



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



---

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

---

**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, Iván González y Omar Monteoliva

**PRESUPUESTO DE LA ADJUDICACIÓN:**

114.425,25 Euros

**CONTENIDO:**

MEMORIA/ANEJOS/CARTOGRAFÍA/CD

**AÑO DE EJECUCIÓN:**

2022

**FECHA ENTREGA:**

NOVIEMBRE 2022



REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

Superior izquierda: Panorámica del embalse de Escarra

Superior derecha: Embarcación y equipos de hidroacústica

Inferior izquierda: Realización de electro pesca de orilla

Inferior derecha: Ejemplares de madrilla (*Parachondostroms mieggi*).

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2022) Sondeo hidroacústico en embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro: Embalse de Escarra 56 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 ESCARRA. AÑO 2022

---

*El objeto de este informe es la evaluación de la abundancia y biomasa de la biocenosis de peces del embalse de Escarra. Para ello, en junio 2022 se realizó un muestreo cuantitativo de los peces en dicho embalse empleándose 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.*

*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 (*Anguilla anguilla*), dos especies autóctonas en declive en los embalses de esta demarcación.*

*Los resultados establecen que la asociación está dominada en densidad por la madrilla (*Parachondrostoma miegii*) y el gobio (*Gobio lozanoi*) que representan en conjunto el 75% de la densidad. La trucha común (*salmo trutta*) es la especie dominante en biomasa (73%) porque los ejemplares que habitan el embalse son adultos de tallas grandes. La densidad y biomasa resultantes ( $0,75 \pm 0,13 \text{ ind/dam}^3$  y  $0,96 \pm 0,17 \text{ g/m}^2$ ) son bajas para un embalse que, aunque de alta montaña y oligotrófico presenta condiciones morfológicas que aumentan el potencial productivo.*

*Los análisis realizados mediante la técnica de mayor sensibilidad conocida (eDNA) han permitido confirmar la presencia de trucha común y la ausencia de anguila europea.*

*Se recomienda realizar estudios y seguimientos de la dinámica de la trucha común en el embalse y evaluar el volumen mínimo de embalse considerando riesgos de mortandad de peces inducida por las operaciones de manejo hidráulico.*



## HYDROACOUSTIC SURVEY IN RESERVOIRS OF THE EBRO RIVER BASIN DISTRICT: ESCARRA RESERVOIR. YEAR 2022

---

*The purpose of this report is to evaluate the abundance and biomass of the fish biocenosis of the Escarra reservoir. For this purpose, in June 2022 a quantitative sampling of fish in the reservoir was carried out using a combination of techniques: direct sampling by means of scientific gillnets (CEN-EN 14.757/2006) and electric fishing from a boat, and indirect sampling by means of hydroacoustic techniques.*

*In addition, eDNA sampling and analysis was conducted to detect the presence of two species that could be in such low numbers that they would be undetectable with direct fishing techniques. These are the brown trout (*Salmo trutta*) and the eel (*Anguilla anguilla*), two native species in decline in the reservoirs of this demarcation.*

*The results establish that the association is dominated in density by the madrilla (*Parachondrostoma miegii*) and the Iberian gudgeon (*Gobio lozanoi*), which together represent 75% of the density. The brown trout (*Salmo trutta*) is the dominant species in biomass (73%) because the specimens that inhabit the reservoir are large adults. The resulting density and biomass ( $0.75 \pm 0,13$  ind/dam<sup>3</sup> and  $0.96 \pm 0,17$  g/m<sup>2</sup>) are low for a reservoir that, although high mountain and oligotrophic, presents morphological conditions that increase the productive potential.*

*Analyses using the most sensitive technique known (eDNA) have confirmed the presence of brown trout and the absence of European eel.*

*It is recommended that studies and monitoring of the dynamics of the common trout in the reservoir be carried out and that the minimum volume of the reservoir be evaluated considering the risk of fish mortality induced by hydraulic management operations.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....</b>	<b>10</b>
1.1. PRESTACIONES DE LAS TÉCNICAS APLICADAS .....	11
1.2. INTERÉS DEL ESTUDIO CUANTITATIVO DE LA FAUNA ÍCTICA EN MASAS DE AGUA NO VADEABLES.....	12
<b>2. ÁMBITO DE ESTUDIO.....</b>	<b>13</b>
2.1. SITUACIÓN.....	13
2.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA .....	13
2.3. RÉGIMEN HIDROLÓGICO .....	16
2.4. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EMBALSE. PERFILES VERTICALES .....	16
2.5. POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO .....	18
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>18</b>
3.1. DISEÑO DEL MUESTREO.....	19
3.2. MUESTREOS REMOTOS: HIDROACÚSTICA .....	20
3.2.1. Prospección hidroacústica.....	20
3.2.2. Procesado de datos acústicos.....	21
3.3. MUESTREOS DIRECTOS DE PESCA.....	22
3.3.1. Redes agalleras multipaño .....	22
3.3.2. Pesca eléctrica desde orilla.....	24
3.4. INTERPOLACIÓN ESPACIAL Y ESTIMACIONES GLOBALES .....	25
3.5. EVALUACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE BIÓTICO QFBI.....	25
3.6. DETECCIÓN DE TRUCHA COMÚN Y ANGIULA EUROPEA MEDIANTE ADN AMBIENTAL.....	27
3.6.1. Muestreo de ADN ambiental (eDNA) .....	27
3.6.2. Obtención de ADN ambiental de trucha común y de anguila en muestras de agua .....	28
3.6.3. Detección específica de trucha común.....	29
3.6.4. Detección específica de anguila europea.....	29
3.6.5. Estimaciones de biomasa.....	30
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
4.1. SONDEO HIDROACÚSTICO: DENSIDADES.....	31
4.1.1. Distribución y estimación de la densidad de peces.....	32
4.1.2. Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro.....	35



4.2.	MUESTREOS DIRECTOS: COMPOSICIÓN Y BIOMASA ESPECÍFICA.....	37
4.2.1.	Especies presentes en el embalse.....	38
4.2.2.	Composición y distribución de especies.....	38
4.3.	BIOMASA .....	43
4.3.1.	Distribución y estimación de la biomasa de peces.....	43
4.3.2.	Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro.....	46
4.4.	DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES .....	48
4.5.	MUESTREOS INDIRECTOS: ADN AMBIENTAL.....	49
4.5.1.	Muestras ambientales de agua .....	49
4.5.2.	Detección de trucha común mediante qPCR y estimaciones de biomasa.....	49
4.5.3.	Detección de anguila europea mediante qPCR y estimaciones de biomasa.....	50
5.	VALORACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE QFBI .....	51
6.	CONCLUSIONES.....	52
7.	GLOSARIO Y ACRÓNIMOS.....	54
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	56

## 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 Escarra .....	15
Tabla 2. Descripción de las redes de muestreo empleadas. ....	23
Tabla 3. Métricas y coeficientes para el cálculo del QFBI .....	26
Tabla 4. Valores de corte del QFBI empleados para la clasificación del potencial ecológico .....	27
Tabla 5. Densidad de peces (ind/dam <sup>3</sup> ) por estratos, estimada mediante acústica .....	32
Tabla 6. Especies presentes en el embalse.....	38
Tabla 7. Ejemplos de las redes utilizadas durante los muestreos directos en el embalse de Escarra .....	38
Tabla 8. Resultados de las pescas con red por especies .....	39
Tabla 9. Tracks de pesca eléctrica realizados durante los muestreos directos del embalse de Escarra...41	
Tabla 10. Resultados de la pesca eléctrica por especies .....	42
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 biomásas (g/m <sup>2</sup> ) por especie .....	48
Tabla 13. Resultados del QFBI obtenidos para el embalse de Escarra .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Técnicos realizando perfil físico químico en el embalse de Escarra .....	12
<b>Figura 2.</b> Situación del Embalse de Escarra .....	13
<b>Figura 3.</b> Batimetría del embalse de Escarra .....	15
<b>Figura 4.</b> Perfiles físico-químicos en el embalse de Escarra (ESC22_S1PRO1) .....	17
<b>Figura 5.</b> Esquema del método de censado de poblaciones ícticas en un embalse .....	19
<b>Figura 6.</b> Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico .....	21
<b>Figura 7.</b> Ubicación de redes bentónicas en embalse de Escarra .....	23
<b>Figura 8.</b> Equipo de electropesca de orilla en el Embalse de Escarra.....	24
<b>Figura 9.</b> Ejemplo de ajuste de curva al semivariograma para el interpolado espacial .....	25
<b>Figura 10.</b> Ubicación de las estaciones de muestreo directo de diferente tipo en el embalse de Escarra	28
<b>Figura 11.</b> Recorridos del sondeo hidroacústico en el embalse de Escarra .....	31
<b>Figura 12.</b> Ejemplo de un ecograma obtenido con el haz horizontal en el embalse de Escarra .....	32



<b>Figura 13.</b> Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en los estratos superior (arriba) e inferior (abajo).....	34
<b>Figura 14.</b> Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro .....	36
<b>Figura 15.</b> Fotografías de las labores de muestreo en el embalse de Escarra.....	37
<b>Figura 16.</b> Composición de la asociación obtenida mediante redes .....	40
<b>Figura 17.</b> Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm.....	41
<b>Figura 18.</b> Composición de la asociación obtenida mediante pesca eléctrica.....	42
<b>Figura 19.</b> Ejemplares de las especies capturadas en el embalse de Escarra.....	43
<b>Figura 20.</b> Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en los estratos superior (arriba) e inferior (abajo).....	45
<b>Figura 21.</b> Comparación de la biomasa con otros embalses de la cuenca del Ebro .....	47
<b>Figura 22.</b> Recta patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN detectada .....	49
<b>Figura 23.</b> Recta patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN .....	50

## 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El presente documento constituye el informe final de los trabajos realizados en el Embalse de Escarra (Huesca) durante el año 2022, 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*) 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.

En el presente informe se presentan los trabajos realizados en la evaluación de las poblaciones de peces del embalse de Escarra, 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 continentales representa además una inmejorable oportunidad para mejorar 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.



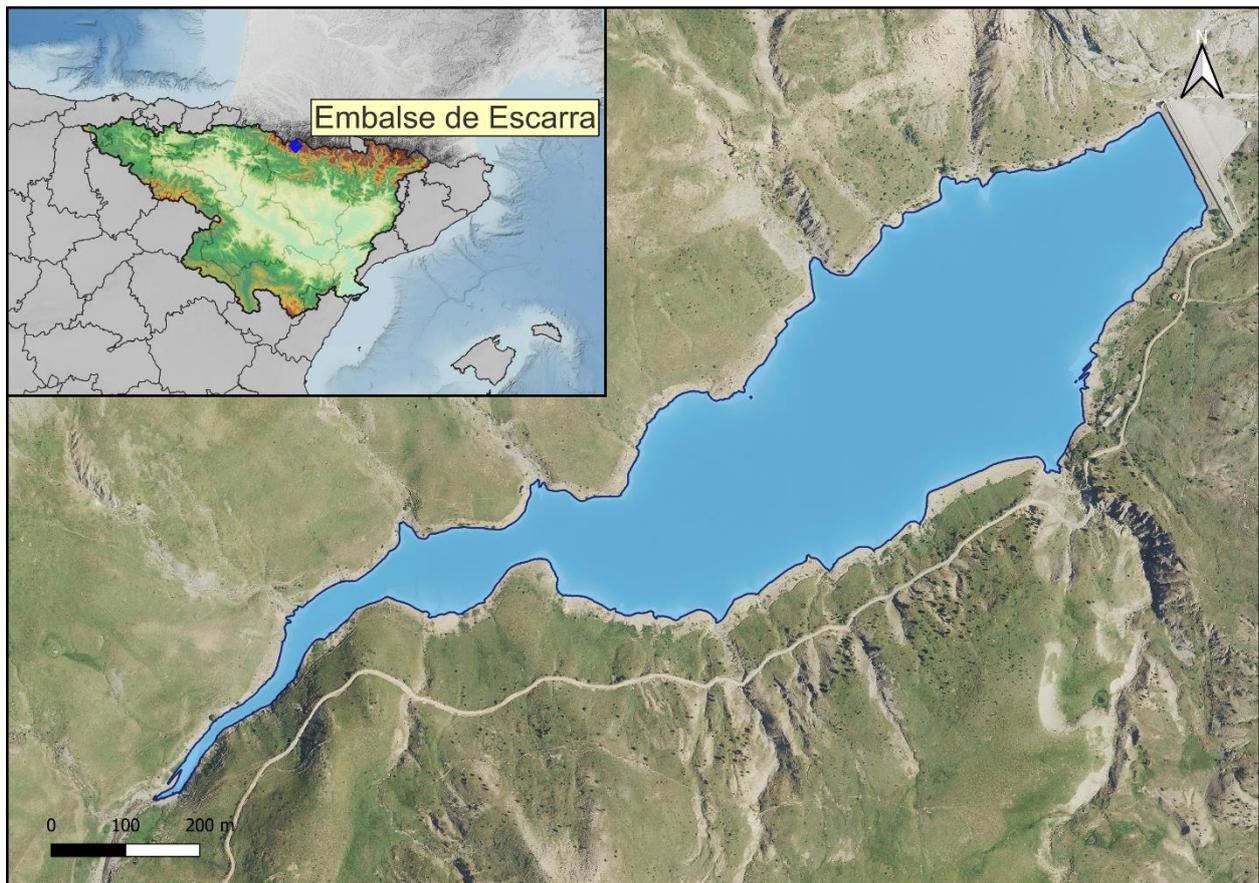
Este tipo de problemas se ponen especialmente de manifiesto en situaciones de sequía y bajas reservas de agua en los embalses, y las técnicas hidroacústicas permiten obtener la información básica necesaria mediante procedimientos ya muy afianzados, como se puede constatar en los tratados técnicos (Simmonds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

**Figura 1.** Técnicos realizando perfil físico químico en el embalse de Escarra

## 2. ÁMBITO DE ESTUDIO

### 2.1. SITUACIÓN

El embalse de Escarra (MAS 1051) se localiza en el término municipal de Sallent de Gállego en la provincia de Huesca, se trata de un pequeño embalse situado en el río Escarra entre las localidades de Tramacastilla y Escarrilla, y que recibe su aporte hídrico del deshielo glaciar.



