Las entradas del agua por el río Tera representan un 89% del agua que entra al lago, y constituyen el mecanismo más importante de renovación del agua. Esta característica determina que su sistema limnológico sea muy susceptible al régimen de precipitaciones de la región y, en consecuencia, a los cambios climáticos. Las intensas lluvias y/o aumento de la precipitación originan un aumento de la mezcla.

Además, el Lago de Sanabria es monomíctico, es decir, presenta un único período anual de mezcla invernal completa, seguido de otro período de estratificación estival. El comienzo de la mezcla invernal está condicionada por las entradas hídricas del Río Tera.

A la hora de hacer un estudio sobre las temperaturas observadas, cabe destacar que las temperaturas más altas se encuentran en los prados húmedos temporales de alrededor del lago, así como en el muestreo en Ribadelago. A su vez, las temperaturas más bajas se hallan en la Laguna de las Yeguas. Además, es interesante observar que en la Laguna de los Peces se encuentran valores más altos que en el propio lago; y lo mismo ocurre en el Arroyo de la Forcadura, que alcanza valores térmicos relativamente altos.

Cuando se compararon estos valores con los estudiados en las Lagunas de Villafáfila y en los Lagos de Carucedo, observamos que hay una gran diferencia con respecto las aguas de Sanabria, ya que en estos dos últimos lugares las temperaturas sobrepasan con frecuencia los 15 °C.

El hecho de que el Lago de Sanabria sea monomíctico permite que muchos de los nutrientes accedan a la superficie y, además, permite la oxigenación de las zonas más profundas del lago. Hemos observado que el O<sub>2</sub> está muy bien repartido a lo largo del lago, lo que nos indica un buen estado de éste, ya que no está eutrofizado. No podemos decir lo mismo de los prados húmedos circundantes del lago, en los que observamos un porcentaje considerablemente más bajo de O<sub>2</sub>, al igual que ocurre en las Lagunas de Villafáfila. En los Lagos de Carucedo, en cambio, hemos observado que están saturados de O<sub>2</sub>.

Al ser un lago oligotrófico, el O<sub>2</sub> disuelto está muy bien repartido a lo largo de toda la columna de agua. Al haber una baja densidad de productores primarios, hay poco consumo, y el agua está muy bien oxigenada. Además, hay también muy poca descomposición por la poca materia orgánica producida. Ambos factores explican la oxigenación.

Las variaciones en el contenido de oxígeno del lago tienen que ver fundamentalmente con los procesos relacionados con la estratificación y la mezcla, aunque las entradas de agua juegan un papel importante. Este oxígeno presente en el lago llega a él a través de dos medios: el primero y principal es el aire que lo suministra en superficie; y el segundo son los procesos fotosintéticos de las algas del fitoplancton y las plantas acuáticas de la vegetación del litoral, mediante los cuales se libera O<sub>2</sub>.

La conductividad eléctrica del agua del Lago de Sanabria es un buen indicador de la mineralización del agua. Las rocas y el suelo que encontramos a lo largo de toda la cuenca hidrográfica (fundamentalmente gneises) tienen una solubilidad muy baja, por lo que hay una proporción muy baja de sólidos disueltos en las aguas, lo que determina la baja conductividad eléctrica que hemos observado.

En el polo opuesto están los Lagos de Carucedo, ya que en este aspecto tienen una génesis particular, al formarse debido a su vinculación con Las Médulas. Pero, sobre todo, se ha observado una gran diferencia en las Lagunas de Villafáfila, ya que tienen una conductividad altísima, debido en parte a la alta salinidad de estas lagunas.

El nitrógeno es el elemento más relacionado con el crecimiento y sucesión del fitoplancton en el Lago de Sanabria. La explicación a los valores tan bajos encontrados en el lago, así como en el resto de sistemas acuáticos, es el crecimiento de las algas del plancton, que consumen este compuesto. Al igual que en Sanabria, encontramos valores de nitratos relativamente bajos en Villafáfila y Carucedo.

