



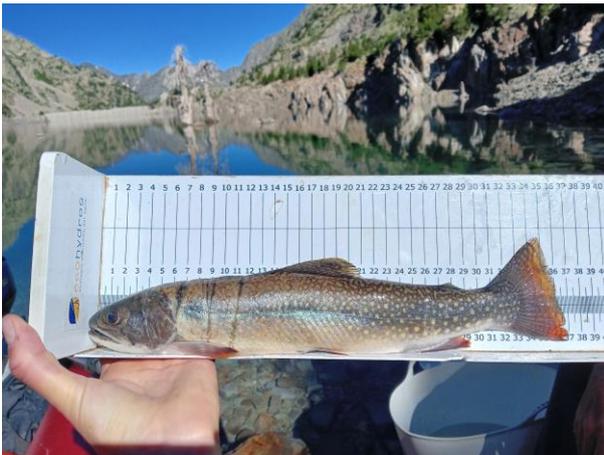
GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

2022

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



ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



SONDEO HIDROACÚSTICO EN EMBALSE DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO: EMBALSE DE RESPOMUSO

PROMOTOR:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



SERVICIO:

ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS

DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

María José Rodríguez Pérez

EMPRESA CONSULTORA:

ECOHYDROS S.L.



EQUIPO DE TRABAJO:

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

PRESUPUESTO DE LA ADJUDICACIÓN:

114.425,25 Euros

CONTENIDO:

MEMORIA/ANEJOS/CARTOGRAFÍA/CD

AÑO DE EJECUCIÓN:

2022

FECHA ENTREGA:

NOVIEMBRE 2022



REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

Superior izquierda: Embarcación y equipo de hidroacústica en el Embalse de Respomuso

Superior derecha: Panorámica aérea de Embalse de Respomuso

Inferior izquierda: Ejemplar de trucha de arroyo (*Salvelinus fontinalis*)

Inferior derecha: Equipos de electropesca en orilla

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2022) Sondeo hidroacústico en embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro: Embalse de Respomuso 61 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 RESPOMUSO. AÑO 2022

El objeto de este informe es la evaluación de la abundancia y biomasa de la biocenosis de peces del Embalse de Respomuso. Para ello, en junio 2022 se realizó un muestreo cuantitativo de los peces en dicho embalse mediante una combinación de técnicas: Muestreo directo mediante redes agalleras científicas (CEN-EN 14.757/2006) y pesca eléctrica desde embarcación, y sondeo indirecto mediante técnicas hidroacústicas de calidad científica.

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

*Los resultados establecen que la asociación está claramente dominada en densidad por el piscardo (*Phoxinus phoxinus*), que representa el 73,5%. En lo que respecta a la biomasa de peces, la trucha común (*Salmo trutta fario*) domina la asociación con un 68,8 %, seguida por la trucha de arroyo (*Salvelinus fontinalis*) (24,2%) y en último extremo el piscardo (*Phoxinus phoxinus*) (7%).*

La densidad estimada fue de $0,09 \pm 0,01$ ind/dam³ y la biomasa de $1,51 \pm 0,18$ g/m², que pueden considerarse valores muy bajos de densidad y bajos de biomasa.

Los análisis realizados mediante la técnica de mayor sensibilidad conocida (eDNA), corroboran las capturas de los muestreos: presencia de trucha común y ausencia de anguila europea.

Se ha generado además una batimetría del embalse que aporta nueva información sobre su morfología.



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

This report refers to the assessment of the abundance and biomass of the fish biocenosis of the Respomuso 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 boat electrofishing; and indirect sounding using hydroacoustic techniques.

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

*The results determined that the association is clearly dominated in density by the Adour minnow (*Phoxinus phoxinus*), which represents 73,5%. In terms of biomass, the brown trout (*Salmo trutta fario*) dominates the association with 68,8%, followed by the brook trout (*Salvelinus fontinalis*) (24,3%) and the minnow (7%).*

The estimated density was 0.09 ± 0.01 ind/dam³ and the biomass was 1.51 ± 0.18 g/m², which can be considered very low density and low biomass values.

The analyses carried out using the most sensitive technique known (eDNA), corroborate the catches of the samplings: presence of brown trout and absence of European eel.

A bathymetry of the reservoir has also been generated, providing new information on its morphology.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

**SONDEO HIDROACÚSTICO EN EMBALSE DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO:
EMBALSE DE RESPOMUSO.....2**

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....11

1.1. *PRESTACIONES DE LAS TÉCNICAS APLICADAS* 12

1.2. *INTERÉS DEL ESTUDIO CUANTITATIVO DE LA FAUNA ÍCTICA EN MASAS DE AGUA NO VADEABLES*..... 13

2. ÁMBITO DE ESTUDIO.....14

2.1. *SITUACIÓN*..... 14

2.2. *CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA* 15

2.3. *RÉGIMEN HIDROLÓGICO* 17

2.4. *CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EMBALSE. PERFILES VERTICALES* 18

2.5. *POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO* 19

3. METODOLOGÍA.....20

3.1. *DISEÑO DEL MUESTREO*..... 21

3.2. *MUESTREOS REMOTOS: HIDROACÚSTICA* 21

3.2.1. *Prospección hidroacústica*..... 21

3.2.2. *Procesado de datos acústicos*..... 23

3.3. *MUESTREOS DIRECTOS DE PESCA*..... 24

3.3.1. *Redes agalleras multipaño* 24

3.3.2. *Pesca eléctrica desde embarcación*..... 25

3.4. *INTERPOLACIÓN ESPACIAL Y ESTIMACIONES GLOBALES* 26

3.5. *EVALUACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE BIÓTICO QFBI*..... 27

3.6. *DETECCIÓN DE TRUCHA COMÚN Y ANGIULA EUROPEA MEDIANTE ADN AMBIENTAL*..... 29

3.6.1. *Muestreo de ADN ambiental (eDNA)* 29

3.6.2. *Obtención de ADN ambiental de trucha común y de anguila en muestras de agua* 30

3.6.3. *Detección específica de trucha común*..... 30

3.6.4. *Detección específica de anguila europea*..... 31

3.6.5. *Estimaciones de biomasa*..... 31



4. RESULTADOS	32
4.1. <i>BATIMETRÍA</i>	32
4.2. <i>SONDEO HIDROACÚSTICO: DENSIDADES</i>	36
4.2.1. <i>Distribución y estimación de la densidad de peces</i>	37
4.2.2. <i>Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro</i>	40
4.3. <i>MUESTREOS DIRECTOS: COMPOSICIÓN Y BIOMASA ESPECÍFICA</i>	41
4.3.1. <i>Especies presentes en el embalse</i>	42
4.3.2. <i>Composición y distribución de especies</i>	42
4.4. <i>BIOMASA</i>	47
4.4.1. <i>Distribución y estimación de la biomasa de peces</i>	47
4.4.2. <i>Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro</i>	49
4.5. <i>DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES</i>	51
4.6. <i>MUESTREOS INDIRECTOS: ADN AMBIENTAL</i>	52
4.6.1. <i>Muestras ambientales de agua</i>	52
4.6.2. <i>Detección de trucha común mediante qPCR y estimaciones de biomasa</i>	52
4.6.3. <i>Detección de anguila europea mediante qPCR y estimaciones de biomasa</i>	53
5. VALORACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE QFBI	54
6. CONCLUSIONES	56
7. GLOSARIO Y ACRÓNIMOS	58
8. BIBLIOGRAFÍA	60

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 Respomuso	16
Tabla 2. Descripción de las redes de muestreo empleadas.	24
Tabla 3. Métricas y coeficientes para el cálculo del QFBI	28
Tabla 4. Valores de corte del QFBI empleados para la clasificación del potencial ecológico	28
Tabla 5. Valores de diferentes índices morfométricos en el Embalse de Respomuso a partir del nuevo MDT	33
Tabla 6. Densidad de peces (ind/dam ³) por estratos, estimada mediante acústica	37
Tabla 7. Especies presentes en el embalse	42
Tabla 8. Ejemplos de las redes utilizadas durante los muestreos directos en el Embalse de Respomuso	43
Tabla 9. Resultados de las pescas con red por especies	43
Tabla 10. Recorridos de pesca eléctrica realizados durante los muestreos directos del Embalse de Respomuso.....	45
Tabla 11. Resultados de la pesca eléctrica por especies.....	45
Tabla 12. Biomasa de peces por estratos (g/m ²) estimada mediante acústica.....	47
Tabla 13. Densidades (ind/dam ³) y biomásas (g/m ²) por especie	51
Tabla 14. Concentración de <i>Salmo trutta</i> detectada en el embalse de Respomuso.....	52
Tabla 15. Resultados del QFBI obtenidos para el Embalse de Respomuso.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Técnico realizando toma de parámetros fisicoquímicos en el Embalse de Respomuso.....	13
Figura 2. Situación del Embalse de Respomuso.....	14
Figura 3. Perfil a través de la presa del Embalse de Respomuso sobre modelo digital del terreno /Fuente: Elaboración propia a partir de datos originales.....	16
Figura 4. Evolución del volumen embalsado en el Embalse de Respomuso durante el ciclo hidrológico 2021/22 (elaboración propia).....	17
Figura 5. Perfiles físico-químicos del Embalse de Respomuso (RSP22_S1PRO1)	18
Figura 6. Esquema del método de censado de poblaciones ícticas en un embalse	20



Figura 7. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico	22
Figura 8. Recuperación de red bentónica en Embalse de Respomuso	25
Figura 9. Equipo de electropesca desde orilla en la cola del Embalse de Respomuso.....	26
Figura 10. Ejemplo de ajuste de curva al semivariograma para el interpolado espacial	27
Figura 11. Ubicación de las estaciones de muestreo directo en el Embalse de Respomuso	29
Figura 12. Curva hipsométrica obtenida con el nuevo MDT del Embalse de Respomuso.....	32
Figura 13. Representación del Embalse de Respomuso sobre mapa cartográfico. Fuente: Elaboración propia.....	34
Figura 14. Batimetría del Embalse de Respomuso.....	35
Figura 15. Representación en 3D de la batimetría del Embalse de Respomuso sobre mapa cartográfico. Fuente: Elaboración propia	35
Figura 16. Recorridos del sondeo hidroacústico en el Embalse de Respomuso.....	36
Figura 17. Ejemplo de un ecograma obtenido con el haz vertical en el Embalse de Respomuso.	37
Figura 18. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato superior (UOW).	38
Figura 19. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato medio (MOW).	39
Figura 20. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato profundo (LOW).....	39
Figura 21. Comparación de la densidad con otros embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro ...	40
Figura 22. Fotografías de las labores de muestreo en el Embalse de Respomuso	41
Figura 23. Composición de la asociación obtenida mediante redes	43
Figura 24. Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm.....	44
Figura 25. Composición de la muestra obtenida mediante pesca eléctrica	46
Figura 26 . Ejemplares de las especies capturadas en el Embalse de Respomuso	46
Figura 27. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato superior (UOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud.....	48
Figura 28. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato superior (UOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud.....	48



Figura 29. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato profundo (LOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud.	49
Figura 30. Comparación de la biomasa con otros embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro	50
Figura 31. Recta patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN.	52
Figura 32. Recta patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN.	53



1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El presente documento constituye el informe final de los trabajos realizados en el Embalse de Respomuso (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 fario*) y la anguila (*Anguilla anguilla*), dos especies autóctonas en declive debido a la presencia de presas u obstáculos en los ríos que suponen una barrera para su desplazamiento natural, ya sea por movimientos migratorios reproductivos o alimentarios.

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

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

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



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

1.1. PRESTACIONES DE LAS TÉCNICAS APLICADAS

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

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

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

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

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

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

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

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



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

Figura 1. Técnico realizando toma de parámetros físicoquímicos en el Embalse de Respomuso.

2. ÁMBITO DE ESTUDIO

2.1. SITUACIÓN

El Embalse de Respomuso (MAS 1033) se localiza en el término municipal de Sallent de Gállego, en la provincia de Huesca, regulando el caudal del río Aguas Limpias. Se considera a esta zona como el nacimiento del río Aguas Limpias, afluente del Gállego.

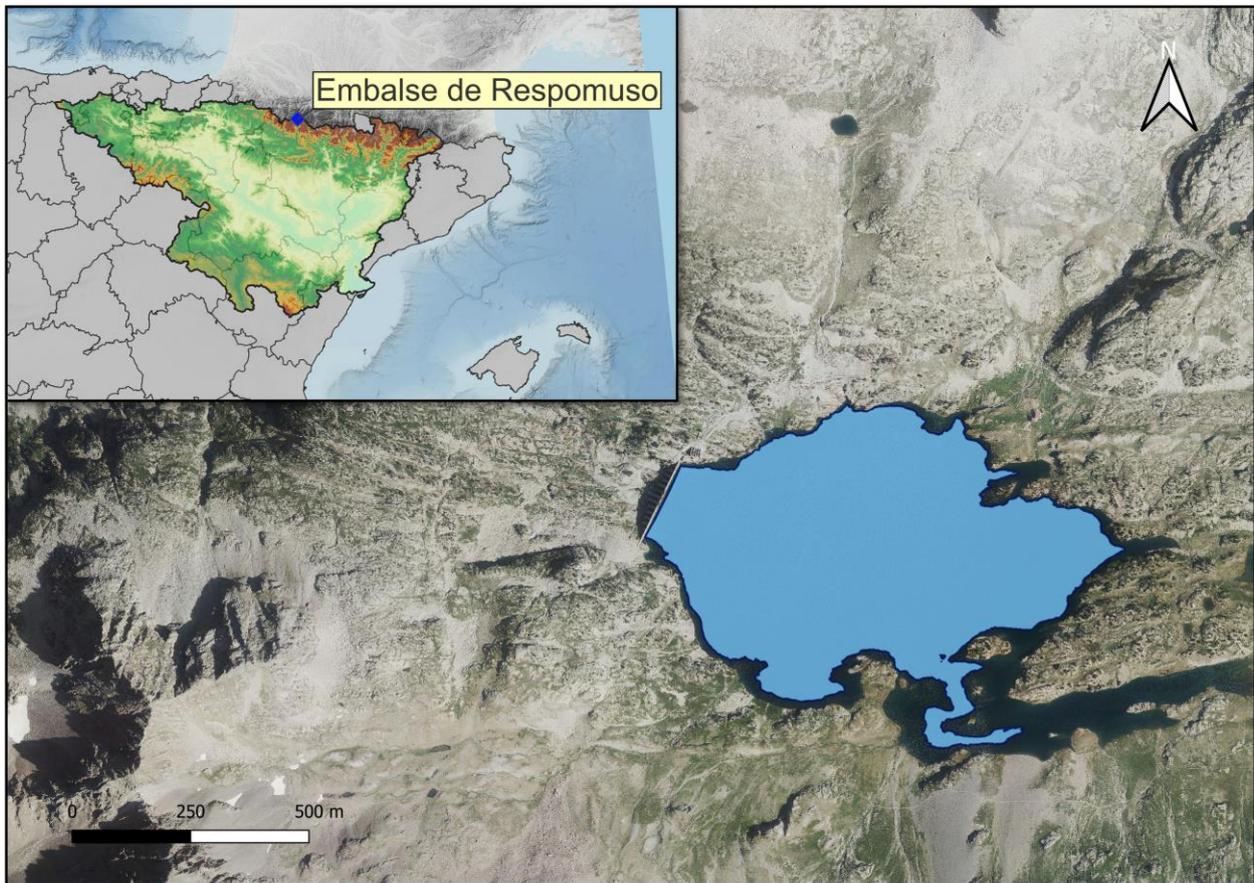


Figura 2. Situación del Embalse de Respomuso

Fue construido principalmente con el propósito de regular el caudal de agua para la generación de energía hidroeléctrica. También es utilizado para abastecer de agua potable a los municipios cercanos y para actividades recreativas como la pesca y el senderismo.



2.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

Según el inventario nacional de presas y embalses, el Embalse de Respomuso tiene una capacidad máxima útil de 17,87 hm³ y ocupa en su nivel máximo normal (NMN) una superficie de 55,2 ha, lo que supone una profundidad media de 32,3 m y máxima de 78,2 m.

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

A partir de los datos batimétricos del sondeo y de los datos del vuelo LiDAR del IGN, se ha generado un modelo digital de elevaciones. El embalse presentó durante el muestreo (25-27 de junio de 2022) una profundidad media de 29,6 m y máxima de 65,5 m; la cota durante esas fechas estaba en el entorno de 2096,13 msnm, que según la hipsometría generada corresponde a un volumen de 11,535 hm³.

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 multispectrales (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.

Tras realizar el estudio morfológico, se han evidenciado diferencias significativas en las cotas de nivel máximo normal del Embalse de Respomuso que aparecen en la ficha técnica y las cotas reales sacadas a partir de la integración de los vuelos de ortofotografía aérea con la tecnología LiDAR y los datos batimétricos sacados de nuestros sondeos acústicos. Según la ficha técnica del embalse, la cota de coronación de la presa se sitúa a 2.123 m y la cota del NMN a 2.121 m; al realizar la comprobación, se aprecia que la cota de coronación de la presa realmente corresponde a 2108,5 metros, por lo que la cota del NMN sería 2106,5 metros sobre el nivel del mar. El desfase observado en altitud es de 14,5 m.

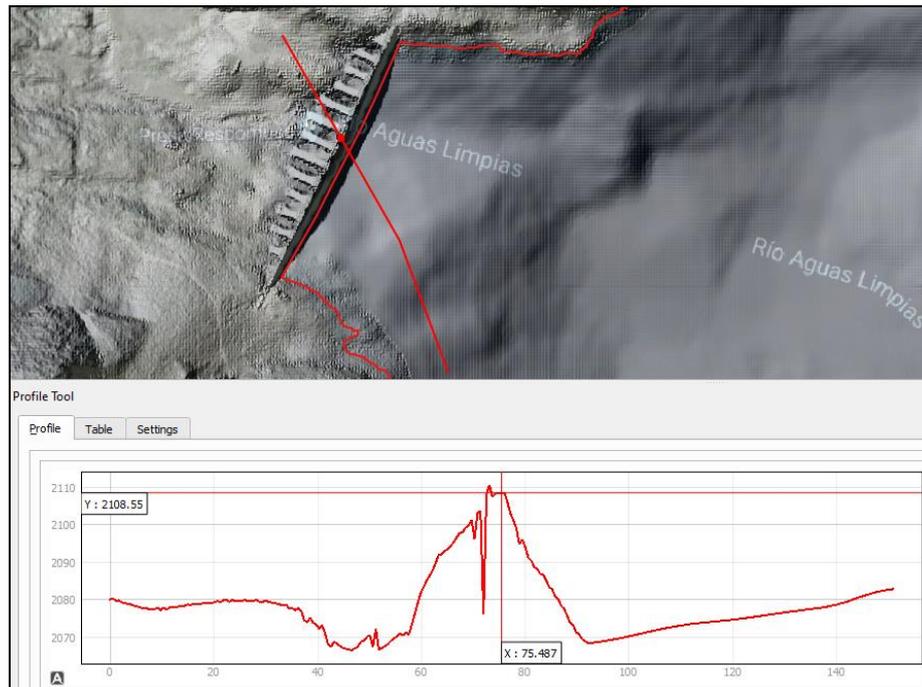


Figura 3. Perfil a través de la presa del Embalse de Resposuso sobre modelo digital del terreno /Fuente: Elaboración propia a partir de datos originales.

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

Tabla 1. Estratos considerados en el Embalse de Resposuso

Embalse	Sector	Estrato	Profundidad (m)	Volumen (hm ³)	Superficie (ha)
RSP22	1	1	0 a 5	1,691	39,4
RSP22	1	2	5 a 20	4,723	36,0
RSP22	1	3	20 a 65	5,121	26,8

2.3. RÉGIMEN HIDROLÓGICO

Como se observa en la figura siguiente, el Embalse de Respomuso mantiene en promedio una reserva hídrica de 5,87 hm³ durante el año hidrológico. Se aprecian grandes descensos de volumen en los meses de enero a marzo, y en abril y mayo se alcanza el volumen mínimo del período objeto de estudio, 2,21 hm³ (12,37% de su capacidad). Después de esta disminución, la reserva hídrica del embalse se elevó a los niveles más altos del año, hasta alcanzar los 11,01 hm³, para disminuir de nuevo en los meses de agosto y septiembre y volver a los niveles del comienzo del año hidrológico.