**Figura 2.** Situación del Embalse de Escarra

El uso principal del embalse es para la producción de electricidad, para lo cual deriva agua por un canal que la conduce hasta la Central Hidroeléctrica de Sallent de Gállego. La presa tiene como titular a la CORPORACIÓN ACCIONA HIDRAULICA, S.L.

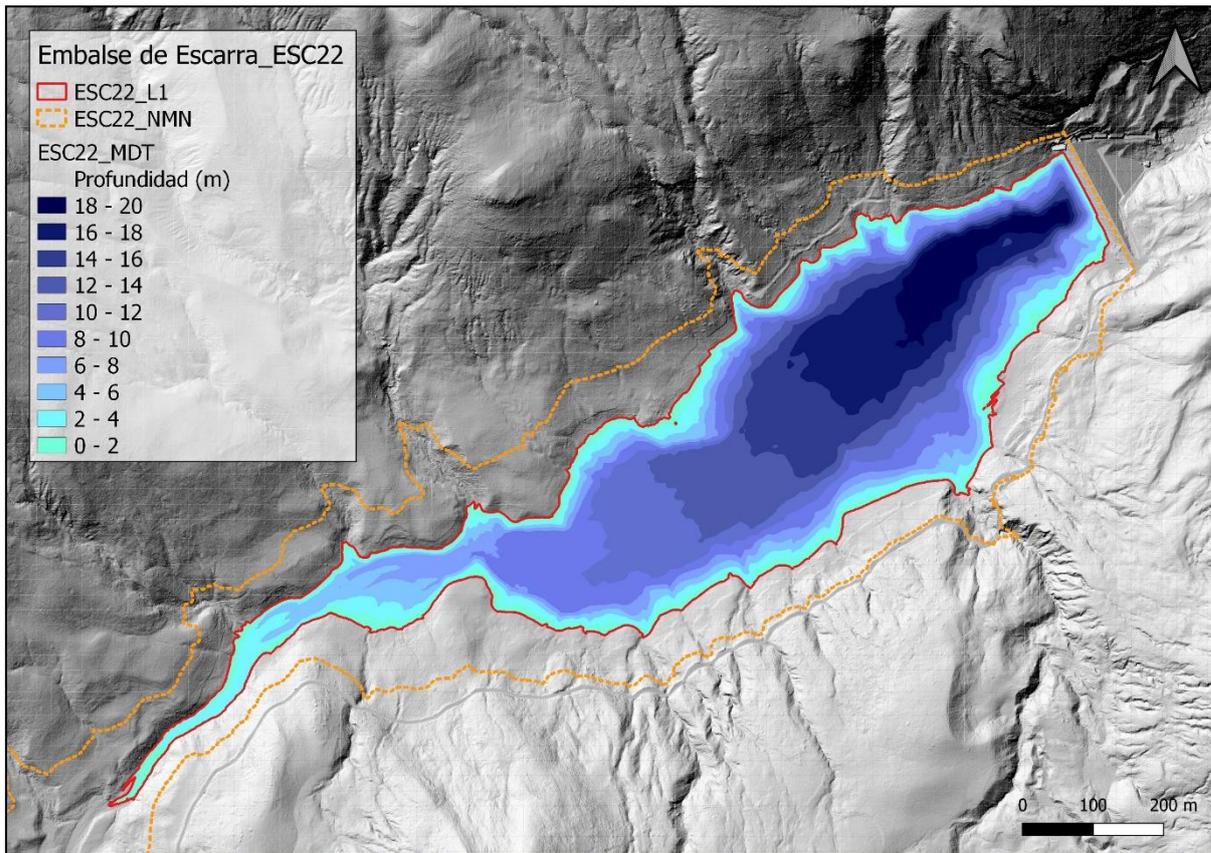
### 2.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

Según el inventario nacional de presas y embalses, el embalse de Escarra tiene una capacidad máxima de 5,16 hm<sup>3</sup> y ocupa en su nivel máximo normal (NMN) una superficie de 38 ha, lo que supone una profundidad media de 10,8 m y máxima de 23,1 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 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. El embalse presentó durante el muestreo (22 - 23 de junio de 2022) una profundidad media de 8,6 m y máxima de 18,1 m; la cota durante esas fechas estaba en el entorno de 1614,5 msnm, que según la hipsometría generada corresponde a un volumen de 2,6 hm<sup>3</sup>, lo que supone un 50,4% de llenado.

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.



**Figura 3.** Batimetría del embalse de Escarra

En la Tabla 1 se presentan el volumen y la superficie del estrato considerado en este caso, obtenido a partir de la batimetría anterior. 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 Escarra

Embalse	Sector	Estrato	Profundidad (m)	Volumen (hm <sup>3</sup> )	Superficie (ha)
ESC22	1	L1	0 a 5	1,308	29,9
		L2	5 a 18	1,330	21,6

### 2.3. RÉGIMEN HIDROLÓGICO

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

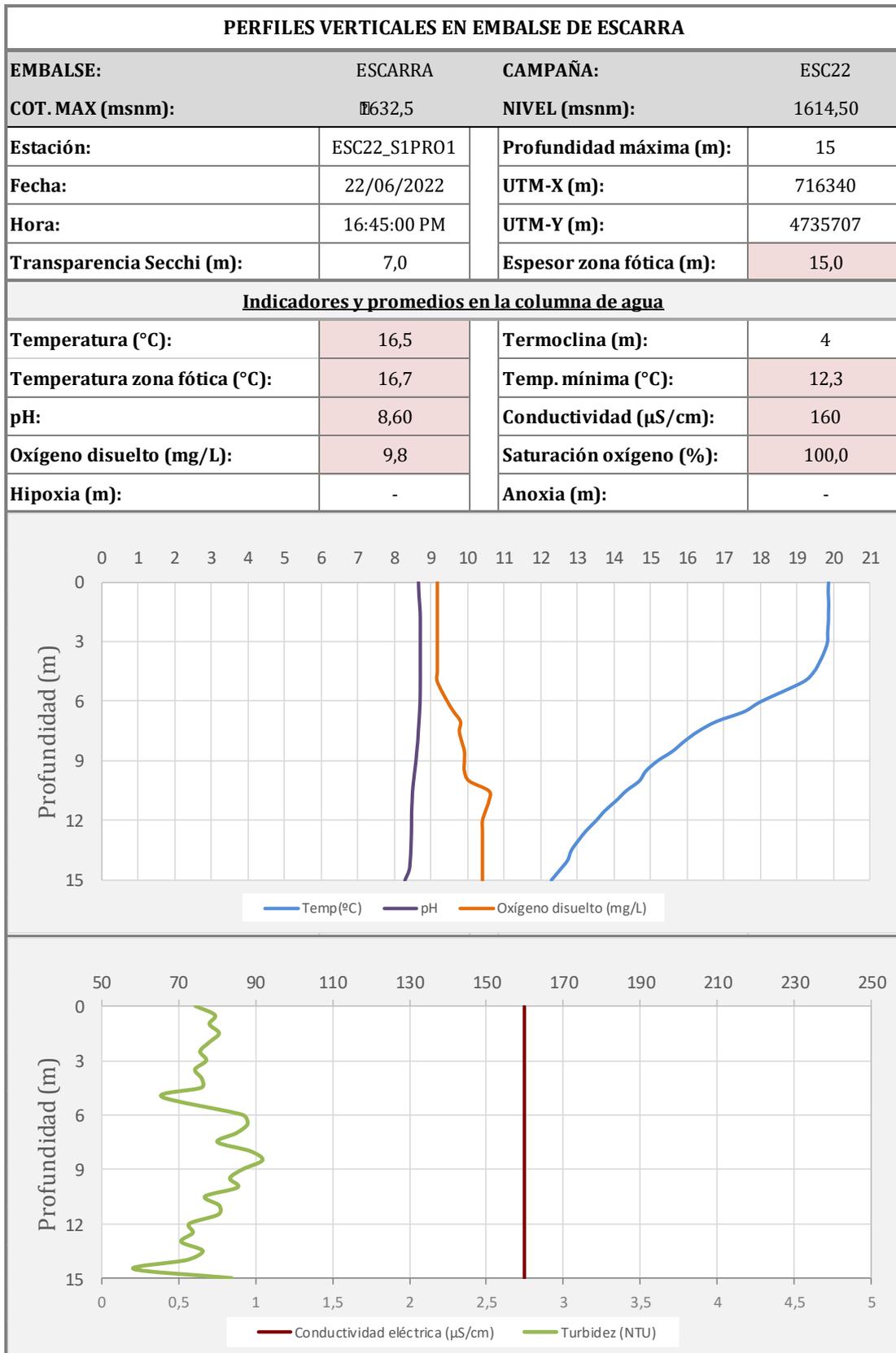
Para guiar la definición de macrohábitats y establecer la velocidad real del sonido en el agua (parámetro fundamental para el ecosondeo), así como detectar zonas potencialmente hostiles para los peces, se realizó en la zona de máxima profundidad un perfilado vertical de temperatura, conductividad eléctrica,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

En la Figura 4 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 (ESC22\_S1PRO1).

Como se observa en el perfil de la zona de cabecera la profundidad es de 15 m y la columna de agua presenta una termoclina a unos 4 m de profundidad en el momento del muestreo. Las condiciones de oxigenación son buenas, manteniendo una concentración promedio de 9,8 mg/L a lo largo de la columna de agua.

La homogeneidad vertical es también patente en la conductividad eléctrica, que tiene un valor medio de 160  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y en la turbidez del agua que no supera el valor de 1 NTU.

El pH es básico y constante con el incremento de profundidad siendo su valor promedio de 8,6 ud de pH. La transparencia del agua registrada en la lectura del disco Secchi es de 7 m lo que supone una profundidad de la capa fótica que abarca toda la columna de agua.



**Figura 4.** Perfiles físico-químicos en el embalse de Escarra (ESC22\_S1PRO1)

## 2.5. POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO

El embalse de Escarra se cataloga en el ecotipo 07 (Masa de agua muy modificada y artificial asimilable a lago: monomítico, calcáreo de zonas húmedas, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos, con temperatura media anual inferior a 15°C). Este embalse está incluido en la red de control de vigilancia y en la red de control operativo, y ha sido catalogado como “ultraoligotrófico” y potencial ecológico “bueno o superior” y un estado global del embalse “bueno”, según el informe final de la “Red de Seguimiento de Masas de Aguas muy Modificadas de la Demarcación Hidrográfica del Ebro” del año 2021 (CHE, 2021).

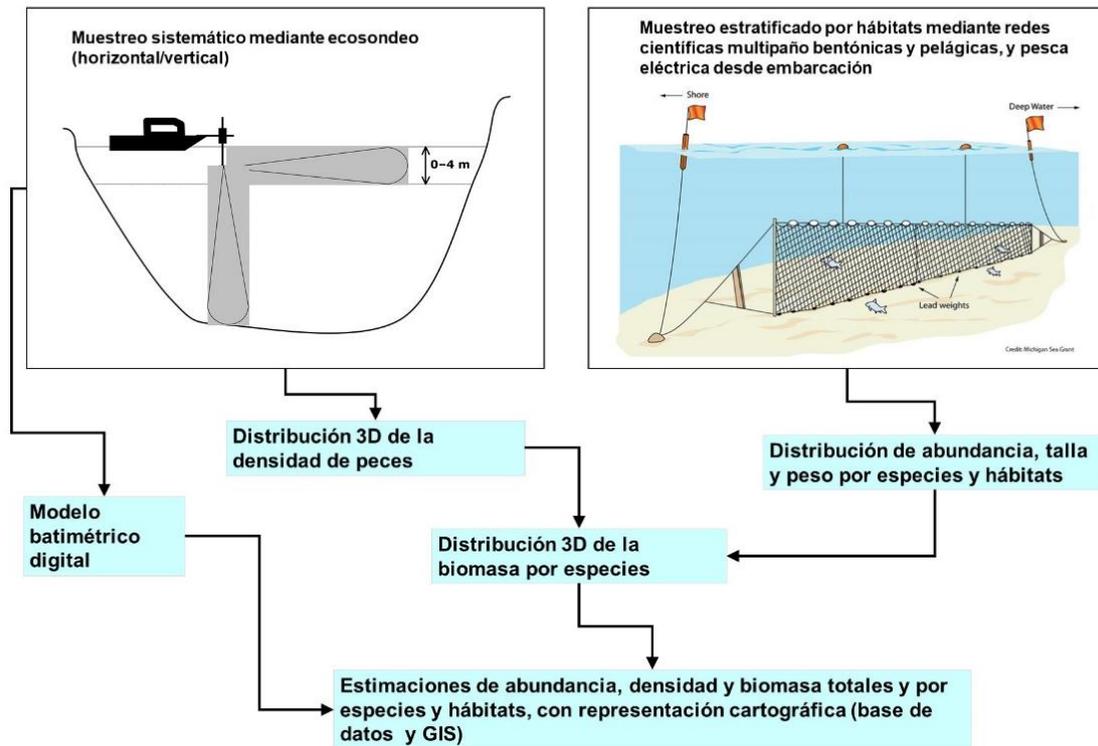
## 3. METODOLOGÍA

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 5, 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 5.** 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 y de pesca directa se han realizado simultáneamente entre los días 22 y 23 de junio de 2022.

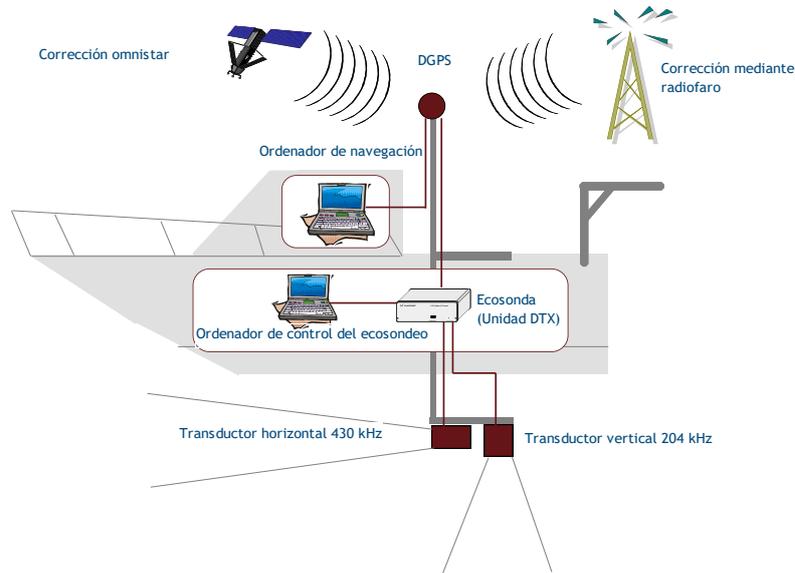
## **3.2. MUESTREOS REMOTOS: HIDROACÚSTICA**

### **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°, 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 6.** 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 embalse se ha aplicado la técnica de recuento de rastros 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 eointegración 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 7.** Ubicación de redes bentónicas en embalse de Escarra

### 3.3.2. Pesca eléctrica desde orilla

Además de las pescas con redes, en las zonas litorales someras de menos de 1,5 metros de profundidad, especialmente en presencia de macrófitos acuáticos o vegetación de ribera, se realizó un muestreo complementario mediante pesca eléctrica desde orilla en las zonas vadeables.

