



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA  
DEL EBRO

2023

## SONDEO HIDROACÚSTICO EN EMBALSES DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO: EMBALSE DE BALAGUER



ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS  
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

## SONDEO HIDROACÚSTICO EN EMBALSES DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO: EMBALSE DE BALAGUER

**PROMOTOR:**

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



**SERVICIO:**

ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS

**DIRECCIÓN DEL PROYECTO:**

María José Rodríguez Pérez

**EMPRESA CONSULTORA:**

ECOHYDROS S.L.



**EQUIPO DE TRABAJO:**

Agustín P. Monteoliva, Alberto Criado, María Fernández, Omar Monteoliva y Susana Deus

**PRESUPUESTO DE LA ADJUDICACIÓN:**

114.425,25 Euros

**CONTENIDO:**

MEMORIA/ANEJOS/CARTOGRAFÍA/CD

**AÑO DE EJECUCIÓN:**

2023

**FECHA ENTREGA:**

NOVIEMBRE 2023



REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

Superior izquierda: Ubicación de red bentónica en embalse de Balaguer.

Superior derecha: Ejemplar de gardí en el embalse de Balaguer

Inferior izquierda: Técnicos tomando datos en embarcación.

Inferior derecha: Embarcación de electropesca en orilla vegetada.

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2023) Sondeo hidroacústico en embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro: Embalse de Balaguer. 555 págs. Disponible en PDF en la web: <http://www.chebro.es>

El presente informe pertenece al Dominio Público en cuanto a los Derechos Patrimoniales recogidos por el Convenio de Berna. Sin embargo, se reconocen los Derechos de los Autores y de la Confederación Hidrográfica del Ebro a preservar la integridad del mismo, las alteraciones o la realización de derivados sin la preceptiva autorización administrativa con fines comerciales, o la cita de la fuente original en cuanto a la infracción por plagio o colusión. A los efectos prevenidos, las autorizaciones para uso no científico del contenido deberán solicitarse a la Confederación Hidrográfica del Ebro.

## SONDEO HIDROACÚSTICO EN EMBALSES DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO: EMBALSE DE BALAGUER. AÑO 2023

---

*El objeto de este informe es la evaluación de la abundancia y biomasa de la biocenosis de peces del embalse de Balaguer. Para ello, en junio 2023 se realizó un muestreo cuantitativo de los peces en dicho embalse mediante una combinación de técnicas: Muestreo directo mediante redes agalleras científicas (CEN-EN 14.757/2006) y pesca eléctrica desde embarcación, y sondeo indirecto mediante técnicas hidroacústicas de calidad científica.*

*Adicionalmente, se realizó un muestreo y análisis de eDNA, para detectar la presencia de dos especies que podrían estar en números tan bajos que resultarían indetectables con las técnicas de pesca directa. Se trata de la trucha común (*Salmo trutta*) y la anguila europea (*Anguilla anguilla*), dos especies autóctonas en declive en los embalses de esta demarcación.*

*En el embalse habitan nueve especies de peces y solamente una de ellas es autóctona (*Gobio lozanoi*). El resto son exóticas e invasoras: Alburno (*Alburnus alburnus*), carpín prusiano (*Carassius gibelio*), Carpa común (*Cyprinus carpio*), lucioperca (*Sander lucioperca*), rutilo (*Rutilus rutilus*), siluro (*Silurus glanis*), gardí (*Scardinius erythrophthalmus*) y gambusia (*Gambusia holbrooki*).*

*La asociación de peces está dominada en términos de densidad por dos especies gregarias y de pequeño tamaño (alburno y rutilo), que suman el 90% de los efectivos entre ambas. Los depredadores (lucioperca y siluro) no se reproducen en el embalse y no representan más del 8% en biomasa. La mayor parte de la biomasa (57%) la aportan los grandes ciprínidos omnívoros (carpa común y carpín prusiano), que tampoco presentan poblaciones estructuradas.*

*La densidad estimada es elevada ( $21,44 \pm 3,50$  ind/dam<sup>3</sup>) pero la biomasa es baja ( $1,50 \pm 0,24$  g/m<sup>2</sup>). Es una masa de agua sin conectividad fluvial y de poca productividad para los peces.*



## HYDROACOUSTIC SURVEY IN RESERVOIRS OF THE EBRO RIVER BASIN DISTRICT: BALAGUER RESERVOIR. YEAR 2023

---

*The aim of this report is to evaluate the abundance and biomass of the fish biocenosis of the Balaguer reservoir. To this end, a quantitative sampling of fish in the reservoir was carried out in June 2023, using a combination of techniques: direct sampling with scientific gillnets (CEN-EN 14.757/2006) and electrofishing from a boat, and indirect sampling using hydroacoustic techniques of scientific quality.*

*In addition, eDNA sampling and analysis was carried out to detect the presence of two species that may be present in numbers too low to be detected by direct fishing techniques. These are the brown trout (*Salmo trutta*) and the European eel (*Anguilla anguilla*), two native species in decline in the reservoirs of this demarcation.*

*The reservoir is home to nine species of fish, only one of which is native (*Gobio lozanoi*). The remainder are exotic and invasive: common carp (*Alburnus alburnus*), Prussian carp (*Carassius gibelio*), common carp (*Cyprinus carpio*), pike perch (*Sander lucioperca*), roach (*Rutilus rutilus*), European catfish (*Silurus glanis*), common rudd (*Scardinius erythrophthalmus*) and gambusia (*Gambusia holbrooki*).*

*The fish community is dominated in terms of density by two small, gregarious species (bleak and roach), which together account for 90% of the total number of fish. Predators (pikeperch and European catfish) do not reproduce in the reservoir and represent no more than 8% of the biomass. Most of the biomass (57%) is made up of large omnivorous cyprinids (common carp and Prussian carp), which also do not have structured populations.*

*The estimated density is high ( $21.44 \pm 3.50$  ind/dam<sup>3</sup>) but the biomass is low ( $1.50 \pm 0.24$  g/m<sup>2</sup>). It is a water body without fluvial connectivity and of low productivity for fish.*



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....</b>	<b>10</b>
1.1. <i>PRESTACIONES DE LAS TÉCNICAS APLICADAS .....</i>	11
1.2. <i>INTERÉS DEL ESTUDIO CUANTITATIVO DE LA FAUNA ÍCTICA EN MASAS DE AGUA NO VADEABLES.....</i>	12
<b>2. ÁMBITO DE ESTUDIO.....</b>	<b>13</b>
2.1. <i>SITUACIÓN.....</i>	13
2.2. <i>CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA .....</i>	14
2.3. <i>CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EMBALSE. PERFILES VERTICALES .....</i>	15
2.4. <i>POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO .....</i>	17
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>17</b>
3.1. <i>DISEÑO DEL MUESTREO.....</i>	18
3.2. <i>MUESTREOS REMOTOS: HIDROACÚSTICA .....</i>	19
3.2.1. <i>Prospección hidroacústica.....</i>	19
3.2.2. <i>Procesado de datos acústicos.....</i>	20
3.3. <i>MUESTREOS DIRECTOS DE PESCA.....</i>	21
3.3.1. <i>Redes agalleras multipaño .....</i>	21
3.3.2. <i>Pesca eléctrica desde embarcación.....</i>	23
3.4. <i>INTERPOLACIÓN ESPACIAL Y ESTIMACIONES GLOBALES .....</i>	24
3.5. <i>EVALUACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE BIÓTICO QFBI.....</i>	25
3.6. <i>DETECCIÓN DE TRUCHA COMÚN Y ANGIULA EUROPEA MEDIANTE ADN AMBIENTAL.....</i>	27
3.6.1. <i>Muestreo de ADN ambiental (eDNA) .....</i>	27
3.6.2. <i>Obtención de ADN ambiental de trucha común y de anguila en muestras de agua .....</i>	28
3.6.3. <i>Detección específica de trucha común.....</i>	28
3.6.4. <i>Detección específica de anguila europea.....</i>	29
3.6.5. <i>Estimaciones de biomasa.....</i>	29
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
4.1. <i>SONDEO HIDROACÚSTICO: DENSIDADES.....</i>	30

4.1.1.	<i>Distribución y estimación de la densidad de peces.....</i>	31
4.1.2.	<i>Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro.....</i>	34
4.2.	<b>MUESTREOS DIRECTOS: COMPOSICIÓN Y BIOMASA ESPECÍFICA.....</b>	36
4.2.1.	<i>Especies presentes en el embalse.....</i>	37
4.2.2.	<i>Composición y distribución de especies.....</i>	37
4.3.	<b>BIOMASA.....</b>	43
4.3.1.	<i>Distribución y estimación de la biomasa de peces.....</i>	43
4.3.2.	<i>Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro.....</i>	45
4.4.	<b>DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES.....</b>	47
4.5.	<b>MUESTREOS INDIRECTOS: ADN AMBIENTAL.....</b>	48
4.5.1.	<i>Muestras ambientales de agua.....</i>	48
4.5.2.	<i>Detección de trucha común mediante qPCR y estimaciones de biomasa.....</i>	48
4.5.3.	<i>Detección de anguila europea mediante qPCR y estimaciones de biomasa.....</i>	49
5.	<b>VALORACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE QFBI.....</b>	50
6.	<b>CONCLUSIONES.....</b>	51
7.	<b>GLOSARIO Y ACRÓNIMOS.....</b>	53
8.	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	55

## ÍNDICE ANEXOS

---

- Anexo 1. Especies presentes
- Anexo 2. Resultados de las pescas
- Anexo 3. Celdas del muestreo hidroacústico (en versión digital)
- Anexo 4. Boletines de ensayo eDNA

## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1. Estratos considerados en el embalse de Balaguer .....	14
Tabla 2. Descripción de las redes de muestreo empleadas. ....	22
Tabla 3. Métricas y coeficientes para el cálculo del QFBI .....	25
Tabla 4. Valores de corte del QFBI empleados para la clasificación del potencial ecológico .....	26
Tabla 5. Densidad de peces (ind/dam <sup>3</sup> ) por estratos, estimada mediante acústica .....	31
Tabla 6. Especies presentes en el embalse.....	37
Tabla 7. Ejemplos de las redes utilizadas durante los muestreos directos en el embalse de Balaguer ....	38
Tabla 8. Resultados de las pescas con red por especies .....	38
Tabla 9. Recorridos de pesca eléctrica realizados durante los muestreos directos del embalse de Balaguer .....	40
Tabla 10. Resultados de la pesca eléctrica por especies .....	41
Tabla 11. Biomasa de peces por estratos (g/m <sup>2</sup> ) estimada mediante acústica .....	43
Tabla 12. Densidades (ind/dam <sup>3</sup> ) y biomاسas (g/m <sup>2</sup> ) por especie .....	47
Tabla 14. Resultados del QFBI obtenidos para el embalse de Balaguer .....	50

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1. Técnico realizando toma de parámetros fisicoquímicos en el embalse de Balaguer.....	12
Figura 2. Situación del embalse de Balaguer.....	13
Figura 3. Perfiles físico-químicos del embalse de Balaguer (BLG23_S1PRO1) .....	16
Figura 4. Esquema del método de censado de poblaciones ícticas en un embalse .....	18
Figura 5. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico .....	20
Figura 6. Red bentónica desplegada en el embalse de Balaguer .....	22
Figura 7. Embarcación de electropesca en orilla vegetada en el embalse de Balaguer. ....	24
Figura 8. Ubicación de las estaciones de muestreo directo en el embalse de Balaguer .....	27
Figura 9. Recorridos del sondeo hidroacústico en el embalse de Balaguer .....	30
Figura 10. Ejemplo de un ecograma obtenido con el haz vertical en el embalse de Balaguer. ....	31
Figura 11. Distribución de la densidad de peces en el estrato superior (UOW). ....	33
Figura 12. Comparación de la densidad con otros embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro...35	
Figura 13. Fotografías de las labores de muestreo en el embalse de Balaguer .....	36
Figura 14. Composición de la asociación obtenida mediante redes .....	38
Figura 15. Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm.....	39
Figura 16. Composición de la muestra obtenida mediante pesca eléctrica.....	41
Figura 17 . Ejemplares de las especies capturadas en el embalse de Balaguer .....	42
Figura 18. Distribución de la biomasa de peces en el estrato superior (UOW). ....	44
Figura 19. Comparación de la biomasa con otros embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro....46	
Figura 20. Recta patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN. ....	48
Figura 21. Recta patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN. ....	49

## 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El presente documento constituye el informe final de los trabajos realizados en el embalse de Balaguer (Lérida) durante el año 2023, incluidos en la Asistencia Técnica “Sondeo hidroacústico en embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro” adjudicado a Ecohydros, S.L. por la Confederación Hidrográfica del Ebro (en adelante, CHE).

La CHE viene realizando desde hace años estudios censales de peces en embalses mediante la combinación de técnicas hidroacústicas y de captura directa con métodos científicos. A lo largo de este tiempo, la metodología se ha depurado y es un momento óptimo para su aplicación a las masas de agua que no han sido aún prospectadas en este aspecto.

Además, se ha realizado un muestreo y análisis de eDNA en cada embalse, para detectar la presencia de dos especies que podrían estar en números tan bajos que resultarían indetectables con las técnicas de pesca directa (redes agalleras y electropesca). Se trata de la trucha común (*Salmo trutta fario*) y la anguila (*Anguilla anguilla*), dos especies autóctonas en declive debido a la presencia de presas u obstáculos en los ríos que suponen una barrera para su desplazamiento natural, ya sea por movimientos migratorios reproductivos o alimentarios.

Debido a la dificultad que supone acceder a este tipo de masas de agua de montaña con el equipamiento de sondeo hidroacústico, se ha realizado un esfuerzo extra, tanto en la toma de datos de campo como en el procesado de gabinete, con el fin de producir una batimetría del embalse.

En el presente informe se presentan los trabajos realizados en la evaluación de las poblaciones de peces del embalse de Balaguer y en la generación de un modelo topobatimétrico de la masa de agua, al tiempo que se somete a contraste el rendimiento de las técnicas hidroacústicas combinadas con muestreos directos de verificación y con métodos de detección de alta sensibilidad (eDNA), como futura metodología de aplicación en las masas de aguas no vadeables para evaluar la biomasa de peces en estos ecosistemas.

El informe recoge la descripción de los métodos aplicados, así como los resultados obtenidos. Consta de una Memoria con sus respectivos ANEXOS, en los que se facilitan *in extenso* los datos que dan lugar las estimaciones sintéticas, tanto en forma de fichas y tablas alfanuméricas como

en forma de mapas, según proceda. Se acompaña además de un CD en el que se facilitan los documentos y datos en formato electrónico.

### 1.1. PRESTACIONES DE LAS TÉCNICAS APLICADAS

Las técnicas hidroacústicas constituyen actualmente la técnica remota por excelencia para cartografiar hábitats y elementos biológicos, tanto los relacionados con los fondos (bentónicos), como con la columna de agua. Los gestores de los ecosistemas acuáticos necesitan identificar y cartografiar los elementos naturales a través de múltiples escalas espaciales, y, en este sentido, los sistemas acústicos resultan óptimos por su enorme rango dinámico, que permite medir propiedades de los objetos desde escalas de centímetros a kilómetros.

La comunidad científico-técnica hace tiempo que ha aceptado los sensores acústicos como una familia de herramientas óptima para estudiar cuantitativamente una diversidad de aspectos relacionados con la morfología y características de los sustratos, sedimentos, rasgos de pequeña escala de los hábitats bentónicos e incluso de la estructura de las comunidades de organismos (animales y plantas) que forman parte de ellos. Esto también es aplicable a organismos pelágicos, permitiendo individualizar elementos biológicos en un rango que trascurre desde escasos milímetros (zooplancton) a varios metros (peces y cetáceos). De hecho, existe ya un cuerpo de conocimiento y tecnología muy desarrollados y con cierta tradición, si bien es cierto que su correcta aplicación depende de una formación técnica altamente especializada.

En lo referente a su aplicación en estudios censales y de dinámica poblacional de los peces, está relativamente extendida en ambientes marinos y en aguas continentales se aplica de forma creciente, debido en gran medida a la elevada portabilidad de los equipamientos hidroacústicos actuales. Existe una norma europea (CEN EN 15910: 2014 *Water quality - Guidance on the estimation of fish abundance with mobile hydroacoustic methods*) que contempla este tipo de técnicas para la evaluación de la biomasa de peces.

La adaptación y aplicación de estas técnicas a las masas de aguas redundan en una mejora de la cantidad y calidad de la información biológica disponible en las masas de agua no vadeables, es decir, no accesibles a las técnicas de muestreo que requieren el acceso a pie del operario, razón por la que ha promovido el presente estudio.

## 1.2. INTERÉS DEL ESTUDIO CUANTITATIVO DE LA FAUNA ÍCTICA EN MASAS DE AGUA NO VADEABLES

La fauna de peces representa un nivel elevado en la red trófica de los ecosistemas acuáticos e integra información espacio-temporal a mayor escala que los invertebrados. De ahí que resulte de interés su estudio desde diferentes puntos de vista, que transcurren desde la perspectiva de la conservación de la biodiversidad (especies amenazadas, especies invasoras, etc.), a su gestión como recurso pesquero, pasando por su interacción con la calidad de las aguas y su valor indicador del estado (potencial) ecológico (p.e. Poikane *et al.*, 2015).

A diferencia de los otros elementos biológicos utilizados como indicadores, los peces integran información plurianual y su papel en la clasificación de estas masas de agua no debe ser desdeñado *a priori*, máxime cuando una de las consecuencias más conspicuas de la degradación de las aguas son las mortandades piscícolas.

Es también muy relevante el papel que pueden desempeñar los peces en el ciclo biogeoquímico del embalse y en la calidad del agua en general, a través de mecanismos con repercusión en la red trófica y el control desde arriba del fitoplancton, pero también mediante el incremento del tiempo de residencia de las formas biodisponibles de los nutrientes en la columna de agua provocado por acciones de resuspensión y bombeo desde los sedimentos.



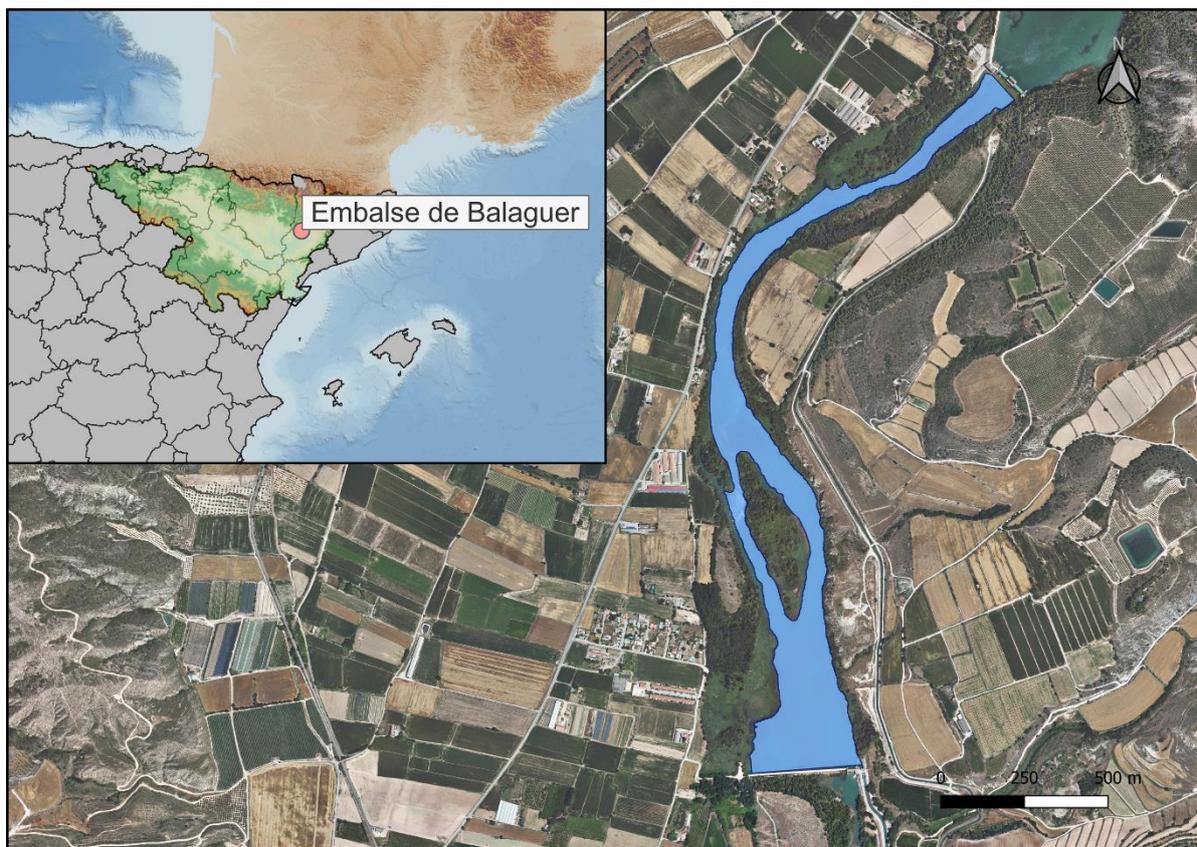
Este tipo de problemas se ponen especialmente de manifiesto en situaciones de sequía y bajas reservas de agua en los embalses, y las técnicas hidroacústicas permiten obtener la información básica necesaria mediante procedimientos ya muy afianzados, como se puede constatar en los tratados técnicos (Simmonds & MacLennan, 2005) y en las normas estándar existentes (ver más adelante).