A la hora de estudiar los fosfatos, hemos observado que se mantienen a lo largo de la lámina de agua en rangos pequeños, sin cambios bruscos a lo largo del lago. Esto nos indica la existencia de un equilibrio, ya que es un elemento que las algas lo absorben fácilmente, pero que también se cede con facilidad. Estos valores reducidos hacen que se llegue a una concentración que será limitante para el crecimiento del fitoplancton. Esta observación constata la baja productividad del Lago de Sanabria.

La concentración de fosfatos tanto en el Lago de Sanabria como en el Río Tera ha disminuido considerablemente durante los últimos años, lo que nos indica que los planes de recuperación puestos en marcha han tenido efectos positivos. Afortunadamente, nos encontramos con valores muy similares tanto en Villafáfila como en Carucedo.

El fitoplancton presente en el Lago de Sanabria tiene que ir adaptándose a las condiciones del medio, ya que experimenta cambios durante las estaciones del año. Es característico de aguas poco mineralizadas. En nuestro estudio hemos encontrado especies de Diatomeas (como *Diatoma elongatum*, *Tabellaria flocculosa* y *Tabellaria fenestrata*). Algunas de estas algas son, además, indicadoras del bajo pH del medio (desmidiáceas y crisofíceas). Sin embargo, fue en la Laguna de las Yeguas y en los Lagos de Carucedo donde pudimos estudiar abundantes especies de fitoplancton. En las Lagunas de Villafáfila, en cambio, apenas pudimos observar nada, debido a la turbidez de las aguas.

En definitiva, podemos concluir con que existe una gran diversidad biológica de productores primarios además de invertebrados, lo cual nos indica una buena situación ecológica.

A diferencia con otras aguas, como pueden ser las Lagunas de Villafáfila o Carucedo, las aguas del Lago de Sanabria y alrededores son aguas blandas, con una baja alcalinidad y, por tanto, una menor capacidad tamponadora ante variaciones en el pH. Esto nos indica la buena calidad de las aguas. Sin embargo, debemos seguir cuidando estas aguas, ya que si permitimos demasiadas visitas turísticas en verano o se construyen más campings, pueden suponer importantes aportes de materia orgánica y nutrientes, que pueden aumentar la producción fitoplanctónica y generar algún episodio de eutrofización.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- APHA-AWWA-WPCF. 1989. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Edt. Díaz de Santos (Traducción 17ª Edc.)
- APHA-AWWA-WPCF. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater.
- Arévalo, C. 1923. *El Lago de Carucedo*. Tomo XI, 305-316. Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural.
- Bachman, H. 1913. Planktonproben aus Spanien, gesammt von Prof. Dr. Halbfas. *Berichte des deutsche Botanische Gesselbschaft* 31, 183-188
- Cowton, T.; Hughes, PD.; Gibbard, PL. 2009. Palaeoglaciacion of Parque Natural Lago de Sanabria, northwest Spain. *Geomorphology* 108, (3-4), 282-291
- De Hoyos, C. (1996). Limnología del lago de Sanabria: variabilidad interanual del fitoplancton. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, Salamanca (España), 438 pp
- Halbfas, W. 1913. Der Catanedasee, der größte Süswassersee Spaniens und seine Umgebung. *Peterman Mitteilungen*. 59, 306-312
- LINEA. 2006. Bases para la ordenación, uso y gestión del espacio natural del lago de Sanabria y alrededores. (11-34)
- Luque Marín, J.A.(2003). El Lago de Sanabria: un sensor de las oscilaciones climáticas del Atlántico Norte durante los últimos 6.000 años. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, Barcelona (España), 384 pp
- LUQUE J.A., JULIA R. (2002) - Lake sediment response to land-use and climate change during the last 1000 years in the oligotrophic Lake Sanabria (northwest of Iberian Peninsula) - *Sedimentary Geology* Volume 148, Issues 1–2, 12 Pages 343–355
- Morales, CG.; Caballero, P.; Echevarría, S. 2003. *Libro del Espacio Natural de Lagunas de Villafáfila*. Junta de Castilla y León
- Munné, A. Solà, C. y Prat. N. (1998). “QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera”. *Tecnología del Agua*, 175: 20-37.
- Regil, JA.; Garrido, J. 1993. Fauna acuática de las Lagunas de Villafáfila (Zamora, España) (Coleoptera, Adephaga). *Bulletin de la Société entomologique de France*. 98, (4), 371-380
- Rico, M. *et al.* (2007). El registro sedimentario del Lago de Sanabria desde la última glaciación. Resúmenes XII Reunión Nacional de Cuaternario, Ávila. 213- 214.