Dada la complicada logística para acceder a los lagos de montaña, los métodos y los materiales para hacer frente 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 porteado 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 8.** Equipo de electropesca de orilla en el Embalse de Escarra

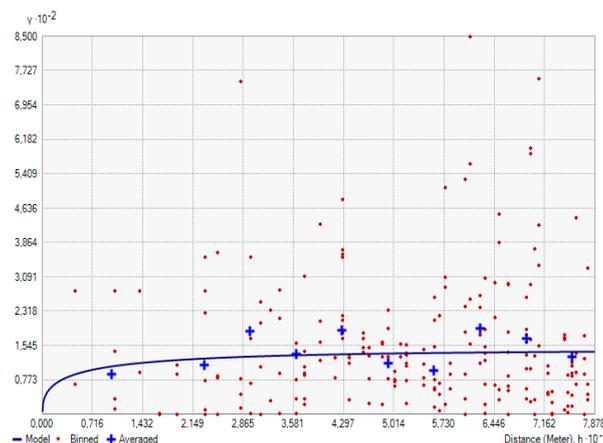
### 3.4. INTERPOLACIÓN ESPACIAL Y ESTIMACIONES GLOBALES

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 cubricados 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 una interpolación espacial utilizando métodos geoestadísticos ajustados *ex profeso*, siguiendo las buenas prácticas en investigaciones de pesquerías.

Para ello en primer lugar se ha ajustado una curva al semivariograma (ver ejemplo en la Figura 9) y en base a ese modelo, se ha procedido al interpolado propiamente dicho mediante *kriging* ordinario. Con ello se obtiene una superficie continua de densidad o biomasa que permite, además de visualizar las zonas de mayor concentración de peces, realizar estimaciones poblacionales.



**Figura 9.** Ejemplo de ajuste de curva al semivariograma para el interpolado espacial

El interpolado se realiza independientemente para cada estrato considerado, que se han nombrado utilizando la siguiente nomenclatura internacional:

- Upper Open Water (UOW): Estrato superior (L1)
- Lower Open Water (LOW): Estrato inferior (L2)

### 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 ANGUILA EUROPEA MEDIANTE ADN AMBIENTAL

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

Para la detección de trucha común (*Salmo trutta*) 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 10, 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.

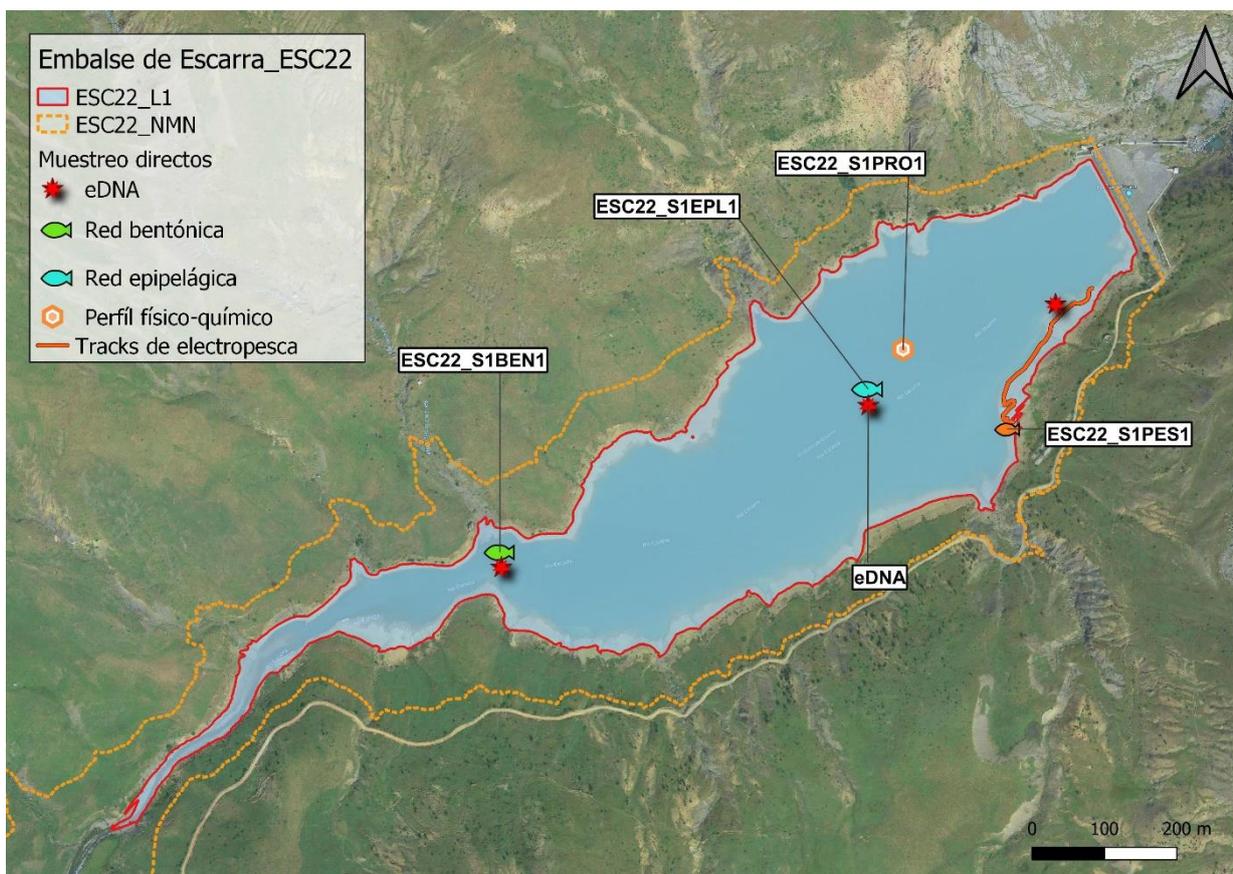


Figura 10. Ubicación de las estaciones de muestreo directo de diferente tipo en el embalse de Escarra

### 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 cebador específico y una sonda *TaqMan MGB* (Gustavson *et al.*, 2015, siguiendo las recomendaciones de Fernández *et al.*, 2018). El cebador 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 cebador específico de desarrollo propio de Ecohydros. El cebador 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 cebador 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 primers 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.

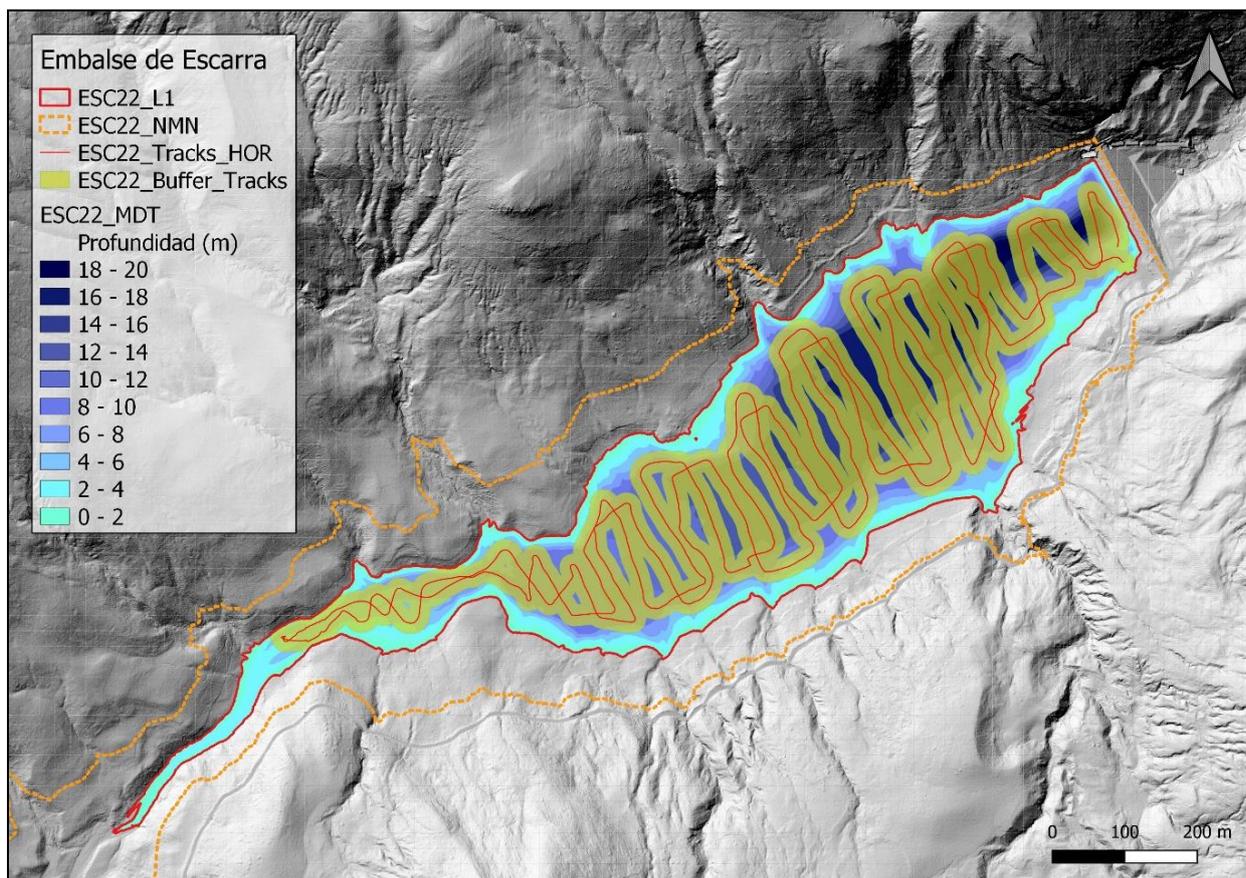
## 4. RESULTADOS

### 4.1. SONDEO HIDROACÚSTICO: DENSIDADES

Los recorridos móviles de ecosondeo han cubierto una longitud total de 6,2 km (con dos transductores), lo que supone un valor del índice de cobertura (Da) de 11. Los recorridos completos sobre el mapa batimétrico se presentan en la Figura 11.

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

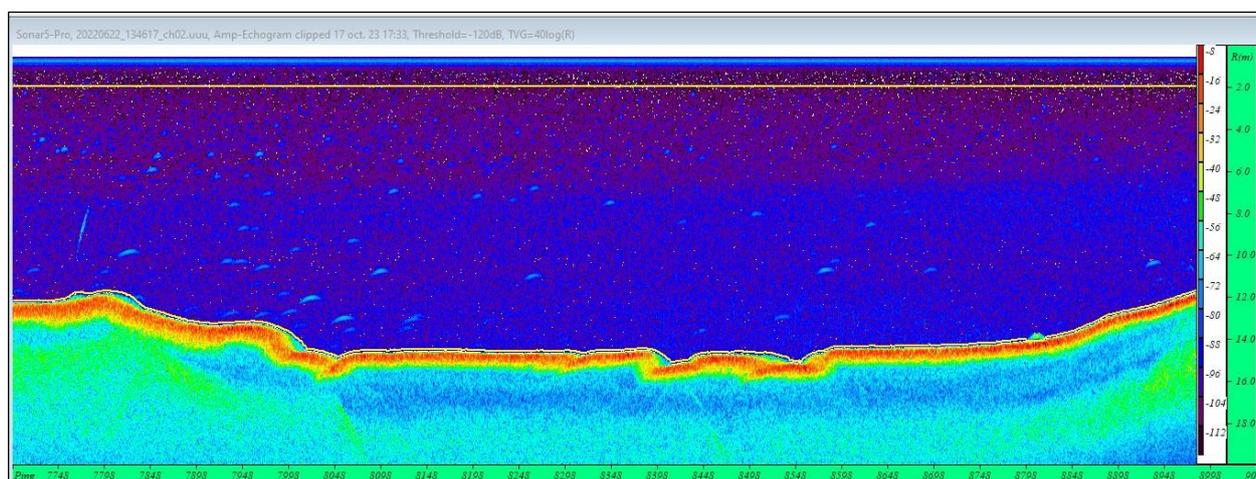
Mediante el método descrito, se ha obtenido una estimación de densidad en celdas de 50 m y también la talla acústica corregida de cada uno de los blancos y rastros (“tracks”) de peces.



**Figura 11.** Recorridos del sondeo hidroacústico en el embalse de Escarra

En la Figura 12 se muestra un ejemplo de ecograma registrado durante el muestreo acústico en el embalse de Escarra, realizado con haz vertical en la zona más profunda del embalse. Se ve representada la orilla/fondo o zona de choque del haz (línea amarilla), a una distancia

promedio de unos 12 metros. Se observan pequeñas señales de invertebrados en la columna de agua y solamente una señal de un pez muy cerca del fondo, pero es un ecograma característico de este embalse, en el que apenas hay peces en la zona de aguas abiertas.



**Figura 12.** Ejemplo de un ecograma obtenido con el haz vertical en el embalse de Escarra

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

En la Tabla 5 se ofrecen los estadísticos descriptivos de la densidad en cada uno de los dos estratos diferenciados en este embalse. La densidad se ha expresado en individuos por decámetro cúbico ( $1 \text{ dam}^3 = 1.000 \text{ m}^3$ ).