**Figura 1.** Técnico realizando toma de parámetros fisicoquímicos en el embalse de Balaguer.

## 2. ÁMBITO DE ESTUDIO

### 2.1. SITUACIÓN

El embalse de Balaguer (MAS 1049) se localiza en el término municipal de Os de Balaguer, en la provincia de Lleida, regulando las aguas del río Segre como toma del canal de la central hidroeléctrica de Balaguer.



**Figura 2.** Situación del embalse de Balaguer

Fue construido principalmente con el propósito de regular el caudal de agua para la generación de energía hidroeléctrica. También es utilizado para abastecer de agua potable a los municipios cercanos, así como suministro de agua para usos agrícolas e industriales.

## 2.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

Según el inventario nacional de presas y embalses, el embalse de Balaguer tiene una capacidad máxima útil de 0,8 hm<sup>3</sup> y ocupa en su nivel máximo normal (NMN) una superficie de 41,6 ha, lo que supone una profundidad media de 2 m y máxima de 8 m.

El muestreo hidroacústico, como se explica más adelante en el apartado 3.2, permite obtener una batimetría aproximada que se emplea para cubicar los diferentes estratos y ponderar las densidades y biomásas obtenidas por capa. En este caso se han realizado algunos transectos adicionales para sondear la profundidad en zonas escasamente cubiertas con el planteamiento inicial de sondeo. En la Figura 4 se representa en planta el modelo batimétrico digital obtenido.

A partir de los datos batimétricos del sondeo y de los datos del vuelo LiDAR del IGN, se ha generado un modelo digital de elevaciones. La cota de embalse durante el muestreo (24 - 26 de julio de 2023) era de 229,0 msnm, que según la hipsometría generada corresponde a un volumen de 0,49 hm<sup>3</sup>.

Se ha realizado un trabajo previo de tratamiento de imágenes de satélite para aproximar el contorno correspondiente al límite del agua en el momento del muestreo, o en fechas cercanas. Para ello, se ha recurrido al satélite *Sentinel-2*, equipado con los últimos sensores multiespectrales (MSI), que disponen de una resolución radiométrica de 13 bandas espectrales que se distribuyen en el espectro electromagnético, desde el VNIR (Visible) al SWIR (infrarrojo cercano). Mediante la combinación de estas bandas se pueden generar diferentes índices, muy frecuentemente referidos a la vegetación.

En la Tabla 1 se presentan el volumen y la superficie del estrato considerado en este caso, obtenido a partir de la batimetría elaborada en el presente Estudio. Los volúmenes de los estratos pueden presentar ciertas desviaciones con respecto a los volúmenes reales, los motivos de esta desviación son múltiples (efecto del procedimiento de interpolación espacial, resolución de la batimetría, acumulación de sedimentos, nivel del embalse, etc.). No obstante, más que los valores absolutos, lo importante es conocer la importancia relativa de cada estrato para la ponderación de las densidades y biomásas.

**Tabla 1.** Estratos considerados en el embalse de Balaguer

Embalse	Sector	Estrato	Profundidad (m)	Volumen (hm <sup>3</sup> )	Superficie (ha)
BLG23	1	1	0 a 5	0,48	22,20

### 2.3. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EMBALSE. PERFILES VERTICALES

Para guiar la definición de macrohábitats y establecer la velocidad real del sonido en el agua (parámetro fundamental para el ecosondeo), así como detectar zonas potencialmente hostiles para los peces, se realizó en la zona de máxima profundidad un perfilado vertical de temperatura, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, clorofila e irradiancia. En los gráficos siguientes se presentan los perfiles obtenidos.

En la Figura 3 se recogen los parámetros resumen de cada perfil vertical y la representación gráfica del mismo en la estación de muestreo más cercana a la presa (BLG23\_S1PRO1).

Como se observa en el perfil, en la zona principal del vaso del embalse, alcanza una profundidad escasa de 3,5 metros de profundidad. No se observa estratificación térmica, ya que, debido a poca profundidad, hay un descenso de solamente 1,4°C a lo largo de la columna de agua. Las condiciones de oxigenación alcanzan en el muestreo una concentración media de 7,4 mg/L, disminuyendo a medida que aumenta la profundidad en la columna de agua hasta alcanzar los 6,7 mg/L en fondo. No se detectan condiciones anóxicas.

El pH es ligeramente básico y constante con el incremento de profundidad siendo su valor promedio de 7,9 unidades. La transparencia del agua registrada con el disco de Secchi es de 0,8 m lo que supone una profundidad de la capa fótica de 1,9 m que no abarca toda la columna de agua. Este valor de transparencia es congruente con una situación de eutrofia.

La turbidez del agua presenta un valor medio de 6,2 NTUs, pero se incrementa sensiblemente por debajo de la zona fótica.

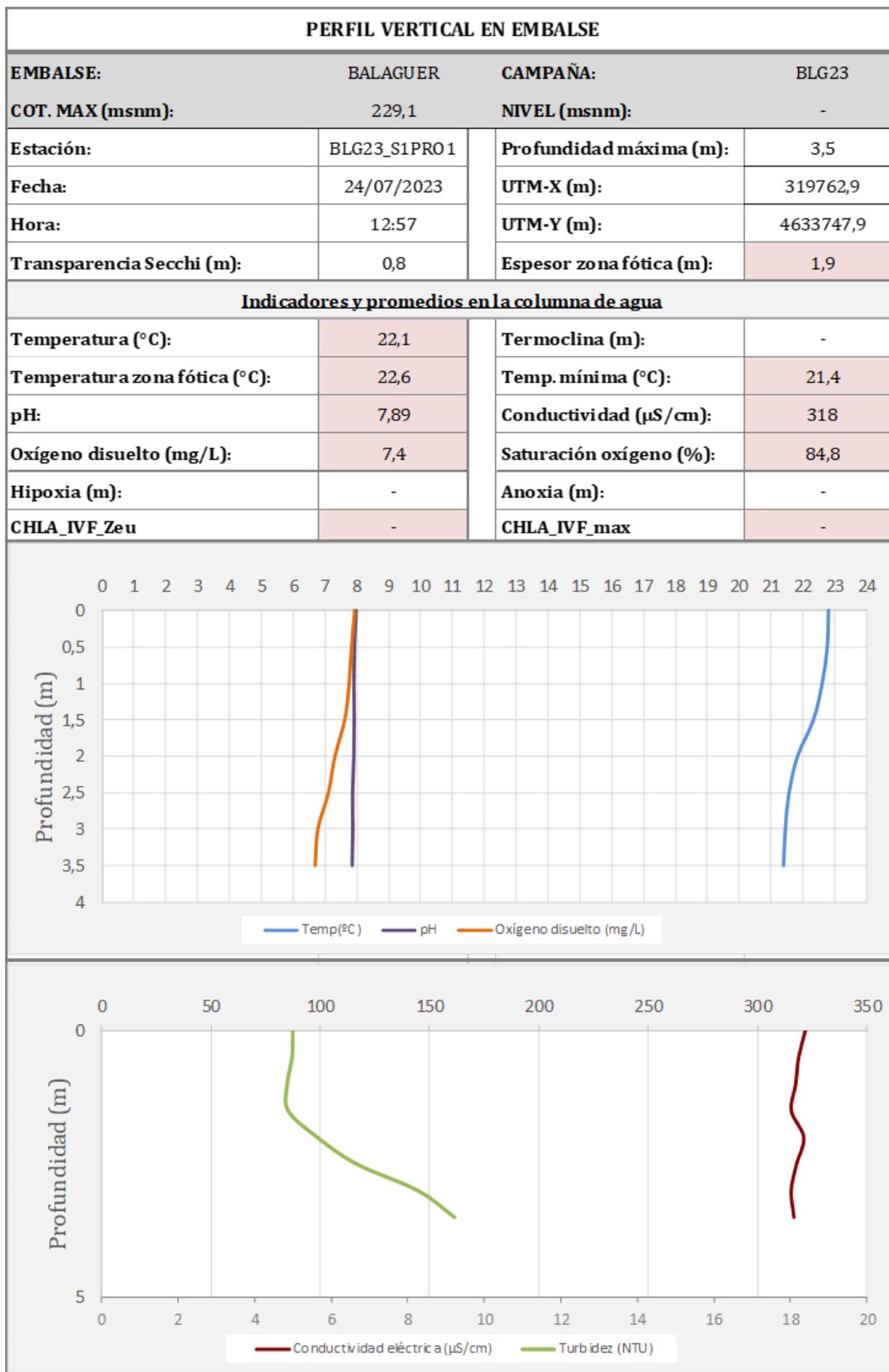


Figura 3. Perfiles físico-químicos del embalse de Balaguer (BLG23\_S1PRO1)

## 2.4. POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO

El embalse de Balaguer se cataloga en el ecotipo E-T11 (Monomítico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal). Este embalse está incluido en la red de control de vigilancia, y ha sido catalogado como mesotrófico y potencial ecológico “moderado” y un estado final del embalse “Inferior a Bueno”, según el informe final de Seguimiento de Embalses 2020 de la Confederación Hidrográfica del Ebro.

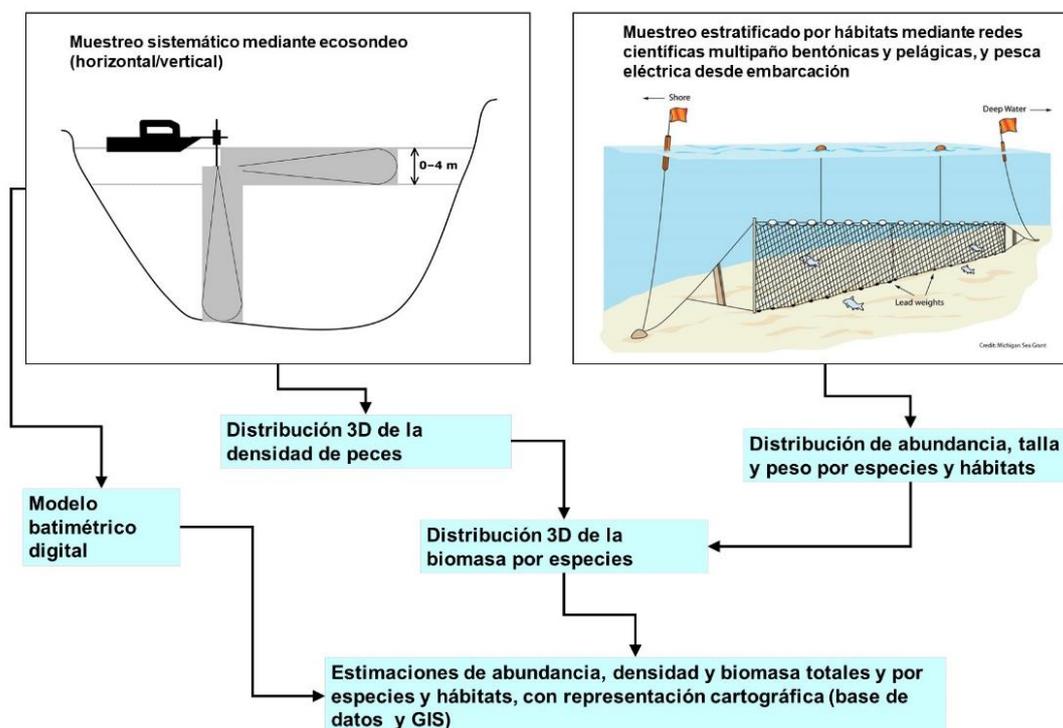
## 3. METODOLOGÍA

Se ha aplicado un procedimiento de muestreo sistemático mediante ecosondeo vertical y horizontal, combinado con muestreos directos por medio de la extensión de redes y pesca eléctrica desde embarcación.

El procedimiento general empleado, que se plasma en la Figura 4, establece diferentes técnicas de muestreo en función de los macrohábitats diferenciados. Como se puede observar en la citada figura, el procedimiento de trabajo se basa en la combinación optimizada de diferentes técnicas prospectivas y de análisis.

Mediante los sondeos acústicos en posición vertical y horizontal se obtiene una alta densidad muestral relativa a la densidad y talla acústica de los peces, y cada elemento de análisis se posiciona en tres dimensiones (latitud, longitud y profundidad). Además, se obtiene un levantamiento del fondo que permite elaborar un modelo batimétrico digital, que sirve para ubicar adecuadamente las estimaciones poblacionales en cada macrohábitat.

## Metodología de censo de peces



**Figura 4.** Esquema del método de censo de poblaciones ícticas en un embalse

Mediante el muestreo con métodos directos de pesca científica en lugares representativos de los diferentes sectores definidos (macrohábitats), se alcanza un conocimiento de la distribución de especies y relaciones entre la talla y el peso, que permiten finalmente estimar biomasa por especies y sectores.

### 3.1. DISEÑO DEL MUESTREO

Se ha planteado una distribución sistemática de las unidades de muestreo acústico, con una separación entre transectos de entre 50 y 100 m.

No obstante, se han realizado además recorridos periféricos adicionales proyectando el haz horizontal hacia las riberas, es decir, perpendicularmente a la línea de costa, en aquellos lugares en que la diferenciación del hábitat lo aconsejaba. Con ello se ha maximizado el alcance del sondeo en zonas someras, menos accesibles a un ecosondeo vertical.

Con el objetivo de conocer la composición específica del embalse, se dispusieron una serie de redes agalleras multipaño tratando de cubrir los gradientes presa-cola, zona litoral-zona

pelágica y por último el gradiente en profundidad. En las zonas litorales, además se realizaron transectos de pesca eléctrica desde embarcación.

En 3 estaciones de muestreo, coincidentes con puntos de pesca directa, se han tomado muestras de agua para análisis de eDNA de trucha común y de anguila. En esos mismos puntos se han realizado perfiles verticales de parámetros físico-químicos y registros de transparencia del agua mediante disco de Secchi.

Los muestreos acústicos se realizaron el día 24 de julio mientras que los muestreos directos de peces se han realizado el 26 de julio de 2023.

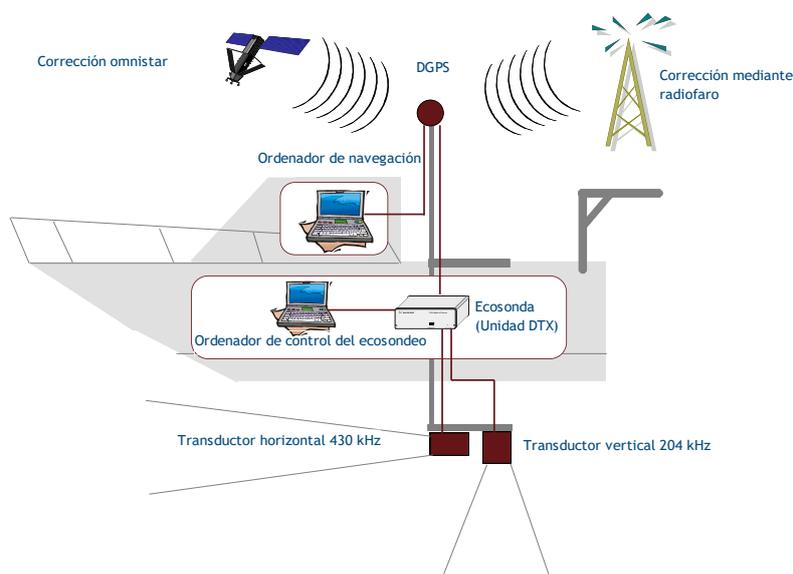
### **3.2. MUESTREOS REMOTOS: HIDROACÚSTICA**

#### **3.2.1. Prospección hidroacústica**

El equipo utilizado es una ecosonda científica BioSonics DTX, con un transductor elíptico digital de haz dividido y frecuencia de 430 kHz, orientado horizontalmente, y un transductor digital de haz dividido y frecuencia de 200 kHz, orientado verticalmente. Estos sistemas ofrecen un rango dinámico muy superior a los analógicos. El transductor utilizado en orientación vertical tiene un ángulo de apertura de  $10^{\circ}$ , lo que permite obtener un volumen muestral que casi duplica los de los transductores estándar.

Los transductores van sujetos lateralmente al barco mediante un soporte construido *ex profeso* que los mantiene sumergidos en su posición, horizontal o vertical, y orientados perpendicularmente al avance de la embarcación.

Durante la adquisición de datos, las posiciones proporcionadas por el sistema GPS se incorporan de forma automática y directa a los ficheros de datos, de modo que los datos de cada medición efectuada por la ecosonda van vinculados de forma inequívoca a sus respectivas posiciones. Con cada pulso o muestra, el sistema adquiere información sobre todos los objetos que se encuentran en ese momento en la columna de agua y dentro del haz acústico que emite la sonda.



**Figura 5.** Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico

Los datos adquiridos se someten a un postproceso, mediante el cual se extraen de los ficheros de datos crudos, adquiridos en el campo y las posiciones originales suministradas por el GPS. Para ello, se empieza por identificar el fondo en cada ecograma.

Posteriormente, se visualizan en forma de ecograma todos los datos acústicos obtenidos y se revisan para descartar posibles artefactos (detecciones de burbujas, etc.) en los ficheros, excluyendo de esta forma falsos ecos.

### **3.2.2. Procesado de datos acústicos**

Se ha empleado una combinación de las técnicas de detección de ecos (ecoconteo y recuento de rastros) y de ecointegración. La técnica de detección de ecos permite, para cada ping (muestra) o rastro, catalogar cada señal como objetivo (pez) y estimar su intensidad acústica, mientras que, en el caso de la ecointegración, se estima la intensidad acústica de una agrupación de peces y se asigna una intensidad media por individuo.

Esta última técnica se aplica a las agrupaciones densas (bancos) de peces, que no permite a los sistemas acústicos resolver ecos individuales, y también a la insonificación horizontal, en la que variabilidad de la señal en función de la orientación del pez respecto al haz es alta y sigue patrones desconocidos en un sondeo móvil. Se aplica en todos los casos al estrato superficial, en el que el sondeo se realiza con orientación horizontal del haz, dado que la estimación de la talla acústica individual en este tipo de sondeo móvil presenta un alto grado de incertidumbre.

En este caso se ha aplicado la técnica de ecoconteo para estimar la abundancia en los estratos profundos, sondeados con orientación vertical del haz acústico, dado que la densidad de peces y el ruido por otros factores (burbujas, etc) no son excesivos. Los ecos se compensan con la distancia al eje del haz.

Además de la densidad de peces en cada celda georreferenciada, se obtiene la intensidad media del blanco o talla acústica (TS, expresada en dB).

Para convertir la TS en talla física del pez, en los ecogramas obtenidos mediante orientación vertical del haz se ha aplicado un algoritmo adaptado a la frecuencia acústica aplicada, a partir de la ecuación básica de Love (1977).

En el caso de la ecointegración se ha utilizado la talla media de las capturas obtenidas en las pescas para obtener la intensidad de reverberación de sección transversal (*backscattering cross section*) utilizando regresiones *ad hoc* (Kubecka *et al.*, 2009).