El nivel del embalse permanece inestable durante todo el año variando su volumen en aproximadamente 9 hm³. En las fechas de muestreo (25-27 de junio de 2022), marcadas con una línea roja vertical, el embalse mantenía una reserva de 10,23 hm³ de agua, que corresponde aproximadamente a un 57 % de su capacidad, según los datos proporcionados por el Sistema Automático de Información Hidrológica de la Demarcación Hidrográfica del Ebro (SAIH).

Según la nueva batimetría elaborada en el presente Estudio, el embalse tiene una capacidad en NMN (cota 2106,5 msnm) de 16,91 hm³. En la fecha del muestreo el embalse tiene un volumen de reserva estimado en 11,6 hm³, que es 1,3 hm³ superior a lo que establece el Sistema Automático de Información Hidrológica de la DHE (SAIH), y que implica que estaría al 70% de su capacidad.

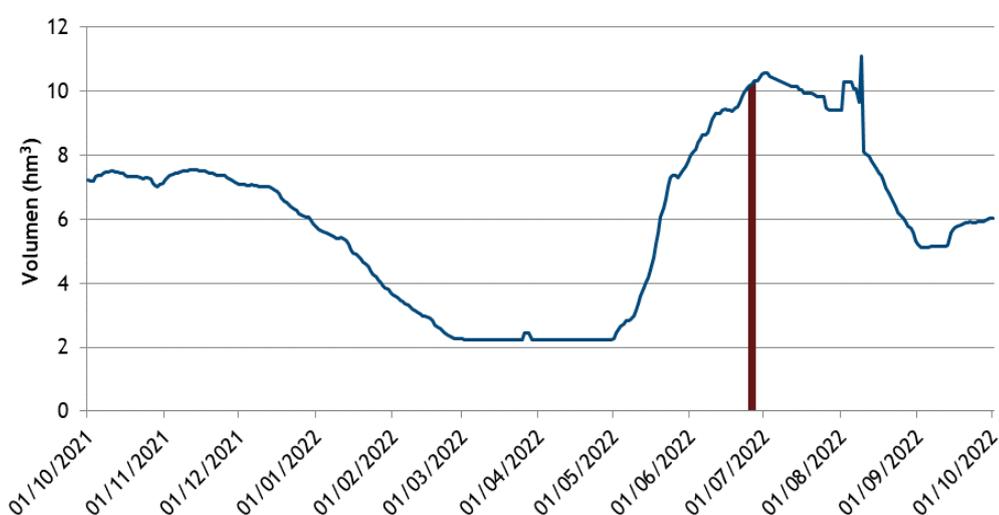


Figura 4. Evolución del volumen embalsado en el Embalse de Respomuso durante el ciclo hidrológico 2021/22 (elaboración propia)

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 5 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 (RSP22_S1PRO1).

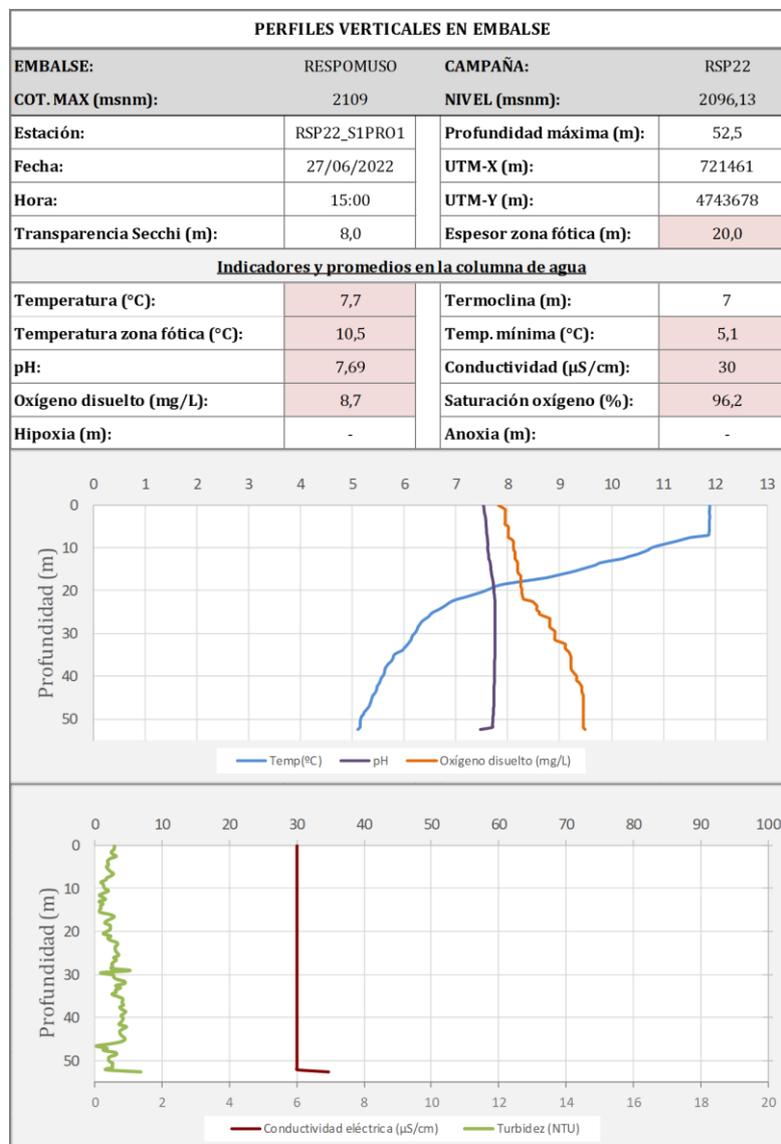


Figura 5. Perfiles físico-químicos del Embalse de Resposmuso (RSP22_S1PRO1)



Como se observa en el perfil, en la zona principal del vaso del embalse, que corresponde con la depresión del ibón original de Respomuso, alcanza una profundidad de 52,5 metros de profundidad. Se observa una marcada termoclina, con descenso de la temperatura por debajo de los 7 metros de profundidad, alcanzando los 6 °C a partir de los 30 metros. Las condiciones de oxigenación de la columna de agua son buenas con un valor promedio de 8,7 mg/L, aumentando progresivamente la concentración a raíz que aumenta la profundidad, debido a la diferencia de las temperaturas y la acción de la presión atmosférica, hasta alcanzar los 9,5 mg/L.

El pH es básico y constante con el incremento de profundidad siendo su valor promedio de 7,7 unidades. La transparencia del agua registrada con el disco de Secchi es de 8 m lo que supone una profundidad de la capa fótica que no abarca toda la columna de agua, limitando su extensión hasta los 20 metros. Este espesor de la capa fótica es congruente con los valores observados de turbidez que son realmente bajos, por debajo de 2 NTUs en toda la columna de agua.

2.5. POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO

El Embalse de Respomuso se cataloga en el ecotipo 13 (Dimíctico), es decir, que además de la habitual estratificación térmica estival, se produce una estratificación térmica inversa durante el invierno. 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” con un estado final de “Bueno”, según el informe final de Seguimiento de Embalses 2021 de la Confederación Hidrográfica del Ebro (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 6, 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

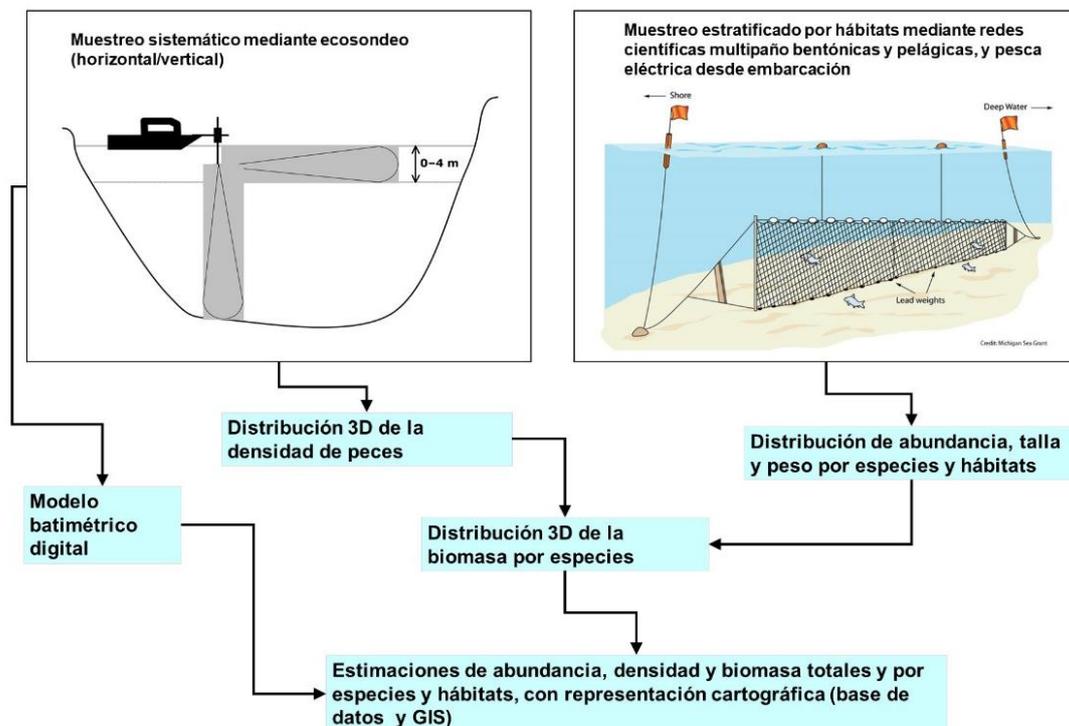


Figura 6. Esquema del método de censo de poblaciones ícticas en un embalse



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 biomásas 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 25 y 27 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.

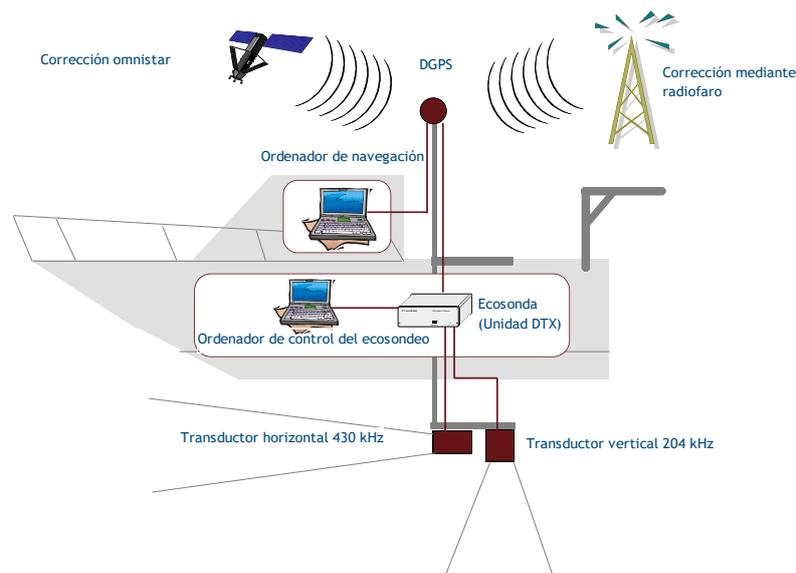


Figura 7. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico

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

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



3.2.2. *Procesado de datos acústicos*

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

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

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

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

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

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

3.3. MUESTREOS DIRECTOS DE PESCA

3.3.1. *Redes agalleras multipaño*

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

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

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

La nomenclatura de cada red depende de la ubicación y la altura a la que se despliega, de tal manera que hay redes bentónicas (caladas al fondo), mesopelágicas y epipelágicas, ubicadas ambas en la zona pelágica y caladas, respectivamente, a una profundidad intermedia y en superficie.

Tabla 2. Descripción de las redes de muestreo empleadas.

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

La unidad estándar de esfuerzo de pesca está constituida por una red de 12 paños y 1,5 m de altura (45 m²), 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 8. Recuperación de red bentónica en Embalse de Respomuso

3.3.2. Pesca eléctrica desde embarcación

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

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

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

de 100 metros de orilla. Los muestreos de pesca eléctrica se realizan preferentemente en horas crepusculares.



Figura 9. Equipo de electropesca desde orilla en la cola del Embalse de Respomuso

3.4. INTERPOLACIÓN ESPACIAL Y ESTIMACIONES GLOBALES

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

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

Para cada estrato se ha realizado 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 10) 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 visualizar las zonas de mayor concentración de peces.

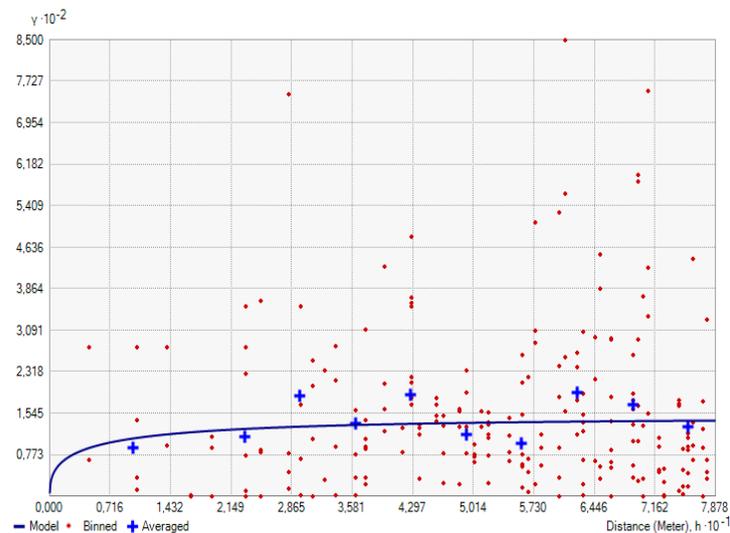


Figura 10. Ejemplo de ajuste de curva al semivariograma para el interpolado espacial

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

- Upper Open Water (UOW): Estrato superior
- Middle Open Water (MOW): Estrato intermedio
- Lower Open Water (LOW): Estrato inferior

3.5. EVALUACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE BIÓTICO QFBI

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

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

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

Tabla 3. Métricas y coeficientes para el cálculo del QFBI

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

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

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

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

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

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

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

3.6.1. Muestreo de ADN ambiental (eDNA)

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

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

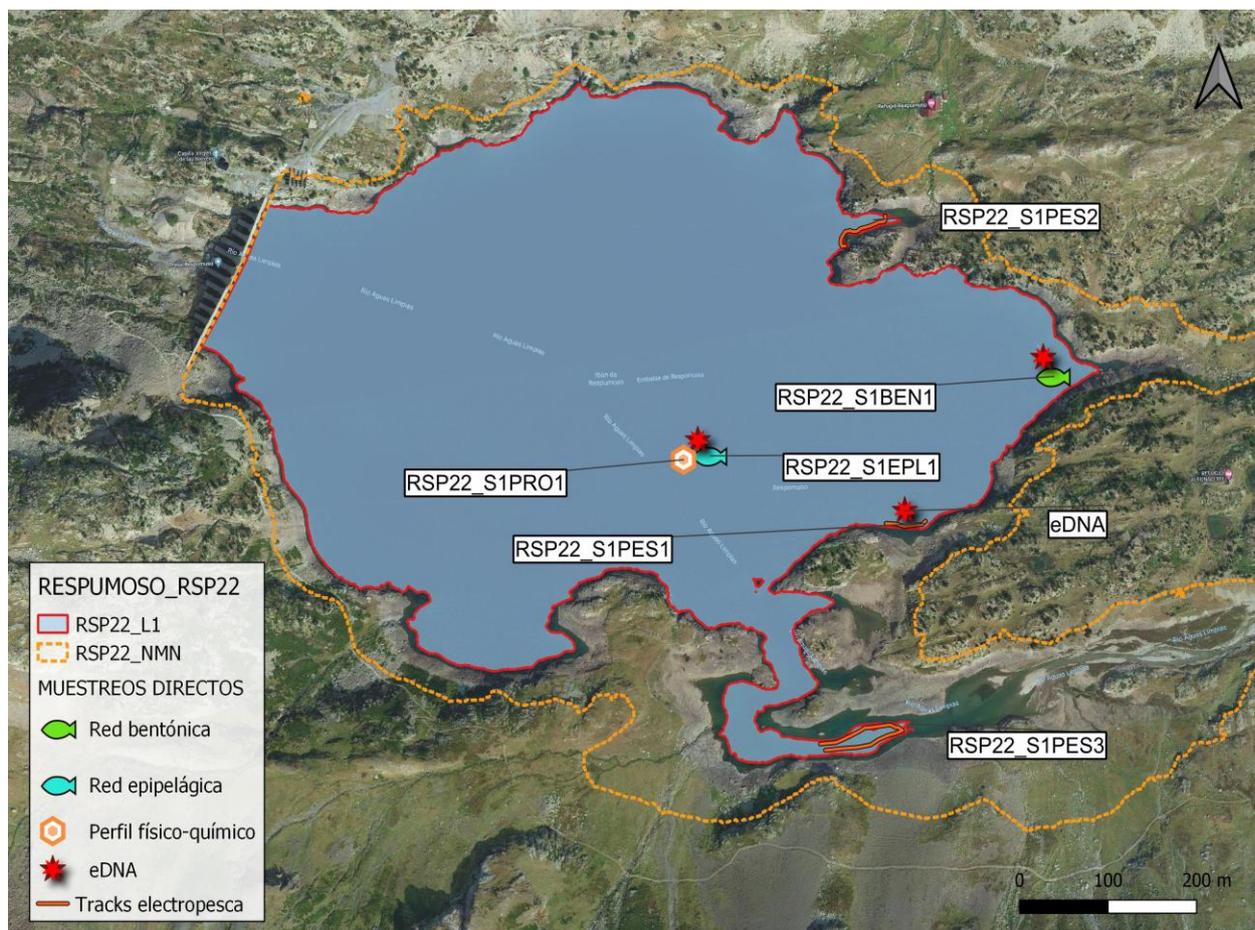


Figura 11. Ubicación de las estaciones de muestreo directo en el Embalse de Resposmo



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

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

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

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

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

3.6.3. Detección específica de trucha común

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



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

3.6.4. Detección específica de anguila europea

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

3.6.5. Estimaciones de biomasa

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

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

Durante los muestreos en el Embalse de Respomuso, se aumentó el esfuerzo de la acústica, para obtener un mayor número de celdas con información batimétrica del fondo del embalse.

A partir de los sondeos acústicos descritos, se ha extraído la profundidad del fondo en cada punto (unos 8 puntos por metro, en el sentido de avance de la embarcación) y los puntos se han integrado con los del vuelo LiDAR del PNOA (fecha de 16/01/2021), que llega hasta la cota 2088,5 msnm. Los puntos se han interpolado espacialmente para obtener un modelo digital de elevaciones desde la cota de máximo nivel de embalse (2106,5 msnm) hasta la mínima cota registrada en el sondeo (2030,9 msnm).

A partir del modelo digital obtenido se ha generado una curva hipsométrica con incrementos de cota de 0,1 m y se ha ajustado una función polinómica (Figura 12).