**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
ESC22	1	L1	0,23	13	123	137	1,2
		L2	1,26	8	48	66	1,7

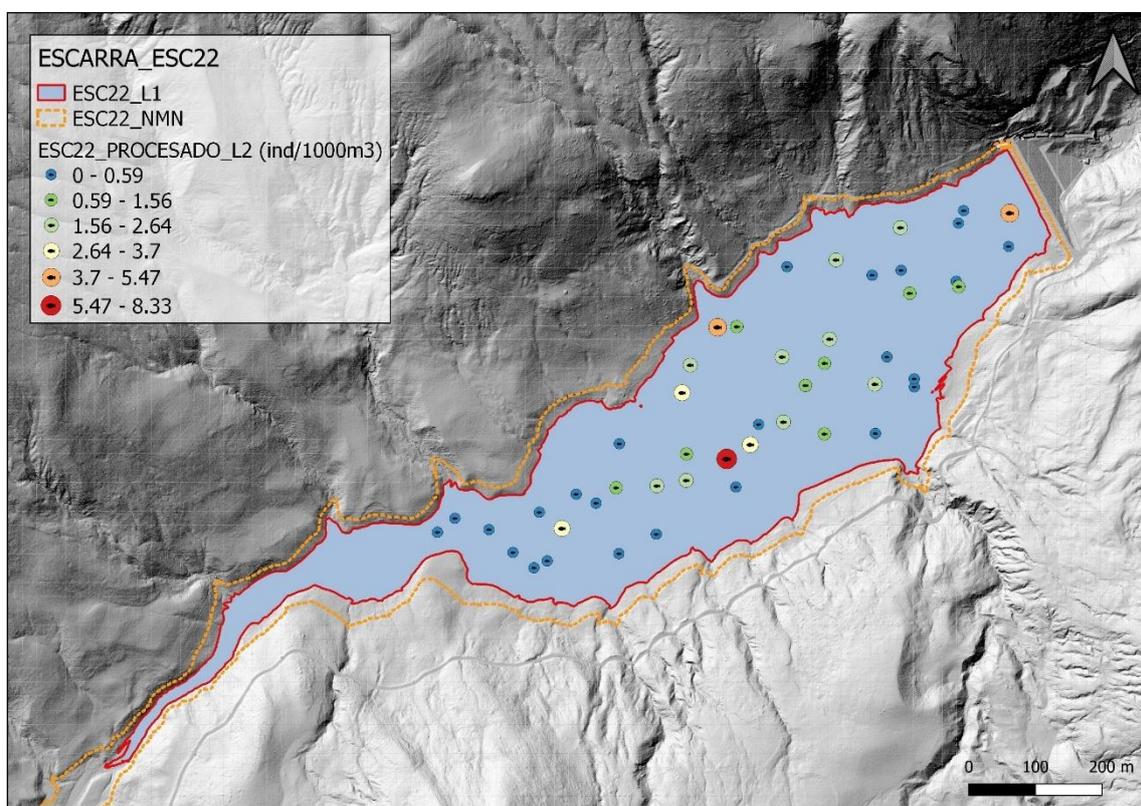
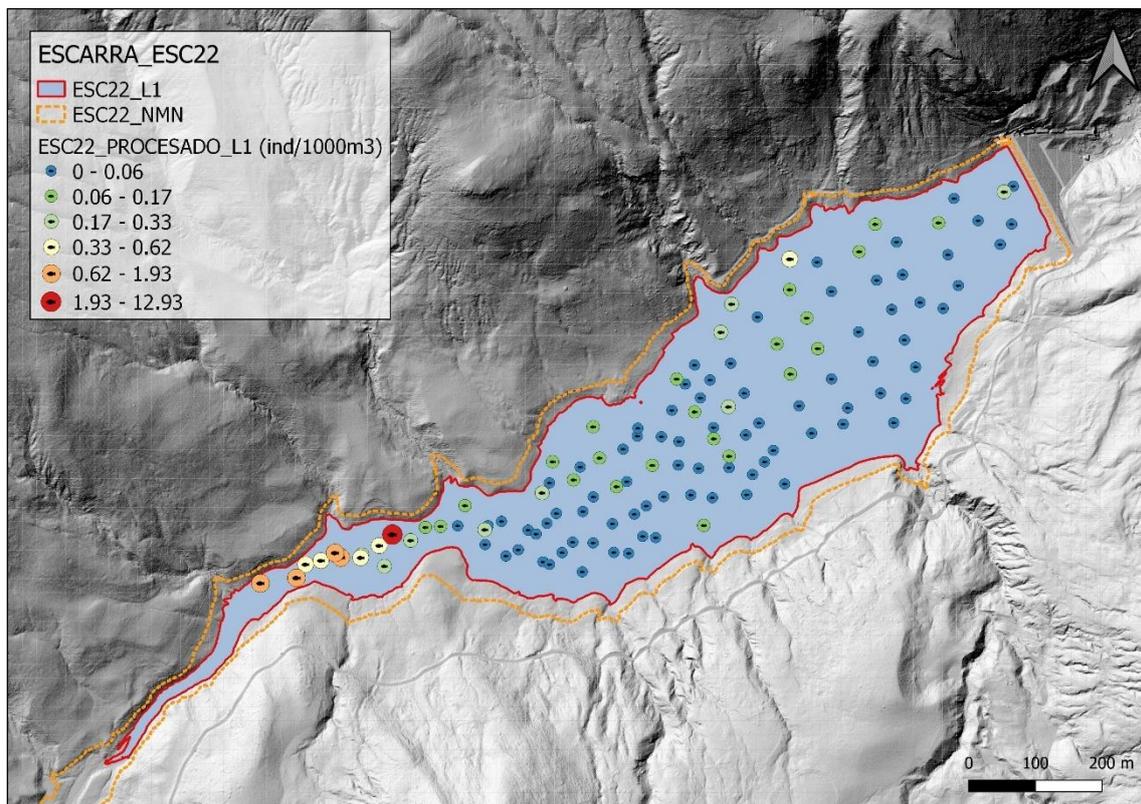
Se ha obtenido una densidad total del embalse de  $0,75 \pm 0,13 \text{ ind/dam}^3$ . Se trata de un valor muy bajo, propio de sistemas poco productivos y de embalses con carácter oligotrófico.

En las figuras siguientes 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.



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).

Se aprecia que en el estrato superficial (L1) las celdas con mayor número de peces se concentran en la zona posterior o de cola del embalse, pero en el estrato inferior no hay un patrón espacial definido.



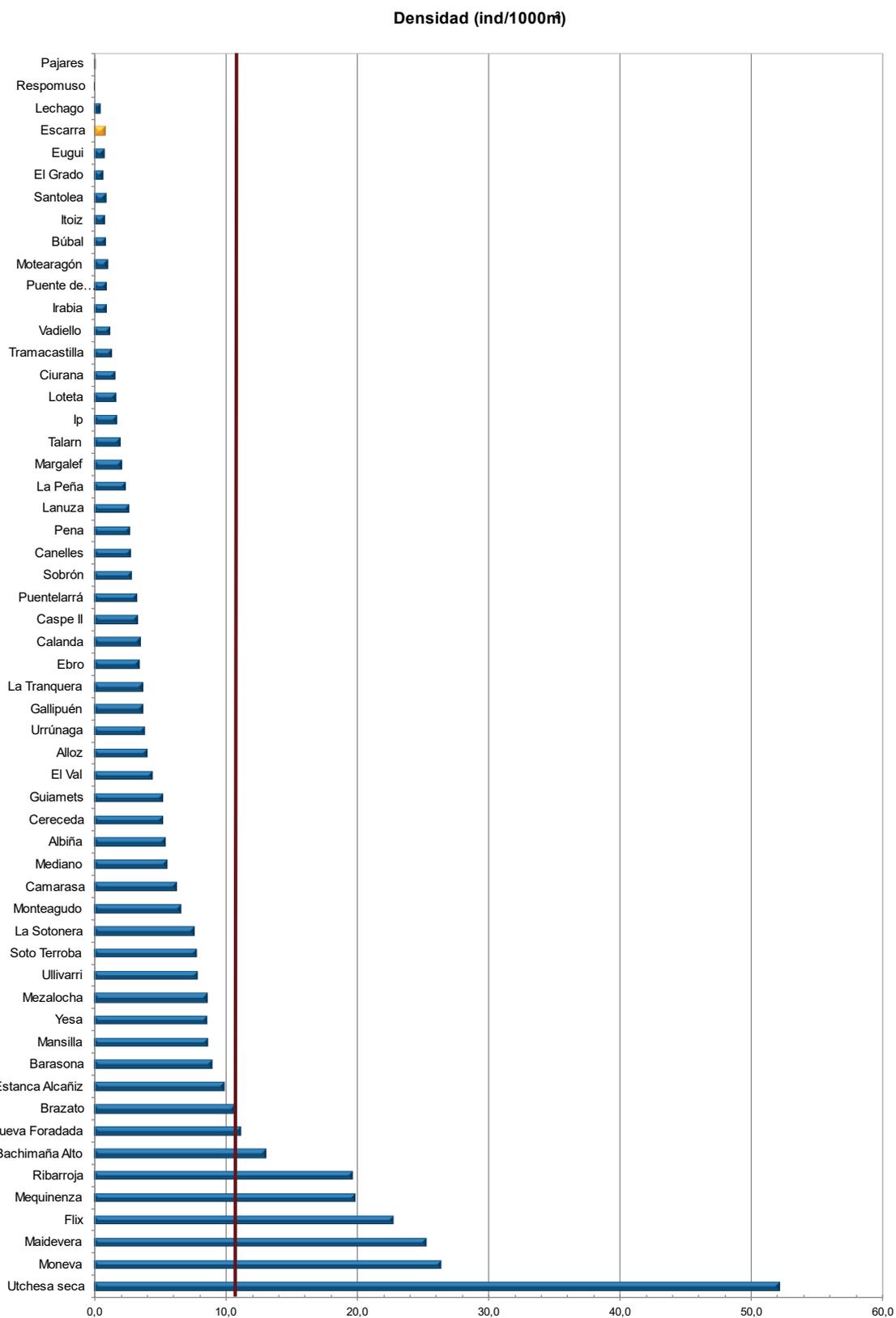
**Figura 13.** Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en los estratos superior (arriba) e inferior (abajo)



#### **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 Escarra, en comparación con otros embalses de la cuenca del Ebro donde 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 Utchesa Seca constituye un extremo por el lado superior, y solamente los embalses de Pajares, Respomuso y Lechago presentan densidades por debajo de la obtenida en el embalse de Escarra. El embalse de Lanuza, que por su ubicación podría ser comparable al de Escarra, sostenía en el año 2008 una densidad de peces que es 3,5 veces superior la actual de este último.



**Figura 14.** Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca 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.



**Figura 15.** Fotografías de las labores de muestreo en el embalse de Escarra

#### 4.2.1. Especies presentes en el embalse

De las cuatro (4) especies detectadas en los muestreos de diferente tipo realizados en el embalse de Escarra, todas resultaron ser especies autóctonas.

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

Nombre científico	Nombre común	Autóctono/alóctono
<i>Gobio lozanoi</i>	Gobio	Autóctono
<i>Salmo trutta</i>	Trucha común	Autóctono
<i>Parachondostroma miegii</i>	Madrilla	Autóctono
<i>Phoxinus phoxinus</i>	Piscardo	Autóctono

Se trata de una biocenosis completamente nativa, con especies autóctonas características de los tramos altos de los ríos del pirineo aragonés.

#### 4.2.2. Composición y distribución de especies

##### Capturas con redes

El total de capturas con redes agalleras fue de 48 ejemplares, con un peso total de 4,2 kg, lo que supone 20 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 0,8 kg de biomasa por unidad de esfuerzo. Se emplearon un total de 2 redes en 17 horas de pesca (8,77 unidades de esfuerzo). En la Figura 10, 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 Escarra

Tipo de lance	Código	Número de paños	Longitud (m)	Altura (m)	Esfuerzo
Red bentónica	ESC22_S1BEN1	16	40	1,5	1,77 45m <sup>2</sup> /12h
Red epipelágica	ESC22_S1EPL1	16	40	6	7,00 45m <sup>2</sup> /12h

En la

Tabla 8 y en la Figura 16 se facilitan los resultados obtenidos de las redes, agregados por

	Capturas	CPUE (ind/Ud. esf.)	CPUE (%)	Biomasa (g)	BPUE (g/ud. esf.)	BPUE (%)	Long. Furcal media (mm)	Peso medio (g)
<i>Gobio lozanoi</i>	24	13	62,9	202	108	13,0	83	8
<i>Parachondrostoma miegii</i>	15	5	25,5	522	223	26,9	137	35
<i>Phoxinus phoxinus</i>	4	2	8,0	12	5	0,6	57	3
<i>Salmo trutta</i>	5	1	3,6	3457	494	59,5	401	691
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>20</b>	<b>100,0</b>	<b>4194</b>	<b>830</b>	<b>100,0</b>	<b>131</b>	<b>87</b>

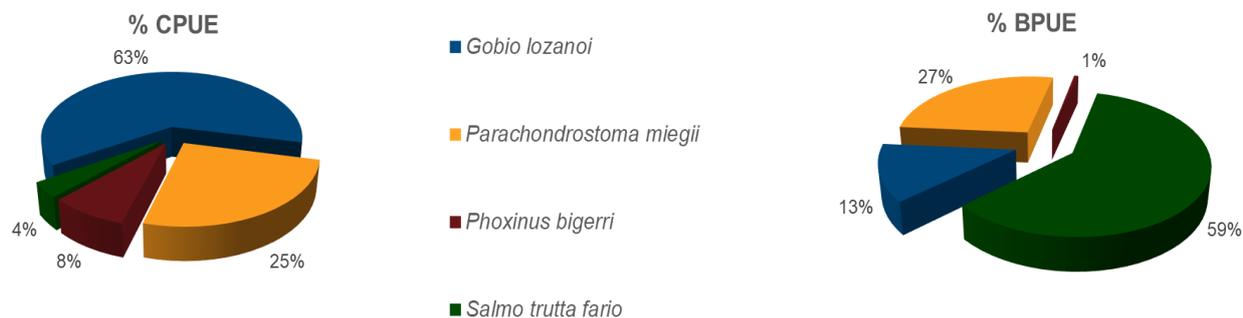
especies y para cada uno de los estratos del embalse.