### **3.3. MUESTREOS DIRECTOS DE PESCA**

#### **3.3.1. Redes agalleras multipaño**

A efectos de obtener información sobre la distribución de especies y las relaciones talla/peso, se han calado redes de muestreo científico de tipo NORDIC (Fiskerivertket 2000:1), desarrolladas por el *Nordic Freshwater Fish Group* y que constituye un estándar internacional (CEN-EN 14.757/2006).

Constan estas redes de 12 paños agalleros de luz creciente, que va desde 5 hasta 55 mm, en una longitud total de 10 m, 30 m o 40 m de largo y de 1,5 ó 6 m de alto. La ratio entre la luz de paños consecutivos es de 1,25 y sigue una progresión geométrica. Este tipo de red constituye un arte de pesca no sesgado, puesto que captura con similar probabilidad todas las tallas.

Para completar la información aportada por las redes estándar, se han empleado otras redes formadas por cuatro paños de luces de mayor tamaño cuyo objetivo es la caracterización de las tallas grandes.

La nomenclatura de cada red depende de la ubicación y la altura a la que se despliega, de tal manera que hay redes bentónicas (caladas al fondo), mesopelágicas y epipelágicas, ubicadas

ambas en la zona pelágica y caladas, respectivamente, a una profundidad intermedia y en superficie.

**Tabla 2.** Descripción de las redes de muestreo empleadas.

Código	Número de paños * Longitud (m)	Luz de malla (mm)	Longitud * Altura (m)	Esfuerzo respecto a estándar
BEN	16 * 2,5	5 - 135	40 * 1,5	1,33
EPL	15 * 2,5	6,25 - 135	37,5 * 6	5
MPL	15 * 2,5	6,25 - 135	37,5 * 6	5

La unidad estándar de esfuerzo de pesca está constituida por una red de 12 paños y 1,5 m de altura (45 m<sup>2</sup>), calada durante 12 h. El esfuerzo de muestreo se ha repartido geográficamente siguiendo una previsión de hábitats o, como se suelen denominar en este tipo de trabajos, “polos de atracción”. En este caso, el diseño muestral no responde a un carácter sistemático sino estratificado por sectores y hábitats.



**Figura 6.** Red bentónica desplegada en el embalse de Balaguer

### **3.3.2. Pesca eléctrica desde embarcación**

Además de las pescas con redes, en las zonas litorales someras (hasta 2 metros), especialmente en presencia de macrófitos acuáticos o vegetación de ribera, se realizó un muestreo complementario mediante pesca eléctrica desde embarcación.

Dada la complicada logística para acceder a los lagos de montaña, que se hubo de realizar en helicóptero, los métodos y materiales para hacer frente a los muestreos directos de electropesca fueron diferentes. El equipo de pesca utilizado fue el Hans-Grassl GmbH EL 60 II GI (1,3 kW), un motor portátil de explosión portado por un técnico, para realizar los transectos de pesca en zonas vadeables de orilla.

La forma de proceder consiste en realizar transectos paralelos a la orilla, de los que se anotan las coordenadas y hora de inicio y fin, en los que se van recogiendo los peces que son atraídos a los ánodos. Una vez finalizado el transecto, se procesan los peces capturados. Para el cálculo de capturas por unidad de esfuerzo, la unidad estándar de esfuerzo que se aplica es de 100 metros de orilla. Los muestreos de pesca eléctrica se realizan preferentemente en horas crepusculares.



**Figura 7.** Embarcación de electropesca en orilla vegetada en el embalse de Balaguer.

### 3.4. INTERPOLACIÓN ESPACIAL Y ESTIMACIONES GLOBALES

Para presentar los resultados obtenidos, todas las posiciones contenidas en los ficheros tienen que convertirse a UTM en datum ETRS89 Huso 31. Todos los mapas e ilustraciones que se incluyen en el presente Estudio se han representado en este sistema de referencia.

El embalse se ha dividido en estratos coherentes de profundidad, que han sido debidamente cubcados mediante el modelo batimétrico digital. Esta estratificación se ha efectuado considerando los registros verticales de temperatura y oxígeno disuelto y de la penetración de la luz, obtenidos durante el muestreo, así como criterios relativos a la orientación del transductor y a la coherencia del haz acústico en horizontal.

Para cada estrato se ha realizado un promediado de las estimaciones por celdas, que posteriormente se ha ponderado en función del volumen (densidad) o de la superficie (biomasa) de cada capa. Este promedio se ha realizado sobre los valores densidad y biomasa por celda.

El promediado se realiza independientemente para cada estrato considerado, que se han nombrado (mapas) a partir de la siguiente nomenclatura (se proporciona también su equivalencia con la nomenclatura internacional más extendida):

- L1: Estrato superior - *Upper Open Water (UOW)*
- L2: Estrato intermedio - *Medium Open Water (MOW)*
- L3: Estrato inferior - *Lower Open Water (LOW)*

En este caso solamente se presenta una capa (L1), considerando la escasa profundidad de la masa de agua.

Se calcula además el error estándar y los intervalos de confianza de las estimaciones de densidad, asumiendo una distribución normal de probabilidad, lo que está justificado cuando el índice de cobertura (Da) es superior a 6 (Simmonds & McLennan, 2005), valor que se supera ampliamente con la intensidad de muestreo planteada en este trabajo.

### 3.5. EVALUACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE BIÓTICO QFBI

No existe en la actualidad un método oficial de evaluación del potencial ecológico de los embalses basado en el bioindicador peces. No obstante, se dispone de un índice biótico de calidad desarrollado previamente dentro del proyecto de I+D+i del MARM “Investigación de la respuesta hidroacústica específica y desarrollo de métodos para la evaluación cuantitativa de las comunidades de peces y del potencial ecológico en embalses” (Expte.: 082/RN08/01.1), coordinado por Ecohydros. Su cálculo puede tener interés a efectos de comparar sintéticamente la calidad entre los diferentes embalses según la composición y biomasa de las biocenosis de peces.

Esta aproximación a un índice de calidad basado en los peces se denominó QFBI (*Quantitative Fish Biotic Index*). Para su desarrollo se siguió una metodología en la línea de la adoptada por el grupo europeo de intercalibración y que consiste en emplear como variable dependiente una medida del grado de presión al que está sometido el embalse (*Global Pressure Index*) y como variables independientes las métricas calculadas a partir de los datos cuantitativos de peces.

Mediante regresión logística (*stepwise*) se seleccionaron cinco métricas que combinadas generan el valor del QFBI. En la tabla siguiente se presentan las métricas empleadas y los coeficientes de la ecuación.

**Tabla 3.** Métricas y coeficientes para el cálculo del QFBI

Métrica	Variable	Descripción	Coefficiente
		Término independiente	-2,31
M1	LOG_BIO	Logaritmo de la biomasa total del embalse expresada en g/ha	0,94
M2	LOG_BIO_native	Logaritmo de la biomasa de especies autóctonas del embalse expresada en g/ha	-1,49
M3	LOG_%_BIO_PISC_Exotic	Logaritmo del porcentaje en biomasa de especies exóticas piscívoras	6,50
M4	LOG_BIO_PISC_Exotic	Logaritmo de la biomasa de especies exóticas piscívoras expresada en g/ha	0,27
M5	LOG_BIO_ciprin_native	Logaritmo de la biomasa de ciprínidos autóctonos expresada en g/ha	0,79

O lo que es lo mismo, expresado en forma de ecuación:

$$QFBI = -2,31 + 0,94 \times M1 - 1,49 \times M2 + 6,5 \times M3 + 0,27 \times M4 + 0,79 \times M5$$

Una de las cuestiones más delicadas en la evaluación de la calidad es la fijación de los valores de corte entre clases, y principalmente el valor que separa el potencial moderado del bueno. En esta primera versión se han empleado los siguientes valores de corte:

**Tabla 4.** Valores de corte del QFBI empleados para la clasificación del potencial ecológico

Clase	1	2	3	4	5
Potencial	Óptimo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
QFBI		-1	0,2	1,6	2,3

### 3.6. DETECCIÓN DE TRUCHA COMÚN Y ANGIULA EUROPEA MEDIANTE ADN AMBIENTAL

#### 3.6.1. Muestreo de ADN ambiental (eDNA)

Para la detección de trucha común (*Salmo trutta fario*) y de anguila (*Anguilla anguilla*) se tomaron 3 muestras de 1L de agua en otras tantas estaciones de muestreo. En una de esas estaciones (punto más profundo) las muestras se tomaron en 3 profundidades diferentes repartidas en la columna de agua. En las otras dos estaciones las 3 muestras se tomaron en superficie a lo largo de la zona cubierta por el muestreo con red o con electropesca.

En la Figura 12, se representa la ubicación de las redes agalleras de diferente tipo utilizadas en el muestreo directo de peces, así como los recorridos de pesca eléctrica y los puntos de registro físico-químico y de muestreo de eDNA.

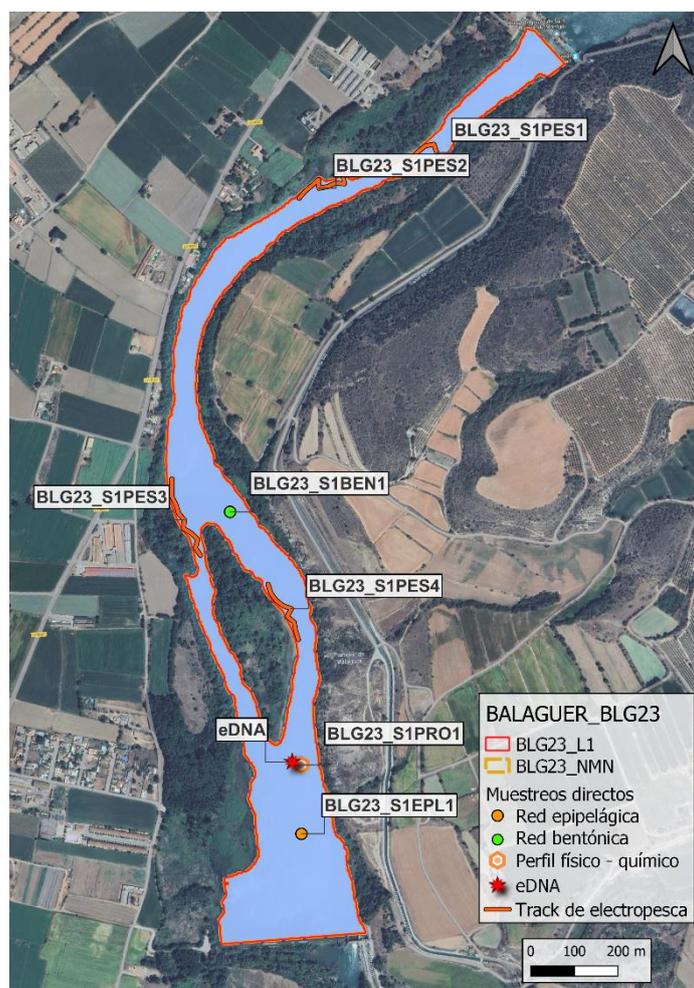


Figura 8. Ubicación de las estaciones de muestreo directo en el embalse de Balaguer

### **3.6.2. Obtención de ADN ambiental de trucha común y de anguila en muestras de agua**

Para aislar el ADN presente en el agua del embalse fue preciso filtrar las muestras con bombas de presión negativa y filtros de 0,2 micras de poro, en condiciones de esterilidad y bajo estrictos controles para evitar posibles contaminaciones de las muestras. Así pues, las muestras se filtraron en un laboratorio aislado y todos los materiales que no fueran desechables se esterilizaron entre cada una de las muestras.

La extracción de ADN se realizó en cabina de flujo laminar con luz ultravioleta (UV), empleando el kit para muestras de agua “*DNeasy Power Water Kit*” de Qiagen. Una vez aislado el ADN de las muestras ambientales, las extracciones se conservaron congeladas (-20°C) hasta su posterior análisis.

Antes de proceder con los análisis específicos de detección de trucha común y de anguila, fue preciso confirmar la calidad e integridad de las muestras. Para ello, el ADN ambiental aislado se amplificó con un marcador genético universal del gen ribosomal 18S. Esto permite por un lado confirmar la presencia de ADN en las muestras, ya que este marcador amplifica multitud de organismos, y por otro lado descartar la presencia de inhibidores de la amplificación por PCR, comunes en las muestras ambientales.

La detección del marcador universal del gen ribosomal se realizó en un termociclador de PCR convencional modelo *Verity Blue* (*Life Technologies, Inc., Applied Biosystems, Carlsbad, CA, USA*). Las detecciones tanto de trucha común como de anguila europea se realizaron mediante PCR cuantitativa (qPCR) en un termociclador *7,900 HT Fast Real- Time PCR System* (*Life Technologies, Inc., Applied Biosystems, Carlsbad, CA, USA*). Todas las amplificaciones se replicaron en el laboratorio, repitiendo los análisis en ocasiones diferentes, correspondientes a días distintos, para asegurar la consistencia y fiabilidad de los datos.

### **3.6.3. Detección específica de trucha común**

Para la detección de trucha común se utilizó un marcador específico y una sonda *TaqMan MGB* (Gustavson *et al.*, 2015, siguiendo las recomendaciones de Fernández *et al.*, 2018). El marcador específico de *Salmo trutta* se une y amplifica únicamente el ADN de trucha común, no de otros organismos ni de otras especies de trucha. Si en la muestra ambiental no hay ADN de *Salmo trutta*, no habrá amplificación, ni por tanto señal, ya que la sonda no emitirá fluorescencia.

Cuando se produce amplificación, porque hay coincidencia del código de los cebadores (o *primers*) con el del ADN de la muestra, se libera un extremo de la sonda, que pasa a emitir fluorescencia. Con ello es posible detectar, mediante la lectura de fluorescencia, la presencia de la especie y adicionalmente, mediante cálculos, la cantidad de ADN de trucha presente en la muestra.

#### **3.6.4. Detección específica de anguila europea**

Para la detección de anguila europea se utilizó un marcador específico de desarrollo propio de Ecohydros. El marcador específico de *Anguilla anguilla* funciona igual que el previamente descrito para *Salmo trutta*; se une y amplifica únicamente el ADN de anguila, pero no el de otros organismos.

#### **3.6.5. Estimaciones de biomasa**

La metodología de PCR cuantitativa (qPCR) permite estimar la cantidad de ADN de la muestra a través de cálculos derivados del número de moléculas presentes en la muestra ambiental analizada, y de su composición molecular.

Se calculó una recta patrón de diluciones seriadas del producto de PCR con amplicones del fragmento especie del marcador utilizado para la detección de la trucha común. Para poder obtener dicha recta patrón, se cuantificó mediante fluorimetría la concentración de ADN disponible en el producto de PCR a utilizar. Después se analizó el genoma de la especie y se encontró la secuencia de los cebadores para poder discernir el número de bases que existían entre ellos. Finalmente se calculó el número de copias de ADN de la especie.

Todos los ensayos realizados con los amplicones y con tejido de trucha y anguila se realizaron por separado, en una sala de laboratorio diferente, aislados de las muestras ambientales, para evitar cualquier posible contaminación cruzada.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. SONDEO HIDROACÚSTICO: DENSIDADES

Los recorridos móviles de ecosondeo han cubierto una longitud total de 7,2 km (con dos transductores), lo que supone un valor del índice de cobertura (Da) de 15. Los recorridos completos sobre el mapa batimétrico se presentan en la Figura 9.

Obsérvese que los recorridos realizados se circunscriben al contorno del agua (rojo) correspondiente con el día de muestreo.

Mediante el método descrito, se ha obtenido una estimación de densidad en celdas de 50 m y también la talla acústica corregida de cada uno de los blancos y rastros (“tracks”) de peces.

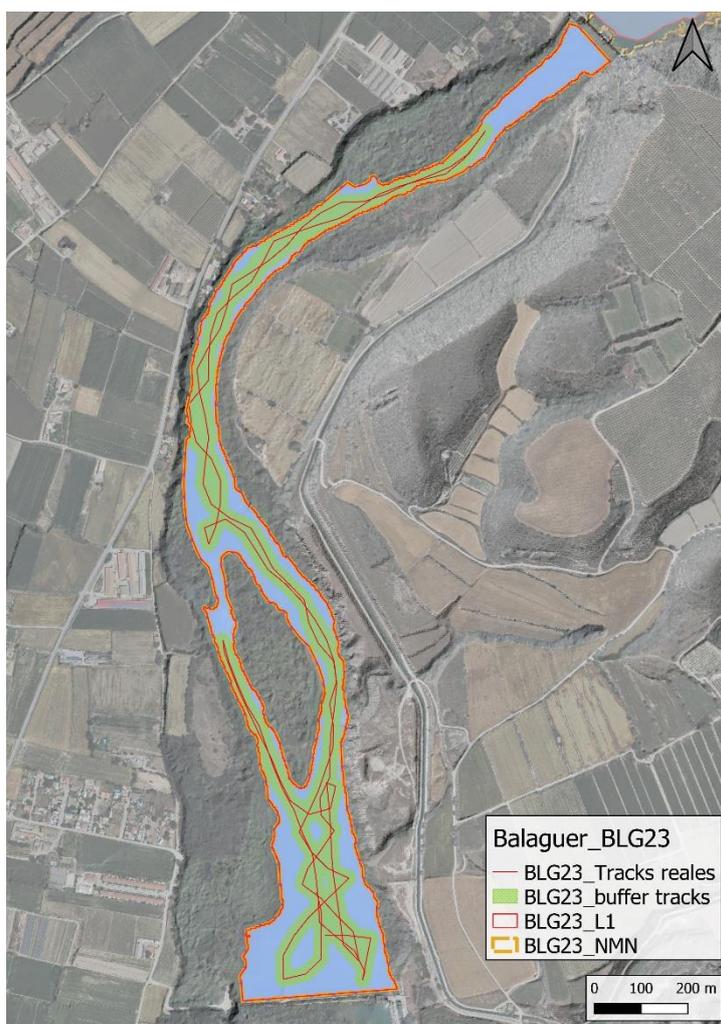
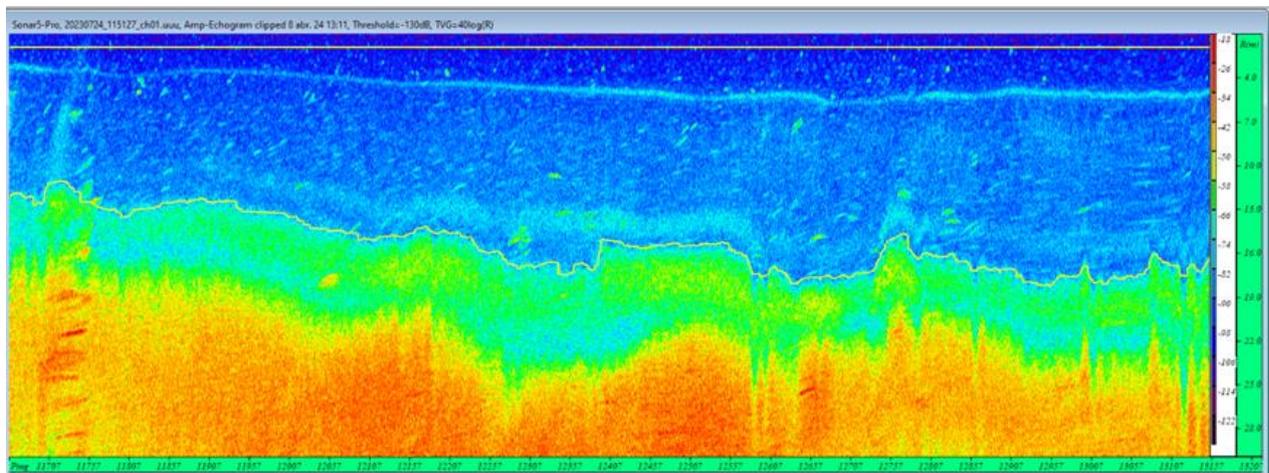


Figura 9. Recorridos del sondeo hidroacústico en el embalse de Balaguer

En la Figura 10 se muestra un ejemplo de un ecograma del embalse de Balaguer realizado con haz horizontal en una zona poco profunda del embalse. Debido a la escasa profundidad, el haz horizontal viaja una distancia de unos 15 metros antes de tocar con el fondo (por debajo de la línea amarilla). En ese trayecto se pueden observar señales más intensas cerca del fondo y menos intensas (dianas de menor talla) en la columna de agua, más cerca de la embarcación. Aparte de señales individuales pueden apreciarse pequeñas agrupaciones, pero no hay bancos en este ecograma.