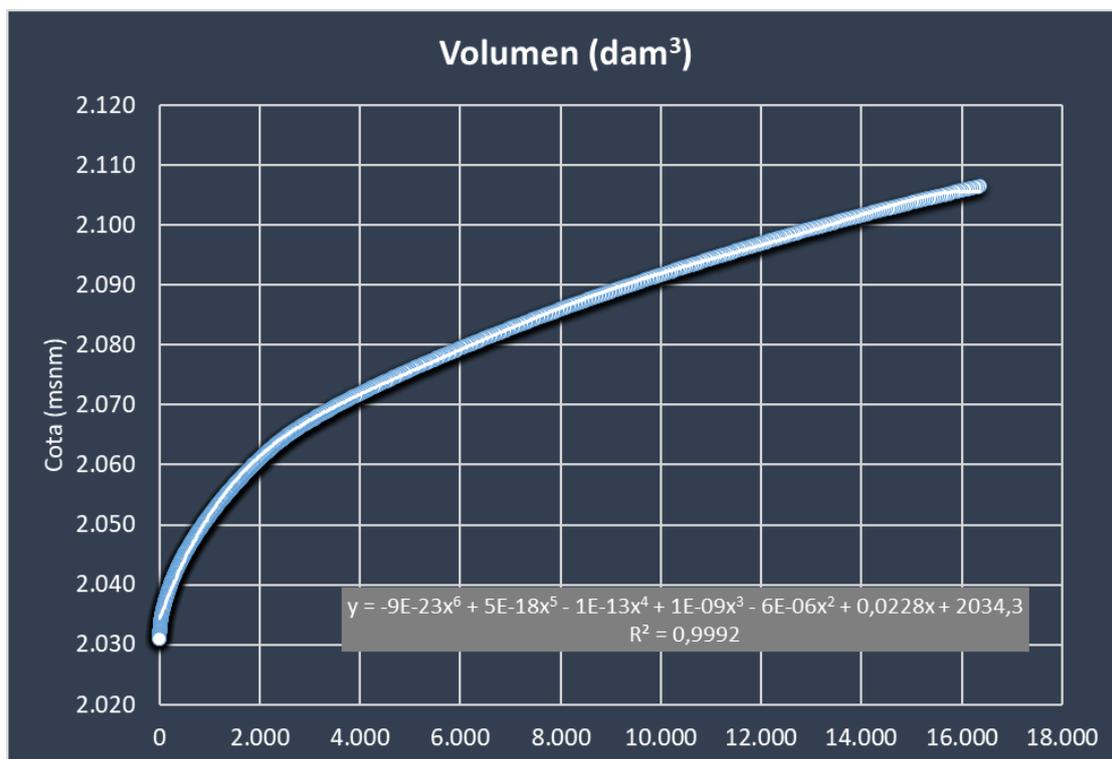


Figura 12. Curva hipsométrica obtenida con el nuevo MDT del Embalse de Respomuso



La profundidad máxima en situación de máximo nivel de embalse es de 75,6 m, y durante el muestreo esa profundidad máxima fue de 65 m. El volumen en máximo llenado se estima en 16,37 hm³, es decir, 1,5 hm³ menos que el volumen nominal (17,87 hm³, según el Inventario Nacional de Presas y Embalses).

A partir del nuevo MDT del embalse se han calculado una serie de indicadores morfométricos (Tabla 5) que reflejan en su conjunto un Embalse de morfología glaciár, con un escaso índice de alargamiento y con un desarrollo de costa (calculado como $DI = P/2\sqrt{\pi A}$) que determina una morfología subrectangular, es decir, algo menos circular que un lago glaciár típico de los Pirineos, reflejando la modificación morfológica que induce el represamiento del ibón original, que lo sitúa en un estadio intermedio entre un lago glaciár y un embalse.

Tabla 5. Valores de diferentes índices morfométricos en el Embalse de Respomuso a partir del nuevo MDT

Índice	Unidad	Valor
Volumen NMN nominal (Vmax)	hm ³	17,87
Volumen NMN actual (Vmax_2022)	hm ³	16,37
Superficie NMN (Amax)	ha	51,72
Profundidad máxima (Zmax)	m	75,6
Profundidad media (Zm)	m	31,6
Relación Zm/Zmax		0,42
Perímetro (P)	m	5.100
Longitud máxima (L)	m	1.185
Ancho medio (W)	m	436,4
Índice de alargamiento (L/W)		2,7
Índice de desarrollo de costa (DI)		2,0

En las figuras siguientes se aprecia que el embalse mantiene la morfología original de un lago glaciár, con una cubeta profunda cercana a la presa, pero no pegada a ella. La presa de hecho se sitúa sobre el cauce de salida del lago, que está unos 23 m por encima de la mencionada cubeta. Prácticamente la mitad posterior de la superficie del lago está ocupada por una terraza

cuya profundidad máxima está a un nivel parecido que el cauce de salida. Todo esto implica que la circulación del agua debe ser predominantemente superficial y que la tasa de renovación hidráulica hipolimnética es muy baja.

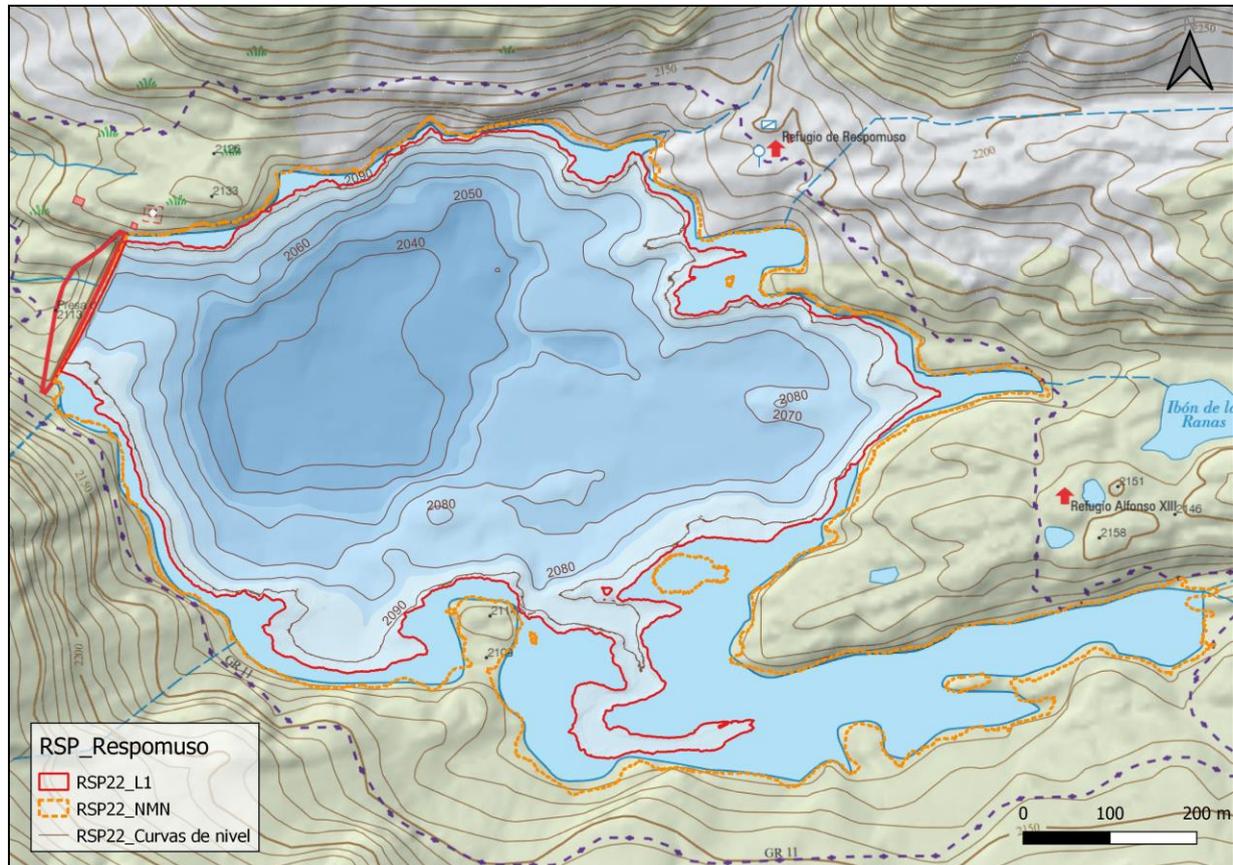


Figura 13. Representación del Embalse de Resposuso sobre mapa cartográfico. Fuente: Elaboración propia.

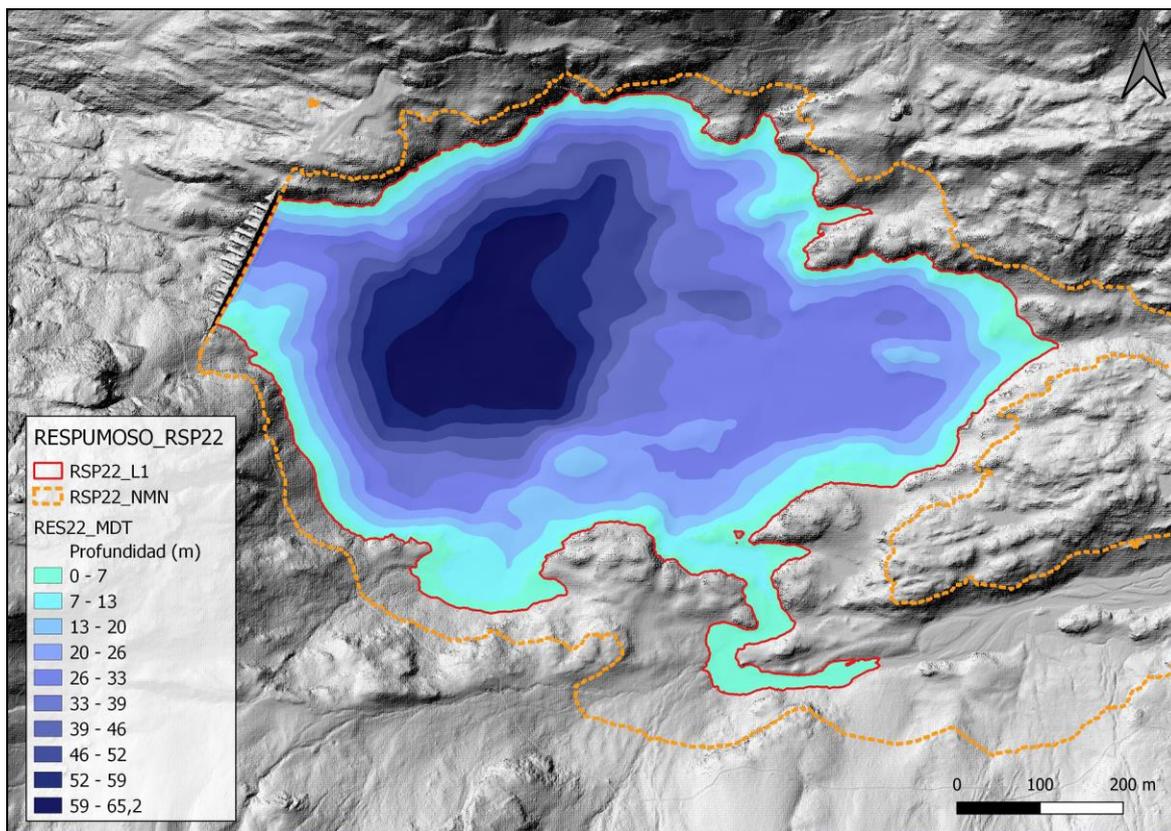


Figura 14. Batimetría del Embalse de Resposuso.

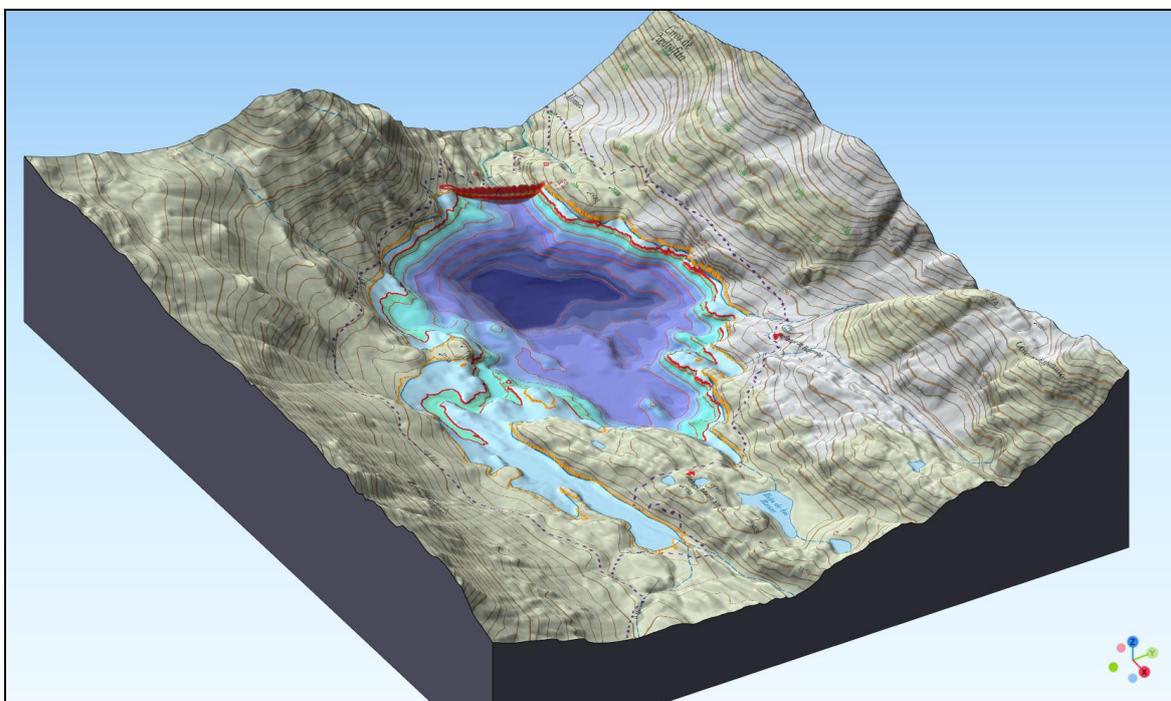


Figura 15. Representación en 3D de la batimetría del Embalse de Resposuso sobre mapa cartográfico. Fuente: Elaboración propia

4.2. SONDEO HIDROACÚSTICO: DENSIDADES

Los recorridos móviles de ecosondeo han cubierto una longitud total de 13,05 km (con dos transductores), lo que supone un valor del índice de cobertura (Da) de 20,8. Los recorridos completos sobre el mapa batimétrico se presentan en la Figura 16.

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.

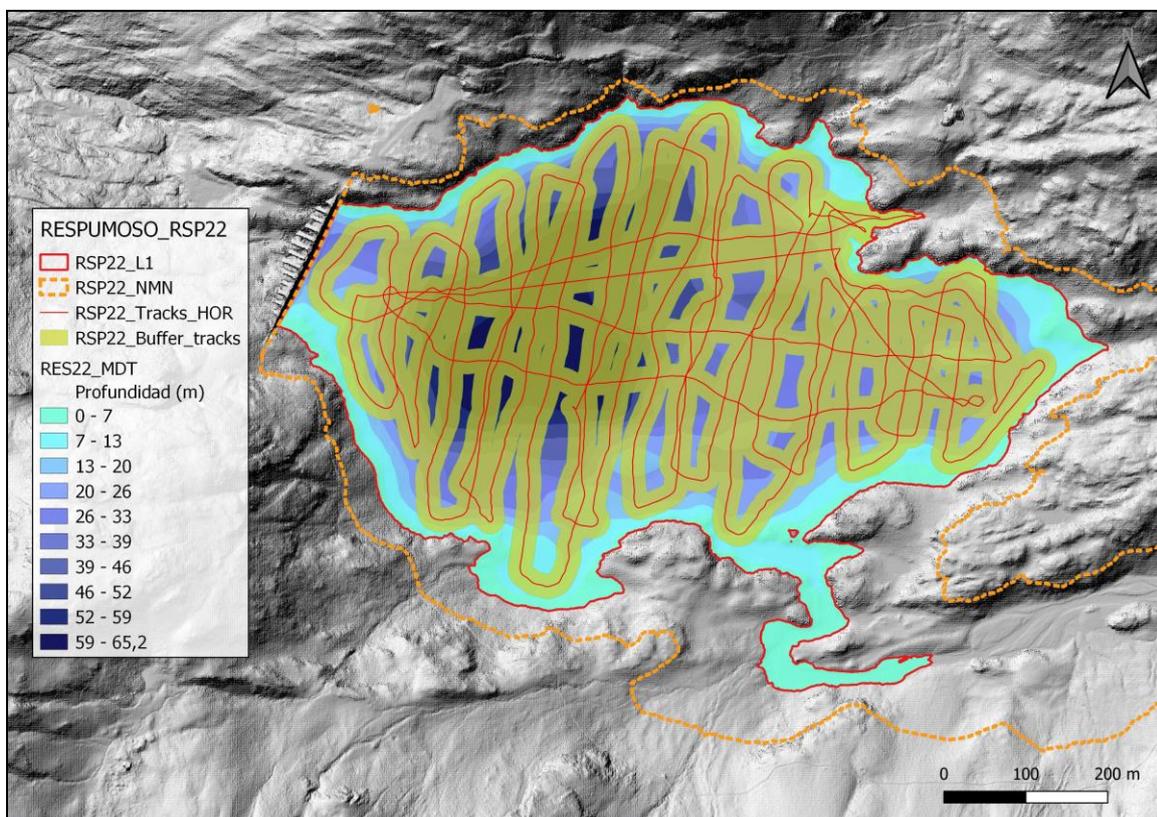


Figura 16. Recorridos del sondeo hidroacústico en el Embalse de Resposuso

En la Figura 17 se muestra un ejemplo de ecograma durante el muestreo acústico en el Embalse de Resposuso, realizado con haz vertical. Se ve representada la orilla/fondo o zona de choque del haz (línea negra), a una profundidad máxima de unos 55 metros. En la columna de agua (azul) se pueden observar señales dispersas y poco frecuentes de peces y zonas difusas de color azul claro que corresponden a concentraciones de zooplancton.

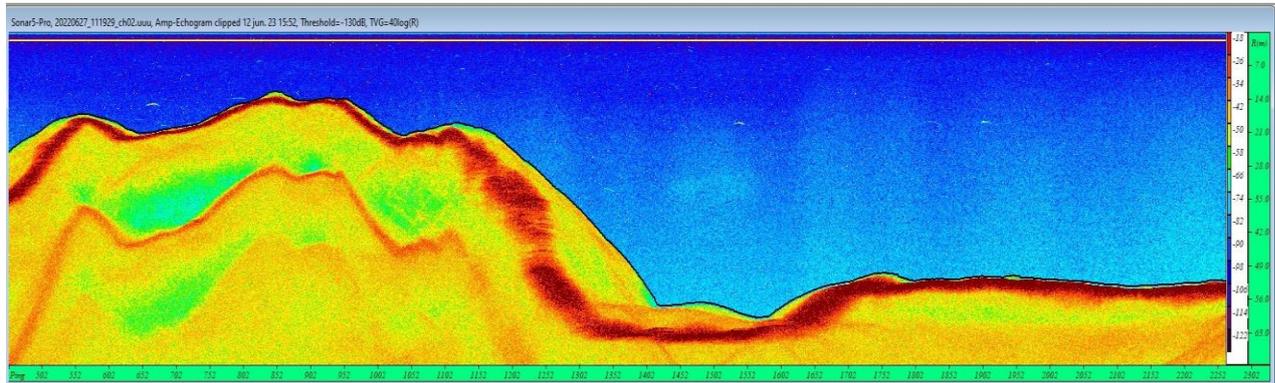


Figura 17. Ejemplo de un ecograma obtenido con el haz vertical en el Embalse de Respomuso.

4.2.1. Distribución y estimación de la densidad de peces

En la Tabla 6 se ofrecen los estadísticos descriptivos de cada estrato vertical analizado. La densidad se ha expresado en individuos por decámetro cúbico ($1 \text{ dam}^3 = 1.000 \text{ m}^3$). Los valores de densidad son bajos y no se aprecian diferencias significativas entre estratos de profundidad.