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 (%)	Long. Furcal media (mm)	Peso medio (g)
<i>Gobio lozanoi</i>	24	13	62,9	202	108	13,0	83	8
<i>Parachondrostoma miegii</i>	15	5	25,5	522	223	26,9	137	35
<i>Phoxinus phoxinus</i>	4	2	8,0	12	5	0,6	57	3
<i>Salmo trutta</i>	5	1	3,6	3457	494	59,5	401	691
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>20</b>	<b>100,0</b>	<b>4194</b>	<b>830</b>	<b>100,0</b>	<b>131</b>	<b>87</b>

Especies_RA	Capturas	CPUE (ind/ud. esf.)	CPUE (%)	Biomasa (g)
<i>Gobio lozanoi</i>	30	17	50,1	277
<i>Parachondrostoma miegii</i>	66	14	41,6	1738
<i>Phoxinus phoxinus</i>	2	1	3,3	5
<i>Salmo trutta fario</i>	9	2	5,0	6400
<b>Total</b>	<b>107</b>	<b>34</b>	<b>100,0</b>	<b>8420</b>



**Figura 16.** Composición de la asociación obtenida mediante redes

Se observa que la asociación está dominada (62,9%) en términos de abundancia por el gobio (*Gobio lozanoi*) seguida, con un porcentaje de 25,5%, por la madrilla (*Parachondrostoma miegii*). En cambio, en términos de biomasa es la trucha común (*Salmo trutta*) la especie dominante (59,5%), pese a solamente representa el 3,6% en abundancia. Madrilla y gobio aportan respectivamente el 26,9% y el 13% de la biomasa.

En la Figura 17 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.

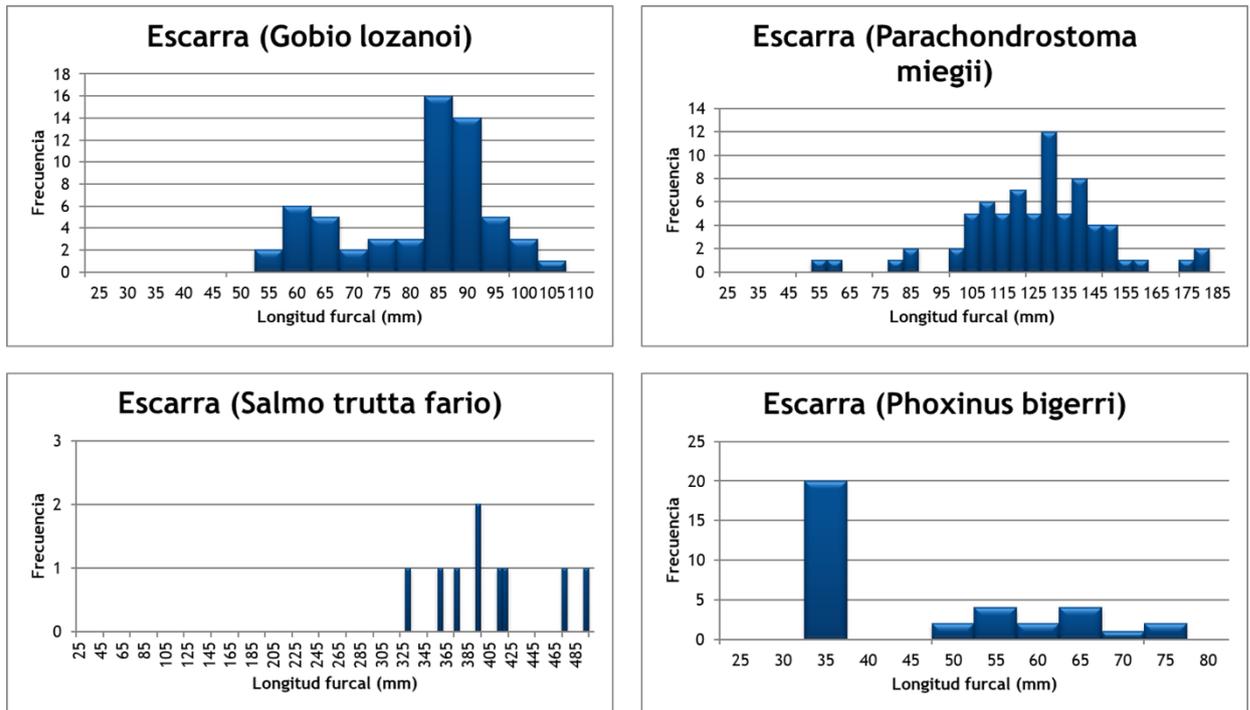


Figura 17. Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm

De las 4 especies capturadas en el embalse de Escarra, el gobio (*Gobio lozanoi*), la madrilla (*Parachondrostoma miegii*) y el piscardo (*Phoxinus bigerri*) presentan poblaciones estructuradas, con ejemplares de diferentes clases de edad. En cambio, de trucha común (*Salmo trutta*) sólo se han capturado ejemplares adultos, lo que es habitual en embalses pues los juveniles tiene preferencia por hábitats lóticos (de aguas fluyentes).

### Resultados de la pesca eléctrica

El rendimiento de la pesca eléctrica fue superior al de las redes, con una captura total de 129 peces con un peso total de 4,6 kilos, lo que supone 41,9 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 1,2 kg de BPUE. Se realizó un único transecto de electropesca en las zonas de orillas vadeables.

Tabla 9. Tracks de pesca eléctrica realizados durante los muestreos directos del embalse de Escarra

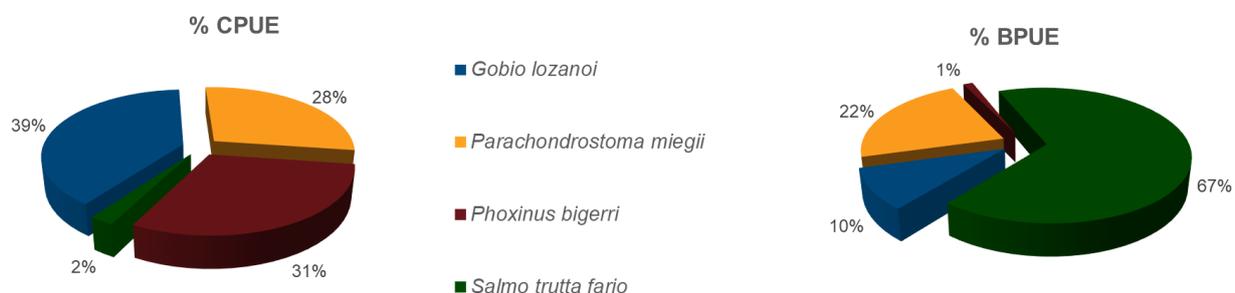
Tipo de lance	Código	Esfuerzo
Pesca eléctrica	ESC22_S1PES1	250 m

La ubicación de los transectos de muestreo de electropesca se puede observar en el mapa de la Figura 10 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 ejemplares de las 4 especies detectadas en el embalse.

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

	Capturas	CPUE	CPUE (%)	Biomasa (g)	BPUE	BPUE (%)	Long. Furcal media (mm)	Peso medio (g)
<i>Gobio lozanoi</i>	36	16,4	39,1	254	120,0	9,8	78	7
<i>Parachondrostoma miegii</i>	58	11,8	28,1	1312	273,2	22,2	120	23
<i>Phoxinus phoxinus</i>	31	12,7	30,4	37	15,8	1,3	43	1
<i>Salmo trutta</i>	4	1,0	2,4	2943	821,9	66,8	411	736
<b>Total</b>	<b>129</b>	<b>41,9</b>	<b>100,0</b>	<b>4546</b>	<b>1230,8</b>	<b>100,0</b>	<b>99</b>	<b>35</b>



**Figura 18.** Composición de la asociación obtenida mediante pesca eléctrica

A diferencia de las capturas con redes agalleras, las capturas realizadas con la pesca eléctrica se encuentran homogéneamente repartidas entre especies, dominando en términos de abundancia el gobio (39,1%) seguida del piscardado (30,4%), la madrilla (28,1%) y la trucha (2,4%). En cambio, en términos de biomasa, vuelve a ser la trucha común la especie dominante (66,8%), seguida de la madrilla (22,2%), el gobio (9,8%) y el piscardado (1,3%).



Figura 19 . Ejemplares de las especies capturadas en el embalse de Escarra

### 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).

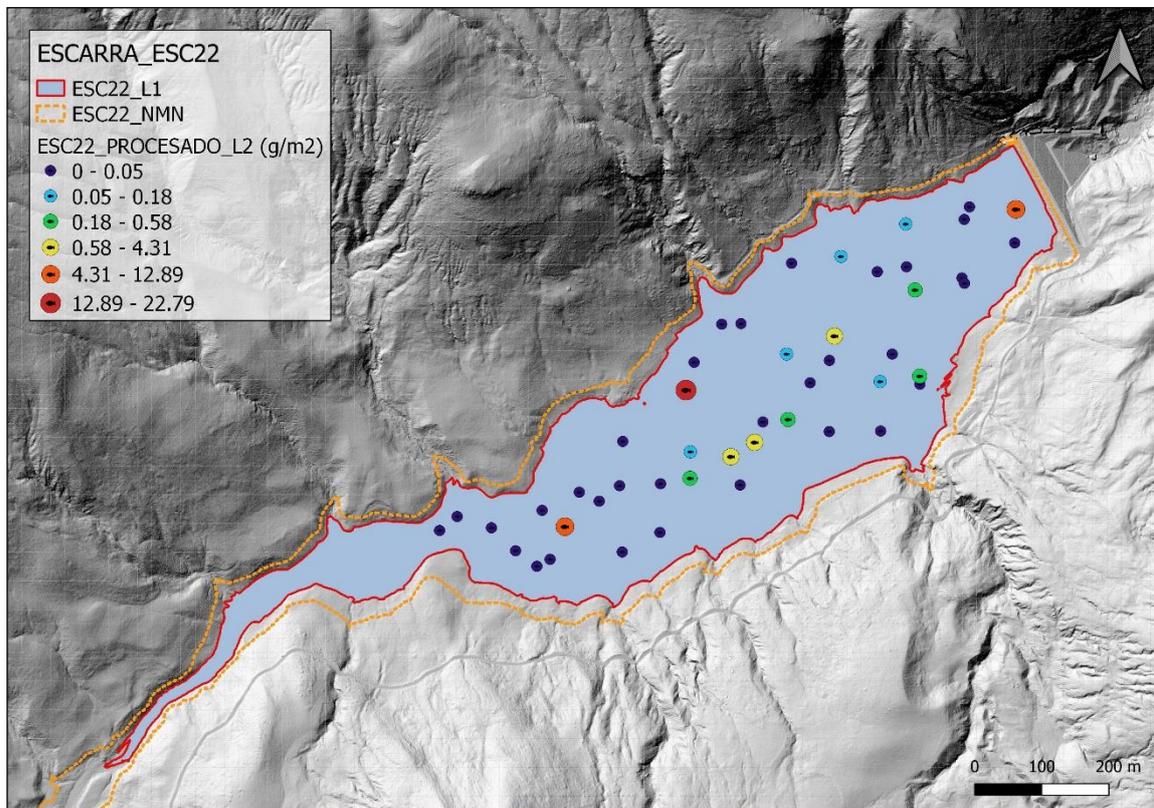
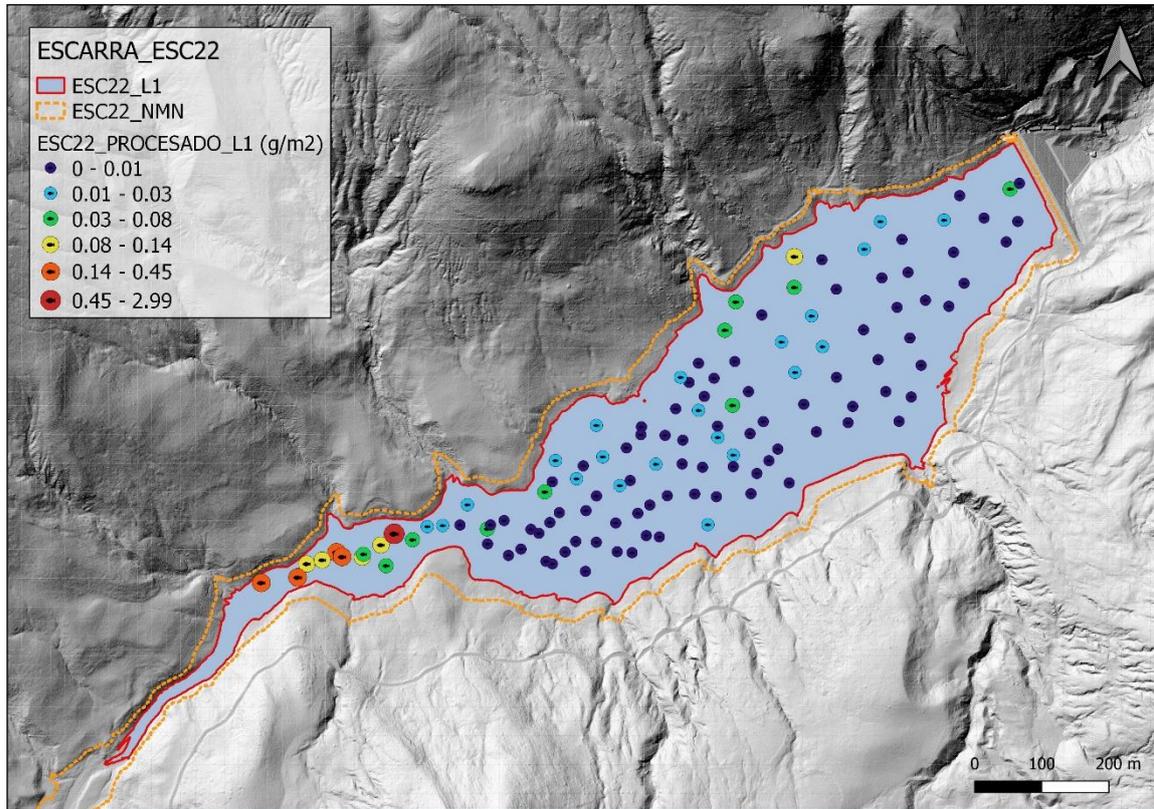
Tabla 11. Biomasa de peces por estratos ( $\text{g/m}^2$ ) estimada mediante acústica

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
ESC22	1	1	0,05	3	123	23	0,27
		2	1,25	23	48	28	3,98

La biomasa media del embalse se calcula sumando las biomásas de cada uno de los estratos y refiriéndolo a la superficie del embalse. De esta manera se obtiene una biomasa media de  $0,96 \pm 0,17 \text{ g/m}^2$ , o lo que es lo mismo  $9,6 \text{ kg/ha}$ . Se trata de un valor bajo de biomasa, incluso por debajo de lo que cabría esperar en un embalse poco productivo (ultraoligotrófico) como este.