- Rivas Martínez S., Gandullo Gutiérrez J.M., Allué Andrade J. L., Montero de Burgos J. L., González Rebollar J. L. 1987. Memoria del mapa de vegetación de series de vegetación de España. 102-109
- Rodríguez-Rodríguez, L.; Domínguez-Cuesta, MJ.; Jiménez-Sánchez, M. 2011. Reconstrucción en 3D del máximo glaciar registrado en la cuenca del Lago de Sanabria (Noroeste de España). *Bol. Real Soc. Española Hist. Nat.* 105, (1-4), 31-44
- Rodríguez-Rodríguez, L.; Jiménez-Sánchez, M.; Domínguez-Cuesta, MJ.; Rico, MT.; Valero-Garcés, B. 2011. Last deglaciation in northwestern Spain: New chronological and geomorphologic evidence from the Sanabria region. *Geomorphology*. 135, 48-65
- Rosell, J.; Viladomiu, L.; Vega, I. 1996. Espacios Protegidos y Desarrollo Rural: la Reserva Natural de las Lagunas de Villafáfila (Zamora, Castilla y León). 5º Congreso Desarrollo Rural II, Ávila. Comunicaciones 3, 1387-1402
- Taboada, J. 1913. *El Lago de San Martín de Castañeda*. *Bol. Real Soc. Española Hist. Nat.* 13, 960-986
- Vega, JC.; de Hoyos, C.; Aldasoro, JJ. 1992. The Sanabria Lake. The largest natural freshwater lake in Spain. *Limnetica*, 8, 49-57
- Vega J. C, De Hoyos C., Aldasoro J.J., De Miguel J., Fraile H. 2005. Nuevos datos morfométricos para el lago de Sanabria.

**ANEXO****\* Tablas del Índice IHF.**

Evaluación del Hábitat Fluvial. Índice IHF			
		Estación: Río Tera (salida del lago)	
		Fecha: 16/04/2013	
Bloques			Puntuación
<b>1. Inclusión de rápidos - sedimentación de charcas (Máx. 10)</b>			
Rápidos	Piedras, cantos rodados y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%	10	
	Piedras, cantos rodados y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%	5	x
	Piedras, cantos rodados y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%	0	
Charcas	Sedimentación 0 - 30%	10	
	Sedimentación 30 - 60%	5	
	Sedimentación > 60%	0	
TOTAL (una categoría)			5
<b>2. Frecuencia de rápidos (Máx. 10)</b>			
Alta frecuencia de rápidos	Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10	x
Escasa frecuencia de rápidos	Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8	
Presencia ocasional de rápidos	Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25	6	
Constancia de flujo laminar o escasez de rápidos.	Relación distancia entre rápidos/anchura del río >25	4	
Solo charcas		2	
TOTAL (una categoría)			10

3. Composición del sustrato (Máx. 20)			
% Bloques y piedras	1 - 10%	2	
	> 10%	5	x
% Cantos y gravas	1 - 10%	2	x
	> 10%	5	
% Arena	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Limo y arcilla	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
TOTAL (una categoría)			7

4. Regímenes de velocidad / profundidad (Máx. 10)			
<i>somero: &lt; 0,5 m</i>	Las 4 categorías. Lento-profundo, lento-poco profundo, rápido-profundo, rápido-poco profundo.	10	
	Solo 3 de las 4 categorías	8	
<i>lento: &lt; 0,3 m/s</i>	Solo 2 de las 4	6	
	Solo 1 de las 4	4	x
TOTAL (una categoría)			4