Tabla 6. Densidad de peces (ind/dam³) por estratos, estimada mediante acústica

Embalse	Sector	Estrato	Densidad media (ind/1000m ³)	Densidad máxima (ind/1000m ³)	Número de casos	Número de casos con valor 0	Desviación típica
RSP22	1	1	0,08	5	261	221	0,5
		2	0,10	3	260	228	0,3
		3	0,08	3	241	210	0,3

La densidad resultante en el conjunto del embalse es de $0,09 \pm 0,01 \text{ ind/dam}^3$. Se trata de un valor muy bajo, propio de sistemas poco productivos y de embalses oligotróficos de alta montaña.

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. Cada punto representa una celda de 50 m de longitud.

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

En ninguno de los 3 estratos se aprecia una distribución preferente en el gradiente de orilla a profundidad, y aunque la densidad media es ligeramente superior en el estrato intermedio (MOW, dominado por los piscardos), el valor máximo se presenta en el estrato superior.

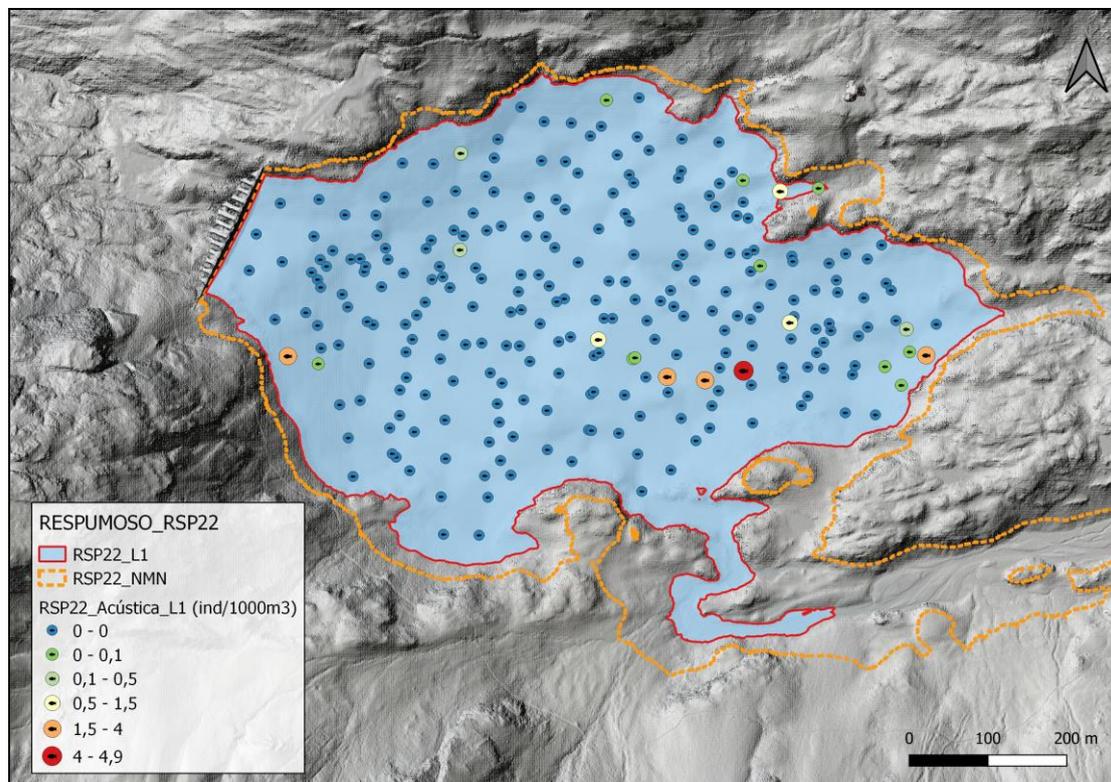


Figura 18. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato superior (UOW).

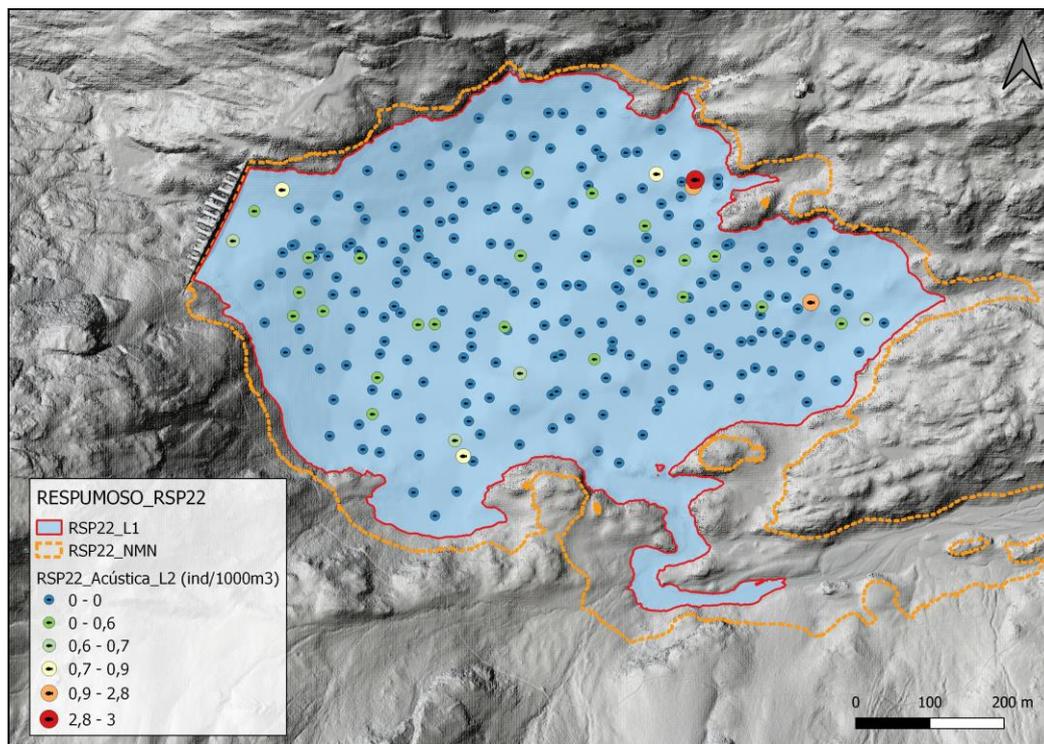


Figura 19. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato medio (MOW).

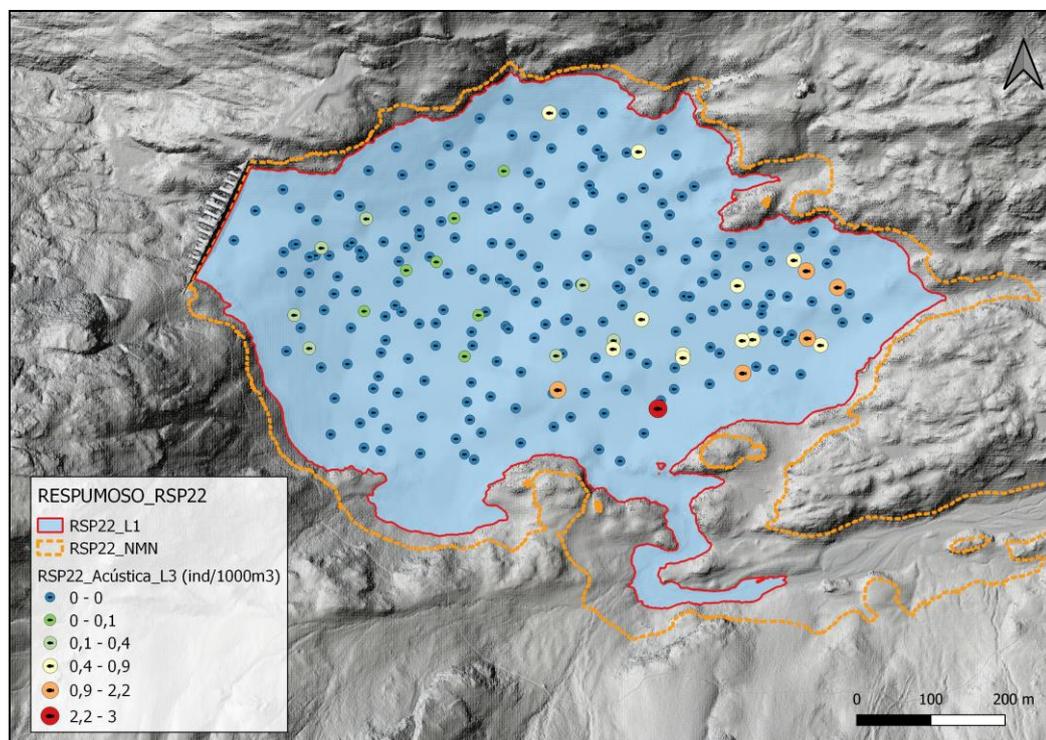


Figura 20. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato profundo (LOW)

4.2.2. 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 Resposuso, en comparación con otros embalses de la cuenca del Ebro en los que se ha trabajado con técnicas hidroacústicas y se dispone de datos cuantitativos. La línea roja representa el valor promedio de los embalses considerados, en la que los embalses de Ribarroja y Utchesa Seca constituyen extremos por el lado superior de la distribución.

El valor de densidad obtenido para el Embalse de Resposuso queda muy por debajo de los valores medios en el conjunto de embalses estudiados en la cuenca del Ebro, y se puede considerar muy bajo en el contexto de la demarcación hidrográfica del Ebro.

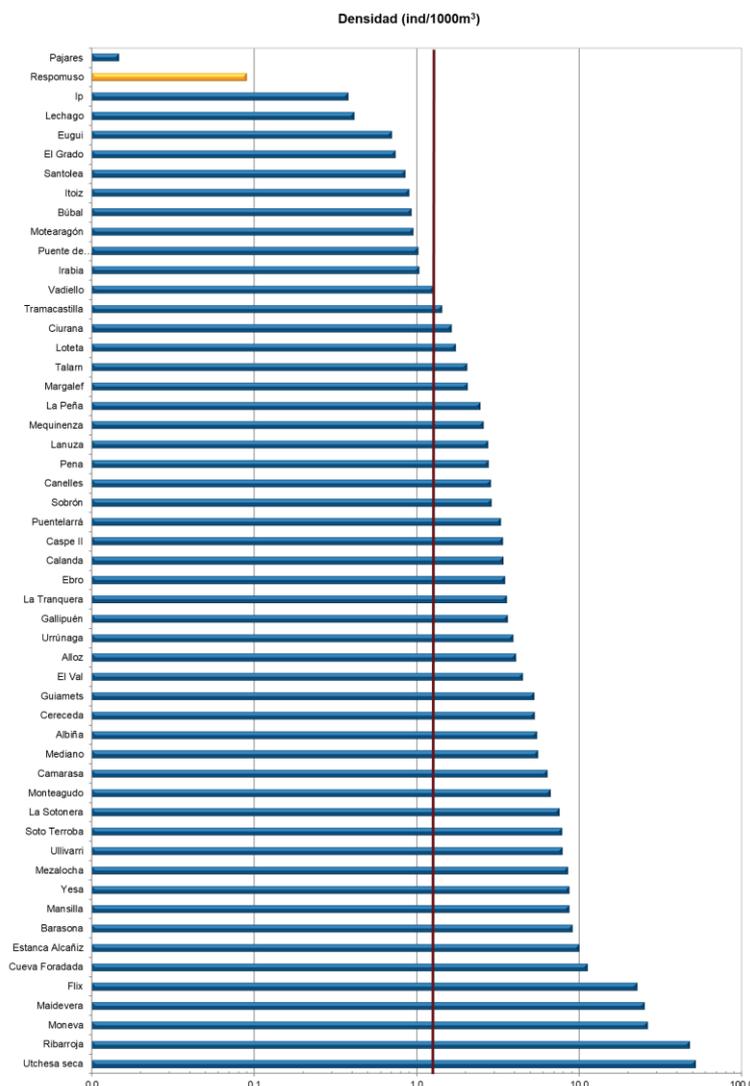


Figura 21. Comparación de la densidad con otros embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro

4.3. 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.



Embarcación de hidroacústica durante la navegación



Vista panorámica del Embalse de Resposuso



Equipos de electropesca en la cola del embalse



Red bentónica con ejemplares de *Salmo trutta*



Ubicación de red bentónica en recula



Electropesca desde orilla realizada en la cola del embalse

Figura 22. Fotografías de las labores de muestreo en el Embalse de Resposuso

4.3.1. Especies presentes en el embalse

De las tres (3) especies detectadas en los muestreos de diferente tipo realizados en el embalse de Respomuso, dos de ellas resultaron ser autóctonas en la demarcación hidrográfica del Ebro y una de ellas alóctona (Tabla 7). Sin embargo, cabe pensar que el ibón original podría carecer de fauna de peces debido a los grandes saltos de agua en el arroyo de Aguas Limpias, que podría haber impedido una colonización por la trucha común. En cualquier caso, la trucha de arroyo y el piscardo son especies introducidas en esta masa de agua y la primera de ellas está muy extendida en este tipo de ambientes debido a su papel como especie forraje de la trucha, que tiene interés como trofeo en la pesca recreativa.

Tabla 7. Especies presentes en el embalse

Nombre científico	Nombre común	Autóctono/alóctono
<i>Phoxinus phoxinus</i>	Piscardo	Autóctona
<i>Salmo trutta fario</i>	Trucha común	Autóctona
<i>Salvelinus fontinalis</i>	Trucha de arroyo	Alóctona

Estas consideraciones llevan a la conclusión de que la presencia de estas especies en el Embalse de Respomuso no es natural, sino producto de introducciones. Estas especies constituyen una red trófica muy simplificada, con las dos especies de trucha como depredadoras del piscardo. Sin embargo, en su conjunto constituyen un factor de presión añadido para diferentes especies autóctonas de algas, invertebrados y anfibios y en casos comparables se ha abordado su erradicación o control (proyecto LIFE+LIMNOPIRINEUS: CONSERVACIÓN DE HÁBITATS Y ESPECIES ACUÁTICAS DE LA ALTA MONTAÑA DE LOS PIRINEOS).

4.3.2. Composición y distribución de especies

Capturas con redes

El total de capturas con redes agalleras fue de 6 ejemplares, con un peso total de 1,8 kg, lo que supone 5 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 1,6 kg de biomasa por unidad de esfuerzo. Se emplearon un total de 2 redes en 8 horas de pesca (4,5 unidades de esfuerzo). En la Figura 11, se representa la ubicación de las redes de muestreo y los recorridos de pesca eléctrica.

Tabla 8. Ejemplos de las redes utilizadas durante los muestreos directos en el Embalse de Resposuso

Tipo de lance	Código	Número de paños	Longitud (m)	Altura (m)	Esfuerzo
Red bentónica	RSP22_S1BEN1	16	40	1,5	0,97 45m ² /12h
Red epipelágica	RSP22_S1EPL1	16	40	6	3,44 45m ² /12h

En la Tabla 9 y en la Figura 23 se facilitan los resultados obtenidos de las redes, agregados por especies y para cada uno de los estratos del embalse.

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

Tabla 9. Resultados de las pescas con red por especies

	Capturas	CPUE (ind/ud. esf.)	CPUE (%)	Biomasa (g)	BPUE (g/ud. esf.)	BPUE (%)	Longitud furcal media (mm)	Peso medio (g)
<i>Phoxinus phoxinus</i>	1	1	18,9	5	5	0,3	78	5
<i>Salmo trutta fario</i>	4	3	62,1	1281	1077	68,5	319	320
<i>Salvelinus fontinalis</i>	1	1	18,9	477	491	31,2	361	477
Total	6	5	100,0	1764	1574	100,0	286	294



Figura 23. Composición de la asociación obtenida mediante redes

Se observa que la asociación está dominada (62%) en términos de abundancia por la trucha común (*Salmo trutta fario*), seguida con un porcentaje inferior (19%) por el piscardado (*Phoxinus phoxinus*) y la trucha de arroyo (*Salvelinus fontinalis*), ambas especies con la misma abundancia. Siendo además la trucha común (*Salmo trutta fario*) la asociación dominante en términos de biomasa (69%), seguido de la trucha de arroyo (*Salvelinus fontinalis*), de la que solamente se ha obtenido un ejemplar, pero que supone un 31% en términos de biomasa. Le sigue el piscardado (*Phoxinus phoxinus*) sin apenas representación en términos de biomasa.

En la Figura 24 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.

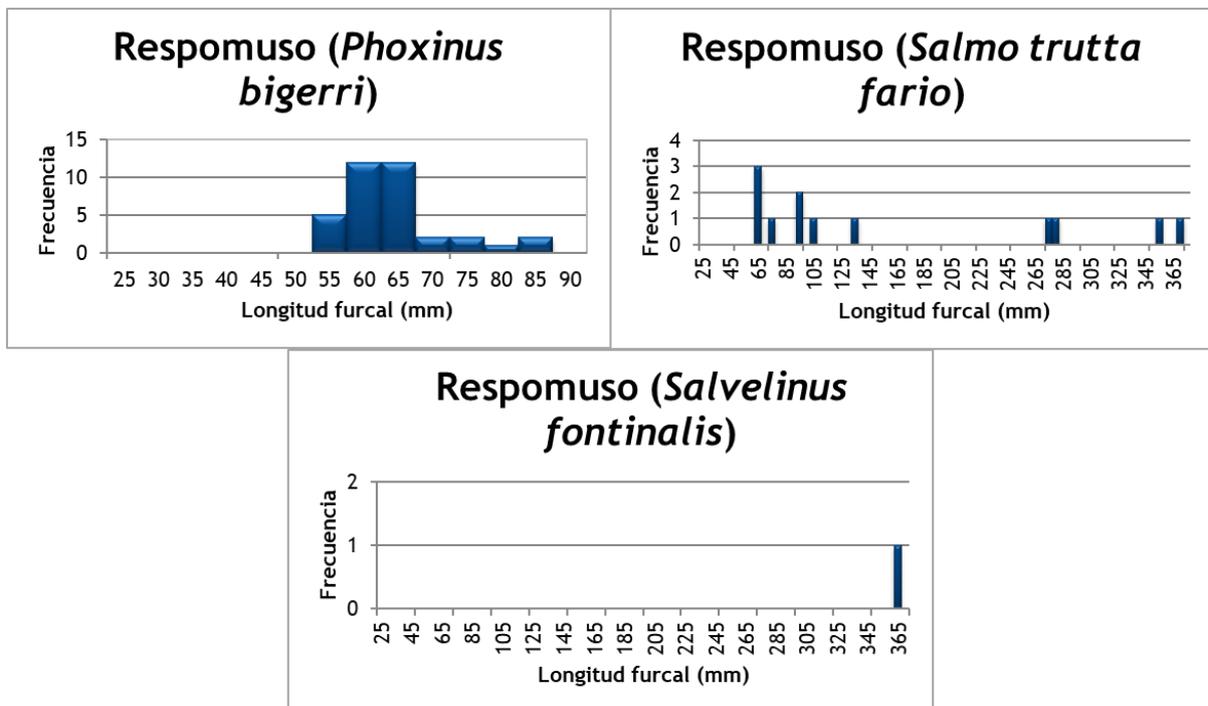


Figura 24. Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm

De las 3 especies capturadas en el Embalse de Resposuso, el piscardado (*Phoxinus phoxinus*) y la trucha común (*Salmo trutta fario*) presentan poblaciones estructuradas, con ejemplares de todas las clases de edad, lo que en el caso de la trucha implica que cierra su ciclo vital en los arroyos conectados al embalse en su zona de cola. De hecho, durante el muestreo se han identificado zonas con alternancia de rápidos y tablas, con velocidad del agua y sustrato compatible con la reproducción de la trucha. En los muestreos directos se han capturado varios



ejemplares juveniles de trucha común en la zona de la cola y ejemplares adultos en el vaso principal del embalse.