En la Figura 20 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.

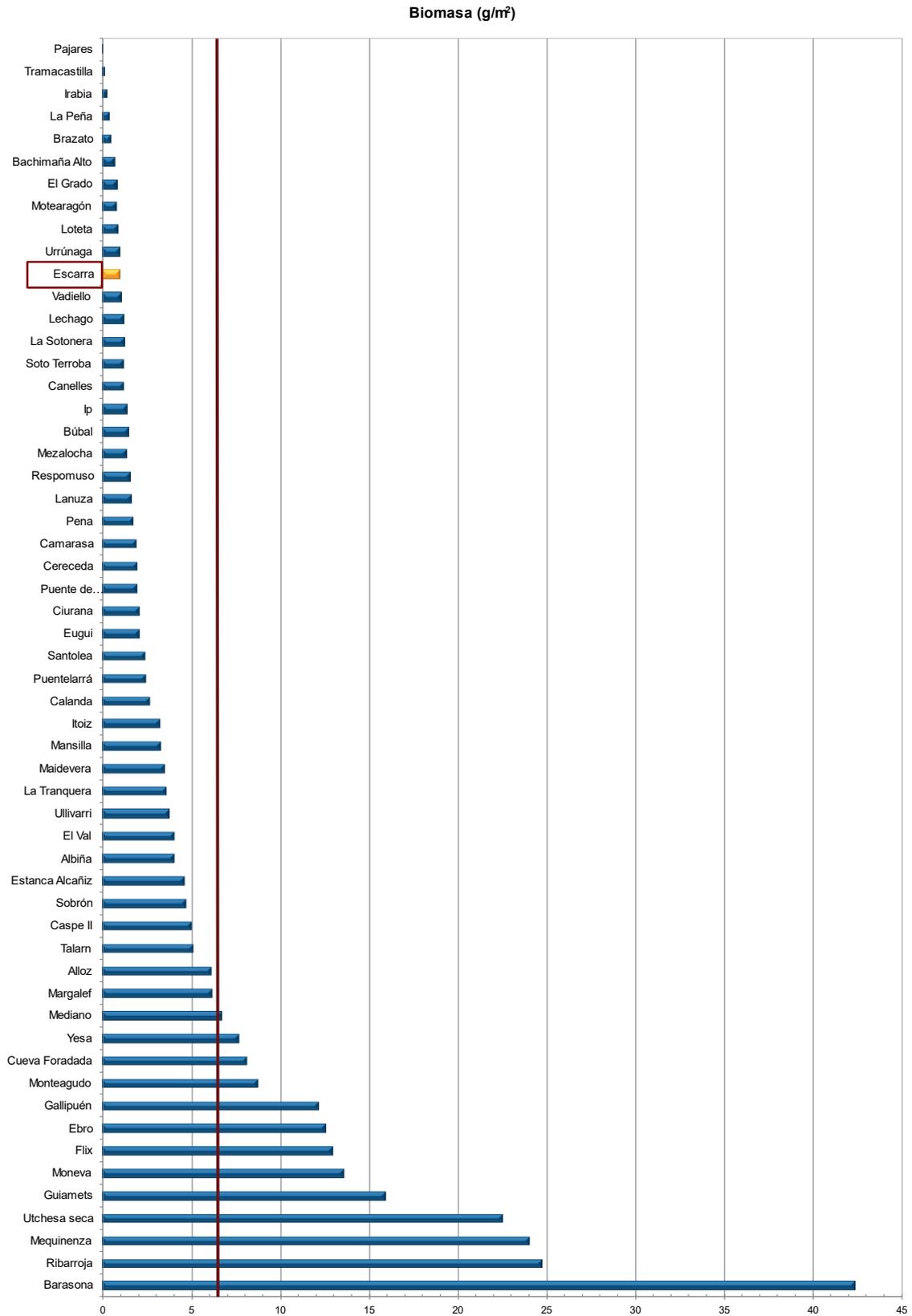
La distribución espacial es similar a la de la densidad, con valores más altos en la zona de cola en el estrato superficial y sin un patrón claro en el estrato profundo; obsérvese no obstante que los valores en este último estrato son muy superiores a los del superficial, lo que refleja que las truchas adultas, de mayor peso que el resto de las especies, se distribuyen con preferencia en esas aguas más frescas.



**Figura 20.** Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en los estratos superior (arriba) e inferior (abajo)

#### **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 Escarra, en comparación con otros embalses de la cuenca del Ebro cuyas poblaciones de peces se han evaluado con técnicas hidroacústicas 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 bajo en el contexto de los embalses estudiados en la cuenca del Ebro.



**Figura 21.** Comparación de la biomasa con otros embalses de la cuenca del Ebro

#### 4.4. DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES

Para ofrecer una estimación de las densidades y biomاسas por especies, se aplica la distribución de especies obtenidas mediante muestreo directo a las densidades y biomاسas 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 biomاسas ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) 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>Parachondrostoma miegii</i>	0,31	41%	814	0,20	21%	60
<i>Salmo trutta fario</i>	0,04	5%	100	0,70	73%	209
<i>Phoxinus phoxinus</i>	0,15	20%	390	0,01	1%	2
<i>Gobio lozanoi</i>	0,25	34%	669	0,05	5%	15
<b>Total</b>	<b>0,75</b>	<b>100%</b>	<b>1974</b>	<b>0,96</b>	<b>100%</b>	<b>286</b>
Intervalo de Confianza (I.C)	0,13	0%	349	0,17	0%	51

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  $1.974 \pm 349$  peces con una biomasa de  $286 \pm 51$  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

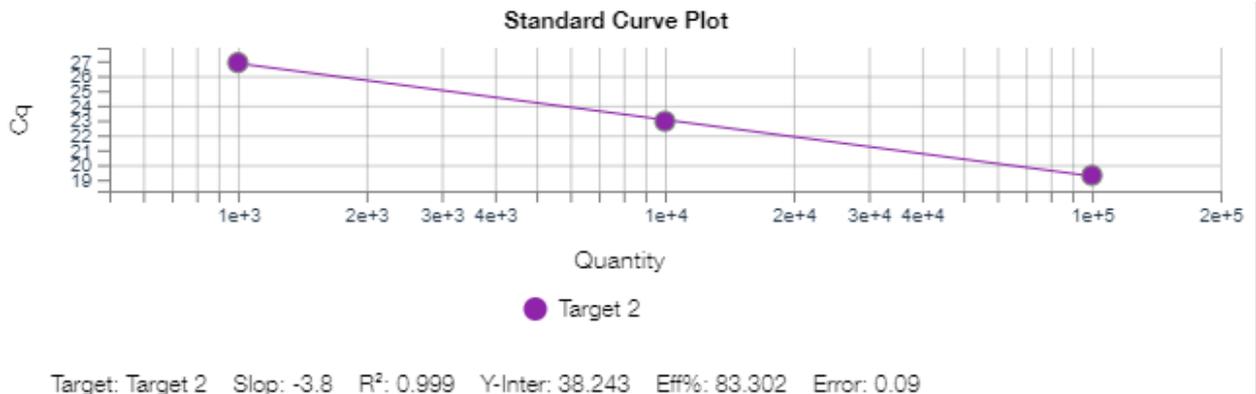
### 4.5.1. Muestras ambientales de agua

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 Escarra pasaron los controles de calidad, amplificando con éxito el cebador 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.

Se ha detectado ADN de trucha común en las muestras ambientales del embalse de Escarra. Se obtuvo una recta patrón con un alto grado de ajuste ( $R^2=0,999$ ).



**Figura 22.** Recta patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN detectada

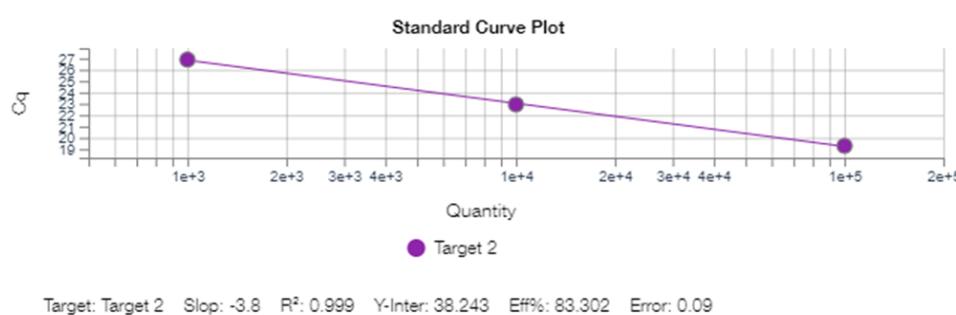
**Tabla 13.** Concentración de *Salmo trutta* en las muestras del embalse de Escarra.

Código	Concentración (ng/μL)
ESC_E1_S	1.709
ESC_E1_M	2.671
ESC_E1_F	4.398
ESC_PES_1_1	2.727
ESC_PES_1_2	4.590
ESC_PES_1_3	3.328
ESC_BEN_1_1	4.122
ESC_BEN_1_2	4.438
ESC_BEN_1_3	4.913

Se ha utilizado un método específico de alta resolución basado en la detección genética mediante ADN ambiental de moléculas de ADN de trucha en agua, con el cual se ha podido confirmar la presencia de trucha común en el embalse de Escarra y aportar información cuantitativa complementaria a la de las artes de pesca.

#### 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 Escarra. Se obtuvo una recta patrón con un alto grado de ajuste ( $R^2=0,999$ ).



**Figura 23.** 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 Escarra.

Los resultados obtenidos mediante el análisis de ADN ambiental se encuentran en concordancia con los resultados obtenidos en los muestreos directos, ya que en éstos no se capturó ningún ejemplar de esta especie. Esto implica que, con alta probabilidad, 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 reducida población 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.

Según esta metodología, la calidad del embalse según los peces sería "Óptima". En la Tabla 14 se presentan los resultados de las diferentes métricas, así como del QFBI, obtenidos para el embalse de Escarra:

**Tabla 14.** Resultados del QFBI obtenidos para el embalse de Escarra

Métrica	Embalse
	ESC22
LOG_BIO	4,09
LOG_BIO_native	4,09
LOG_%_BIO_PISC_Exotic	0,00
LOG_BIO_PISC_Exotic	0,00
LOG_BIO_ciprin_native	4,09
<b>QFBI</b>	-1,33
<b>Calidad</b>	<b>Óptimo</b>

Este resultado se explica por la combinación de valores moderados de biomasa total y la ausencia de especies alóctonas.

## 6. 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.

Todas las especies detectadas en los muestreos realizados en el embalse de Escarra son autóctonas: trucha común (*Salmo trutta*), madrilla (*Parachondostroma miegii*) y piscardo (*Phoxinus phoxinus*). En el caso de la anguila (*Anguilla anguilla*), la prospección mediante una técnica molecular de alta sensibilidad (eDNA) ha ofrecido resultados negativos.

Se concluye en consecuencia que en este embalse habitan cuatro (4) especies de peces, todas ellas autóctonas y que además consiguen reproducirse y completar su ciclo vital en la propia cuenca de drenaje del embalse.

En relación con los valores de densidad y biomasa por especies, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Tanto la densidad como la biomasa de peces es propia de sistemas oligotróficos, con valores muy bajos en relación a una escala compuesta por más de 50 casos estudiados en la DHE, en la que la densidad está en el percentil 11 y la biomasa en el P19. A pesar de ser un embalse de alta montaña y ultraoligotrófico, cabría esperar valores algo más altos si nos atenemos a sus características morfológicas, con alto desarrollo superficial o ratio superficie/volumen.
- Madrilla y gobio son las especies que dominan en densidad (41 y 34 %, respectivamente), mientras que la trucha común es dominante en biomasa, representando el 73% del total.

La prospección mediante una técnica molecular de alta sensibilidad (eDNA) ha resultado también en la detección y cuantificación de la concentración del ADN de la trucha común (*Salmo trutta fario*) en el agua.

La densidad media de peces, a partir de la interpolación de celdas de análisis de 50 m de longitud y de la inferencia estadística de la población de piscardos en zonas someras, es de  $0,75 \pm 0,13$  ind/dam<sup>3</sup>, que es un valor bajo. La biomasa de peces obtenida en el embalse es de

$0,96 \pm 0,17 /m^2$ , o lo que es lo mismo 9,6 kg/ha, que representa un valor bajo en los más de 50 embalses estudiados hasta el momento en la DHE.

El índice de calidad QFBI adquiere en el embalse de Escarra un valor “Óptimo”, pues la biomasa de peces no es excesiva y no existen especies alóctonas.

La población de trucha, caracterizada tanto mediante los muestreos directos como mediante el análisis del eDNA, presenta en el embalse individuos adultos (se han capturado ejemplares de tallas diversas entre 30 y 50 cm de longitud furcal), que encuentran hábitat de reproducción en el río aguas arriba del embalse. Esta especie es la única depredadora y estos individuos de tallas grandes se sostienen (entre otras presas) sobre las otras tres especies de peces que habitan el embalse, contribuyendo a moderar sus poblaciones, lo que a su vez contribuye al buen “potencial ecológico” de la masa de agua.

En este embalse se debería prestar especial atención a los efectos del manejo hidráulico sobre las poblaciones de trucha común, y se recomienda realizar un estudio y seguimiento de la dinámica de sus poblaciones en relación con el hábitat útil en el embalse y en el río aguas arriba, junto al establecimiento de volúmenes mínimos de embalse que incorporen criterios basados en la biomasa de peces y en el riesgo de mortandad inducida por el manejo hidráulico.

## 7. 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.

**Amplicón:** 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.

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

**Procercarioide:** 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.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

CEN EN 14.757:2006. *Water quality - Sampling of fish with multi-mesh gillnets.*

CEN EN 15910: 2014 *Water quality - Guidance on the estimation of fish abundance with mobile hydroacoustic methods.*

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.