**Figura 10.** Ejemplo de un ecograma obtenido con el haz vertical en el embalse de Balaguer.

#### 4.1.1. Distribución y estimación de la densidad de peces

En la Tabla 5 se ofrecen los estadísticos descriptivos de cada estrato vertical analizado. La densidad se ha expresado en individuos por decámetro cúbico ( $1 \text{ dam}^3 = 1.000 \text{ m}^3$ ). Los valores de densidad son bajos y no se aprecian diferencias significativas entre estratos de profundidad.

**Tabla 5.** Densidad de peces (ind/dam<sup>3</sup>) por estratos, estimada mediante acústica

Embalse	Sector	Estrato	Densidad media (ind/1000m <sup>3</sup> )	Densidad máxima (ind/1000m <sup>3</sup> )	Número de casos	Número de casos con valor 0	Desviación típica
BLG23	1	1	21,44	976,56	144	25	84,04

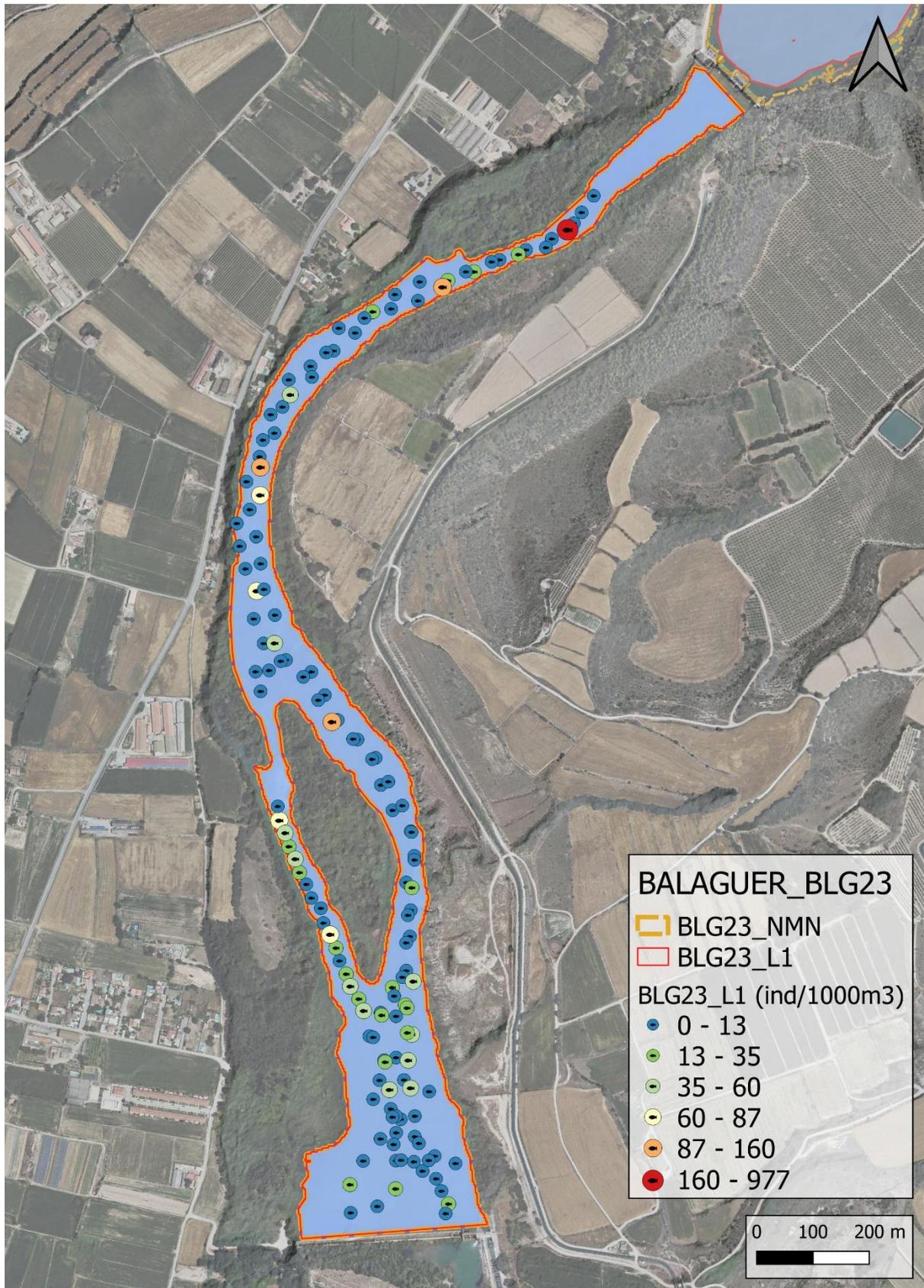
La densidad resultante en el conjunto del embalse es de  $21,44 \pm 3,50 \text{ ind/dam}^3$ . Se trata de un valor muy elevado, propio de sistemas dominado por especies gregarias de pequeño tamaño.



En la figura siguiente se presenta la disposición geográfica de las celdas de análisis para cada uno de los estratos y se representa mediante símbolos graduados la densidad de cada celda de análisis. Cada punto representa una celda de 50 m de longitud.

Se ha empleado el método de *Jenks "Natural breaks optimization"* para establecer los valores de corte de los datos de densidad. Es un método de agrupamiento de datos diseñado para determinar la mejor disposición de valores en diferentes clases. El método busca reducir la varianza dentro de las clases y maximizar la varianza entre las clases. Por ello, las clases de valores obtenidas pueden ser diferentes para cada grupo de casos (estratos).

En el único estrato hábil (UOW), correspondiente en este caso a una capa de menos de 5 m de profundidad, se aprecian valores más altos de densidad en la zona de cola del embalse, que en realidad se sitúa a la salida del embalse de San Lorenzo (situado aguas arriba).



**Figura 11.** Distribución de la densidad de peces en el estrato superior (UOW).

#### **4.1.2. Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro**

En el diagrama de barras siguiente se presentan los resultados de densidad obtenidos en el embalse de Balaguer, en comparación con otros embalses de la cuenca del Ebro en los que se ha trabajado con técnicas hidroacústicas y se dispone de datos cuantitativos. La línea roja representa el valor promedio de los embalses considerados, en la que el embalse de Utchesa Seca constituye un extremo por el lado superior de la distribución.

El valor de densidad obtenido para el embalse de Balaguer queda claramente por encima de los valores medios en el conjunto de embalses estudiados en la cuenca del Ebro, y se puede considerar alto en el contexto de la demarcación hidrográfica del Ebro.



Densidad (ind/1000m<sup>3</sup>)

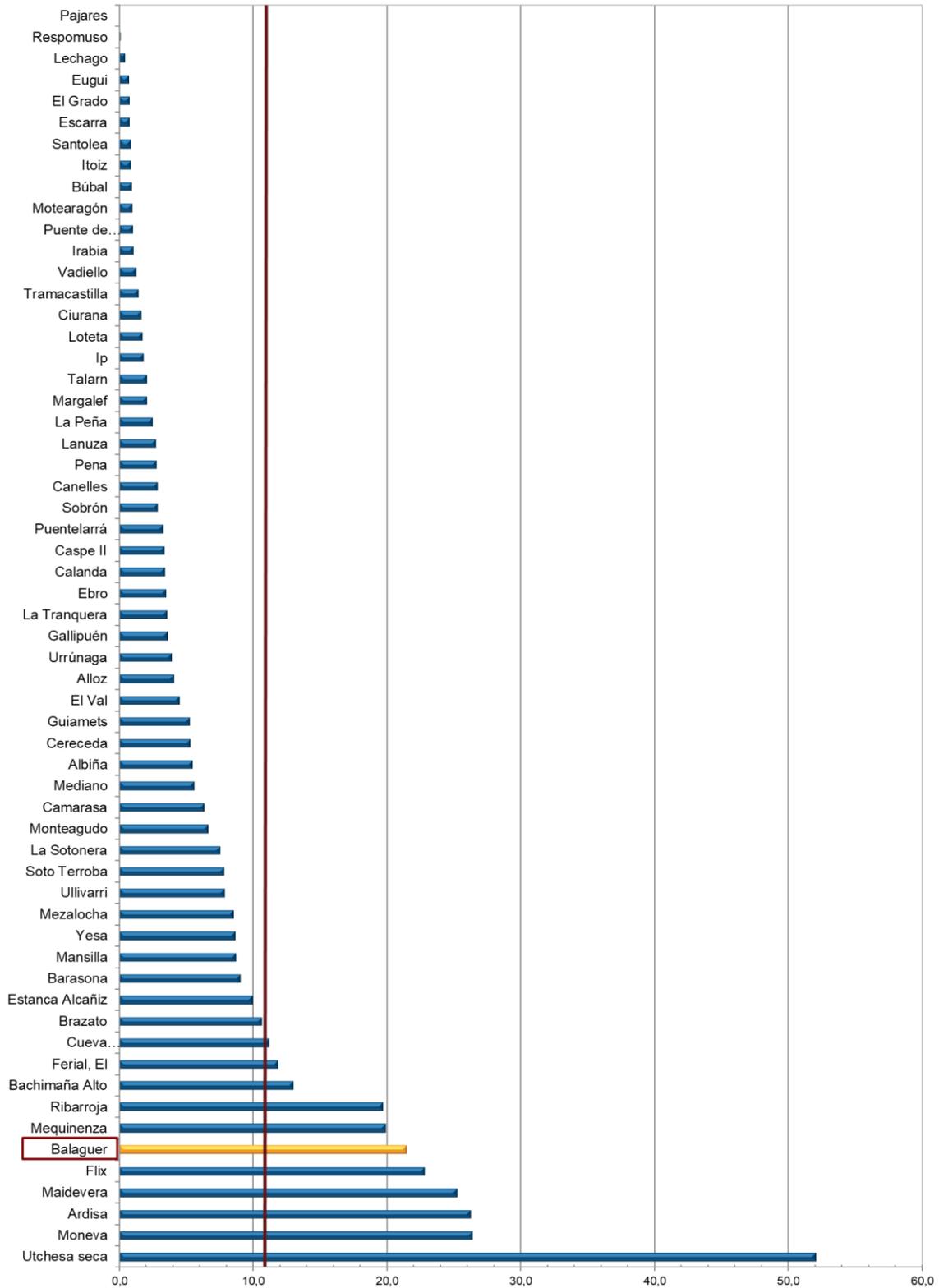


Figura 12. Comparación de la densidad con otros embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro

#### 4.2. MUESTREOS DIRECTOS: COMPOSICIÓN Y BIOMASA ESPECÍFICA

Los muestreos directos se han realizado mediante pesca con redes agalleras multipaño según se describen en la norma CEN 14.757 y mediante pesca eléctrica desde embarcación en las zonas litorales someras.



Ubicación red pelágica



Presa del embalse de Balaguer



Acceso embarcación con grúa



Toma de parámetros fisicoquímicos



Ejemplar capturado de *Cyprinus carpio*



Vista panorámica del embalse de Balaguer

**Figura 13.** Fotografías de las labores de muestreo en el embalse de Balaguer

#### 4.2.1. Especies presentes en el embalse

De las nueve (9) especies detectadas en los muestreos de diferente tipo realizados en el embalse de Balaguer, ocho (8) son alóctonas en la demarcación hidrográfica del Ebro y solamente una autóctona, el gobio (*Gobio lozanoi*).

**Tabla 6.** Especies presentes en el embalse

Nombre científico	Nombre común	Origen
<i>Alburnus alburnus</i>	Alburno	Alóctono
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa común	Alóctono
<i>Carassius gibelio</i>	Carpín prusiano	Alóctono
<i>Gambusia holbrooki</i>	Gambusia	Alóctono
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Gardí	Alóctono
<i>Gobio lozanoi</i>	Gobio	Autóctono
<i>Sander lucioperca</i>	Lucioperca	Alóctono
<i>Rutilus rutilus</i>	Rutilo	Alóctono
<i>Silurus glanis</i>	Siluro	Alóctono

Estas consideraciones llevan a la conclusión de que la ictiocenosis del embalse de Balaguer está profundamente alterada, como consecuencia de introducciones. Estas especies constituyen una red trófica controlada por dos depredadores (lucioperca y siluro), peces pasto como el alburno, omnívoros de pequeña talla que presionan sobre el zooplancton como el gardí, rutilo o gambusia y grandes ciprínidos omnívoros (carpa común y carpín prusiano).

#### 4.2.2. Composición y distribución de especies

##### Capturas con redes

El total de capturas con redes agalleras fue de 211 ejemplares, con un peso total de 7,5 kg, lo que supone 296 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 10,5 kg de biomasa por unidad de esfuerzo. Se emplearon un total de 2 redes y 1,4 unidades de esfuerzo. En la Figura 11, se representa la ubicación de las redes de muestreo y los recorridos de pesca eléctrica.

**Tabla 7.** Ejemplos de las redes utilizadas durante los muestreos directos en el embalse de Balaguer

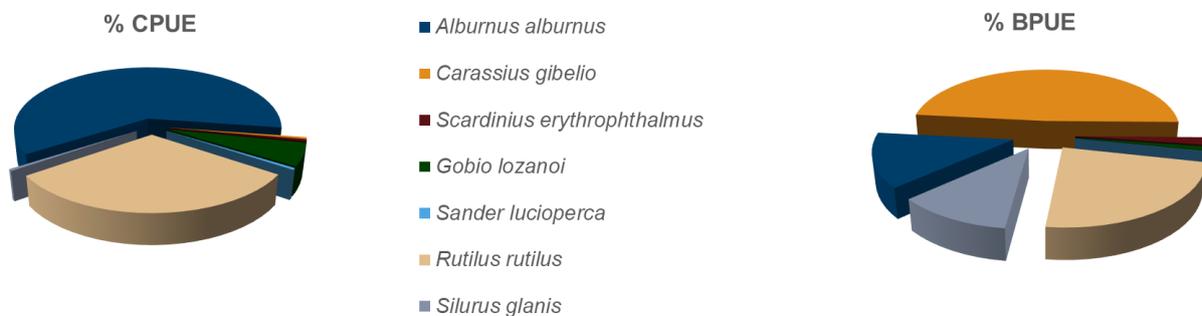
Tipo de lance	Código	Número de paños	Longitud (m)	Altura (m)	Esfuerzo
Red epipelágica	BLG23_S1EPL1	16	40	6	0,72 x 45 m <sup>2</sup> /12h
Red bentónica	BLG23_S1BEN1	16	40	1,5	0,69 x 45 m <sup>2</sup> /12h

En la Tabla 8 y en la Figura 14 se facilitan los resultados obtenidos de las redes, agregados por especies y para cada uno de los estratos del embalse.

Los términos empleados para describir la asociación de peces del embalse se describen en el Glosario al final del documento.

**Tabla 8.** Resultados de las pescas con red por especies

	Capturas	CPUE (ind/ud. esf.)	CPUE (%)	Biomasa (g)	BPUE (g/ud. esf.)	BPUE (%)	Longitud furcal media (mm)	Peso medio (g)
<i>Alburnus alburnus</i>	129	183	61,5	994	1.414	13,4	94	8
<i>Carassius gibelio</i>	1	1	0,5	3.700	5.123	48,5	540	3.700
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	1	1	0,5	153	212	2,0	200	153
<i>Gobio lozanoi</i>	12	17	5,6	83	116	1,1	81	7
<i>Sander lucioperca</i>	1	1	0,5	5	6	0,1	87	5
<i>Rutilus rutilus</i>	66	92	31,0	1.780	2.483	23,5	110	27
<i>Silurus glanis</i>	1	1	0,5	833	1.200	11,4	521	833
<b>Total</b>	<b>211</b>	<b>296</b>	<b>100,0</b>	<b>7.550</b>	<b>10.555</b>	<b>100,0</b>	<b>103</b>	<b>36</b>



**Figura 14.** Composición de la asociación obtenida mediante redes

Se observa que la asociación está dominada (61,5%) en términos de abundancia por el alburno (*Alburnus alburnus*), seguida con un porcentaje inferior (31%) por el rutilo (*Rutilus rutilus*). Sin embargo, es el carpín prusiano (*Carassius gibelio*) la especie dominante en términos de biomasa (48,5%), seguido del rutilo (*Rutilus rutilus*), que supone un 23,5% de la biomasa en este tipo de capturas. Le sigue el resto de las especies sin apenas representación en términos de biomasa.

En la Figura 15 se muestran los histogramas de frecuencias de las capturas por clases de talla de 5 mm. Se han incluido las capturas realizadas mediante pesca eléctrica, cuyos resultados se exponen en el apartado siguiente.

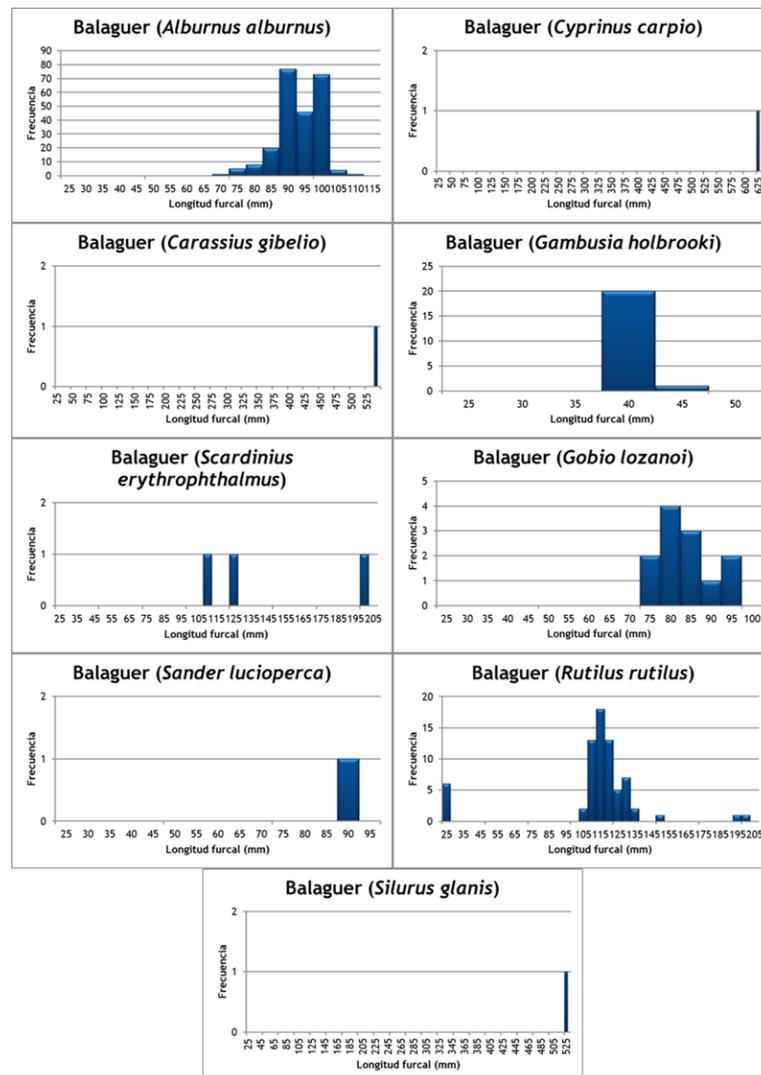


Figura 15. Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm

De las 9 especies capturadas en el embalse de Balaguer, el alburno (*Alburnus alburnus*), la gambusia (*Gambusia holbrooki*), el gobio (*Gobio lozanoi*) y el rutilo (*Rutilus rutilus*) presentan poblaciones estructuradas, con ejemplares de diferentes clases de edad. Ni los grandes ciprínidos ni los depredadores presentan indicios de reclutamiento en la masa de agua.

### Resultados de la pesca eléctrica

El total de capturas con pesca eléctrica fue de 133 peces con un peso total de 6,1 kilos, lo que supone 76,4 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 3,7 kg de BPUE. Se realizaron 4 transectos de pesca eléctrica, habiéndose muestreado un total de 700 metros de orilla, repartidos a lo largo de todo el embalse, muestreando las zonas no apropiadas para las redes agalleras.