Resultados de la pesca eléctrica

El rendimiento de la pesca eléctrica fue superior al de las redes, con una captura total de 43 peces y un peso total de 1,86 kilos, lo que supone 48,8 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 0,18 kg de BPUE (biomasa por unidad de esfuerzo). Se realizaron un total de tres transectos que cubrieron 0,3 km de orilla.

Tabla 10. Recorridos de pesca eléctrica realizados durante los muestreos directos del Embalse de Respomuso

Tipo de lance	Código	Esfuerzo
Pesca eléctrica	RSP22_S1PES1	60 m
Pesca eléctrica	RSP22_S1PES2	75 m
Pesca eléctrica	RSP22_S1PES3	160 m

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

En la tabla siguiente se facilitan los resultados obtenidos, agregados por especies. Se capturaron un total de 2 especies diferentes de las tres detectadas en el embalse, excluyendo la trucha de arroyo (*Salvelinus fontinalis*) que sólo se ha capturado con las redes agalleras.

Tabla 11. Resultados de la pesca eléctrica por especies

	Capturas	CPUE (ind/ud. esf.)	% CPUE	Biomasa (g)	BPUE (g/ud. esf.)	% BPUE	Longitud furcal media (mm)	Peso medio (g)
<i>Phoxinus phoxinus</i>	35	43,8	89,9	115	136,4	75,5	62	3
<i>Salmo trutta fario</i>	8	5,0	10,2	71	44,3	24,5	85	9
Total	43	48,8	100,0	186	180,7	100,0	66	4

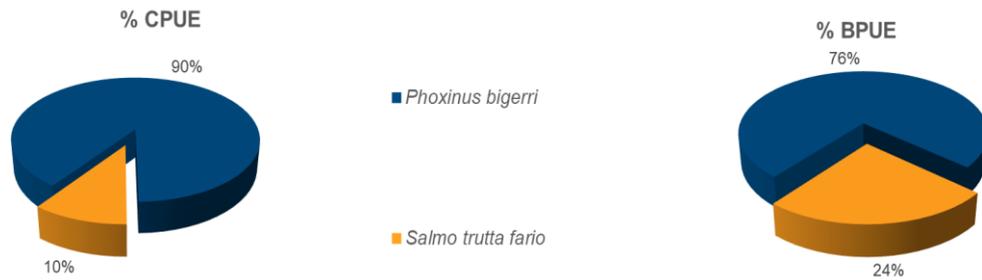


Figura 25. Composición de la muestra obtenida mediante pesca eléctrica

Al contrario de lo que ocurre en los muestreos realizados con redes agalleras, la asociación identificada con la técnica de electropesca desde embarcación está dominada en términos de abundancia por el piscardo (*Phoxinus bigerri*) (90%). En términos de biomasa, el piscardo (*Phoxinus bigerri*) también domina: 78% frente al 24% de trucha común (*Salmo trutta fario*).



Figura 26 . Ejemplares de las especies capturadas en el Embalse de Respomuso

4.4. BIOMASA

4.4.1. 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 12).

Tabla 12. Biomasa de peces por estratos (g/m^2) estimada mediante acústica

Embalse	Sector	Estrato	Biomasa media (g/m^2)	Biomasa máxima (g/m^2)	Número de casos	Número de casos con valor 0	Desviación típica
RSP22	1	1	0,06	4	261	224	0,35
		2	1,16	101	260	227	7,56
		3	0,58	32	241	210	3,53

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 $1,51 \pm 0,18 \text{ g/m}^2$, o lo que es lo mismo $15,1 \text{ kg/ha}$. Se trata de un valor bajo de biomasa, compatible con el carácter oligotrófico del embalse.

En la Figura 27 se representa la distribución espacial de los valores de biomasa en las celdas de análisis para el único estrato considerado en este embalse. Al igual que en el caso de la densidad, se ha empleado el método de Jenks “*Natural breaks optimization*” para establecer los valores de corte de los datos de biomasa.

Se aprecia que los valores de biomasa más altos se dan en el estrato intermedio y en este caso representan concentraciones de especies de mayor tamaño: trucha común y trucha de arroyo. Esto indica que las poblaciones de salmónidos encuentran un hábitat propicio en profundidad, en aguas de bajas temperaturas y buenas condiciones de oxigenación.

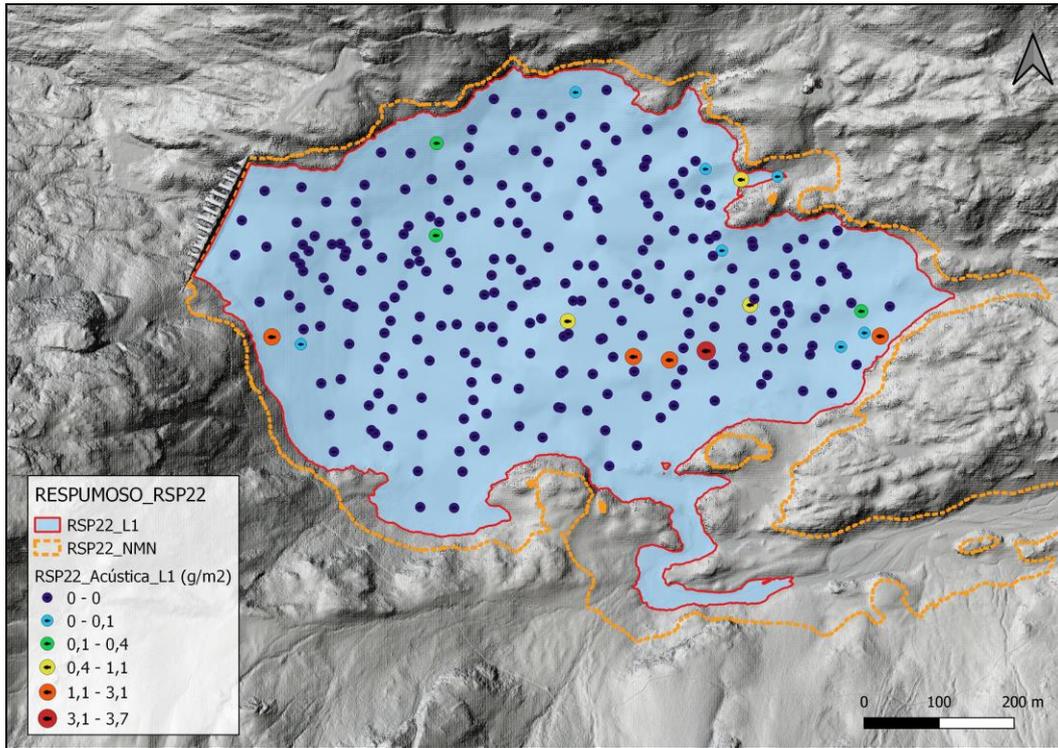


Figura 27. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato superior (UOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud

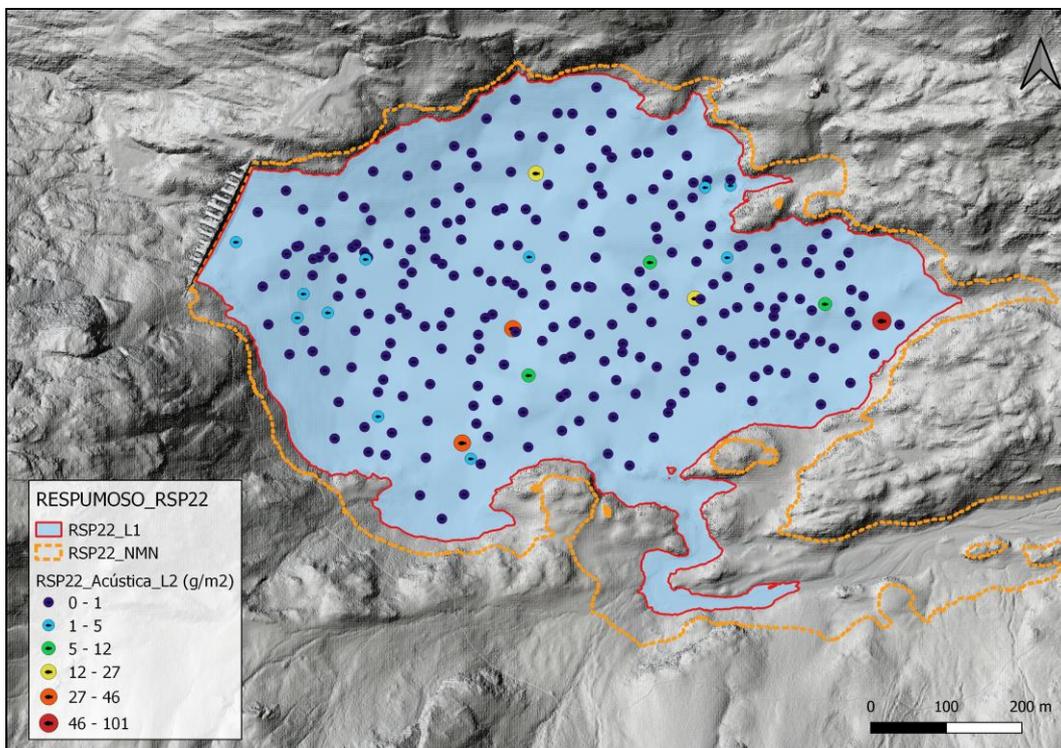


Figura 28. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato superior (UOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud

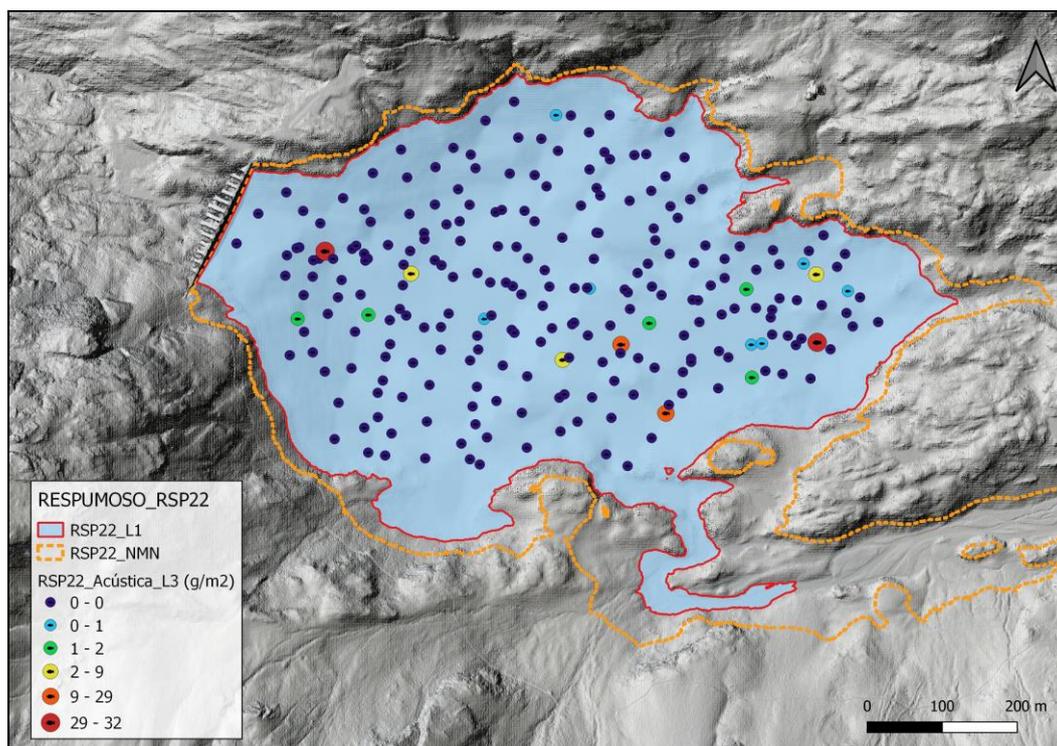


Figura 29. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato profundo (LOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud.

4.4.2. 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 Respomuso, en comparación con otros embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro cuyas poblaciones de peces se han evaluado con técnicas hidroacústicas de calidad científica y se dispone de datos cuantitativos de densidad y biomasa.

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

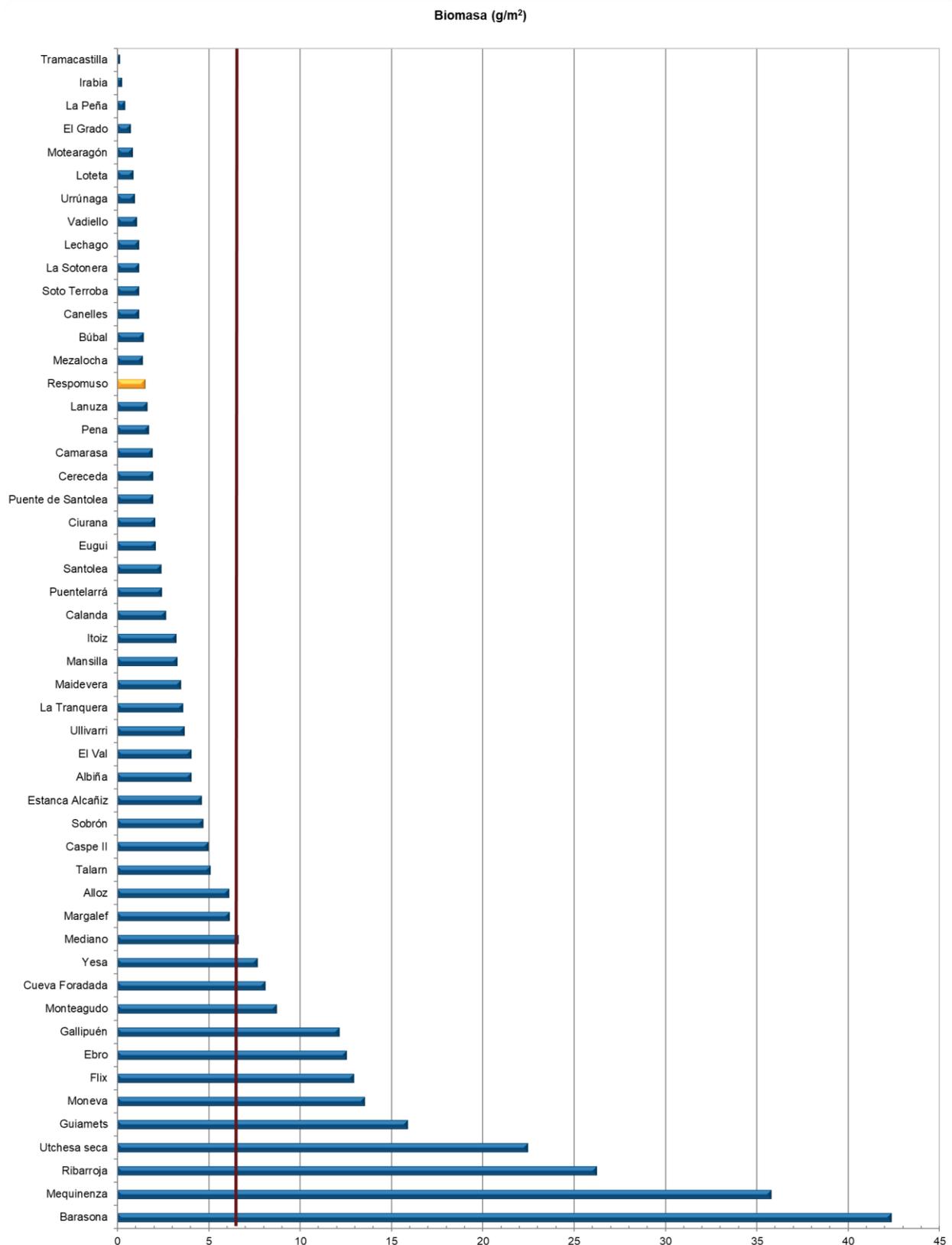


Figura 30. Comparación de la biomasa con otros embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro

4.5. DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES

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

En la Tabla 13 se ha calculado la densidad y biomasa relativas por especie, referidas a volumen (dam^3) y superficie (m^2) respectivamente, para el conjunto del embalse.

Tabla 13. Densidades (ind/dam^3) y biomásas (g/m^2) por especie

	Densidad media (ind/dam^3)	Abundancia (%)	Biomasa media (g/m^2)	Biomasa (%)	Abundancia Total (ind)	Peso total (kg)
<i>Phoxinus phoxinus</i>	0,070	73,5%	0,110	7,0%	759	41
<i>Salmo trutta fario</i>	0,020	24,5%	1,040	68,8%	253	409
<i>Salvelinus fontinalis</i>	0,002	2,0%	0,010	24,3%	21	144
Total	0,090	100,0%	1,510	100,0%	1.033	594
Intervalo de Confianza (I.C)	0,010	/	0,180	/	125	72

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 1.033 ± 125 peces con una biomasa de 594 ± 72 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.

Además en este caso las pescas en zonas someras muy, en las que puede haber altas densidades de piscardos y a las que la técnica hidroacústica no alcanza, pueden quedar inframuestreadas debido a la imposibilidad de acceder a este tipo de embalses de alta montaña con la embarcación de electropesca.

4.6. MUESTREOS INDIRECTOS: ADN AMBIENTAL

4.6.1. 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 Resposuso pasaron los controles de calidad, amplificando con éxito el marcador universal, es decir, confirmando la existencia de ADN ambiental en las muestras y la ausencia de inhibidores de la PCR.

4.6.2. Detección de trucha común mediante qPCR y estimaciones de biomasa.

Se ha detectado ADN de trucha común en las muestras ambientales del embalse de Resposuso. Se obtuvo una recta patrón con un buen grado de ajuste ($R^2_A=0,896$).

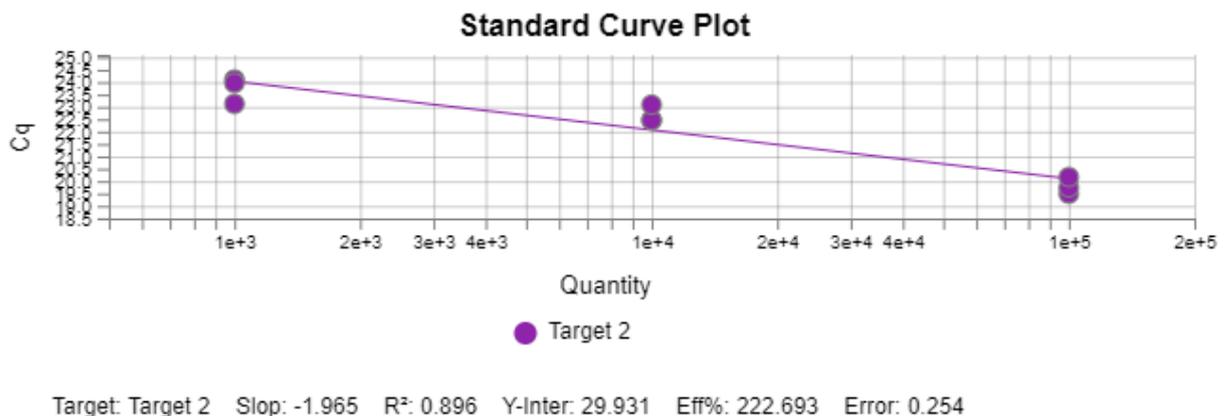


Figura 31. Recta patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN.

Tabla 14. Concentración de *Salmo trutta* detectada en el embalse de Resposuso

Código	Concentración (ng/μL)
RSP_E1_S	29
RSP_E1_M	8
RSP_E1_F	13
RSP_PES_1_1	18
RSP_PES_1_2	16
RSP_PES_1_3	33
RSP_BEN_1_1	32
RSP_BEN_1_2	16
RSP_BEN_1_3	9
RSP_Río	4.297

Se ha utilizado un método específico de alta resolución basado en la detección genética mediante ADN ambiental de moléculas de ADN de trucha común en agua, con el que se ha podido confirmar la presencia de trucha común en el embalse de Respomuso, siendo su concentración dos órdenes de magnitud inferior que en la muestra del río tributario. Esto indica que la concentración de la especie es superior a la del embalse, como era esperable, y que en el embalse las concentraciones más altas se dan en el estrato superficial.