## ANEXOS

---

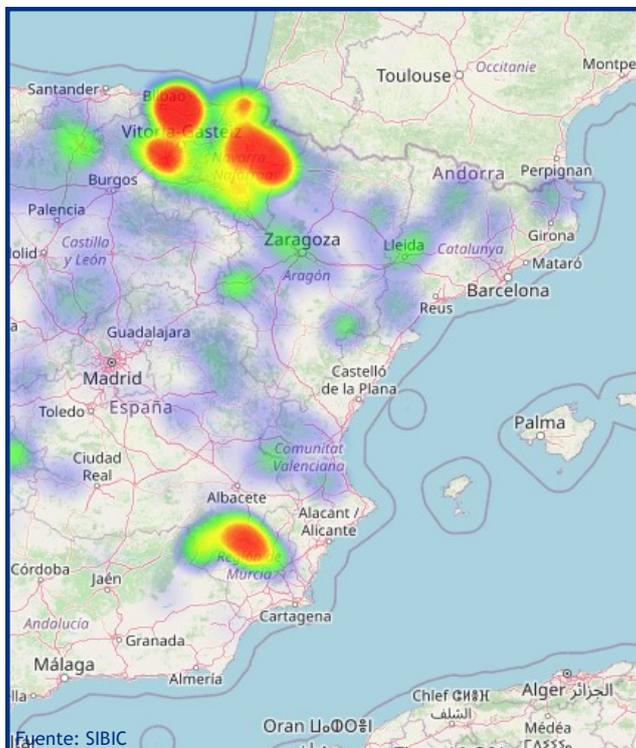
## **ANEXO 1. ESPECIES PRESENTES**

---

## Embalse de Escarra

Gobio

*Gobio lozanoi*



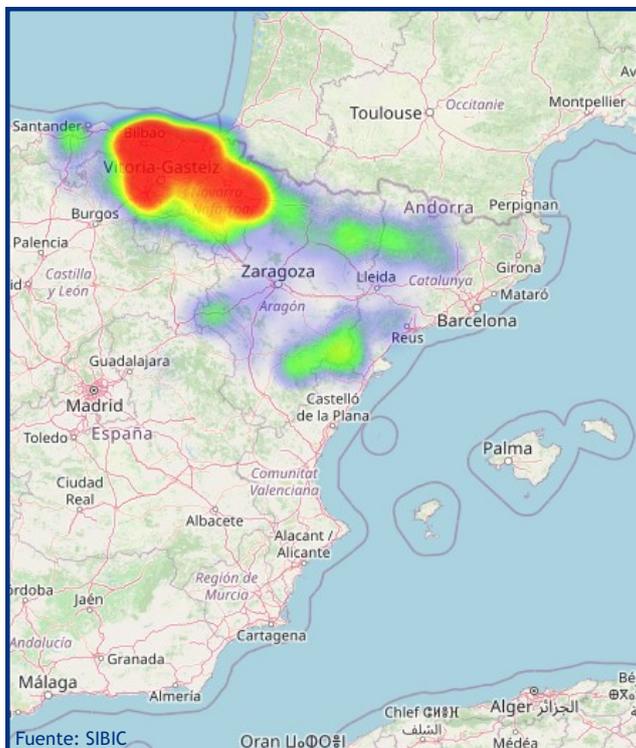
Ciprinido de pequeño tamaño, que raramente supera los 150 mm de longitud. La forma de su cuerpo refleja su condición de pez de fondo con una parte ventral más o menos plana, un dorso convexo y la boca infera, con una barbilla a cada lado. El color del dorso es oscuro y en los flancos aparece una línea de manchas redondeadas y azuladas sobre un fondo más claro. La aleta dorsal y aleta caudal, fuertemente escotada, están irregularmente punteadas. Los adultos pueden encontrarse en fondos más o menos blandos o cubiertos por sedimentos y también en ambientes más lenticos, siempre que haya lugares cercanos donde existan las condiciones necesarias para su reproducción. Se alimenta básicamente de macroinvertebrados bentónicos (larvas de insectos, crustáceos y moluscos). Existen dos poblaciones claramente diferenciadas: una presente en la cuenca del ebro y Bidasoa donde parece ser autóctona y otra ocupando la mayor parte de los rios españoles donde ha sido introducida artificialmente.



# Embalse de Escarra

Madrilla

*Parachondrostoma miegii*



La Loina o Madrilla es un ciprinido de tamaño medio que no suele sobrepasar los 300 mm de longitud total. Cuerpo alargado con la cabeza relativamente pequeña y boca situada en su parte inferior. El labio inferior es grueso y presenta una lámina córnea de forma arqueada, a diferencia de la boga del Duero, cuya lámina córnea es recta. Pedúnculo caudal largo y estrecho. Es una especie típicamente reófila que vive en aguas corrientes pero que pueden sobrevivir en aguas remansadas e incluso en embalses siempre que puedan salir río arriba en la época reproductiva. Su alimentación es detritívora y complementariamente bentófaga. Remontan los ríos hacia los tramos altos para realizar la freza. Esta tiene lugar entre los meses de abril y junio en aguas someras con fondos de piedra o grava. La madurez sexual se alcanza a los dos o tres años de edad. Las hembras ponen entre 600 y 15.000 huevos. Los machos pueden vivir hasta cinco años y las hembras hasta siete. Especie endémica de España, que se distribuye por los ríos de la vertiente cantábrica oriental: Urumea, Oria, Urola, Deba, Artibay, Oca, Butrón, Nervión, Agüera, Asón y Pas, y de la vertiente mediterránea: Llobregat, Ebro (incluido el Esera) y Cenia.



# Embalse de Escarra

Piscardo

*Phoxinus phoxinus*



El piscardo es un pez de pequeño tamaño que raramente alcanza los 140 mm de longitud total. La coloración es variable y suele presentar manchas oscuras que se disponen transversalmente. Durante la época de reproducción los machos, presentan tubérculos nupciales, y la base de las aletas, excepto la dorsal, se tiñen de rojo. Suelen vivir en los tramos altos de los ríos en aguas oxigenadas, con fondos pedregosos. Llega a formar grandes cardúmenes, que en la época de reproducción pueden estar compuestos sólo por ejemplares machos, desencadenándose la reproducción cuando en este cardumen se introducen las hembras. Son omnívoros aunque su dieta principal consiste en macroinvertebrados acuáticos.

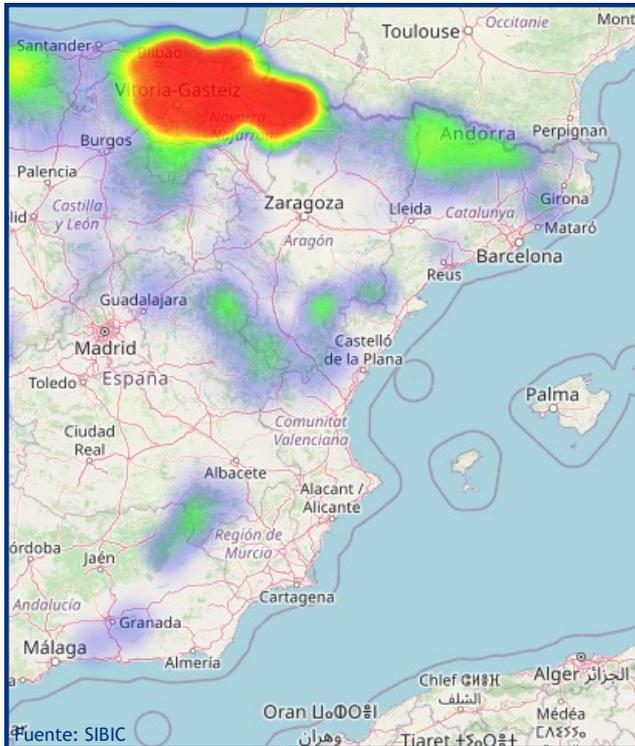
El piscardo posee dos poblaciones bien definidas una en la vertiente atlántica y otra en la mediterránea. En la vertiente atlántica no se sabe para la mayoría de los ríos, con certeza, si es una especie autóctona ya que ha sido ampliamente introducida para favorecer el número de presas disponibles para la trucha (*S. trutta*) y existen pocos registros antiguos sobre su presencia. En esta vertiente sus poblaciones son abundantes. En la vertiente mediterránea, sin embargo, las poblaciones son autóctonas ya que existen registros antiguos sobre su presencia, antes de que se favoreciera a la especie como alimento para las truchas, y en esta vertiente sus poblaciones se encuentran amenazadas.



# Embalse de Escarra

Trucha común

*Salmo trutta fario*



Pez de talla media que no suele superar los 100 cm de longitud total y 20 kg de peso, aunque en España raramente alcanza los 60 cm y 10 kg de peso. Su morfología y coloración son variables, la cabeza es grande, las escamas son muy pequeñas (110-125 en la línea lateral) y presenta normalmente, manchas negras y rojas oceladas, que no están presentes en la aleta caudal y que se extienden por el opérculo. En los embalses es habitual encontrar ejemplares totalmente plateados (forma lacustris). Vive normalmente en aguas rápidas y frías, aunque frecuentemente se encuentra adaptada a los embalses, donde no completa su ciclo, ya que sigue necesitando de los ríos para la reproducción. Su alimentación está basada fundamentalmente en invertebrados bentónicos, insectos y moluscos. Los adultos pueden consumir también peces y anfibios. Presenta un único periodo de freza que se sitúa entre los meses de noviembre y enero cuando la temperatura del agua oscila entre 5 y 10°C. La especie está amenazada por introgresión genética procedente de los ejemplares de repoblación, así mismo la pesca deportiva y la introducción de especies exóticas son otros factores que pueden amenazar la supervivencia de esta especie. Por otra parte la contaminación de los cauces por vertidos urbanos e industriales y la alteración de los cauces fluviales por obras hidráulicas son importantes impactos que afectan a las poblaciones de trucha.





## ANEXO 2. RESULTADOS DE LAS PESCAS

---

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Embalse de Escarra		CÓDIGO DE RED		ESC22_S1BEN1	
UTM-X	715781		UTM-Y		4735425	
TIPO DE RED	Bentónica (16x1.5) 40m		SISTEMA DE REFERENCIA		UTM ETRS89 H30	
INICIO	22-6-22 18:05		FIN		23-6-22 10:00	
PROFUNDIDAD	-2		PROFUNDIDAD DE LA RED		0	
RIQUEZA ESPECIES	4		ESFUERZO APLICADO		1,5	
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Piscardo	2	1,33	5%	5	3,33	0%
Trucha común	1	0,67	2%	950	633,33	55%
Gobio	30	20,00	68%	277	184,40	16%
Madrilla	11	7,33	25%	497	331,20	29%
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>29,33</b>	<b>100%</b>	<b>1728</b>	<b>1.152,27</b>	<b>100%</b>

**CPUE**

**BPUE**

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	180	79,0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	160	49,0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	150	45,8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	136	33,0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	178	65,0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	136	32,4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	150	48,0	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	80	7,0	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	87	8,0	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	82	7,8	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	85	7,8	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	87	9,2	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	85	8,6	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	100	14,0	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	84	9,2	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	90	10,4	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	90	9,8	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	84	9,0	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	80	9,2	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	70	6,4	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	87	8,6	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	86	9,6	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	87	10,4	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	90	10,8	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	82	9,0	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	90	9,0	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	81	8,0	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	83	9,4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	152	41,2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	130	28,2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	116	21,2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	173	54,0	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	100	16,0	1



RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	91	8,2	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	91	8,2	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	74	5,0	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	104	14,0	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	100	13,0	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	68	4,0	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	82	8,0	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	84	9,0	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	60	4,0	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	50	1,0	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	473	950,0	1

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Embalse de Escarra		CÓDIGO DE RED		ESC22_S1EPL1	
UTM-X	716290		UTM-Y		4735653	
TIPO DE RED	Epipelágica (16x6) 40		SISTEMA DE REFERENCIA		UTM ETRS89 H30	
INICIO	22-6-22 17:45		FIN		23-6-22 9:30	
PROFUNDIDAD	15		PROFUNDIDAD DE LA RED		0	
RIQUEZA ESPECIES	2		ESFUERZO APLICADO		7,0	
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Trucha común	8	1,14	13%	5450	778,57	81%
Madrilla	55	7,86	87%	1241	177,26	19%
<b>Total</b>	<b>63</b>	<b>9,00</b>	<b>100%</b>	<b>6691</b>	<b>955,83</b>	<b>100%</b>

### CPUE

■ Trucha común ■ Madrilla

### BPUE

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	411	794,0	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	330	378,0	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	395	488,0	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	374	515,0	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	495	1282,0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	125	18,4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	137	30,8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	147	36,0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	133	38,5	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	132	26,2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	130	25,4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	109	14,5	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	139	27,0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	140	35,6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	137	28,0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	147	38,2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	103	11,0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	105	17,0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	136	30,4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	144	38,6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	142	31,5	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	143	38,0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	127	28,2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	118	19,4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	134	26,6	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	418	816,0	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	360	547,0	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	393	630,0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	123	22,8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	127	24,0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	138	30,8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	126	19,8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	135	26,8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	108	14,2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	123	21,6	1



RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		126	25,0	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		80	4,8	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		111	15,4	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		119	20,0	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		112	17,0	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		134	27,8	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		113	15,8	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		127	25,4	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		106	15,0	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		106	13,8	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		130	27,4	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		128	25,0	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		107	15,8	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		123	22,4	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		129	24,1	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		130	24,2	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		105	14,6	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		119	19,0	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		116	18,4	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		118	19,4	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		115	17,4	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		123	20,8	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		113	15,4	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		130	25,4	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		104	9,8	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		99	10,2	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		105	12,8	1
Madrilla		<i>Parachondrostoma miegii</i>		109	19,4	1