**Tabla 9.** Recorridos de pesca eléctrica realizados durante los muestreos directos del embalse de Balaguer

Tipo de lance	Código	Esfuerzo
Pesca eléctrica	BLG23_S1PES1	164 m
Pesca eléctrica	BLG23_S1PES2	168 m
Pesca eléctrica	BLG23_S1PES3	204 m
Pesca eléctrica	BLG23_S1PES4	164 m

La ubicación de los transectos de muestreo de electropesca se puede observar en el mapa de la Figura 11 y en el boletín de campo del Anexo I, donde se presenta además la ubicación de las redes.

En la tabla siguiente se facilitan los resultados obtenidos, agregados por especies. Se capturaron un total de 5 especies diferentes de las 9 detectadas en el embalse. Se observa que la metodología de muestreo con redes agalleras en este caso ha sido más eficiente, obteniendo un mayor número de capturas.

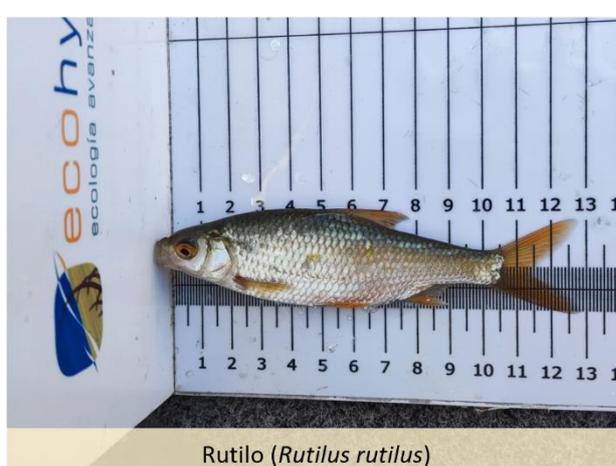
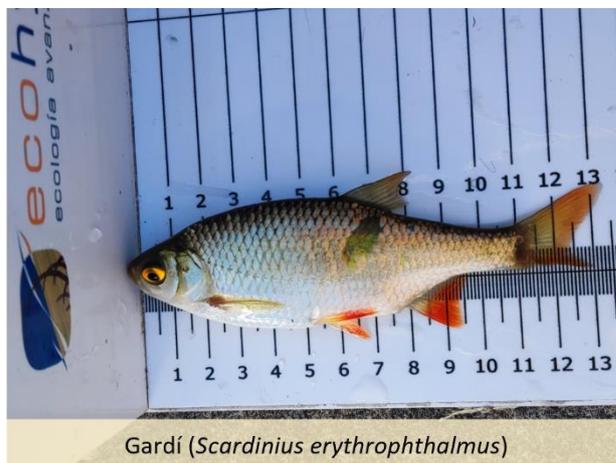
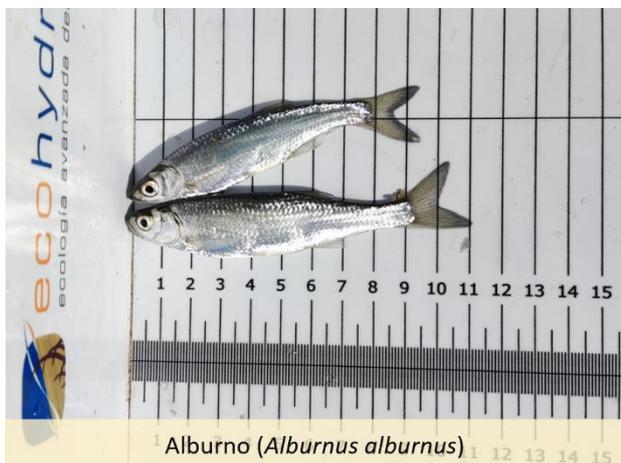
**Tabla 10.** Resultados de la pesca eléctrica por especies

	Capturas	CPUE (ind/ud. esf.)	% CPUE	Biomasa (g)	BPUE (g/ud. esf.)	% BPUE	Longitud furcal media (mm)	Peso medio (g)
<i>Alburnus alburnus</i>	106	60,2	78,8	690	393,7	10,7	89	7
<i>Cyprinus carpio</i>	1	0,6	0,8	5.250	3.201,2	86,9	624	5.250
<i>Gambusia holbrooki</i>	21	12,5	16,4	23	13,8	0,4	40	1
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	2	1,2	1,6	50	30,7	0,8	117	25
<i>Rutilus rutilus</i>	3	1,8	2,4	73	44,3	1,2	116	24
<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>76,4</b>	<b>100,0</b>	<b>6.086</b>	<b>3.683,7</b>	<b>100,0</b>	<b>86</b>	<b>46</b>



**Figura 16.** Composición de la muestra obtenida mediante pesca eléctrica

Al igual que en los muestreos realizados con redes agalleras, la asociación identificada con la técnica de electropesca desde embarcación está dominada en términos de abundancia por el alburno (*Alburnus alburnus*) (78,8%). En biomasa es la carpa común (*Cyprinus carpio*) la que domina con claridad (86,9%), pese a haberse capturado solamente un individuo. A pesar de su pequeño tamaño, es tal la abundancia del alburno (*Alburnus alburnus*) que alcanza el 10,7% de la biomasa.



**Figura 17 .** Ejemplares de las especies capturadas en el embalse de Balaguer

### 4.3. BIOMASA

#### 4.3.1. Distribución y estimación de la biomasa de peces

A partir de los datos obtenidos mediante las dos técnicas de prospección (hidroacústica y muestreo directo), se integran los resultados para obtener las estimaciones de densidad y biomasa por especies para el conjunto del sistema (Tabla 11).

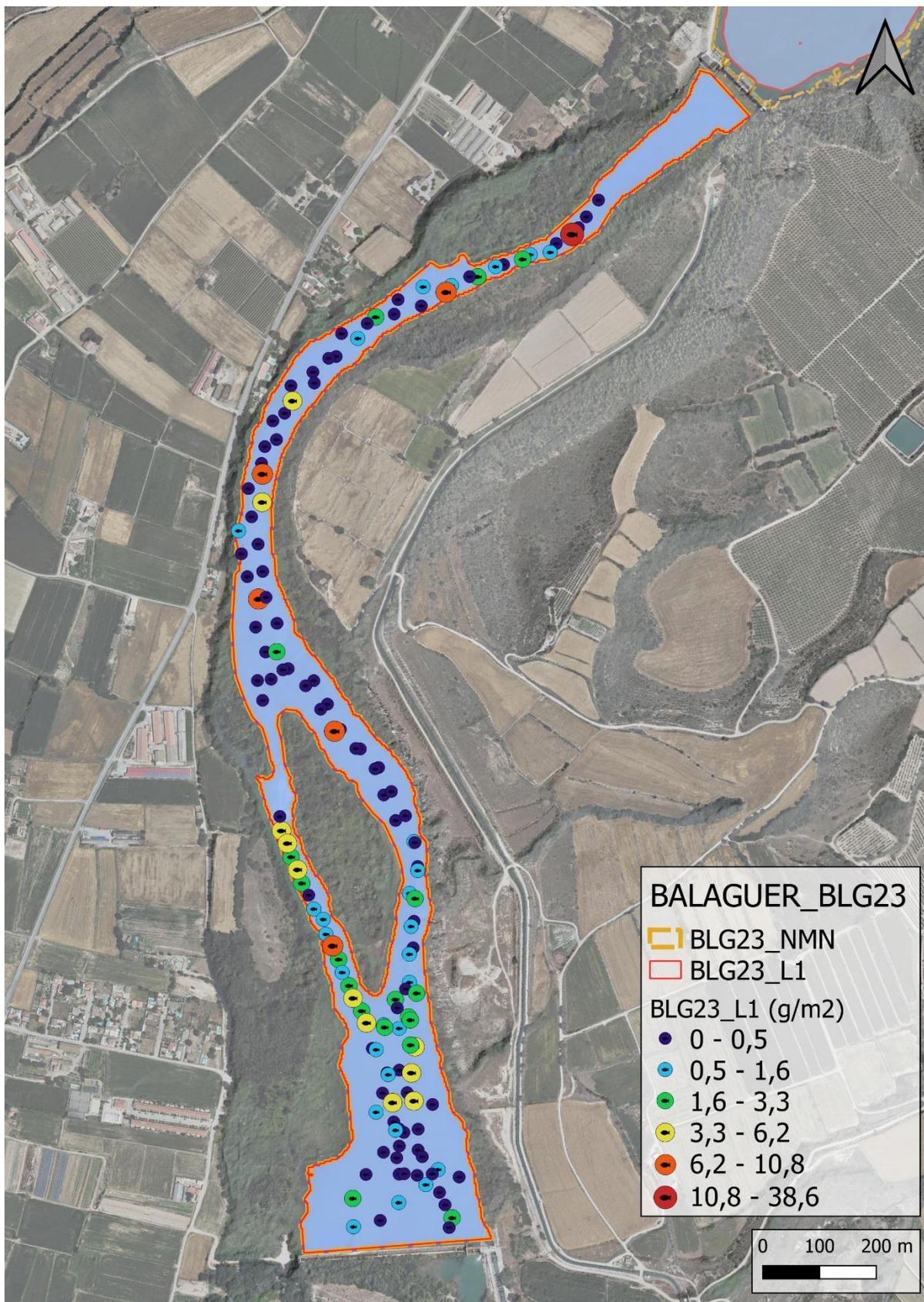
**Tabla 11.** Biomasa de peces por estratos ( $\text{g/m}^2$ ) estimada mediante acústica

Embalse	Sector	Estrato	Biomasa media ( $\text{g/m}^2$ )	Biomasa máxima ( $\text{g/m}^2$ )	Número de casos	Número de casos con valor 0	Desviación típica
RSP22	1	1	1,50	38,56	144	26	3,72

La biomasa media del embalse se calcula sumando las biomاسas de cada uno de los estratos y refiriéndolo a la superficie del embalse. De esta manera se obtiene una biomasa media de  $1,50 \pm 0,24 \text{ g/m}^2$ , o lo que es lo mismo  $15,0 \text{ kg/ha}$ . Se trata de un valor moderadamente bajo de biomasa, compatible con un embalse de bajo nivel trófico.

En la Figura 18 se representa la distribución espacial de los valores de biomasa en las celdas de análisis para el único estrato considerado en este embalse. Al igual que en el caso de la densidad, se ha empleado el método de Jenks “*Natural breaks optimization*” para establecer los valores de corte de los datos de biomasa.

Se aprecia que los valores de biomasa están más repartidos en el embalse, si bien hay un máximo en la cola, hay varias zonas intermedias con valores medios y altos ( $3 - 10 \text{ g/m}^2$ ). Esto indica que los peces de mayor talla tienen querencia por zonas distintas que las gregarias de pequeña talla.



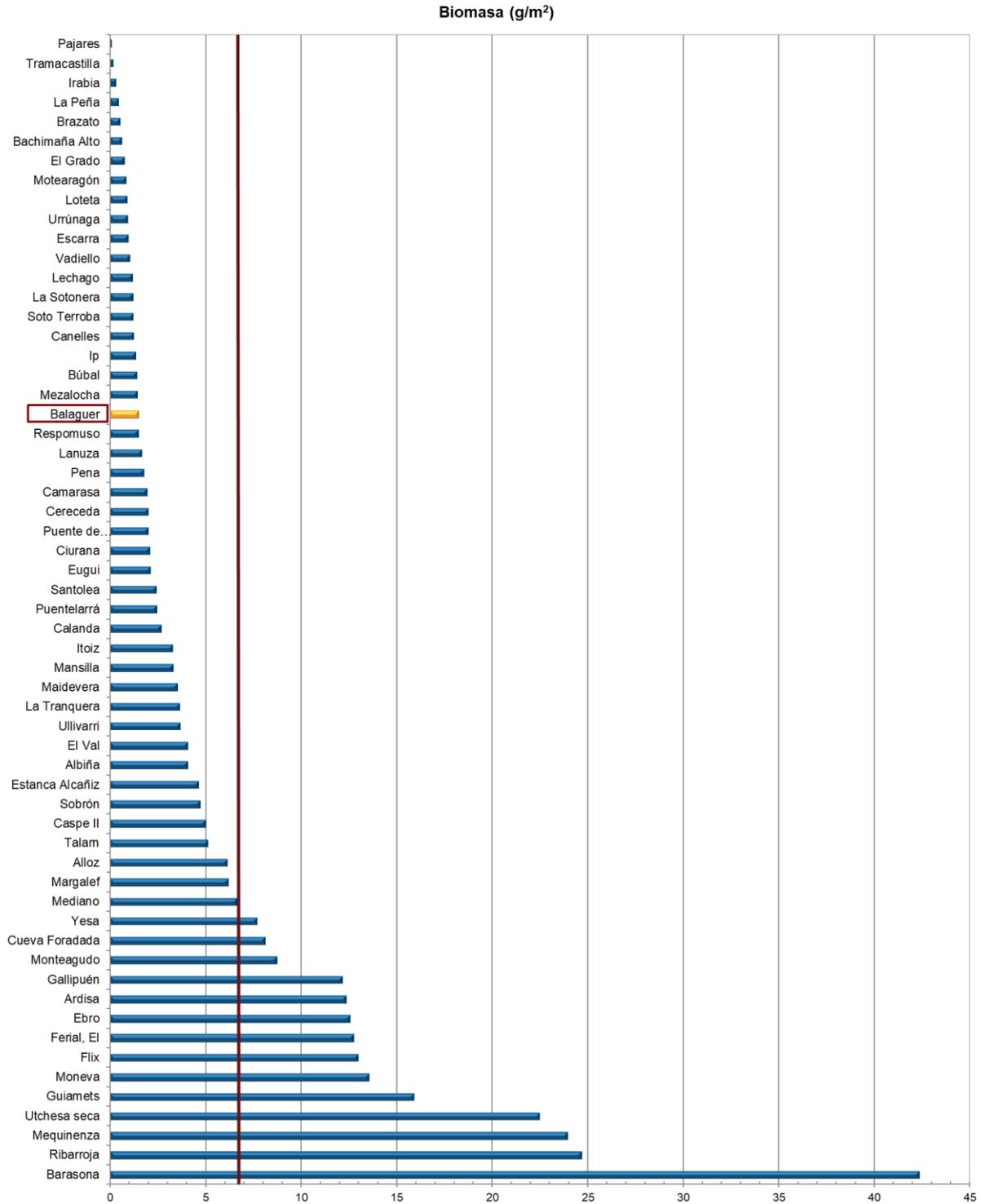
**Figura 18.** Distribución de la biomasa de peces en el estrato superior (UOW).



#### **4.3.2. Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro**

En el diagrama de barras siguiente se presentan los resultados de biomasa obtenidos en el embalse de Balaguer, en comparación con otros embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro cuyas poblaciones de peces se han evaluado con técnicas hidroacústicas de calidad científica y se dispone de datos cuantitativos de densidad y biomasa.

La línea roja representa el valor promedio de los embalses considerados. Como puede apreciarse, la biomasa en este embalse presenta un valor medio/bajo en el contexto de los embalses estudiados en la cuenca del Ebro.



**Figura 19.** Comparación de la biomasa con otros embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro

#### 4.4. DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES

Para poder ofrecer una estimación de las densidades y biomásas por especies, es necesario aplicar la distribución de especies obtenidas mediante muestreo directo a las densidades y biomásas obtenidas mediante acústica.

En la Tabla 12 se ha calculado la densidad y biomasa relativas por especie, referidas a volumen ( $\text{dam}^3$ ) y superficie ( $\text{m}^2$ ) respectivamente, para el conjunto del embalse.

**Tabla 12.** Densidades ( $\text{ind}/\text{dam}^3$ ) y biomásas ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) por especie

	Densidad media ( $\text{ind}/\text{dam}^3$ )	Abundancia (%)	Abundancia Total (ind)	Biomasa media ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	Biomasa (%)	Peso total (kg)
<i>Alburnus alburnus</i>	13,95	65%	6.713	0,19	13%	42
<i>Carassius gibelio</i>	0,08	0%	38	0,53	35%	118
<i>Cyprinus carpio</i>	0,03	0%	17	0,33	22%	74
<i>Sander lucioperca</i>	0,08	0%	38	0,00	0%	0
<i>Rutilus rutilus</i>	5,39	25%	2.594	0,28	19%	63
<i>Gobio lozanoi</i>	0,96	4%	463	0,01	1%	3
<i>Silurus glanis</i>	0,08	0%	40	0,12	8%	28
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0,15	1%	72	0,03	2%	6
<i>Gambusia holbrooki</i>	0,72	3%	345	0,00	0%	0
<b>Total</b>	<b>21,44</b>	<b>100%</b>	<b>10.319</b>	<b>1,50</b>	<b>100%</b>	<b>332</b>
Intervalo de Confianza (I.C)	3,50	/	1.685	0,24	/	54

En este cuadro se resumen las observaciones ya expuestas en cuanto a la densidad y biomasa de las especies, así como su importancia relativa en la asociación de peces del embalse. En términos absolutos se estima una población de  $10.319 \pm 1.685$  peces con una biomasa de  $332 \pm 54$  kilogramos. Estos valores absolutos deben usarse con cautela. Es más apropiado trabajar con los valores de densidad y biomasa por unidad de volumen y superficie (respectivamente), que permiten comparar diferentes sistemas.

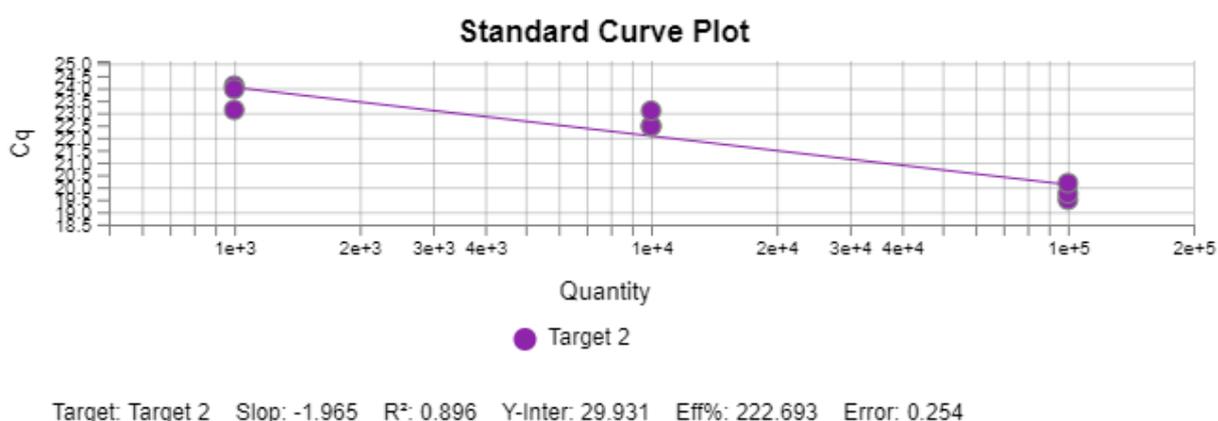
## 4.5. MUESTREOS INDIRECTOS: ADN AMBIENTAL

### 4.5.1. Muestras ambientales de agua

El proceso de filtración de las muestras de agua, así como el de extracción del ADN ambiental se completó sin incidencias. Todas las muestras ambientales del agua del embalse de Balaguer pasaron los controles de calidad, amplificando con éxito el marcador universal, es decir, confirmando la existencia de ADN ambiental en las muestras y la ausencia de inhibidores de la PCR.

### 4.5.2. Detección de trucha común mediante qPCR y estimaciones de biomasa.

No se ha detectado ADN de trucha común en las muestras ambientales del embalse de Balaguer. Se obtuvo una recta patrón con un buen grado de ajuste ( $R^2_A=0,896$ ).