Los resultados obtenidos mediante ADN ambiental se encuentran en concordancia con los resultados obtenidos en los muestreos directos, en los que se han obtenido ejemplares de la especie.

4.6.3. Detección de anguila europea mediante qPCR y estimaciones de biomasa.

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

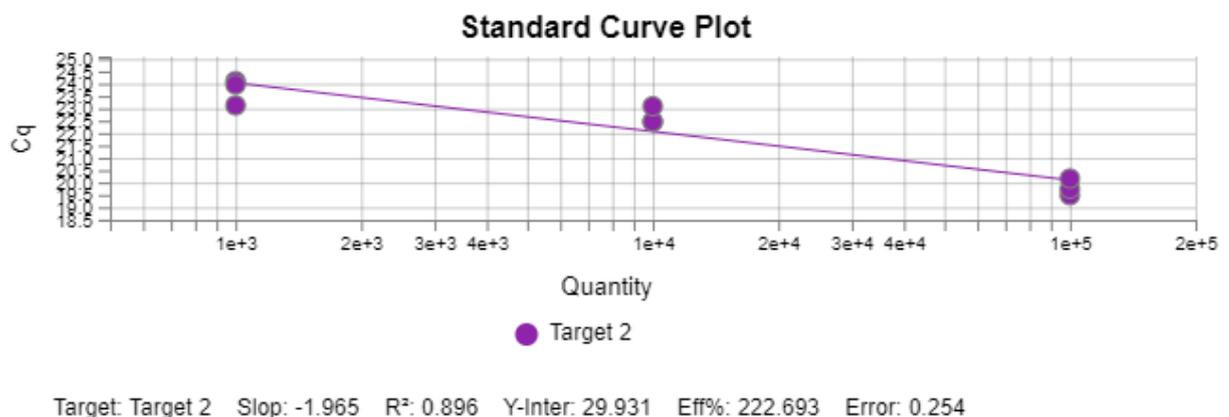


Figura 32. Recta patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN.

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 Respomuso, confirmando en este caso los resultados obtenidos en los muestreos directos. Se concluye, con un alto grado de confianza, que la anguila no está presente en esta masa de agua.

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.

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.

Como se ha apuntado en el apartado de metodología, se ha aplicado el QFBI (*Quantitative Fish Biotic Index*) en una versión todavía experimental. Según esta metodología, la calidad del embalse según los peces sería “Buena”. En la Tabla 15 se presentan los resultados de las diferentes métricas, así como del QFBI, obtenidos para el embalse de Respomuso.

Tabla 15. Resultados del QFBI obtenidos para el Embalse de Respomuso

Métrica	Embalse
	RSP22
LOG_BIO	4,18
LOG_BIO_native	4,06
LOG_%_BIO_PISC_Exotic	0,09
LOG_BIO_PISC_Exotic	3,56
LOG_BIO_ciprin_native	3,02
QFBI	-0,46
Calidad	Bueno



Este resultado se explica por la combinación de valores bajos de biomasa y la dominancia de especies autóctonas en la demarcación. No obstante, en este caso se deberían tomar todas las especies como introducidas, y entonces el índice adoptaría un valor “Malo” pero estaría reflejando únicamente el aspecto de biodiversidad en su resultado.



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.

Las especies detectadas en los muestreos realizados en el Embalse de Respomuso mediante electropesca son autóctonas en la Demarcación Hidrográfica del Ebro: piscardo (*Phoxinus phoxinus*) y trucha común (*Salmo trutta fario*). Con los muestreos de redes agalleras se capturó además un ejemplar de trucha de arroyo (*Salvelinus fontinalis*) especie alóctona en la DHE. Las dos primeras especies han encontrado hábitat propicio para su reproducción en la pequeña cuenca de drenaje al embalse y completan por lo tanto su ciclo vital.

No obstante, ninguna especie de pez debe tener la consideración de autóctona en este tipo de masas de agua de montaña que están geográficamente aisladas de las poblaciones de peces más cercanas. Su introducción con fines de pesca recreativa supone un nuevo factor de presión para el ecosistema lacustre, en el que la fauna acuática de vertebrados se restringe originalmente a anfibios y mamíferos. Tanto desde el punto de vista de la biodiversidad como de la calidad del agua, la presencia de peces constituye un factor negativo en este tipo de ecosistemas (Miró & Ventura 2013; 2015).

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

- Densidad y biomasa de peces propias de sistemas oligotróficos, con valores muy bajos en relación a una escala compuesta por unos 60 casos estudiados en la DHE.
- Biocenosis compuesta por especies introducidas, y una de ellas exótica en la demarcación. En términos de densidad, la asociación está claramente dominada por el piscardo que representa el 73,5 %. En términos de biomasa es la trucha común la especie más relevante (68,8 %).



La prospección mediante la técnica de mayor sensibilidad conocida (eDNA) ha ofrecido resultados coherentes con las capturas realizadas: En el caso de la trucha común (*Salmo trutta*) se ha detectado ADN de la especie, pero con la anguila (*Anguilla anguilla*) los resultados son negativos. Se concluye en consecuencia que en este embalse se presentan tres (3) especies de peces, una de ellas alóctona en la DHE, pero las otras dos introducidas artificialmente en la masa de agua.

La asociación de peces está dominada en términos de densidad por las grandes agrupaciones de piscardos, que representa el 73,5 %, seguido de la trucha común (24,5 %) y la trucha de arroyo (2 %). En términos de biomasa, es la trucha común la especie dominante (68,8 %), mientras que la trucha de arroyo y el piscardos representan respectivamente un 24,3 % y un 7 %.

La densidad media de peces, a partir de la interpolación de celdas de análisis de 50 m de longitud, es de $0,09 \pm 0,01$ ind/dam³, que es un valor muy bajo. La biomasa de peces obtenida en el embalse es de $1,51 \pm 0,18$ g/m², o lo que es lo mismo 15,1 kg/ha, que representa también un valor bajo de biomasa, propio de un sistema oligotrófico.

El índice de calidad QFBI ofrece en el embalse de Respomuso un valor “Bueno”, pero si se consideraran trucha común y piscardos como especies introducidas (traslocadas o alóctonas a escala local), el resultado sería “Malo”.

En todo caso, la trucha ejerce una presión depredadora sobre el piscardos y eso contribuye a controlar la proliferación de la especie en el embalse, algo que es negativo desde el punto de vista de la biodiversidad y de la calidad del agua, puesto que el piscardos supone una presión añadida sobre el zooplancton y el perifiton.



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 m²) 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 m²) 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/45m²/12h) en redes de 12 paños (luces de malla de 5 a 55 mm).

MBPUE4: Promedio de biomasa por unidad de esfuerzo (g/45m²/12h) en redes de 4 paños (luces de malla de 70 a 135 mm).

MCPUE12: Promedio de capturas por unidad de esfuerzo (ind/45m²/12h) en redes de 12 paños (luces de malla de 5 a 55 mm).

MCPUE4: Promedio de capturas por unidad de esfuerzo (ind/45m²/12h) 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.

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

Procercario: 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 14011:2003 - *Water quality - Sampling of fish with electricity*

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

CEN EN 14757:2015 - *Water quality - Sampling of fish with multi-mesh gillnets.*

CHE. 1996. *Diagnóstico y gestión ambiental de embalses en el ámbito de la Cuenca Hidrográfica del Ebro.*

CHE. 2009. *Guía de campo de Peces de la Cuenca del Ebro.*

CHE. 2015. Red de Seguimiento de Lagos 2015.

CHE. 2016. *Control del Estado de las Masas de Agua CEMAS. Informe de situación año 2016.*

Directiva 2006/44/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de septiembre de 2006, relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces.

Doadrio, I. 2001. *Atlas y libro rojo de los peces continentales de España.* Madrid, MMA. Dirección General de Conservación de la Naturaleza.

Doadrio, I., S. Perea, P. Garzón-Heydt y J. L. González. 2011. *Ictiofauna continental española. Bases para su seguimiento.* DG Medio Natural y Política Forestal. MARM. 616 pp. Madrid.

Fernandez, S., Sandin, M. M., Beaulieu, P. G., Clusa, L., Martinez, J. L., Ardura, A., & García-Vázquez, E. (2018). Environmental DNA for freshwater fish monitoring: insights for conservation within a protected area. *PeerJ*, 6, e4486.

Fishbase. 2009. <http://www.fishbase.org/search.php>. Marzo, 2013.

Gustavson MS, Collins PC, Finarelli JA, Egan D, Conchúir R, Wightman GD, King JJ, Gauthier DT, Whelan K, Carlsson JEL, Carlsson J. 2015. An eDNA assay for Irish *Petromyzon marinus* and *Salmo trutta* and field validation in running water. *Journal of Fish Biology* 87:1254-1262

Jenks, George F. 1967: "The Data Model Concept in Statistical Mapping", an International Yearbook of Cartography nº 7: pp. 186-190

Love, R. H. 1977. Target strength of an individual fish at any aspect. *The Journal of the Acoustical Society of America* 62, 1397-1403.

Miró A. & Ventura M. 2013. Historical use, fishing management and lake characteristics explain the presence of non-native trout in Pyrenean lakes: Implications for conservation. *Biological Conservation* 167, 17-24.

Miró A. & Ventura M. 2015. Evidence of exotic trout mediated minnow invasion in Pyrenean high mountain lakes. *Biological Invasions* 17, 791-803.



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.



ANEXO 1. ESPECIES PRESENTES

Embalse de Respomuso

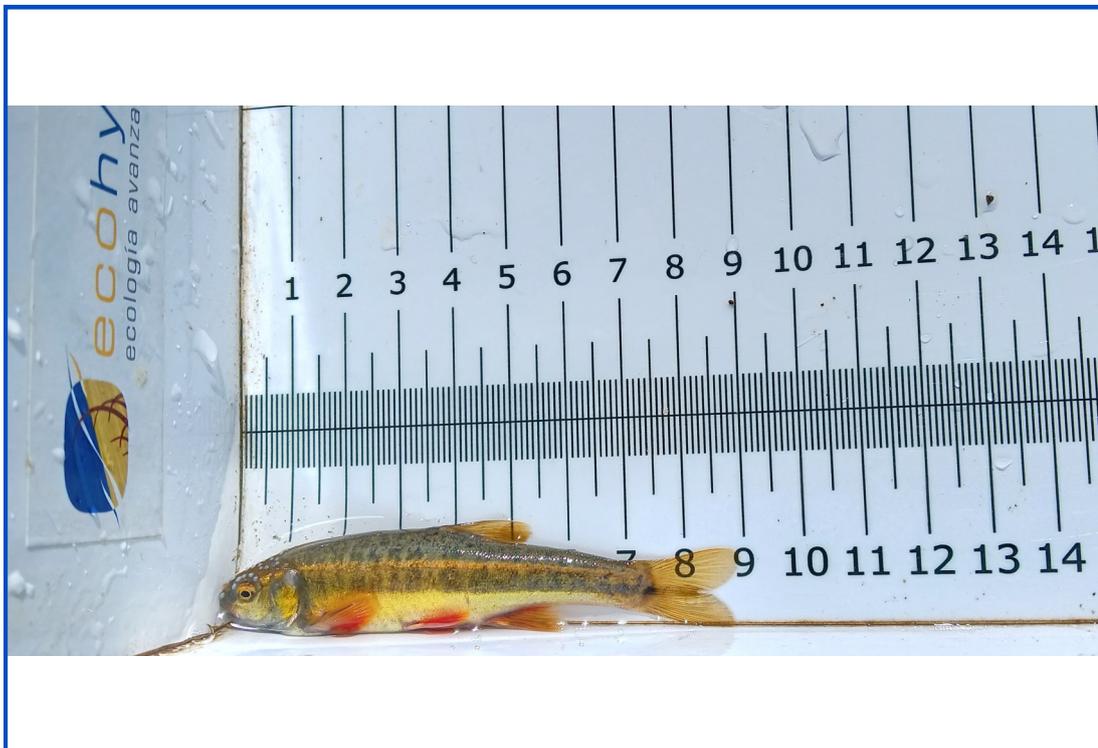
Piscardo

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. Llegan 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.

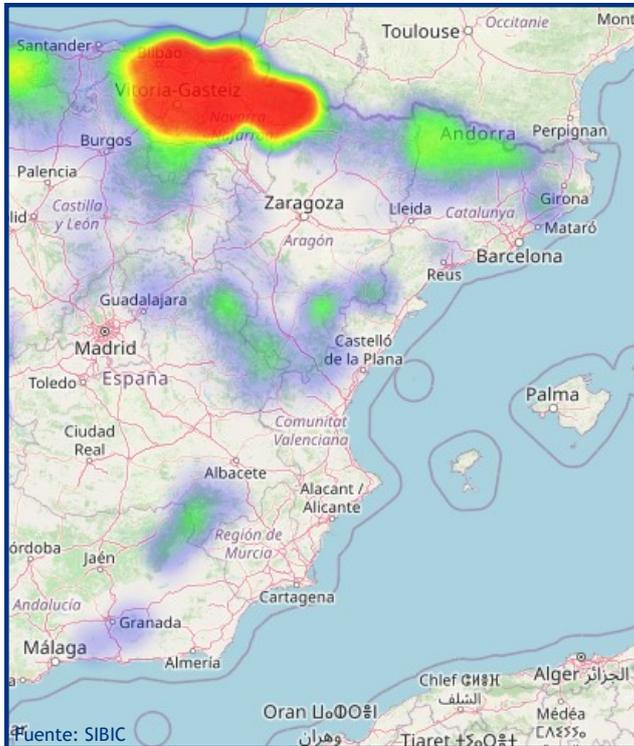
El piscardo posee dos poblaciones bien definidas una en la vertiente atlántica y otra en la mediterránea. En la vertiente atlántica no se sabe para la mayoría de los ríos, con certeza, si es una especie autóctona ya que ha sido ampliamente introducida para favorecer el número de presas disponibles para 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 Respomuso

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.

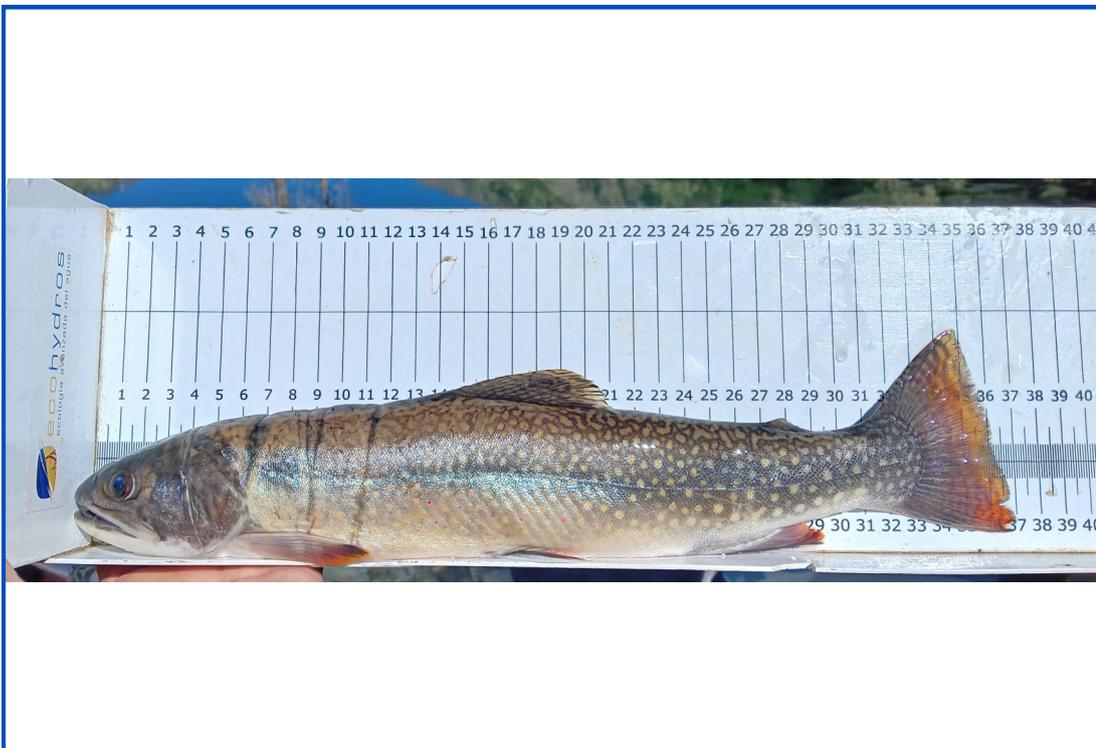


Embalse de Respomuso

Trucha de arroyo *Salvelinus fontinalis*



Especie alóctona introducida para la pesca deportiva, procedente de la costa Este de Norteamérica. Es una especie de cuerpo fusiforme, cilíndrico y comprimido lateralmente hacia la parte posterior, cubierto de escamas muy pequeñas. Su longitud máxima es aproximadamente de 80 centímetros. En España se ha aclimatado en los cabeceros de algunos ríos de montaña en las cuencas del Tajo, Duero y Ebro, así como en lagos de montaña (ibones) de la Cordillera Cantábrica, Pirineos y Gredos. Es un depredador de hábitos sedentarios que se alimenta de invertebrados bentónicos y nectónicos aunque también puede depredar pequeños peces y anfibios. La puesta es abundante (entre 100 y 5000 huevos) y se realiza en los meses de octubre a diciembre, en arroyos o ríos con corriente moderada, sobre gravas, en una depresión excavada por la hembra, donde el macho los fertiliza inmediatamente. Altera la red trófica de los hábitats que invade y compite y depreda especies autóctonas y amenaza las especies endémicas de anfibios que utilizan las lagunas de montaña para reproducirse, en las que originalmente no había peces y por lo tanto, sus larvas no están adaptadas a evitar la depredación.