### ANEXO 3. CELDAS DEL MUESTREO HIDROACÚSTICO

---



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD ( ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	1	716264,6695	4735461,137	0,04	0,01
1	2	716234,4212	4735494,539	0,01	0
1	3	716206,2889	4735535,21	0,05	0,01
1	4	716180,1829	4735577,646	0,24	0,05
1	5	716152,5834	4735618,334	0,04	0,01
1	6	716115,4329	4735612,091	0,04	0,01
1	7	716129,4546	4735570,122	0,1	0,02
1	8	716158,2575	4735529,471	0,07	0,02
1	9	716181,2602	4735485,66	0,05	0,01
1	10	716207,6735	4735444,935	0,04	0,01
1	11	716143,286	4735398,388	0,07	0,02
1	12	716123,7613	4735444,431	0,01	0
1	13	716104,9433	4735489,63	0,03	0,01
1	14	716079,6101	4735532,523	0,02	0
1	15	716044,3597	4735545,404	0,06	0,01
1	16	716022,0309	4735513,759	0,05	0,01
1	17	716027,612	4735464,744	0,04	0,01
1	18	716056,8684	4735427,92	0,04	0,01
1	19	716071,0593	4735380,02	0,02	0,01
1	20	716030,4647	4735356,273	0,01	0
1	21	716006,061	4735400,886	0,03	0,01
1	22	715977,3486	4735441,54	0,05	0,01
1	23	715957,6391	4735486,722	0,03	0,01
1	24	715911,3967	4735462,799	0,04	0,01
1	25	715921,8989	4735416,484	0,02	0,01
1	26	715946,4012	4735373,153	0,05	0,01
1	27	715960,8998	4735328,23	0,03	0,01
1	28	715911,5514	4735339,404	0,02	0
1	29	715891,4388	4735385,429	0,02	0,01
1	30	715879,5101	4735391,415	0,01	0
1	31	715846,0843	4735352,208	0,06	0,01
1	32	715814,5178	4735391,929	0,33	0,08
1	33	715784,8338	4735428,318	0,1	0,02
1	34	715748,0214	4735397,054	0,13	0,03
1	35	715703,1144	4735375,72	0,26	0,06
1	36	715655,9583	4735367,889	0,42	0,1
1	37	715628,0225	4735349,631	0,62	0,14
1	38	715589,686	4735356,915	1,93	0,45
1	39	715545,2897	4735339,411	0,57	0,13
1	40	715477,6517	4735311,011	1,26	0,29
1	41	715531,7335	4735319,057	1,34	0,31
1	42	715568,4031	4735345,224	0,49	0,11
1	43	715598,1049	4735349,964	1,27	0,29
1	44	715629,8873	4735353,935	0,24	0,06
1	45	715663,6743	4735336,749	0,23	0,05
1	46	715675,756	4735384,625	12,93	2,99
1	47	715725,1687	4735395,495	0,13	0,03
1	48	715773,7982	4735397,86	0,02	0,01



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD ( ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	49	715814,9249	4735369,465	0,04	0,01
1	50	715819,293	4735398,014	0,02	0
1	51	715839,5801	4735404,584	0,03	0,01
1	52	715864,7318	4735361,695	0,04	0,01
1	53	715901,9806	4735343,351	0,01	0
1	54	715930,5232	4735357,383	0,02	0,01
1	55	715907,8361	4735401,627	0,05	0,01
1	56	715900,3594	4735447,614	0,3	0,07
1	57	715916,2478	4735494,754	0,09	0,02
1	58	715947,6841	4735467,324	0,07	0,02
1	59	715961,6856	4735419,429	0,01	0
1	60	715977,0986	4735371,99	0,01	0
1	61	716008,2067	4735357,7	0,02	0,01
1	62	716051,645	4735381,958	0,03	0,01
1	63	716039,0021	4735415,478	0,02	0,01
1	64	716012,1701	4735457,047	0,08	0,02
1	65	715986,8	4735500,351	0,15	0,03
1	66	715977,0974	4735547,547	0,11	0,03
1	67	716043,4703	4735533,505	0,01	0
1	68	716065,9284	4735489,265	0,14	0,03
1	69	716082,9465	4735441,876	0,02	0
1	70	716156,1638	4735440,354	0,03	0,01
1	71	716135,4648	4735484,649	0,01	0
1	72	716106,0395	4735525,291	0,02	0
1	73	716095,4524	4735572,448	0,06	0,01
1	74	716102,6407	4735619,75	0,08	0,02
1	75	716129,3928	4735640,941	0,03	0,01
1	76	716138,0791	4735591,168	0,06	0,01
1	77	716157,8743	4735546,423	0,01	0
1	78	716181,3058	4735503,047	0,08	0,02
1	79	716216,4401	4735475,312	0,03	0,01
1	80	716247,6587	4735511,917	0,06	0,01
1	81	716226,0616	4735553,215	0,03	0,01
1	82	716203,9114	4735598,32	0,02	0
1	83	716183,5376	4735643,481	0,02	0
1	84	716168,7919	4735690,507	0,23	0,05
1	85	716184,9626	4735732,999	0,29	0,07
1	86	716223,7399	4735713,438	0,04	0,01
1	87	716253,0998	4735672,794	0,08	0,02
1	88	716273,3071	4735627,206	0,13	0,03
1	89	716286,386	4735579,271	0,03	0,01
1	90	716305,2248	4735537,887	0,02	0
1	91	716352,4226	4735551,66	0,03	0,01
1	92	716359,3602	4735576,055	0,06	0,01
1	93	716335,1373	4735619,816	0,03	0,01
1	94	716314,4088	4735665,81	0,07	0,02
1	95	716297,9452	4735711,938	0,1	0,02
1	96	716272,2352	4735754,808	0,17	0,04



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD ( ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	97	716272,5074	4735801,049	0,39	0,09
1	98	716313,3743	4735796,382	0,05	0,01
1	99	716334,9168	4735752,114	0,05	0,01
1	100	716375,5359	4735691,047	0,01	0
1	101	716397,2561	4735646,363	0,05	0,01
1	102	716408,6005	4735598,374	0,03	0,01
1	103	716428,4469	4735553,62	0,02	0
1	104	716446,6032	4735590,239	0,03	0,01
1	105	716461,3037	4735637,765	0	0
1	106	716444,6056	4735678,794	0,02	0
1	107	716425,4235	4735724,837	0,06	0,01
1	108	716402,8486	4735769,083	0,04	0,01
1	109	716376,6011	4735812,358	0,1	0,02
1	110	716400,6434	4735853,819	0,07	0,02
1	111	716432,7298	4735826,845	0,04	0,01
1	112	716441,7648	4735777,517	0,04	0,01
1	113	716467,785	4735735,502	0,04	0,01
1	114	716502,6215	4735726,412	0,03	0,01
1	115	716525,4026	4735761,053	0,02	0
1	116	716509,7102	4735807,627	0,04	0,01
1	117	716495,6427	4735855,953	0,09	0,02
1	118	716518,8234	4735892,729	0,05	0,01
1	119	716555,1255	4735859,096	0,04	0,01
1	120	716588,294	4735823,242	0,05	0,01
1	121	716605,4318	4735853,882	0,03	0,01
1	122	716594,207	4735902,719	0,2	0,05
1	123	716607,9511	4735911,21	0,06	0,01
2	1	716600,9108	4735825,883	0	0
2	2	716525,6163	4735861,094	0,59	0,01
2	3	716522,229	4735773,159	0	0
2	4	716438,4247	4735854,27	2,14	0,17
2	5	716452,2827	4735755,114	1,56	0,32
2	6	716459,4088	4735613,528	0	0
2	7	716418,2671	4735658,816	0	0
2	8	716341,8474	4735805,489	2,07	0,13
2	9	716332,1189	4735685,818	2,64	4,31
2	10	716400,9897	4735543,177	0	0
2	11	716295,8795	4735615,718	1,04	0
2	12	716192,7272	4735704,563	1,15	0
2	13	716262,9192	4735560,45	2,19	0,58
2	14	716213,1509	4735526,188	3,3	3,61
2	15	716110,7578	4735604,653	3,37	22,79
2	16	716191,4935	4735462,125	-5,5E-37	0,01
2	17	716116,913	4735472,13	2,36	0,52
2	18	716016,5259	4735527,604	0	0
2	19	716071,9415	4735390,842	0	0
2	20	715981,3887	4735437,853	0	0
2	21	715930,3449	4735399,507	3,7	10,17



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD ( ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
2	22	715908,1406	4735350,48	0	0
2	23	715856,7087	4735363,312	0	0
2	24	715769,6147	4735414,792	0	0
2	29	715743,4046	4735393,764	0	0
2	30	715820,7178	4735397,781	0	0
2	31	715888,4003	4735340,047	0	0
2	32	715896,2632	4735424,009	0	0
2	33	715951,6602	4735451,275	0	0
2	34	716015,7329	4735361,493	0	0
2	35	716011,6849	4735461,033	1,56	0
2	36	716072,873	4735463,982	2,48	0
2	37	716117,2941	4735512,048	1,14	0,18
2	38	716122,8544	4735646,439	2,26	0,02
2	39	716177,7246	4735504,636	8,33	3,61
2	40	716225,4408	4735556,82	0	0
2	41	716164,045	4735703,687	5,47	0,05
2	42	716260,804	4735658,851	2,07	0,08
2	43	716324,379	4735542,411	1,2	0
2	44	716324,5954	4735649,266	1,43	0,02
2	45	716268,2388	4735795,29	0	0
2	46	716400,2077	4735617,542	1,87	0,1
2	47	716459,1668	4735625,693	0	0,37
2	48	716395,9808	4735782,474	0,46	0
2	49	716439,5656	4735789,909	0	0
2	50	716525,9886	4735765,095	1,32	0
2	51	716533,4213	4735880,003	0	0
2	52	716602,7707	4735876,287	4,66	12,89



## 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 y Anguilla anguilla</i>	
<b>Procedencia:</b>	Escarra	
<b>Código de proyecto:</b>	EC20012	

### Recepción de muestras en el laboratorio

Fecha:	28/06/2022
Técnico:	Susana Deus Álvarez
Nº Muestras:	9
Estado de las muestras:	Frías
Almacenaje:	Congelación

Código de muestra	Chequeo
ESC_E1S	<input checked="" type="checkbox"/>
ESC_E1M	<input checked="" type="checkbox"/>
ESC_E1F	<input checked="" type="checkbox"/>
ESC_PES_1_1	<input checked="" type="checkbox"/>
ESC_PES_1_2	<input checked="" type="checkbox"/>
ESC_PES_1_3	<input checked="" type="checkbox"/>
ESC_BEN_1_1	<input checked="" type="checkbox"/>
ESC_BEN_1_2	<input checked="" type="checkbox"/>
ESC_BEN_1_3	<input checked="" type="checkbox"/>



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

### Filtración de muestras de agua

Técnico: Susana Deus Álvarez

Almacenaje: Congelación

Incidencias: No

Muestras filtradas			
Código	Volumen (L)	Nº filtros	Fecha
ESC_E1_S	1	2	30/06/2022
ESC_E1_M	1	2	30/06/2022
ESC_E1_F	1	2	30/06/2022
ESC_PES_1_1	1	2	30/06/2022
ESC_PES_1_2	1	2	30/06/2022
ESC_PES_1_3	1	2	30/06/2022
ESC_BEN_1_1	1	2	30/06/2022
ESC_BEN_1_2	1	2	30/06/2022
ESC_BEN_1_3	1	2	30/06/2022

### Extracción de ADN

Fecha: 08/07/2022

Técnico: Susana Deus Álvarez

Método de extracción: Kit Qiagen

Número de muestras: 9

Incidencias: No

Muestras extraídas		
Código	Volumen (mL)	Quality Check
ESC_E1_S	100	<input checked="" type="checkbox"/>
ESC_E1_M	100	<input checked="" type="checkbox"/>
ESC_E1_F	100	<input checked="" type="checkbox"/>
ESC_PES_1_1	100	<input checked="" type="checkbox"/>
ESC_PES_1_2	100	<input checked="" type="checkbox"/>
ESC_PES_1_3	100	<input checked="" type="checkbox"/>
ESC_BEN_1_1	100	<input checked="" type="checkbox"/>
ESC_BEN_1_2	100	<input checked="" type="checkbox"/>
ESC_BEN_1_3	100	<input checked="" type="checkbox"/>



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

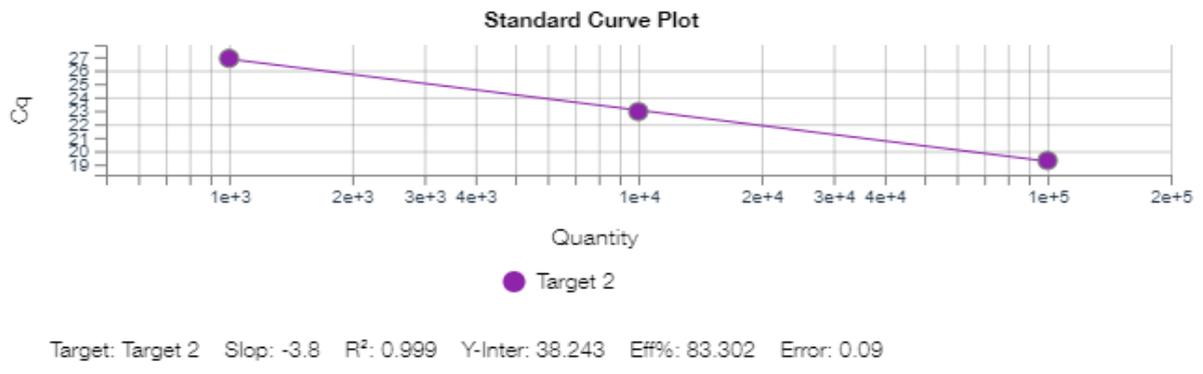
### Detección por PCR

Técnico: Susana Deus Álvarez

Incidencias: No

### Salmo trutta

	qPCR		
Máquina PCR:	Quantum studio 3		
R2:	0.999		
Recta - Pendiente:	-3,800		
Recta - Intercepto	38,243		
Conservación:	congelación		



Resultados		
Código	Detección	Concentración (ng/μL)
ESC_E1_S	+	1709
ESC_E1_M	+	2671
ESC_E1_F	+	4398
ESC_PES_1_1	+	2727
ESC_PES_1_2	+	4590
ESC_PES_1_3	+	3328
ESC_BEN_1_1	+	4122
ESC_BEN_1_2	+	4438
ESC_BEN_1_3	+	4913
Control negativo PCR	-	



<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>	Escarra	
<b>Código de proyecto:</b>	EC20012	

### Conclusión

Se ha detectado la presencia de *Salmo trutta* en todas las muestras

### Anguilla anguilla

	qPCR		
Máquina PCR:	Quantum studio 3		
Conservación:	congelación		

Resultados			
Código	Detección		
ESC_E1_S	-		
ESC_E1_M	-		
ESC_E1_F	-		
ESC_PES_1_1	-		
ESC_PES_1_2	-		
ESC_PES_1_3	-		
ESC_BEN_1_1	-		
ESC_BEN_1_2	-		
ESC_BEN_1_3	-		

### Conclusión

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