5. Porcentaje de sombra en el cauce (Máx. 10)			
Sombreado con ventanas		10	
Totalmente en sombra		7	x
Grandes claros		5	

MÉTODOS Y TÉCNICAS INTEGRADAS EN BIOLOGÍA: ANÁLISIS DE SISTEMAS ACUÁTICOS

Expuesto	3	
TOTAL (una categoría)		7

6. Elementos de heterogeneidad (Máx. 10)			
Hojarasca	> 10% ó < 75%	4	
	< 10% ó > 75%	2	x
Presencia de troncos y ramas		2	
Raíces descubiertas		2	
Diques naturales		2	
TOTAL (una categoría)		2	

7. Cobertura de vegetación acuática (Máx. 30)			
% Plocon + briófitos	10 - 50%	10	
	< 10% o > 50%	5	x
% Pecton	10 - 50%	10	
	< 10% o > 50%	5	x
% Fanerógamas + Charales	10 - 50%	10	
	< 10% o > 50%	5	
TOTAL (una categoría)		10	

<b>PUNTUACIÓN FINAL (suma de las anteriores)</b>	<b>45</b>
--	-----------



Evaluación del Hábitat Fluvial. Índice IHF			
		Estación: Río Tera (entrada al lago)	
		Fecha: 16/04/2013	
Bloques			Puntuación
<b>1. Inclusión de rápidos - sedimentación de charcas (Máx. 10)</b>			
Rápidos	Piedras, cantos rodados y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%	10	
	Piedras, cantos rodados y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%	5	
	Piedras, cantos rodados y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%	0	x
Charcas	Sedimentación 0 - 30%	10	
	Sedimentación 30 - 60%	5	
	Sedimentación > 60%	0	
TOTAL (una categoría)			0
<b>2. Frecuencia de rápidos (Máx. 10)</b>			
Alta frecuencia de rápidos	Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10	
Escasa frecuencia de rápidos	Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8	
Presencia ocasional de rápidos	Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25	6	
Constancia de flujo laminar o rápidos someros	Relación distancia entre rápidos/anchura del río >25	4	x
Solo charcas		2	
TOTAL (una categoría)			4
<b>3. Composición del sustrato (Máx. 20)</b>			
% Bloques y piedras	1 - 10%	2	

MÉTODOS Y TÉCNICAS INTEGRADAS EN BIOLOGÍA: ANÁLISIS DE SISTEMAS ACUÁTICOS

	> 10%	5	
% Cantos y gravas	1 - 10%	2	
	> 10%	5	x
% Arena	1 - 10%	2	
	> 10%	5	x
% Limo y arcilla	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
TOTAL (una categoría)			10

4. Regímenes de velocidad / profundidad (Máx. 10)			
<i>somero</i> : < 0,5 m	Las 4 categorías. Lento-profundo, lento-poco profundo, rápido-profundo, rápido-poco profundo.	10	
	Solo 3 de las 4 categorías	8	
<i>lento</i> : < 0,3 m/s	Solo 2 de las 4	6	x
	Solo 1 de las 4	4	
TOTAL (una categoría)			6

5. Porcentaje de sombra en el cauce (Máx. 10)			
Sombreado con ventanas		10	x
Totalmente en sombra		7	
Grandes claros		5	
Expuesto		3	

TOTAL (una categoría)			10
<b>6. Elementos de heterogeneidad (Máx. 10)</b>			
Hojarasca	> 10% ó < 75%	4	
	< 10% ó > 75%	2	
Presencia de troncos y ramas		2	x
Raíces descubiertas		2	x
Diques naturales		2	
TOTAL (una categoría)			4
<b>7. Cobertura de vegetación acuática (Máx. 30)</b>			
% Plocon + briófitos	10 - 50%	10	
	< 10% o > 50%	5	x
% Pecton	10 - 50%	10	
	< 10% o > 50%	5	x
% Fanerógamas + Charales	10 - 50%	10	
	< 10% o > 50%	5	
TOTAL (una categoría)			10
<b>PUNTUACIÓN FINAL (suma de las anteriores)</b>			44