ANEXO 2. RESULTADOS DE LAS PESCAS



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA PESCA						
SISTEMA	Respomuso	CÓDIGO	RSP22_S1PES3			
UMT-X	721.624	UTM-Y	4.743.366			
RIQUEZA ESPECIES	2	Distancia (m)	160,0			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Piscardo	4	0,03	33%	25	0,15	26%
Trucha común	8	0,05	67%	71	0,44	74%
Total	12	0,08	100%	95	0,60	100%

CPUE

■ Piscardo ■ Trucha común

BPUE

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	134	30,2	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	101	11,8	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	95	12,0	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	61	2,2	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	92	6,4	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	73	3,8	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	61	2,0	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	64	2,4	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	83	7,6	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	84	7,4	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	65	2,8	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	74	6,8	1



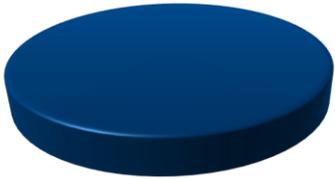
FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA PESCA						
SISTEMA	Respomuso	CÓDIGO	RSP22_S1PES2			
UMT-X	721.691	UTM-Y	4.743.940			
RIQUEZA ESPECIES	3	Distancia (m)	75,0			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Piscardo	36	0,48	73%	121	1,61	6%
Trucha de arroyo	1	0,01	2%	477	6,37	24%
Trucha común	12	0,16	24%	1352	18,02	69%
Total	49	0,65	100%	1950	25,99	100%

CPUE

■ Piscardo
■ Trucha de arroyo
■ Trucha común

BPUE

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	53	1,8	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	62	3,0	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	65	3,0	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	60	2,6	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	58	2,4	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	60	3,0	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	63	3,8	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	63	3,2	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	65	3,4	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	58	2,6	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	57	2,0	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	57	2,4	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	67	4,0	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	55	2,6	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	58	3,0	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	62	3,2	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	59	3,2	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	52	1,2	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	62	3,2	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	60	3,0	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	64	4,4	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	62	3,2	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	72	4,4	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	60	3,0	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	56	2,8	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	53	2,2	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	62	2,8	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	68	3,4	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	65	3,6	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	54	1,6	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	58	2,8	1
Trucha de arroyo	<i>Salvelinus fontinalis</i>	361	477,4	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	272	204,0	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	78	5,2	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	278	239,0	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	370	512,8	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	354	325,0	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	134	30,2	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	101	11,8	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	95	12,0	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	61	2,2	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	92	6,4	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	73	3,8	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	61	2,0	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	64	2,4	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	83	7,6	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	84	7,4	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	65	2,8	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	74	6,8	1

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Respomuso	CÓDIGO DE RED	RSP22_S1EPL1			
UTM-X	721493	UTM-Y	4743684			
TIPO DE RED	Epipelágica (16x6) 40	SISTEMA DE REFERENCIA	UTM ETRS89 H30			
INICIO	25-6-22 10:15	FIN	25-6-22 18:00			
PROFUNDIDAD	67	PROFUNDIDAD DE LA RED	0			
RIQUEZA ESPECIES	1	ESFUERZO APLICADO	3,4			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Trucha común	1	0,29	100%	325	95,59	100%
Total	1	0,29	100%	325	95,59	100%
CPUE			BPUE			
 <p>■ Trucha común</p>						
RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA						
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind		
Trucha común	<i>Salmo trutta</i>	354	325,0	1		

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Respomuso	CÓDIGO DE RED	RSP22_S1BEN1			
UTM-X	721882	UTM-Y	4743768			
TIPO DE RED	Bentónica (16x1.5) 40m	SISTEMA DE REFERENCIA	UTM ETRS89 H30			
INICIO	25-6-22 9:30	FIN	25-6-22 18:15			
PROFUNDIDAD	3	PROFUNDIDAD DE LA RED	2			
RIQUEZA ESPECIES	3	ESFUERZO APLICADO	1,0			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Trucha común	3	3,00	60%	956	955,80	66%
Trucha de arroyo	1	1,00	20%	477	477,40	33%
Piscardo	1	1,00	20%	5	5,20	0%
Total	5	5,00	100%	1438	1.438,40	100%

CPUE		BPUE	
■ Trucha común			
■ Trucha de arroyo			
■ Piscardo			

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Trucha de arroyo	<i>Salvelinus fontinalis</i>	361	477,4	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	272	204,0	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	78	5,2	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	278	239,0	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	370	512,8	1



ANEXO 3. CELDAS DEL MUESTREO HIDROACÚSTICO



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	1	721696,66	4743935,01	0,05	0,04
1	2	721648,16	4743930,98	1,47	1,12
1	3	721601,02	4743917,16	0	0
1	4	721520,33	4743909,05	0	0
1	5	721341,25	4743899,48	0	0
1	6	721294,02	4743886,51	0	0
1	7	721245,84	4743873,94	0	0
1	8	721198,54	4743857,58	0	0
1	9	721150,06	4743843,72	0	0
1	10	721103,14	4743843,91	0	0
1	11	721060,71	4743817,95	0	0
1	12	720974,03	4743829,58	0	0
1	13	720982,96	4743876,09	0	0
1	14	721013,43	4743915,67	0	0
1	15	721062,54	4743920,64	0	0
1	16	721056,06	4743873,36	0	0
1	17	721045,81	4743775,49	0	0
1	18	721065,20	4743729,89	0	0
1	19	721088,78	4743657,27	0	0
1	20	721087,50	4743734,00	0	0
1	21	721098,93	4743782,71	0	0
1	22	721119,92	4743827,91	0	0
1	23	721136,02	4743874,65	0	0
1	24	721146,58	4743923,76	0	0
1	25	721168,54	4743967,29	0	0
1	26	721207,78	4743966,43	0	0
1	27	721200,64	4743917,86	0	0
1	28	721205,12	4743868,38	0	0
1	29	721206,13	4743817,96	0	0
1	30	721186,70	4743772,38	0	0
1	31	721172,97	4743724,87	0	0
1	32	721165,25	4743676,27	0	0
1	33	721152,29	4743627,51	0	0
1	34	721160,52	4743590,03	0	0
1	35	721177,73	4743572,77	0	0
1	36	721183,53	4743622,57	0,03	0,02
1	37	721197,42	4743670,10	0,02	0,02
1	38	721216,60	4743716,08	0,01	0,01
1	39	721228,81	4743807,66	0	0
1	40	721241,50	4743855,99	0,5	0,38
1	41	721258,29	4743903,18	0	0
1	42	721274,25	4743950,34	0	0
1	43	721289,70	4743997,90	0,02	0,01
1	44	721318,77	4744039,12	0	0
1	45	721348,35	4744020,56	0	0
1	46	721345,05	4743970,42	0	0
1	47	721329,61	4743923,28	0	0
1	48	721325,76	4743873,54	0	0
1	49	721318,97	4743824,13	0	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	50	721305,99	4743776,21	0	0
1	51	721279,95	4743698,19	0	0
1	52	721288,97	4743658,62	0	0
1	53	721278,76	4743609,53	0	0
1	54	721272,91	4743566,08	0	0
1	55	721306,13	4743567,15	0	0
1	56	721308,92	4743616,43	0	0
1	57	721322,34	4743663,51	0	0
1	58	721330,26	4743712,96	0	0
1	59	721343,23	4743761,30	0	0
1	60	721354,68	4743809,58	0	0
1	61	721361,91	4743859,00	0,01	0,01
1	62	721374,96	4743907,77	0	0
1	63	721391,22	4743954,52	0	0
1	64	721407,05	4744002,10	0	0
1	65	721427,58	4744048,13	0,14	0,11
1	66	721468,97	4744051,17	0	0
1	67	721466,76	4744001,05	0	0
1	68	721456,39	4743952,38	0	0
1	69	721451,20	4743902,58	0	0
1	70	721462,20	4743849,93	0	0
1	71	721430,66	4743815,85	0	0
1	72	721424,38	4743768,14	0	0
1	73	721411,85	4743720,25	0	0
1	74	721407,66	4743670,92	0	0
1	75	721404,71	4743625,02	0,01	0,01
1	76	721443,07	4743620,74	0	0
1	77	721450,50	4743669,75	0	0
1	78	721463,78	4743717,67	0,04	0,03
1	79	721478,96	4743765,23	0	0
1	80	721508,90	4743803,94	0	0
1	81	721524,49	4743849,81	0	0
1	82	721524,41	4743899,00	0	0
1	83	721518,89	4743948,02	0,01	0,01
1	84	721523,32	4743998,21	0	0
1	85	721570,17	4743994,20	0	0
1	86	721570,92	4743941,21	0	0
1	87	721587,38	4743955,73	0	0
1	88	721565,91	4743911,37	0	0
1	89	721558,85	4743862,37	0	0
1	90	721539,45	4743816,38	0	0
1	91	721525,52	4743770,97	0,03	0,02
1	92	721516,58	4743721,49	0	0
1	93	721505,69	4743673,22	0	0
1	94	721522,35	4743639,83	0	0
1	95	721558,51	4743627,42	0,01	0,01
1	96	721569,74	4743675,28	0	0
1	97	721579,15	4743723,93	0,01	0
1	98	721593,89	4743771,47	0	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	99	721622,56	4743835,58	0,12	0,09
1	100	721664,08	4743841,16	0,01	0,01
1	101	721665,36	4743791,59	0	0
1	102	721661,77	4743741,85	0	0
1	103	721652,83	4743692,37	0	0
1	104	721683,01	4743668,33	0	0
1	105	721703,23	4743703,75	0	0
1	106	721712,42	4743752,38	0	0
1	107	721721,11	4743801,43	0	0
1	108	721731,18	4743850,95	0	0
1	109	721776,78	4743862,18	0	0
1	110	721782,52	4743813,17	0	0
1	111	721794,93	4743765,22	0	0
1	112	721812,39	4743725,08	0,05	0,04
1	113	721846,17	4743760,51	0,01	0,01
1	114	721833,48	4743720,66	4,01	3,06
1	115	721801,81	4743682,32	0,04	0,03
1	116	721768,92	4743644,37	0	0
1	117	721730,70	4743646,96	0	0
1	118	721739,91	4743696,03	0	0
1	119	721747,53	4743745,46	0	0
1	120	721754,24	4743794,45	0	0
1	121	721719,47	4743817,08	0	0
1	122	721692,08	4743804,32	0	0
1	123	721693,45	4743754,32	0	0
1	124	721683,01	4743705,65	0,01	0,01
1	125	721674,96	4743656,19	0	0
1	126	721613,02	4743633,83	0	0
1	127	721611,40	4743682,55	0	0
1	128	721612,43	4743733,06	0	0
1	129	721620,46	4743782,51	0	0
1	130	721610,56	4743828,41	0	0
1	131	721584,18	4743851,73	0	0
1	132	721579,21	4743802,38	0	0
1	133	721577,48	4743752,71	0	0
1	134	721571,21	4743704,58	0	0
1	135	721561,39	4743655,93	0	0
1	136	721541,01	4743611,16	0	0
1	137	721509,35	4743573,68	0	0
1	138	721472,51	4743546,21	0	0
1	139	721467,13	4743593,95	0	0
1	140	721470,17	4743642,81	0	0
1	141	721477,54	4743692,67	0	0
1	142	721488,96	4743741,38	0	0
1	143	721496,22	4743790,38	0	0
1	144	721517,24	4743836,02	0	0
1	145	721537,54	4743881,62	0	0
1	146	721558,23	4743925,54	0	0
1	147	721522,45	4743957,47	0	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	148	721481,53	4743983,71	0	0
1	149	721462,15	4743941,96	0	0
1	150	721456,63	4743892,59	0	0
1	151	721451,68	4743815,24	0	0
1	152	721435,15	4743768,06	0	0
1	153	721418,04	4743723,84	0	0
1	154	721411,17	4743674,00	0	0
1	155	721408,43	4743624,29	0,02	0,02
1	156	721383,65	4743584,48	0	0
1	157	721352,52	4743599,59	0	0
1	158	721351,93	4743650,04	0	0
1	159	721367,11	4743697,60	0	0
1	160	721381,83	4743744,29	0	0
1	161	721374,15	4743793,24	0	0
1	162	721391,59	4743840,02	0	0
1	163	721417,66	4743882,85	0,01	0
1	164	721436,10	4743928,82	0	0
1	165	721441,23	4743977,76	0,01	0,01
1	166	721420,95	4744014,41	0	0
1	167	721382,82	4744018,70	0	0
1	168	721375,54	4743969,28	0	0
1	169	721363,48	4743920,55	0	0
1	170	721350,59	4743873,06	0	0
1	171	721341,60	4743824,00	0	0
1	172	721319,26	4743779,18	0	0
1	173	721300,55	4743733,20	0	0
1	174	721294,87	4743685,10	0	0
1	175	721291,44	4743634,95	0	0
1	176	721292,93	4743585,80	0	0
1	177	721277,03	4743538,64	0	0
1	178	721265,78	4743489,94	0	0
1	179	721220,67	4743491,03	0	0
1	180	721217,57	4743539,28	0	0
1	181	721223,20	4743588,23	0	0
1	182	721222,43	4743637,82	0	0
1	183	721233,04	4743687,78	0	0
1	184	721248,68	4743734,50	0	0
1	185	721257,83	4743783,14	0	0
1	186	721261,39	4743832,87	0,01	0,01
1	187	721275,59	4743880,83	0	0
1	188	721284,65	4743930,31	0	0
1	189	721285,08	4743974,01	0	0
1	190	721242,54	4743979,85	0,29	0,22
1	191	721235,93	4743931,30	0	0
1	192	721233,91	4743881,18	0	0
1	193	721215,51	4743834,80	0	0
1	194	721197,35	4743788,84	0	0
1	195	721181,10	4743741,24	0	0
1	196	721173,57	4743692,24	0	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	197	721165,01	4743643,61	0	0
1	198	721155,55	4743594,54	0	0
1	199	721105,75	4743565,37	0	0
1	200	721099,75	4743614,80	0	0
1	201	721114,76	4743662,78	0	0
1	202	721126,11	4743710,21	0	0
1	203	721131,60	4743760,01	0	0
1	204	721141,99	4743808,68	0	0
1	205	721147,08	4743858,04	0	0
1	206	721134,90	4743900,48	0	0
1	207	721095,47	4743900,92	0	0
1	208	721079,98	4743855,04	0	0
1	209	721064,65	4743807,90	0	0
1	210	721060,83	4743759,01	0	0
1	211	721061,61	4743709,84	0,1	0,08
1	212	721022,98	4743719,63	2,03	1,54
1	213	721006,64	4743766,60	0	0
1	214	721015,80	4743840,68	0	0
1	215	721064,17	4743843,50	0	0
1	216	721114,57	4743844,70	0	0
1	217	721607,16	4743896,58	0	0
1	218	721614,83	4743855,69	0	0
1	219	721662,89	4743847,91	0	0
1	220	721709,99	4743838,82	0	0
1	221	721758,73	4743844,21	0	0
1	222	721788,99	4743804,04	0	0
1	223	721808,23	4743754,20	0,22	0,17
1	224	721759,17	4743756,86	0	0
1	225	721710,27	4743761,65	0	0
1	226	721660,24	4743762,59	1,03	0,79
1	227	721610,25	4743766,92	0	0
1	228	721561,91	4743777,66	0	0
1	229	721512,97	4743783,29	0	0
1	230	721463,94	4743792,31	0	0
1	231	721414,04	4743791,55	0	0
1	232	721364,35	4743789,53	0	0
1	233	721315,72	4743802,39	0	0
1	234	721268,81	4743819,13	0	0
1	235	721219,75	4743821,36	0	0
1	236	721169,80	4743826,12	0,01	0
1	237	721121,83	4743834,76	0	0
1	238	721072,02	4743834,85	0	0
1	239	721053,07	4743827,04	0	0
1	240	721092,01	4743799,03	0,02	0,01
1	241	721123,81	4743764,00	0	0
1	242	721172,44	4743760,47	0	0
1	243	721220,09	4743746,73	0	0
1	244	721269,24	4743736,44	0	0
1	245	721317,05	4743732,89	0	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	246	721366,89	4743738,30	0	0
1	247	721417,17	4743740,77	0,84	0,64
1	248	721460,93	4743716,31	0,04	0,03
1	249	721504,61	4743693,11	1,75	1,34
1	250	721552,74	4743688,73	1,9	1,45
1	251	721601,57	4743700,90	4,91	3,74
1	252	721650,60	4743705,03	0	0
1	253	721694,33	4743724,24	0	0
1	254	721781,09	4743706,26	0,1	0,07
1	255	721743,09	4743707,58	0	0
1	256	721703,25	4743737,25	0	0
1	257	721665,58	4743770,39	0	0
1	258	721636,25	4743811,43	0	0
1	259	721605,99	4743850,74	0	0
1	260	721593,06	4743899,94	0	0
1	261	721600,68	4743945,13	0,1	0,08
2	2	721626,31	4743929,05	0	4,61
2	3	721576,09	4743912,80	0	0
2	4	721495,40	4743910,85	0	0
2	5	721316,90	4743895,48	0	0
2	6	721268,92	4743883,19	0	0
2	7	721221,69	4743867,57	0	0
2	8	721173,63	4743851,25	0	0
2	9	721125,87	4743846,00	0	0
2	10	721081,78	4743832,71	0	0
2	11	721036,76	4743809,78	0	0
2	12	720971,83	4743853,21	0,66	2,66
2	13	721000,70	4743893,47	0,58	0,06
2	14	721038,09	4743922,20	0,8	0,4
2	15	721060,65	4743897,11	0	0
2	16	721055,43	4743848,07	0	0
2	17	721053,16	4743751,55	0,59	2,83
2	18	721073,32	4743706,38	0	0
2	19	721089,45	4743680,49	0	0
2	20	721093,42	4743758,32	0,59	2,81
2	21	721111,73	4743803,94	0	0
2	22	721131,19	4743850,17	0	0
2	23	721141,91	4743899,24	0	0
2	24	721153,45	4743948,14	0	0
2	25	721190,91	4743979,86	0	0
2	26	721199,06	4743942,25	0	0
2	27	721202,15	4743892,96	0	0
2	28	721203,06	4743843,12	0	0
2	29	721193,38	4743796,81	0	0
2	30	721175,96	4743749,83	0	0
2	31	721170,30	4743700,45	0	0
2	32	721159,86	4743651,83	0	0
2	33	721142,00	4743604,79	0	0
2	34	721169,80	4743567,34	0	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
2	35	721178,26	4743597,09	0	0
2	36	721192,65	4743646,08	0	0
2	37	721206,92	4743692,27	0	0
2	38	721221,78	4743739,95	0,59	0,43
2	39	721235,91	4743830,72	0	0
2	40	721251,44	4743878,97	0	0
2	41	721266,99	4743926,33	0	0
2	42	721283,81	4743973,02	0	0
2	43	721303,43	4744018,91	0	0
2	44	721341,58	4744044,48	0	0
2	45	721347,07	4743996,00	0	0
2	46	721335,76	4743947,48	0	0
2	47	721325,31	4743898,49	0	0
2	48	721319,95	4743849,34	0	0
2	49	721309,76	4743800,69	0	0
2	50	721301,71	4743751,43	0	0
2	51	721282,94	4743695,48	0	0
2	52	721286,21	4743633,44	0	0
2	53	721271,30	4743583,42	0,67	45,56
2	54	721295,80	4743555,19	0	0
2	55	721305,44	4743591,67	0	0
2	56	721317,98	4743640,87	0	0
2	57	721326,50	4743688,68	0	0
2	58	721338,33	4743736,80	0,59	38,25
2	59	721351,15	4743784,61	0	0
2	60	721359,85	4743833,25	0,59	1,68
2	61	721368,85	4743883,17	0	0
2	62	721384,79	4743930,26	0	0
2	63	721400,05	4743978,20	0	0
2	64	721417,18	4744025,73	0	0
2	65	721448,99	4744061,12	0	0
2	66	721468,84	4744026,25	0	0
2	67	721461,94	4743976,42	0	0
2	68	721451,52	4743928,04	0	0
2	69	721451,37	4743867,78	0	0
2	70	721447,82	4743832,44	0	0
2	71	721422,03	4743792,95	0	0
2	72	721418,85	4743744,23	0	0
2	73	721406,42	4743696,25	0	0
2	74	721401,83	4743645,23	0	0
2	75	721426,00	4743612,89	0	0
2	76	721445,42	4743645,70	0	0
2	77	721459,48	4743693,20	0,59	0,31
2	78	721469,70	4743742,53	0	0
2	79	721493,00	4743787,26	0	0
2	80	721519,73	4743825,94	0,58	11,94
2	81	721527,52	4743873,53	0,59	0,08
2	82	721524,21	4743924,20	0	0
2	83	721517,58	4743973,58	0	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
2	84	721548,74	4744003,61	0	0
2	85	721568,60	4743969,26	0	0
2	86	721595,44	4743935,91	3,05	0,85
2	87	721577,22	4743933,03	0	0
2	88	721559,51	4743887,80	0	0
2	89	721548,88	4743839,19	0	0
2	90	721525,15	4743795,07	0	0
2	91	721521,55	4743745,74	0	0
2	92	721506,7863	4743698,687	0	0
2	93	721500,7292	4743649,333	0	0
2	94	721543,7574	4743624,347	0	0
2	95	721565,4732	4743651,004	0	0
2	96	721577,3933	4743697,967	0	0
2	97	721588,3374	4743747,278	0	0
2	98	721603,5203	4743796,603	0	0
2	99	721642,1665	4743849,274	0	0
2	100	721664,2138	4743817,789	0	0
2	101	721663,8201	4743766,194	0	0
2	102	721657,4869	4743716,808	0	0
2	103	721658,3403	4743672,49	0	0
2	104	721699,1774	4743677,196	0	0
2	105	721706,2526	4743728,695	0	0
2	106	721718,2837	4743776,751	0	0
2	107	721727,2054	4743826,053	0	0
2	108	721753,7421	4743864,349	0	0
2	109	721782,4216	4743839,148	0	0
2	110	721786,1699	4743789,087	0	0
2	111	721792,6833	4743741,349	0,59	0,81
2	112	721826,5573	4743747,254	0,63	100,81
2	113	721850,0206	4743742,229	0	0
2	114	721816,3139	4743702,923	0	0
2	115	721784,9809	4743664,105	0	0
2	116	721746,0195	4743635,203	0	0
2	117	721736,4432	4743671,058	0	0
2	118	721745,2498	4743719,867	0	0
2	119	721751,4351	4743770,015	2,75	7,33
2	120	721744,0824	4743811,544	0	0
2	121	721694,8662	4743825,112	0	0
2	122	721695,1244	4743779,208	0	0
2	123	721685,3179	4743730,433	0	0
2	124	721676,3064	4743681,362	0	0
2	125	721655,1273	4743639,826	0	0
2	126	721613,4248	4743657,938	0	0
2	127	721614,5067	4743707,999	0	0
2	128	721618,065	4743757,406	0	0
2	129	721621,9642	4743806,646	0	0
2	130	721596,3744	4743850,557	0	0
2	131	721581,1891	4743827,001	0,59	0,97
2	132	721579,2019	4743777,345	0,59	18,15