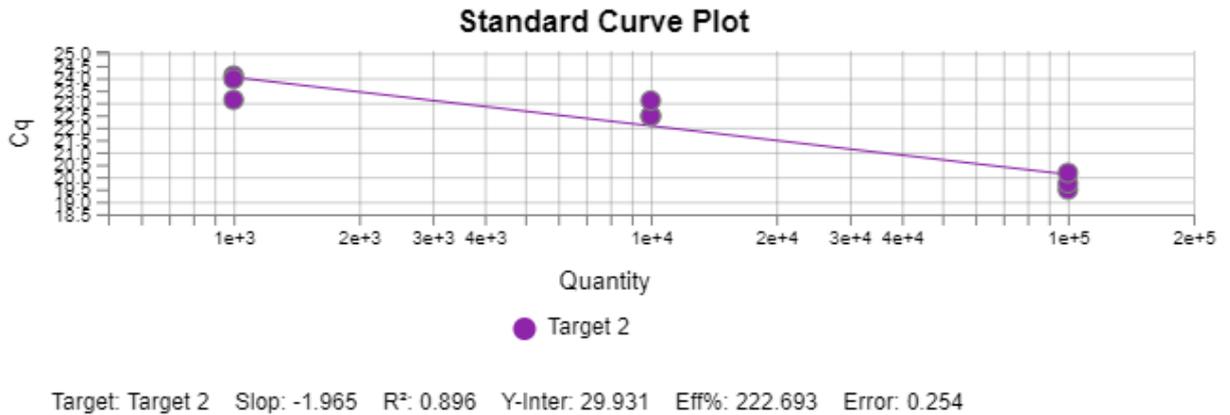
**Figura 20.** Recta patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN.

Se ha utilizado un método específico de alta resolución basado en la detección genética mediante ADN ambiental de moléculas de ADN de trucha común en agua, con el que no se ha podido confirmar la presencia de trucha común en el embalse de Balaguer.

Los resultados obtenidos mediante ADN ambiental se encuentran en concordancia con los resultados obtenidos en los muestreos directos, en los que no se han obtenido ejemplares de la especie.

#### 4.5.3. Detección de anguila europea mediante qPCR y estimaciones de biomasa.

Tras los análisis, ninguna muestra de ADN ambiental resultó positiva en ADN ambiental de anguila europea en el agua del embalse de Balaguer. Se obtuvo una recta patrón con un buen grado de ajuste ( $R^2_A=0,896$ ).



**Figura 21.** Recta patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN.

A pesar de haber utilizado un método específico de alta resolución basado en la detección genética mediante ADN ambiental, no se ha podido detectar la presencia de anguila en el embalse de Balaguer, confirmando en este caso los resultados obtenidos en los muestreos directos. Se concluye, con un alto grado de confianza, que la anguila no está presente en esta masa de agua.

## 5. VALORACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE QFBI

Aunque este método de muestreo se ha aplicado en una serie limitada de embalses de la Península Ibérica, los resultados permiten una comparación objetiva y normalizada según el índice biótico sintético QFBI.

Este ejercicio es posible gracias al carácter sistemático de los muestreos, que proporciona información estandarizada sobre la densidad y biomasa de cada una de las especies. El mencionado índice permite a su vez comparar mediante una sola variable, la relación de la ictiocenosis con las características ambientales de cada masa de agua, tanto naturales como derivadas de presiones concretas, y también con la influencia del manejo hidráulico y su interacción con otros factores de presión.

Solamente utilizando indicadores que explícitamente se vinculen a la disponibilidad de hábitats (aguas litorales y abiertas, estratos de profundidad, sustratos y vegetación acuática, gradientes tróficos longitudinales...) será posible dar una salida práctica a la información relativa a los peces en los embalses, puesto que se podrá evaluar separadamente la incidencia que una determinada estrategia de explotación hidráulica pueda tener sobre la ictiofauna, descontando así este efecto de otras presiones, lo cual resulta fundamental en el proceso de planificación hidrológica.

Como se ha apuntado en el apartado de metodología, se ha aplicado el QFBI (*Quantitative Fish Biotic Index*) en una versión todavía experimental. Según esta metodología, la calidad del embalse según los peces sería “Moderado”. En la Tabla 13 se presentan los resultados de las diferentes métricas, así como del QFBI, obtenidos para el embalse de Balaguer.

**Tabla 13.** Resultados del QFBI obtenidos para el embalse de Balaguer

Métrica	Embalse
	BLG23
LOG_BIO	4,18
LOG_BIO_native	2,08
LOG_%_BIO_PISC_Exotic	0,03
LOG_BIO_PISC_Exotic	3,10
LOG_BIO_ciprin_native	2,08
<b>QFBI</b>	1,23
<b>Calidad</b>	<b>Moderado</b>

Este resultado se explica por la prácticamente ausencia de especies autóctonas (gobio) en el embalse, con valores de biomasa bajos (1%).

## CONCLUSIONES

La posibilidad de censar cuantitativamente las asociaciones de peces de los embalses ofrece evidentes ventajas sobre las técnicas más cualitativas, puesto que permiten responder a los requisitos de la DMA en este indicador, pero también completar el conocimiento limnológico, la incidencia potencial de los peces en el estado del ecosistema y orientar medidas de gestión de la pesca y de manejo de poblaciones.

Exceptuando el gobio (*Gobio lozano*) las otras ocho especies capturadas en los muestreos realizados en el embalse de Balaguer mediante redes agalleras y electropesca son alóctonas en la Demarcación Hidrográfica del Ebro: Alburno (*Alburnus alburnus*), carpín prusiano (*Carassius gibelio*), Carpa común (*Cyprinus carpio*), lucioperca (*Sander lucioperca*), rutilo (*Rutilus rutilus*), siluro (*Silurus glanis*), gardí (*Scardinius erythrophthalmus*) y gambusia (*Gambusia holbrooki*).

La prospección mediante la técnica de mayor sensibilidad conocida (eDNA) ha ofrecido resultados coherentes con las capturas realizadas: No se ha detectado ADN de ninguna de las dos especies analizadas: trucha común (*Salmo trutta*) y anguila (*Anguilla anguilla*), en ambos casos los resultados son negativos. Se concluye en consecuencia que en este embalse se presentan nueve (9) especies de peces, solamente una de ellas autóctona en la DHE, y el resto son introducidas artificialmente en la masa de agua o en masas a ella conectadas.

La asociación de peces está dominada en términos de densidad por dos especies gregarias y de pequeño tamaño (alburno y rutilo), que suman el 90% de los efectivos entre ambas, si bien el alburno aporta por sí solo el 65%. Estas especies son formadoras de bancos y pueden alimentarse del zooplancton, lo cual es contraproducente para el control de la eutrofización porque reducen la presión sobre el fitoplancton en la medida en que se controle desde arriba hacia abajo en la red trófica. Son a su vez las dos especies que sostienen a los depredadores, en este caso la lucioperca y el siluro, que no presentan indicios de reproducirse en el embalse porque no aparecen individuos juveniles y que no representan más del 8% en biomasa. La mayor parte de la biomasa (57%) la aportan los grandes ciprínidos omnívoros (carpa común y carpín prusiano), pero tampoco presentan poblaciones estructuradas en el embalse.

La densidad media de peces, a partir de la interpolación de celdas de análisis de 50 m de longitud, es de  $21,44 \pm 3,50$  ind/dam<sup>3</sup>, que es un valor elevado, debido a la dominancia de especies gregarias de pequeña talla. La biomasa de peces obtenida en el embalse es de



1,50 ± 0,24 g/m<sup>2</sup>, o lo que es lo mismo 15,0 kg/ha., que representa sin embargo un valor bajo de biomasa, propio de un sistema poco productivo.

Debido a la prevalencia de especies alóctonas y, en sentido contrario, a la baja biomasa, el índice de calidad QFBI ofrece en el embalse de Balaguer un valor “Moderado”.

Es un embalse que proporciona escaso hábitat para la alimentación y reproducción de los peces, porque está delimitado aguas arriba por la presa de San Lorenzo, no quedando hábitat fluvial alguno. Además, su productividad biológica tampoco es alta debido al efecto de trampa de nutrientes que puede ejercer el mencionado embalse de San Lorenzo, y al escaso tiempo de residencia hidráulica. A pesar de ello, las especies alóctonas gregarias de pequeña talla (alburno y rutilo) han encontrado condiciones favorables para asentar sus poblaciones y se benefician del escaso desarrollo de las poblaciones de depredadores.

## 6. GLOSARIO Y ACRÓNIMOS

**% BPUE:** Biomasa por unidad de esfuerzo expresada en porcentaje.

**% CPUE:** Capturas por unidad de esfuerzo expresado como porcentaje.

**ADN ambiental (eDNA):** es el material genético presente en el medio, en este caso, en el agua, procedente de los organismos que transmiten este material genético meramente por su interacción con el medio. Por ejemplo, procedente de excreciones, gametos, mucus, escamas, etc.

**Amplión:** fragmento del genoma amplificado mediante reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Este fragmento puede variar en tamaño, dependiendo del marcador genético utilizado. Su composición en número de pares de bases y secuencia son conocidas.

**BPUE:** Biomasa por unidad de esfuerzo. El peso de las capturas obtenidas durante las pescas científicas, expresado en gramos, se normaliza a un esfuerzo de referencia, que corresponde a una red bentónica (45 m<sup>2</sup>) expuesta durante 12 horas.

**Capturas:** Número de individuos pescados.

**CPUE:** Capturas por unidad de esfuerzo. El número de capturas obtenidas durante las pescas científicas se normaliza a un esfuerzo de referencia, que corresponde a una red bentónica (45 m<sup>2</sup>) expuesta durante 12 horas.

**Ecograma:** Es una forma de representación del sonido que retorna a la ecosonda, en la que cada ping se dispone en el eje horizontal y la distancia en el vertical.

**Índice de cobertura:** Medida del esfuerzo de muestreo acústico que relaciona la longitud navegada con la raíz cuadrada de la superficie del embalse según la fórmula:

$$D_a = \frac{\text{Long de muestreo acústico}}{\sqrt{\text{Superficie embalse}}}$$

**L. furcal:** Longitud furcal media en milímetros.

**MBPUE12:** Promedio de biomasa por unidad de esfuerzo (g/45m<sup>2</sup>/12h) en redes de 12 paños (luces de malla de 5 a 55 mm).

**MBPUE4:** Promedio de biomasa por unidad de esfuerzo (g/45m<sup>2</sup>/12h) en redes de 4 paños (luces de malla de 70 a 135 mm).

**MCPUE12:** Promedio de capturas por unidad de esfuerzo (ind/45m<sup>2</sup>/12h) en redes de 12 paños (luces de malla de 5 a 55 mm).

**MCPUE4:** Promedio de capturas por unidad de esfuerzo (ind/45m<sup>2</sup>/12h) en redes de 4 paños (luces de malla de 70 a 135 mm).

**Peso medio:** expresado en g.

**PF total:** Peso fresco total de los peces capturados expresado en gramos.

**Ping:** Impulso acústico generado por la ecosonda; a efectos prácticos se puede considerar como una muestra de la columna de agua.

**Pleroceroide:** Último estadio larvario de diversos cestodos con ciclos de vida acuáticos.

**Procercoide:** Forma embrionaria alargada con un apéndice evaginable en un extremo y una dilatación esférica con 6 ganchos en el otro.

**qPCR: (*quantitative Polymerase Chain Reaction*):** Proceso de Reacción en Cadena de la Polimerasa que permite la cuantificación de la cantidad de ADN presente en las muestras a tiempo real mediante fluorescencia.

**Talla acústica (*Target strength, TS*):** Es la intensidad del sonido procedente de un blanco (pez en este caso) y se mide en decibelios (dB). Es una medida logarítmica de la proporción de la energía incidente que es devuelta por el blanco. Se utiliza una escala logarítmica porque el tamaño de los organismos acuáticos cubre varios órdenes de magnitud, desde el plancton hasta las ballenas. Para casi todos los peces, la TS está en el rango de -70 a -20 dB. Por ejemplo, si decimos que un blanco tiene 3 dB más que otro, es lo mismo que decir que refleja dos veces más energía. Un blanco de -20 dB, un atún o un siluro de gran talla quizás, produce un eco 10 000 veces más fuerte que un blanco de -60 dB, que podría corresponder por ejemplo a un alevín de boga de unos 4 cm de talla.

**Transductor:** Elemento primordial del sistema acústico, que convierte el impulso eléctrico en mecánico (sonido) y viceversa. Son piezas que van sumergidas y de cuyo diseño depende la arquitectura del haz acústico. Mediante la actuación de numerosos elementos piezo-eléctricos se consigue generar un haz tipo pistón, con un lóbulo central prominente y lóbulos laterales pequeños, de lo que depende la ratio señal/ruido de una ecosonda. Este es uno de los aspectos en los que se diferencian las ecosondas científicas de las ecosondas estándar pesqueras, y conlleva una considerable diferencia en sofisticación, que no se percibe en su justa medida en una apreciación puramente visual de un ecograma.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- CEN EN 14011:2003 - *Water quality - Sampling of fish with electricity*
- CEN EN 15910: 2014 *Water quality - Guidance on the estimation of fish abundance with mobile hydroacoustic methods.*
- CEN EN 14757:2015 - *Water quality - Sampling of fish with multi-mesh gillnets.*
- CHE. 1996. *Diagnóstico y gestión ambiental de embalses en el ámbito de la Cuenca Hidrográfica del Ebro.*
- CHE. 2009. *Guía de campo de Peces de la Cuenca del Ebro.*
- CHE. 2015. Red de Seguimiento de Lagos 2015.
- CHE. 2016. *Control del Estado de las Masas de Agua CEMAS. Informe de situación año 2016.*
- Directiva 2006/44/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de septiembre de 2006, relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces.
- Doadrio, I. 2001. *Atlas y libro rojo de los peces continentales de España.* Madrid, MMA. Dirección General de Conservación de la Naturaleza.
- Doadrio, I., S. Perea, P. Garzón-Heydt y J. L. González. 2011. *Ictiofauna continental española. Bases para su seguimiento.* DG Medio Natural y Política Forestal. MARM. 616 pp. Madrid.
- Fernandez, S., Sandin, M. M., Beaulieu, P. G., Clusa, L., Martinez, J. L., Ardura, A., & García-Vázquez, E. (2018). Environmental DNA for freshwater fish monitoring: insights for conservation within a protected area. *PeerJ*, 6, e4486.
- Fishbase. 2009. <http://www.fishbase.org/search.php>. Marzo, 2013.
- Gustavson MS, Collins PC, Finarelli JA, Egan D, Conchúir R, Wightman GD, King JJ, Gauthier DT, Whelan K, Carlsson JEL, Carlsson J. 2015. An eDNA assay for Irish *Petromyzon marinus* and *Salmo trutta* and field validation in running water. *Journal of Fish Biology* 87:1254-1262
- Jenks, George F. 1967: "The Data Model Concept in Statistical Mapping", an International Yearbook of Cartography nº 7: pp. 186-190
- Love, R. H. 1977. Target strength of an individual fish at any aspect. *The Journal of the Acoustical Society of America* 62, 1397-1403.
- Poikane, S., Birk, S., Böhmer, J., Carvalho, L., de Hoyos, C., Gassner, H., Van de Bund, W. (2015). A hitchhiker's guide to European lake ecological assessment and intercalibration. *Ecological Indicators*, 52, 533-544.
- Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. BOE, 219, 12 de septiembre de 2015.
- SAIH Ebro. <http://195.55.247.237/saihebro/index.php?url=/historicos/peticion>. Noviembre 2020.



MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y RETO DEMOGRÁFICO



## ANEXO 1. ESPECIES PRESENTES

---

Nombre común

# Alburno

Nombre científico

*Alburnus alburnus*

Orden

Cypriniformes

Familia

Leuciscidae

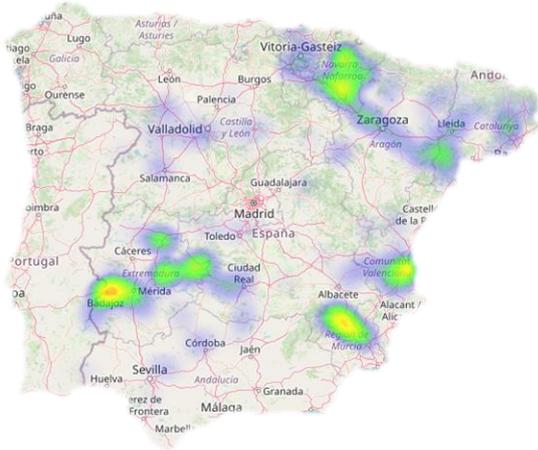


Ilustración 1. Distribución alburno. Fuente: SIBIC

Su área de distribución natural se localiza en Europa y Oeste de Asia, a excepción de la península ibérica e Italia. Fue introducido en estas zonas como pez pasto. En la península ibérica, además de en otras pequeñas cuencas, está presente en las cuencas del Ibaizábal, Fluviá, Foix, Muga, Llobregat, Ebro, Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Guadalete, Segura, Júcar, Turia y Mijares.

Introducida en los años 90 e incluida en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. Se debería controlar la abundancia y expansión de sus poblaciones, ya que es un fuerte competidor por el espacio y alimento con otros ciprínidos.



Ilustración 2. Ejemplar de alburno. Fuente: SIBIC

Especie que alcanza hasta los 20 cm de longitud, de cuerpo alargado y comprimido lateralmente. Boca súpera y cola larga y estrecha, con escamas grandes y brillo metálico. Posee una línea lateral curvada. Aleta anal muy larga. Prefiere aguas lentas de cursos medios o bajos. Muy gregaria. Microhábitat preferente cerca de la superficie. Zooplantívora. Híbrida con algunos ciprínidos endémicos. Se reproduce entre los meses de mayo y julio en zonas someras con moderada corriente y temperatura depositando entre 1000 y 15000 huevos por hembra. En ríos mediterráneos su longevidad es de 4 o 5 años.



Ilustración 3.- Ejemplares de alburno. Fuente: elaboración propia

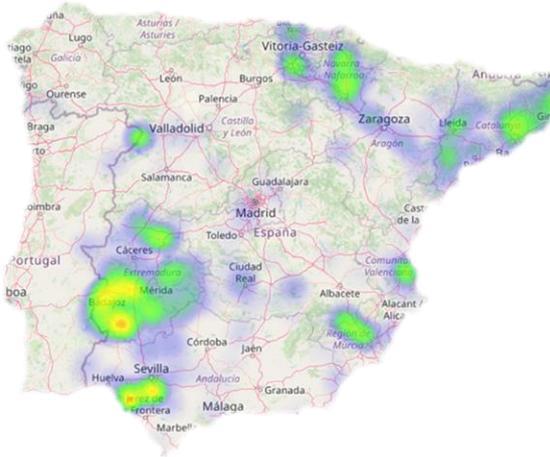
Nombre común

# Carpa

Nombre científico  
*Cyprinus carpio*

Orden  
Cypriniformes

Familia  
Cyprinidae



Su área de distribución natural se localiza en cuencas euroasiáticas que fluyen hacia los mares Negro, Caspio y Aral. Introducida ampliamente en todo el mundo como pez ornamental, pez deportivo y para la acuicultura. En la península ibérica está presente en todas las cuencas hidrográficas, a excepción del Noreste.

Ilustración 1.- Distribución carpa. Fuente: SIBIC

Introducida en España en el siglo XVII. Incluida en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. Se debería controlar sus poblaciones, preferentemente fuera de los embalses, para evitar su expansión. Algunas de sus poblaciones se erradica de lagunas con interés conservacionista.



Ilustración 2.- Ejemplar de carpa. Fuente: SIBIC

Pez de gran tamaño que supera fácilmente los 70 cm de longitud y 30 kg de peso. Flancos dorados que se oscurecen hacia el dorso. Aleta dorsal muy larga con el primer radio espinoso y serrado. Escamas grandes. Existen variedades muy diferentes: carpa común, carpa espejo o real (con pocas escamas y muy grandes), carpa cuero (con la piel más dura y sin escamas). Prefiere ríos con poca corriente o aguas estancadas (lagos y embalses) y aguas cálidas. Tolerante a la contaminación y poca concentración de oxígeno. Especie omnívora que aumenta la turbidez del agua por remover el sedimento durante su alimentación. Pone la puesta en la vegetación acuática entre los meses de abril y junio. Su longevidad es de aproximadamente 20 años.



Ilustración 3.- Ejemplar de carpa. Fuente: elaboración propia

Nombre común

# Carpín prusiano

Nombre científico

*Carassius gibelio*

Orden

Cypriniformes

Familia

Cyprinidae



Ilustración 1. Distribución carpín prusiano. Fuente: SIBIC

Introducida en el Ebro en décadas recientes. Se debería controlar sus poblaciones y evitar que aumente su rango de distribución. No supone una gran amenaza ya que sus densidades suelen ser bajas.



Ilustración 2. Ejemplar de carpín prusiano. Fuente: SIBIC

Especie que alcanza hasta los 40 cm de longitud y 3 kg de peso. Sin barbillas. Cuerpo alto. Escamas grandes. Aleta dorsal larga. Difícil de distinguir del carpín: básicamente por genética y color marrón o plateado (más dorado o bronceado que el carpín). Omnívora. Tolera contaminación y poca concentración de oxígeno, pero prefiere aguas estancadas o con poca corriente y abundante vegetación. Puede aumentar la turbidez del agua. Presenta una alta fecundidad, en zonas de baja profundidad y poca corriente con abundante vegetación a la que se adhieren los huevos (mayo-junio). Su longevidad se estima en aproximadamente 10 años.



Ilustración 3.- Ejemplar de carpín prusiano. Fuente: elaboración propia

Nombre común

# Gambusia

Nombre científico

*Gambusia holbrooki*

Orden

Cyprinodontiformes

Familia

Poeciliidae

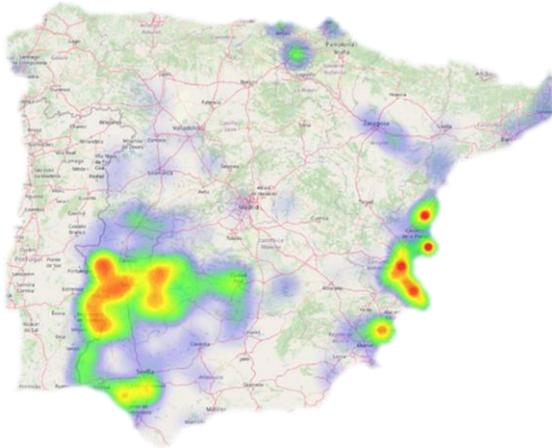


Ilustración 1. Distribución gambusia. Fuente: SIBIC

Alóctona. Su distribución natural se extiende por la costa este del continente americano, al este de los Montes Apalaches desde el sur de Alabama hacia Florida y hacia el norte hasta New Jersey, penetrando por las áreas de drenaje atlánticas. En la actualidad se distribuye en gran cantidad de países de todos los continentes. En la Península Ibérica se encuentra distribuida por prácticamente todas las cuencas, aunque es rara en la zona del Cantábrico y el Noroeste.

Introducida en España 1921 e incluida en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. Es un fuerte competidor para los ciprinodóntidos autóctonos a los que puede desplazar de sus hábitats siendo la salinidad un factor importante en la modulación de esta competencia. También puede presentar efectos negativos notorios sobre poblaciones nativas de anfibios y macroinvertebrados.



Ilustración 2. Ejemplar de gambusia. Fuente: SIBIC

Especie que alcanza hasta los 6 cm de longitud, de cuerpo alargado y comprimido lateralmente. Boca oblicua y súpera. Presenta un acusado dimorfismo sexual, siendo la hembra de mucho mayor tamaño que el macho. Prefieren aguas cálidas de poca corriente o estancadas. Toleran la contaminación. Tienen fecundación interna y son vivíparos: el macho tiene unos radios de la aleta anal transformados en órgano copulador (gonopodio). Tienen una fertilidad enorme: se reproducen cada dos o cuatro semanas en primavera y verano. Especie omnívora. Su longevidad se estima entre 2 (machos) y 3 (hembras) años.



Ilustración 3.- Ejemplares de gambusia. Fuente: elaboración propia

Nombre común

## Gardí, escardinio

Nombre científico

*Scardinius erythrophthalmus*

Orden

Cypriniformes

Familia

Leuciscidae



Ilustración 1. Distribución gardí. Fuente: SIBIC

Alóctono. Su área de distribución natural se localiza en Europa y Oeste de Asia, faltando en la península ibérica e Italia. Llega hasta los Urales por el NE y hasta Afganistán por el SE (cuencas del Mar Negro, Caspio y Aral). Introducido en el resto de Europa (Italia y España), Norte de África, Norteamérica y Nueva Zelanda. En la península ibérica está presente en las cuencas de los ríos Muga, Ter, Besós, Tordera, Llobregat y Ebro. También se encuentra en las Lagunas de Ruidera.

Introducida en España en los años 1910-1913 e incluida en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. Se debería realizar un seguimiento de la especie para controlar que no se expanden sus poblaciones. Potencialmente un competidor para los ciprínidos autóctonos. También puede alterar el hábitat mediante su efecto sobre la vegetación acuática.



Ilustración 2. Ejemplar de gardí. Fuente: SIBIC

Especie que alcanza hasta los 30 cm de longitud en España, cuerpo alto y con escamas grandes, coloración plateada, con aletas rojizas. Parecido al rutilo: se diferencia porque el origen de la aleta dorsal es bastante posterior al de las aletas pélvicas. Prefiere aguas lentas o estancadas. Pone los huevos en la vegetación acuática entre los meses de abril y junio. Alimentación omnívora, siendo una de las especies piscícolas más herbívoros de los peces de los ríos ibéricos. Su longevidad se estima aproximadamente en 7 años.



Ilustración 3.- Ejemplar de gardí. Fuente: elaboración propia

Nombre común

# Gobio

Nombre científico  
*Gobio lozanoi*

Orden  
Cypriniformes

Familia  
Gobionidae

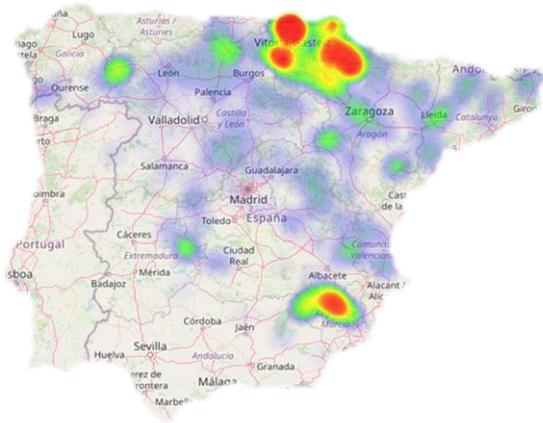


Ilustración 1. Distribución gobio. Fuente: SIBIC

Autóctono, endemismo de la península ibérica y Sur de Francia. Su área de distribución natural se localiza en las cuencas ibéricas del Ebro y Bidasoa, y en las francesas del Adour y Nivelles. Se ha introducido en numerosas cuencas ibéricas por su uso como cebo vivo para la pesca: Miño, Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Júcar, Mijares, Segura y Turia.



Ilustración 2. Ejemplar de gobio. Fuente: SIBIC

Está considerada como una especie no amenazada. Sus principales amenazas son la introducción de especies alóctonas depredadoras, la construcción de canalizaciones y presas, la contaminación y la extracción de agua y áridos, lo que afecta a sus frezaderos.

Especie que alcanza hasta los 15 cm de longitud. La forma de su cuerpo refleja su condición de pez de fondo, con una parte ventral plana, dorso convexo y boca orientada hacia abajo con una barbilla a cada lado. Tiene unas 6-10 manchas redondeadas en el medio del cuerpo. Vive en varios tipos de hábitat, pero sobre todo en aguas claras y corrientes de tramos medios. Especie gregaria y bentónica. Se alimenta básicamente de invertebrados. Se reproduce entre los meses de mayo y agosto en tramos de corriente y temperatura moderada, con agua clara y poca vegetación, sobre sustrato de arena y grava (puesta sensible a la sedimentación elevada). Su longevidad se estima aproximadamente en 5 años.

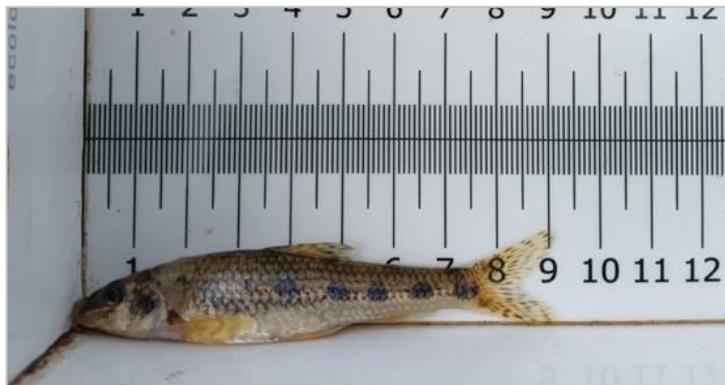


Ilustración 3.- Ejemplar de gobio. Fuente: elaboración propia

Nombre común

# Lucioperca

Nombre científico

*Sander lucioperca*

Sinónimo

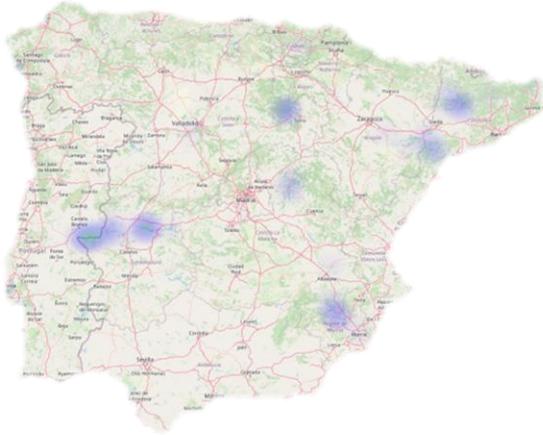
*Stizostedion lucioperca*

Orden

Perciformes

Familia

Percidae



Su área de distribución natural se localiza en las cuencas euroasiáticas que fluyen hacia los mares Norte, Báltico, Blanco, Caspio, Aral, Negro, Egeo y también al Océano Ártico. Se ha introducido en el resto de Europa y algunos países de Asia, África y Norteamérica para la pesca deportiva. En la península ibérica se distribuye por las cuencas del Ebro, Duero, Tajo, Guadiana, Júcar y Segura.

Ilustración 1.- Distribución lucioperca. Fuente: SIBIC

Introducida en los años 70 e incluida en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. Su abundancia y dispersión deberían ser controladas, fomentando entre los pescadores que no se devuelva al agua una vez capturada, sin importar la talla.



Ilustración 2.- Ejemplar de lucioperca. Fuente: SIBIC

Especie que alcanza hasta los 100 cm de longitud, de cuerpo y cabeza alargados con boca grande armada con fuertes dientes, presenta dos aletas dorsales, una con radios espinosos y otra con radios blandos. Habita en aguas estancadas o de poca corriente, especialmente zonas profundas. Para la reproducción, los machos preparan un nido en la vegetación o en el fondo entre los meses de abril y mayo. Poseen buena visión con poca luz por lo que prefieren aguas turbias. Tienen actividad nocturna. Esta especie presenta una dieta muy piscívora, por lo que puede afectar a la fauna autóctona.



Ilustración 3.- Ejemplar de lucioperca. Fuente: elaboración propia

Nombre común

## Rutilo

Nombre científico  
*Rutilus rutilus*

Orden  
Cypriniformes

Familia  
Leuciscidae

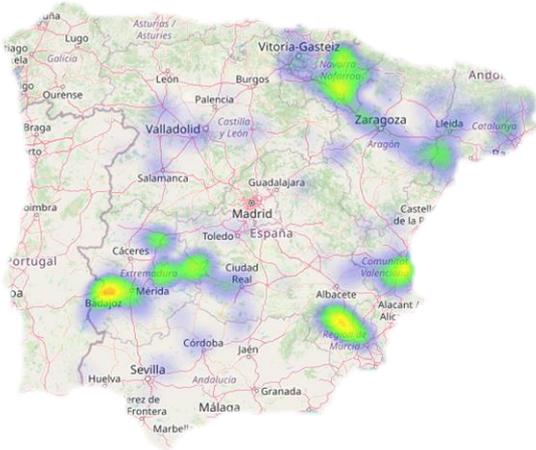


Ilustración 1.- Distribución rutilo. Fuente: SIBIC

Introducida en los años 80 e incluida en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. Se debería realizar un seguimiento de la especie para controlar que no se expandan sus poblaciones, ya que es un potencial competidor para los ciprínidos autóctonos. También puede alterar el hábitat mediante su efecto sobre la vegetación acuática.



Ilustración 2.- Ejemplar de rutilo. Fuente: SIBIC

Especie que alcanza hasta los 40 cm de longitud, de cuerpo alto y comprimido lateralmente, con una cabeza pequeña que representa el 25% de la longitud. Aleta dorsal corta que se inicia a la misma altura o ligeramente detrás de las pélvicas. Aleta caudal bifurcada. Prefiere ríos con poca corriente o largos y embalses. Especie omnívora, destacando su dieta zooplanctívora frente a otras especies piscícolas. Se reproducen en zonas someras estancadas o con moderada corriente y temperaturas suaves entre los meses de abril y junio en zonas de vegetación densa o directamente sobre grava. Su longevidad es de aproximadamente 10 años.



Ilustración 3.- Ejemplares de rutilo. Fuente: elaboración propia

Nombre común

## Siluro

Nombre científico  
*Silurus glanis*

Orden  
Siluriformes

Familia  
Siluridae

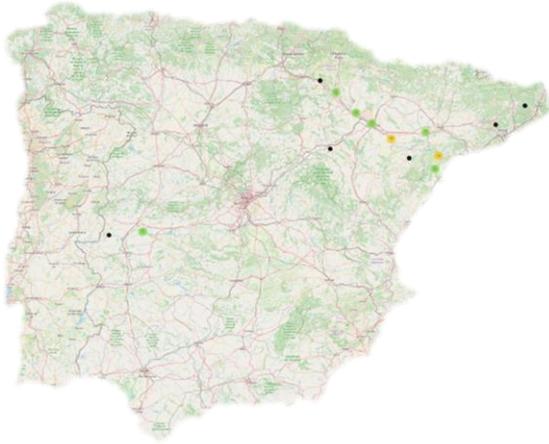


Ilustración 1. Distribución siluro. Fuente: SIBIC

Especie alóctona. Su área de distribución natural se localiza en cuencas del Este de Europa, Asia Central y Asia Menor. Ampliamente introducido en el resto de Europa como especie objeto de pesca. También se ha introducido en China y el Norte de África. En la península ibérica se distribuye por las cuencas del Ebro, Tajo, Ter y Llobregat

Introducida en el Ebro en 1974 e incluida en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. Esta especie supone una seria amenaza para la fauna autóctona, principalmente mediante depredación. Su abundancia y dispersión deberían ser controladas, especialmente en embalses.



Ilustración 2. Ilustración siluro. Fuente: SIBIC

Especie que alcanza hasta los 2,5 m de longitud, cuerpo sin escamas, recubierto por abundante mucosidad. Cabeza grande y ancha, con ojos muy pequeños y una amplia boca con dos barbillas maxilares muy largas y cuatro mandibulares más cortas. Aleta dorsal muy pequeña y aleta anal muy larga, que casi toca la caudal. Especie abundante en todo el tramo medio y bajo del Ebro. Prefiere aguas profundas de ríos y embalses. Los machos construyen un nido en la vegetación de la orilla, donde defienden la puesta entre los meses de abril y junio. Su longevidad es de aproximadamente 30 años.



Ilustración 3.- Ejemplar de siluro. Fuente: elaboración propia



MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y RETO DEMOGRÁFICO



## ANEXO 2. RESULTADOS DE LAS PESCAS

---







NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Número Ind
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	125	28,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	107	17,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	129	33,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	122	25,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	106	16,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	114	19,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	109	18,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	117	23,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	130	36,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	200	133,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	195	126,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	103	16,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	114	20,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	110	19,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	130	35,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	116	26,4	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	200	153,4	1
Lucioperca	<i>Sander lucioperca</i>	87	4,6	1







NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Número Ind
Siluro	<i>Silurus glanis</i>	521	833,4	1



**FICHA DE PESCA**

**DATOS DE LA PESCA**

SISTEMA	Balaguer	CÓDIGO	BLG23_S1PE1
UMT-X	818.207	UTM-Y	4.640.294
RIQUEZA ESPECIES	2	Distancia (m)	164,0

**RESUMEN DE LAS PESCAS**

ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Gardí	1	0,01	3%	30	0,18	13%
Alburno	32	0,20	97%	208	1,27	87%
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>0,20</b>	<b>100%</b>	<b>238</b>	<b>1,45</b>	<b>100%</b>

**CPUE**



**BPUE**



**RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA**

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Número Ind
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	101	10,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	96	9,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	89	7,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	76	3,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	99	9,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	91	6,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	87	5,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	94	7,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	85	5,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	70	2,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	94	6,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	78	3,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	84	4,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	95	7,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	84	4,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	97	8,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	101	9,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	96	8,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	71	3,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	75	4,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	98	4,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	94	7,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	80	4,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	91	7,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	96	8,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	72	2,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	91	7,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	85	6,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	95	9,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	93	8,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	93	9,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	78	5,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	124	29,8	1







FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA PESCA						
SISTEMA	Balaguer	CÓDIGO	BLG23_S1PES4			
UMT-X	817.874	UTM-Y	4.639.247			
RIQUEZA ESPECIES	4	Distancia (m)	164,0			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno	8	0,05	62%	60	0,37	1%
Carpa común	1	0,01	8%	5250	32,01	97%
Rutilo	3	0,02	23%	73	0,44	1%
Gardí	1	0,01	8%	21	0,13	0%
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>0,08</b>	<b>100%</b>	<b>5403</b>	<b>32,95</b>	<b>100%</b>
<p style="text-align: center;"><b>CPUE</b></p> <p>Legend:  <span style="color: blue;">■</span> Alburno  <span style="color: orange;">■</span> Carpa común  <span style="color: red;">■</span> Rutilo  <span style="color: green;">■</span> Gardí</p>				<p style="text-align: center;"><b>BPUE</b></p>		
RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA						
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Número Ind		
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	87	7,5	1		
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	87	7,5	1		
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	87	7,5	1		
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	87	7,5	1		
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	87	7,5	1		
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	87	7,5	1		
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	87	7,5	1		
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	87	7,5	1		
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	624	5250,0	1		
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	114	21,2	1		
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	112	26,0	1		
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	122	25,4	1		
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	110	20,6	1		



MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y RETO DEMOGRÁFICO



## ANEXO 3. CELDAS DEL MUESTREO HIDROACÚSTICO

---



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H31)	UTM Y (31)	DENSIDAD ( ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	1	319664,5	4633901,3	0	0
1	2	319671,2	4633857,9	3,18	0,26
1	3	319667,4	4633808,0	0	0
1	4	319663,1	4633757,7	22,4	0,73
1	5	319628,4	4633728,5	0	0
1	6	319580,5	4633720,3	10,1	0,66
1	7	319582,8	4633770,7	21,06	2,09
1	8	319609,1	4633811,6	0	0
1	9	319642,6	4633848,9	0	0
1	10	319680,9	4633881,4	0	0
1	11	319734,8	4633927,5	0,52	0,05
1	12	319691,7	4633951,5	0,23	0,02
1	13	319658,9	4633989,2	2,15	0,2
1	14	319635,9	4634034,3	0,19	0,02
1	15	319658,6	4634074,8	11,29	0,98
1	16	319682,5	4634118,3	25,59	2,44
1	17	319720,1	4634207,6	0,08	0,01
1	18	319724,9	4634254,5	0,34	0,03
1	19	319720,3	4634304,7	6,55	0,59
1	20	319738,2	4634351,3	0,58	0,06
1	21	319734,9	4634395,9	8,39	0,64
1	22	319705,2	4634435,6	0,11	0,01
1	23	319687,6	4634482,2	4,21	0,41
1	24	319681,8	4634531,6	5,08	0,47
1	25	319651,9	4634566,6	0,58	0,03
1	26	319619,2	4634603,9	0	0
1	27	319599,6	4634650,2	0	0
1	28	319578,6	4634693,5	0	0
1	29	319535,0	4634717,9	4,44	0,23
1	30	319497,5	4634750,3	0	0
1	31	319483,0	4634795,5	0,22	0,02
1	32	319491,7	4634844,9	79,83	7,08
1	33	319502,2	4634893,4	2,27	0,22
1	34	319497,5	4634942,2	1,27	0,13
1	35	319489,5	4634991,6	2,81	0,27
1	36	319487,3	4635042,1	2,05	0,19
1	37	319513,6	4635085,1	5,87	0,35
1	38	319542,9	4635125,5	0	0
1	39	319560,5	4635171,2	0,47	0,04
1	40	319575,0	4635219,2	0,9	0,07
1	41	319615,3	4635240,6	0,75	0,07
1	42	319658,1	4635265,4	2,84	0,29
1	43	319698,5	4635294,9	9,73	0,91
1	44	319732,5	4635330,5	24,31	1,94
1	45	319774,1	4635358,7	3,57	0,26
1	46	319819,6	4635378,3	12,55	0,8
1	47	319869,6	4635377,0	14,22	1,15
1	48	319917,2	4635389,4	17,8	1,87
1	49	319963,9	4635407,7	2,58	0,25



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H31)	UTM Y (31)	DENSIDAD ( ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	50	320012,0	4635422,2	12,33	0,51
1	51	320059,2	4635438,8	0	0
1	52	320100,2	4635464,0	0	0
1	53	320138,9	4635510,5	0	0
1	54	320115,4	4635482,3	0	0
1	55	320088,3	4635452,9	976,56	38,56
1	56	320047,6	4635423,8	7,7	0,61
1	57	319998,1	4635414,9	25,78	2,29
1	58	319949,6	4635405,1	7,85	0,64
1	59	319902,8	4635390,6	3,93	0,38
1	60	319859,5	4635365,8	134,11	10,81
1	61	319814,2	4635344,5	2,89	0,28
1	62	319765,5	4635333,4	1,79	0,18
1	63	319717,0	4635320,3	2,21	0,22
1	64	319670,4	4635305,3	0,63	0,05
1	65	319644,8	4635263,2	0	0
1	66	319616,5	4635221,1	0	0
1	67	319576,0	4635192,0	45,36	4,12
1	68	319538,8	4635159,1	0,38	0,04
1	69	319521,6	4635114,6	0,14	0,01
1	70	319513,9	4635066,0	133,36	10,2
1	71	319509,9	4635016,1	70,25	3,68
1	72	319464,9	4634968,5	11	0,95
1	73	319467,1	4634927,3	2,88	0,24
1	74	319474,5	4634886,0	5,84	0,46
1	75	319504,8	4634847,1	3,46	0,28
1	76	319521,0	4634799,7	0,13	0,01
1	77	319516,9	4634749,3	45,6	1,82
1	78	319503,6	4634701,4	0	0
1	79	319486,1	4634664,9	0	0
1	80	319479,6	4634700,7	0	0
1	81	319525,5	4634716,5	0	0
1	82	319563,6	4634685,4	0	0
1	83	319587,1	4634642,0	0	0
1	84	319608,8	4634601,2	160,37	9,36
1	85	319644,1	4634568,1	1,2	0,12
1	86	319675,4	4634529,6	2,55	0,25
1	87	319701,3	4634487,4	0	0
1	88	319723,0	4634442,8	2	0,19
1	89	319736,1	4634394,1	0,38	0,04
1	90	319737,9	4634344,1	10,18	0,93
1	91	319729,7	4634294,7	25,87	2,56
1	92	319719,3	4634245,8	9,66	0,95
1	93	319712,6	4634196,8	5,63	0,53
1	94	319709,4	4634146,9	7,09	0,59
1	95	319684,8	4634103,0	2,72	0,27
1	96	319685,5	4634066,5	9,03	0,81
1	97	319710,9	4634032,0	60,21	6,22
1	98	319680,4	4633992,5	0,64	0,06



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H31)	UTM Y (31)	DENSIDAD ( ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	99	319648,3	4633953,9	4,59	0,46
1	100	319634,6	4633920,7	11,99	1,22
1	101	319673,0	4633888,0	4,55	0,44
1	102	319703,7	4633848,6	1,38	0,13
1	103	319736,5	4633811,3	7,57	0,77
1	104	319744,3	4633748,0	0	0
1	105	319713,1	4633786,1	6,03	0,62
1	106	319710,2	4633836,2	2,22	0,22
1	107	319706,4	4633885,4	3,2	0,33
1	108	319702,4	4633936,0	43,36	4,61
1	109	319701,7	4633986,0	55	5,12
1	110	319703,6	4634035,5	25,22	2,65
1	111	319703,4	4634085,6	21,04	2,23
1	112	319701,8	4634135,6	1,65	0,12
1	113	319720,6	4634126,7	41,02	3,24
1	114	319706,2	4634080,0	24,34	2,32
1	115	319660,2	4634070,1	30,89	2,66
1	116	319621,7	4634102,0	26,31	2,46
1	117	319602,5	4634148,3	34,72	3,34
1	118	319587,6	4634196,1	32,53	3,18
1	119	319568,5	4634242,4	13,36	1,37
1	120	319550,2	4634288,6	11,22	1,15
1	121	319532,3	4634335,7	28,14	2,75
1	122	319516,8	4634383,6	24,84	2,49
1	123	319503,1	4634431,4	86,78	4,66
1	124	319502,1	4634456,8	3,5	0,21
1	125	319511,9	4634408,3	54,79	4,5
1	126	319526,7	4634360,4	57,91	5,92
1	127	319543,0	4634313,8	4,36	0,41
1	128	319565,7	4634269,2	7,47	0,7
1	129	319579,0	4634220,9	75,4	7,83
1	130	319592,3	4634172,7	10,66	1,12
1	131	319608,2	4634125,7	56,68	5,1
1	132	319628,8	4634080,2	43,66	3,86
1	133	319642,4	4634031,6	11,52	1,2
1	134	319660,5	4633985,8	16,06	1,63
1	135	319664,8	4633935,6	54,26	5,59
1	136	319666,7	4633886,4	7,42	0,71
1	137	319665,2	4633837,3	3,27	0,27
1	138	319698,9	4633803,8	0,92	0,09
1	139	319736,1	4633770,7	0,1	0,01
1	140	319755,1	4633724,0	29,89	2,33
1	141	319748,8	4633707,2	0,02	0
1	142	319772,6	4633795,6	1,41	0,14
1	143	319725,6	4633804,4	1,11	0,09
1	144	319676,4	4633808,2	2,33	0,19
1	145	708439,361	4732856,603	0	0
1	146	708469,6204	4732896,53	0	0
1	147	708491,0841	4732940,85	0	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H31)	UTM Y (31)	DENSIDAD ( ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	148	708507,7706	4732987,57	0	0
1	149	708532,2687	4733030,714	9,17	0,46
2	1	708559,2201	4733082,992	0	0
2	2	708550,0144	4733027,66	0	0
2	3	708525,8761	4732982,915	0	0
2	4	708506,5245	4732937,058	0	0
2	5	708486,2968	4732890,353	0	0
2	6	708459,1885	4732849,209	0	0
2	7	708425,5376	4732812,481	0	0
2	8	708391,2689	4732775,567	0	0
2	9	708349,9696	4732751,913	0	0
2	10	708299,0307	4732750,856	2,1	2,65
2	11	708348,4551	4732814,925	1,12	97,07
2	12	708375,4397	4732853,13	0	0
2	13	708393,612	4732899,262	0	0
2	14	708422,64	4732940,074	0	0
2	15	708444,1646	4732985,096	0	0
2	16	708462,2278	4733031,558	0	0
2	17	708487,3045	4733074,541	0	0
2	18	708504,9284	4733119,79	0	0
2	19	708481,662	4733130,903	0	0
2	20	708457,541	4733088,571	0	0
2	21	708431,453	4733047,591	0	0
2	22	708398,2905	4733010,189	0	0
2	23	708368,3039	4732970,459	0	0
2	24	708340,2149	4732928,941	0	0
2	25	708310,412	4732889,35	0	0
2	26	708281,6457	4732848,257	1,12	2,24
2	27	708251,5687	4732807,403	0	0
2	28	708220,5891	4732769,833	0	0
2	29	708172,8143	4732769,583	0	0
2	30	708195,6237	4732811,475	0	0
2	31	708229,2272	4732849,001	0	0
2	32	708249,5496	4732894,53	1,05	8,52
2	33	708267,1185	4732940,854	0	0
2	34	708286,8378	4732988,155	0	0
2	35	708269,2115	4733019,069	0	0
2	36	708236,5527	4732989,396	0	0
2	37	708218,792	4732944,266	0	0
2	38	708185,3044	4732908,078	0,91	0,42
2	39	708150,3053	4732872,811	2,63	133,51
2	40	708120,1028	4732832,02	0	0
2	41	708076,229	4732833,155	0	0
2	42	708079,8055	4732871,432	0	0
2	43	708104,5727	4732914,994	2,11	55,18
2	44	708136,5364	4732953,081	4,18	261,72
2	45	708146,0781	4732993,017	1,32	4,4
2	46	708105,1231	4733014,559	0,5	0,03
2	47	708081,5202	4732969,631	0	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H31)	UTM Y (31)	DENSIDAD ( ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
2	48	708056,4464	4732927,272	2,67	201,99
2	49	708021,7551	4732890,748	0	0
2	50	707981,5747	4732882,191	0	0
2	51	707957,1564	4732911,979	0	0
2	52	707999,8508	4732964,438	0	0
2	53	708024,2604	4733007,089	0	0
2	54	708019,9882	4733040,106	0	0
2	55	707981,0644	4733034,755	0	0
2	56	707952,0531	4732994,956	0	0
2	57	707919,203	4732957,977	0,52	3,5
2	58	707881,4972	4732944,271	0	0
2	59	707856,4979	4732981,955	0	0
2	60	707891,5127	4733017,544	0	0
2	61	707920,9465	4733058,288	0	0
2	62	707924,874	4733098,266	0,89	0,55
2	63	707884,98	4733114,55	1,71	3,01
2	64	707852,8606	4733076,447	0	0
2	65	707824,517	4733034,324	0	0
2	66	707784,7361	4733035,129	0	0
2	67	707798,402	4733073,153	0,78	7,79
2	68	707825,5057	4733113,45	0	0
2	69	707791,2183	4733102,737	0	0
2	70	707748,0071	4733083,531	0	0
2	71	707784,2047	4733126,391	0	0
2	72	707826,9642	4733128,444	0	0
2	73	707844,2339	4733101,953	0	0
2	74	707819,798	4733058,525	0,73	0,02
2	75	707825,4302	4733014,044	0	0
2	76	707863,2752	4733027,743	0	0
2	77	707920,5522	4733072,482	0	0
2	78	707922,7326	4733110,873	1,36	0,1
2	79	707963,7894	4733084,276	0	0
2	80	707942,6663	4733049,249	0	0
2	81	707925,1246	4733004,138	0	0
2	82	707905,0959	4732965,411	0	0
2	83	707945,8855	4732936,004	0	0
2	84	707979,4169	4732969,136	0	0
2	85	708005,7299	4733011,177	0	0
2	86	708035,8877	4733050,721	0	0
2	87	708083,4116	4733042,904	0	0
2	88	708072,7555	4732996,967	0,42	9,36
2	89	708043,0022	4732960,591	0	0
2	90	708007,3601	4732925,706	0,49	27,81
2	91	708052,303	4732864,813	1,44	35,97
2	92	708067,6396	4732918,361	2,11	8,31
2	93	708102,7254	4732954,019	0,61	0,03
2	94	708129,5817	4732995,688	0,58	0,07
2	95	708170,1029	4733015,215	0	0
2	96	708178,4987	4732982,456	1,59	4,98



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H31)	UTM Y (31)	DENSIDAD ( ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
2	97	708163,9861	4732935,324	0,79	0,06
2	98	708141,3119	4732889,224	0	0
2	99	708116,2903	4732850,3	0,96	0,73
2	100	708166,2526	4732835,866	0	0
2	101	708183,6728	4732884,431	0,94	0,31
2	102	708201,3863	4732928,692	1,81	119,1
2	103	708209,4126	4732981,375	1,83	2,22
2	104	708174,1	4732980,2	2,33	127,55
2	105	708230,2055	4732988,16	0	0
2	106	708272,9391	4733009,055	0	0
2	107	708319,7051	4733025,859	0	0
2	108	708362,9723	4733049,972	0	0
2	109	708383,5819	4733048,693	0	0
2	110	708347,7251	4733014,744	0	0
2	111	708322,2587	4732969,971	0	0
2	112	708299,7137	4732926,42	0	0
2	113	708276,3159	4732882,332	0	0
2	114	708248,8692	4732840,411	0	0
2	115	708223,0777	4732799,853	0	0
2	116	708177,6942	4732812,191	0	0
2	117	708197,8792	4732854,948	0,96	1,11
2	118	708229,1873	4732894,116	2,04	0,83
2	119	708250,3217	4732938,258	0	0
2	120	708272,3604	4732983,117	0	0
2	121	708282,9713	4732955,737	0	0
2	122	708269,7321	4732910,699	0	0
2	123	708269,7843	4732861,649	1,07	0,98
2	124	708244,4889	4732818,505	1,06	39,04
2	125	708231,9412	4732776,066	0	0
2	126	708320,6846	4732837,04	0	0
2	127	708342,1146	4732881,97	0	0
2	128	708367,6287	4732924,899	0	0
2	129	708392,841	4732968,042	0	0
2	130	708419,6959	4733009,701	0	0
2	131	708449,0162	4733050,311	0	0
2	132	708466,4946	4733096,589	0	0
2	133	708495,4458	4733129,852	0	0
2	134	708527,6667	4733081,372	0	0
2	135	708532,4904	4733062,478	0	0
2	136	708506,3018	4733020,494	0	0
2	137	708498,3429	4732971,902	0	0
2	138	708464,8478	4732934,656	0	0
2	139	708443,8056	4732890,216	0	0
2	140	708414,3919	4732849,959	0	0
2	141	708383,0842	4732812,434	0	0
2	142	708363,1622	4732768,05	0	0
2	143	708401,1137	4732792,915	0	0
2	144	708425,8106	4732834,408	0	0
2	145	708455,9028	4732875,809	0	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H31)	UTM Y (31)	DENSIDAD ( ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
2	146	708483,3836	4732917,097	0	0
2	147	708498,2952	4732964,52	0	0
2	148	708523,053	4733007,483	0	0
2	149	708545,7347	4733053,24	0	0



MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y RETO DEMOGRÁFICO



## ANEXO 4. BOLETINES DE ENSAYO DE eDNA

---

<b>TIPO DE ENSAYO:</b>	eDNA	<b>CLIENTE</b>  CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
<b>ESPECIE:</b>	<i>Salmo trutta</i> y <i>Anguilla anguilla</i>	
<b>Procedencia:</b>	Balaguer	
<b>Código de proyecto:</b>	EC20012	

### Filtración de muestras de agua

Técnico:	Karen Freijanes Presmanes
Almacenaje:	Filtradas en campo
Incidencias:	No

Muestras filtradas				
Código	Numeración	Volumen (L)	Nº filtros	Fecha
BLG_23_S1_E1_S	55	1	2	25/07/2023
BLG_23_S1_E1_M	56	1	2	25/07/2023
BLG_23_S1_E1_F	57	1	2	25/07/2023
BLG_23_S1_BEN_1_1	58	1	2	25/07/2023
BLG_23_S1_BEN_1_2	59	1	2	25/07/2023
BLG_23_S1_BEN_1_3	60	1	2	25/07/2023
BLG_23_S1_PES_1_1	61	1	2	25/07/2023
BLG_23_S1_PES_1_2	62	1	2	25/07/2023
BLG_23_S1_PES_1_3	63	1	2	25/07/2023

### Recepción de muestras en el laboratorio

Fecha:	29/08/2023
Técnico:	Susana Deus Álvarez
Nº Muestras:	9
Estado de las muestras:	En eppendorf con alcohol 100%
Almacenaje:	Congelación

Código	Numeración	Chequeo
BLG_23_S1_E1_S	55	<input checked="" type="checkbox"/>
BLG_23_S1_E1_M	56	<input checked="" type="checkbox"/>
BLG_23_S1_E1_F	57	<input checked="" type="checkbox"/>
BLG_23_S1_BEN_1_1	58	<input checked="" type="checkbox"/>
BLG_23_S1_BEN_1_2	59	<input checked="" type="checkbox"/>
BLG_23_S1_BEN_1_3	60	<input checked="" type="checkbox"/>
BLG_23_S1_PES_1_1	61	<input checked="" type="checkbox"/>
BLG_23_S1_PES_1_2	62	<input checked="" type="checkbox"/>
BLG_23_S1_PES_1_3	63	<input checked="" type="checkbox"/>

### Extracción de ADN

Fecha:	21/09/2023
Técnico:	Susana Deus Álvarez
Método de extracción:	DNeasy Blood & Tissue Kit
Número de muestras:	9
Incidencias:	No

Muestras extraídas				
Código	ADN (ng/µL)	Volumen (mL)	ADN (ng/µL)	Volumen
BLG_23_S1_E1_S	2,89	100	4,33	60
BLG_23_S1_E1_M	2,44	100	4,34	60
BLG_23_S1_E1_F	1,48	100	2,5	60
BLG_23_S1_BEN_1_1	1,1	100	1,59	60
BLG_23_S1_BEN_1_2	1,11	100	0,796	60
BLG_23_S1_BEN_1_3	0,738	100	1,11	60
BLG_23_S1_PES_1_1	2,15	100	1,78	60
BLG_23_S1_PES_1_2	3,09	100	2,84	60
BLG_23_S1_PES_1_3	1,05	100	1,47	60

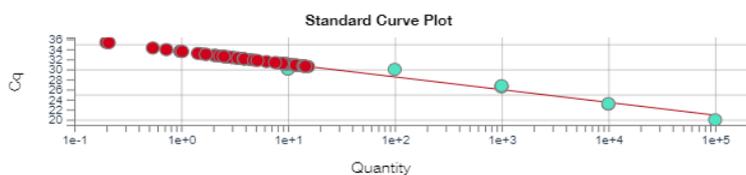
<b>TIPO DE ENSAYO:</b>	eDNA	<b>CLIENTE</b>  CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
<b>ESPECIE:</b>	<i>Salmo trutta</i> y <i>Anguilla anguilla</i>	
<b>Procedencia:</b>	Balaguer	
<b>Código de proyecto:</b>	EC20012	

### Detección por qPCR

Técnico:	Susana Deus Álvarez
Incidencias:	No

### Salmo trutta

qPCR	
Máquina PCR:	Quantum studio 3
R2:	0,94
Recta - Pendiente:	-2,54
Recta - Intercepto	33,575
Conservación:	congelación



Resultados		
Código	Detección	Copias ADN
BLG_23_S1_E1_S	+	<LD
BLG_23_S1_E1_M	+	<LD
BLG_23_S1_E1_F	+	<LD
BLG_23_S1_BEN_1_1	+	<LD
BLG_23_S1_BEN_1_2	+	<LD
BLG_23_S1_BEN_1_3	+	<LD
BLG_23_S1_PES_1_1	+	<LD
BLG_23_S1_PES_1_2	+	<LD
BLG_23_S1_PES_1_3	+	<LD
Control negativo PCR	-	

### Conclusión

Se ha detectado la presencia de *Salmo trutta* en todas las muestras pero todas están en concentraciones por debajo del límite de detección de diez copias

<b>TIPO DE ENSAYO:</b>	eDNA	<b>CLIENTE</b>  CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
<b>ESPECIE:</b>	<i>Salmo trutta</i> y <i>Anguilla anguilla</i>	
<b>Procedencia:</b>	Balaguer	
<b>Código de proyecto:</b>	EC20012	

### Anguilla anguilla

qPCR	
Máquina PCR:	Quantum studio 3
R2:	0,949
Recta - Pendiente:	-1,711
Recta - Intercepto	34,103
Conservación:	congelación



Resultados	
Código	Detección
BLG_23_S1_E1_S	-
BLG_23_S1_E1_M	-
BLG_23_S1_E1_F	-
BLG_23_S1_BEN_1_1	-
BLG_23_S1_BEN_1_2	-
BLG_23_S1_BEN_1_3	-
BLG_23_S1_PES_1_1	-
BLG_23_S1_PES_1_2	-
BLG_23_S1_PES_1_3	-
Control negativo PCR	-

### Conclusión

No se ha detectado la presencia de *Anguilla anguilla* en ninguna muestra