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
2	133	721567,9071	4743729,267	0	0
2	134	721566,4358	4743679,85	0	0
2	135	721547,6927	4743635,591	0	0
2	136	721524,7321	4743590,885	0	0
2	137	721492,7485	4743553,148	0	0
2	138	721464,2496	4743568,918	0	0
2	139	721471,1309	4743618,11	0	0
2	140	721475,0393	4743667,861	0	0
2	141	721483,937	4743716,95	0	0
2	142	721495,9103	4743764,816	0	0
2	143	721506,0647	4743813,501	0	0
2	144	721529,6612	4743857,494	0	0
2	145	721549,7522	4743903,341	0	0
2	146	721543,2338	4743943,653	0,91	0,52
2	147	721501,7397	4743972,401	0	0
2	148	721469,199	4743966,807	0	0
2	149	721456,2895	4743917,778	0,58	0,07
2	150	721453,8736	4743867,429	0	0
2	151	721442,1814	4743792,492	0	0
2	152	721421,5444	4743746,539	0	0
2	153	721414,7317	4743699,284	0	0
2	154	721408,6462	4743649,774	0	0
2	155	721403,3206	4743599,788	0	0
2	156	721358,5513	4743577,86	0	0
2	157	721351,8607	4743624,836	0	0
2	158	721359,0341	4743674,126	0,63	12,01
2	159	721377,1933	4743720,545	0	0
2	160	721379,6652	4743769,172	0	0
2	161	721382,3195	4743817,215	0	0
2	162	721405,7501	4743861,046	0	0
2	163	721430,6579	4743904,236	0	0
2	164	721442,0704	4743952,995	0	0
2	165	721441,4268	4744003,045	0	0
2	166	721397,4645	4744026,366	0	0
2	167	721377,8278	4743994,374	0	0
2	168	721368,9246	4743945,452	0,59	26,59
2	169	721355,4302	4743897,282	0	0
2	170	721344,7808	4743848,692	0	0
2	171	721330,719	4743800,593	0	0
2	172	721311,2937	4743756,135	0	0
2	173	721293,7089	4743710,169	0	0
2	174	721291,9987	4743659,977	0	0
2	175	721290,0787	4743609,433	0	0
2	176	721282,7231	4743562,228	0,78	2,04
2	177	721273,7614	4743514,315	0	0
2	178	721244,3973	4743481,611	0	0
2	179	721215,4342	4743513,12	0	0
2	180	721223,1711	4743563,505	0	0
2	181	721225,3449	4743613,045	0	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
2	182	721228,8079	4743662,449	0	0
2	183	721243,921	4743709,959	0	0
2	184	721254,352	4743758,752	0	0
2	185	721260,1264	4743808,041	0	0
2	186	721269,9084	4743856,647	0	0
2	187	721282,2225	4743905,401	0	0
2	188	721290,1143	4743954,747	0	0
2	189	721260,7022	4743982,195	0	0
2	190	721236,7886	4743956,191	0	0
2	191	721236,1016	4743905,732	0	0
2	192	721222,157	4743859,06	0	0
2	193	721204,4267	4743812,522	0	0
2	194	721189,3656	4743764,925	0	0
2	195	721176,3631	4743717,438	0	0
2	196	721166,7569	4743668,427	0,59	0,21
2	197	721160,0859	4743618,998	0,58	1,61
2	198	721147,213	4743571,283	0	0
2	199	721102,4015	4743589,399	0	0
2	200	721107,6521	4743638,47	0	0
2	201	721124,9165	4743685,026	0	0
2	202	721129,6553	4743734,226	0	0
2	203	721137,0053	4743784,177	0	0
2	204	721146,5102	4743832,773	0	0
2	205	721150,457	4743882,415	0	0
2	206	721113,7071	4743914,352	0	0
2	207	721083,3685	4743880,428	0	0
2	208	721074,0493	4743830,625	0,59	0,52
2	209	721061,1874	4743783,588	0,59	5,46
2	210	721061,8511	4743734,095	0	0
2	211	721042,6802	4743702,563	0	0
2	212	721014,672	4743742,63	0	0
2	213	721007,2931	4743793,531	0	0
2	214	721038,9295	4743837,28	0	0
2	215	721089,8072	4743842,77	0	0
2	216	721141,7973	4743839,615	0	0
2	217	721599,5417	4743873,96	0	0
2	218	721637,7732	4743847,187	0	0
2	219	721686,4013	4743844,25	0	0
2	220	721734,2496	4743843,167	0	0
2	221	721771,8178	4743821,764	0	0
2	222	721802,3544	4743780,581	0	0
2	223	721784,3235	4743759,501	0	0
2	224	721733,9765	4743761,404	0	0
2	225	721685,3379	4743763,885	0,58	0,02
2	226	721635,2701	4743765,508	0	0
2	227	721586,5772	4743776,548	0	0
2	228	721537,8734	4743783,608	0	0
2	229	721488,9176	4743791,127	0	0
2	230	721438,7466	4743793,427	0	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
2	231	721388,5647	4743795,049	0	0
2	232	721339,8409	4743795,617	0	0
2	233	721292,7583	4743813,37	0	0
2	234	721244,8298	4743823,836	0	0
2	235	721194,3156	4743824,604	0	0
2	236	721143,4466	4743830,052	0,58	1,81
2	237	721100,4497	4743832,484	0	0
2	238	721051,8207	4743846,943	0	0
2	239	721073,2042	4743808,509	0	0
2	240	721106,9122	4743780,576	0	0
2	241	721147,4488	4743756,898	0	0
2	242	721197,8191	4743756,036	0	0
2	243	721244,101	4743740,536	0,58	0,19
2	244	721292,4483	4743728,771	0	0
2	245	721341,9345	4743732,763	0	0
2	246	721392,0681	4743739,021	0	0
2	247	721439,8286	4743729,228	0	0
2	248	721483,2292	4743705,366	0	0
2	249	721528,6642	4743685,694	0	0
2	250	721577,4164	4743693,432	0	0
2	251	721626,8872	4743699,693	0	0
2	252	721671,6381	4743718,331	0	0
2	253	721716,9098	4743716,209	0	0
2	254	721763,008	4743710,534	0	0
2	255	721724,3905	4743724,854	0	0
2	256	721683,392	4743753,394	0	0
2	257	721651,0632	4743791,541	0	0
2	258	721622,0192	4743832,406	0,59	4,38
2	259	721600,5069	4743875,503	0	0
2	260	721592,7181	4743926,546	2,28	4,6
2	261	721626,317	4743937,41	0	0
3	3	721576,0878	4743912,804	0	0
3	4	721495,3958	4743910,853	0	0
3	5	721316,8992	4743895,477	0	0
3	6	721268,9248	4743883,185	0,06	0,18
3	7	721221,6872	4743867,571	0	0
3	8	721173,629	4743851,253	0	0
3	9	721125,8703	4743845,996	0	0
3	10	721081,7822	4743832,708	0	0
3	11	721036,7591	4743809,785	0	0
3	12	720971,8304	4743853,214	0	0
3	13	721000,6978	4743893,471	0	0
3	14	721038,0946	4743922,197	0	0
3	15	721060,6455	4743897,107	0	0
3	16	721055,4347	4743848,07	0	0
3	17	721053,1556	4743751,547	0,35	1,97
3	18	721073,315	4743706,382	0,29	0,02
3	19	721089,4513	4743680,486	0	0
3	20	721093,4185	4743758,32	0	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
3	21	721111,7274	4743803,942	0	0
3	22	721131,1871	4743850,169	0	0
3	23	721141,9125	4743899,238	0	0
3	24	721153,4451	4743948,145	0	0
3	25	721190,9086	4743979,864	0	0
3	26	721199,0569	4743942,25	0	0
3	27	721202,1461	4743892,957	0	0
3	28	721203,0594	4743843,116	0	0
3	29	721193,383	4743796,815	0	0
3	30	721175,9613	4743749,831	0	0
3	31	721170,2957	4743700,446	0	0
3	32	721159,8583	4743651,83	0	0
3	33	721142,004	4743604,788	0	0
3	34	721169,7984	4743567,339	0	0
3	35	721178,2553	4743597,092	0	0
3	36	721192,6503	4743646,08	0	0
3	37	721206,9221	4743692,273	0	0
3	38	721221,7761	4743739,952	0	0
3	39	721235,9086	4743830,72	0	0
3	40	721251,4395	4743878,966	0	0
3	41	721266,9901	4743926,334	0	0
3	42	721283,8146	4743973,021	0	0
3	43	721303,4307	4744018,908	0	0
3	44	721341,5818	4744044,48	0	0
3	45	721347,0685	4743995,998	0	0
3	46	721335,7624	4743947,476	0,12	0,02
3	47	721325,3057	4743898,493	0	0
3	48	721319,9532	4743849,34	0	0
3	49	721309,7638	4743800,687	0	0
3	50	721301,7137	4743751,425	0,06	1,08
3	51	721282,9353	4743695,482	0,09	0,11
3	52	721286,2135	4743633,444	0	0
3	53	721271,2959	4743583,416	0	0
3	54	721295,7993	4743555,189	0	0
3	55	721305,439	4743591,673	0	0
3	56	721317,9768	4743640,868	0	0
3	57	721326,4993	4743688,677	0	0
3	58	721338,3344	4743736,805	0	0
3	59	721351,1536	4743784,608	0	0
3	60	721359,8537	4743833,246	0	0
3	61	721368,8477	4743883,172	0	0
3	62	721384,791	4743930,265	0	0
3	63	721400,0523	4743978,202	0	0
3	64	721417,1841	4744025,733	0	0
3	66	721468,8424	4744026,249	0	0
3	67	721461,9413	4743976,424	0	0
3	68	721451,5236	4743928,041	0	0
3	69	721451,3742	4743867,783	0	0
3	70	721447,821	4743832,439	0	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
3	71	721422,0331	4743792,945	0	0
3	72	721418,8523	4743744,229	0	0
3	73	721406,4156	4743696,248	0,37	4,81
3	74	721401,8271	4743645,23	0	0
3	75	721426,0048	4743612,89	0	0
3	76	721445,4198	4743645,698	0	0
3	77	721459,476	4743693,196	0	0
3	78	721469,7	4743742,528	0	0
3	79	721493,0034	4743787,256	0	0
3	80	721519,7338	4743825,936	0	0
3	81	721527,5248	4743873,533	0	0
3	82	721524,2092	4743924,198	0	0
3	83	721517,5793	4743973,577	0,94	0,04
3	84	721548,7446	4744003,606	0	0
3	85	721568,5997	4743969,26	0	0
3	88	721559,5086	4743887,803	0	0
3	89	721548,8777	4743839,191	0	0
3	90	721525,1543	4743795,072	0	0
3	91	721521,552	4743745,741	0,43	1,6
3	92	721506,7863	4743698,687	0	0
3	93	721500,7292	4743649,333	0	0
3	94	721543,7574	4743624,347	3,01	28,51
3	95	721565,4732	4743651,004	0	0
3	96	721577,3933	4743697,967	0,47	0,02
3	97	721588,3374	4743747,278	0	0
3	98	721603,5203	4743796,603	0	0
3	99	721642,1665	4743849,274	0	0
3	100	721664,2138	4743817,789	0	0
3	101	721663,8201	4743766,194	0	0
3	102	721657,4869	4743716,808	0,47	1,2
3	103	721658,3403	4743672,49	2,21	1,46
3	104	721699,1774	4743677,196	0	0
3	105	721706,2526	4743728,695	0	0
3	106	721718,2837	4743776,751	0	0
3	107	721727,2054	4743826,053	0,44	0,5
3	108	721753,7421	4743864,349	0	0
3	109	721782,4216	4743839,148	0	0
3	110	721786,1699	4743789,087	1,49	0,93
3	111	721792,6833	4743741,349	0	0
3	112	721826,5573	4743747,254	0	0
3	117	721736,4432	4743671,058	0	0
3	118	721745,2498	4743719,867	1,55	32,26
3	119	721751,4351	4743770,015	0	0
3	120	721744,0824	4743811,544	1,78	8,82
3	121	721694,8662	4743825,112	0	0
3	122	721695,1244	4743779,208	0	0
3	123	721685,3179	4743730,433	0	0
3	124	721676,3064	4743681,362	0	0
3	126	721613,4248	4743657,938	0	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
3	127	721614,5067	4743707,999	0	0
3	128	721618,065	4743757,406	0	0
3	129	721621,9642	4743806,646	0	0
3	130	721596,3744	4743850,557	0	0
3	131	721581,1891	4743827,001	0	0
3	132	721579,2019	4743777,345	0	0
3	133	721567,9071	4743729,267	0	0
3	134	721566,4358	4743679,85	0	0
3	135	721547,6927	4743635,591	0	0
3	136	721524,7321	4743590,885	0	0
3	137	721492,7485	4743553,148	0	0
3	138	721464,2496	4743568,918	0	0
3	139	721471,1309	4743618,11	0	0
3	140	721475,0393	4743667,861	0	0
3	141	721483,937	4743716,95	0,39	11,37
3	142	721495,9103	4743764,816	0	0
3	143	721506,0647	4743813,501	0	0
3	144	721529,6612	4743857,494	0	0
3	145	721549,7522	4743903,341	0	0
3	146	721543,2338	4743943,653	0	0
3	147	721501,7397	4743972,401	0	0
3	148	721469,199	4743966,807	0	0
3	149	721456,2895	4743917,778	0	0
3	150	721453,8736	4743867,429	0	0
3	151	721442,1814	4743792,492	0,31	0,55
3	152	721421,5444	4743746,539	0	0
3	153	721414,7317	4743699,284	0	0
3	154	721408,6462	4743649,774	1,72	0,08
3	155	721403,3206	4743599,788	0	0
3	156	721358,5513	4743577,86	0	0
3	157	721351,8607	4743624,836	0	0
3	158	721359,0341	4743674,126	0	0
3	159	721377,1933	4743720,545	0	0
3	160	721379,6652	4743769,172	0	0
3	161	721382,3195	4743817,215	0	0
3	162	721405,7501	4743861,046	0	0
3	163	721430,6579	4743904,236	0	0
3	164	721442,0704	4743952,995	0	0
3	165	721441,4268	4744003,045	0	0
3	166	721397,4645	4744026,366	0,61	0,46
3	167	721377,8278	4743994,374	0	0
3	168	721368,9246	4743945,452	0	0
3	169	721355,4302	4743897,282	0	0
3	170	721344,7808	4743848,692	0	0
3	171	721330,719	4743800,593	0	0
3	172	721311,2937	4743756,135	0	0
3	173	721293,7089	4743710,169	0	0
3	174	721291,9987	4743659,977	0	0
3	175	721290,0787	4743609,433	0	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
3	176	721282,7231	4743562,228	0	0
3	180	721223,1711	4743563,505	0	0
3	181	721225,3449	4743613,045	0	0
3	182	721228,8079	4743662,449	0	0
3	183	721243,921	4743709,959	0	0
3	184	721254,352	4743758,752	0	0
3	185	721260,1264	4743808,041	0	0
3	186	721269,9084	4743856,647	0	0
3	187	721282,2225	4743905,401	0	0
3	188	721290,1143	4743954,747	0	0
3	189	721260,7022	4743982,195	0	0
3	190	721236,7886	4743956,191	0	0
3	191	721236,1016	4743905,732	0	0
3	192	721222,157	4743859,06	0	0
3	193	721204,4267	4743812,522	0,06	6,4
3	194	721189,3656	4743764,925	0	0
3	195	721176,3631	4743717,438	0	0
3	196	721166,7569	4743668,427	0	0
3	197	721160,0859	4743618,998	0	0
3	198	721147,213	4743571,283	0	0
3	199	721102,4015	4743589,399	0	0
3	200	721107,6521	4743638,47	0	0
3	201	721124,9165	4743685,026	0	0
3	202	721129,6553	4743734,226	0	0
3	203	721137,0053	4743784,177	0	0
3	204	721146,5102	4743832,773	0	0
3	205	721150,457	4743882,415	0,23	0,25
3	206	721113,7071	4743914,352	0	0
3	207	721083,3685	4743880,428	0	0
3	208	721074,0493	4743830,625	0	0
3	209	721061,1874	4743783,588	0	0
3	210	721061,8511	4743734,095	0	0
3	211	721042,6802	4743702,563	0	0
3	214	721038,9295	4743837,28	0	0
3	215	721089,8072	4743842,77	0,31	30,67
3	216	721141,7973	4743839,615	0	0
3	219	721686,4013	4743844,25	0	0
3	220	721734,2496	4743843,167	0	0
3	221	721771,8178	4743821,764	0	0
3	222	721802,3544	4743780,581	0	0
3	223	721784,3235	4743759,501	0	0
3	225	721685,3379	4743763,885	0	0
3	226	721635,2701	4743765,508	0	0
3	227	721586,5772	4743776,548	0	0
3	228	721537,8734	4743783,608	0	0
3	229	721488,9176	4743791,127	0	0
3	230	721438,7466	4743793,427	0	0
3	231	721388,5647	4743795,049	0	0
3	232	721339,8409	4743795,617	0	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
3	233	721292,7583	4743813,37	0	0
3	234	721244,8298	4743823,836	0,06	0,08
3	235	721194,3156	4743824,604	0	0
3	236	721143,4466	4743830,052	0	0
3	237	721100,4497	4743832,484	0	0
3	238	721051,8207	4743846,943	0	0
3	239	721073,2042	4743808,509	0	0
3	240	721106,9122	4743780,576	0	0
3	241	721147,4488	4743756,898	0,07	2,19
3	242	721197,8191	4743756,036	0	0
3	243	721244,101	4743740,536	0	0
3	244	721292,4483	4743728,771	0	0
3	245	721341,9345	4743732,763	0	0
3	246	721392,0681	4743739,021	0	0
3	247	721439,8286	4743729,228	0	0
3	248	721483,2292	4743705,366	0,42	0,2
3	249	721528,6642	4743685,694	0	0
3	250	721577,4164	4743693,432	0,53	0,28
3	251	721626,8872	4743699,693	0	0
3	252	721671,6381	4743718,331	0,46	1,04
3	253	721716,9098	4743716,209	0	0
3	254	721763,008	4743710,534	0,48	0,25
3	255	721724,3905	4743724,854	0	0
3	256	721683,392	4743753,394	0	0
3	257	721651,0632	4743791,541	0,47	1,63
3	258	721622,0192	4743832,406	0	0
3	260	721592,7181	4743926,546	0	0



ANEXO 4. BOLETINES DE ENSAYO DE eDNA



TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
ESPECIES:	<i>Salmo trutta</i> y <i>Anguilla anguilla</i>	
Procedencia:	Embalse de Respomuso	
Código de proyecto:	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
RSP_E1S	<input checked="" type="checkbox"/>
RSP_E1M	<input checked="" type="checkbox"/>
RSP_E1F	<input checked="" type="checkbox"/>
RSP_PES_1_1	<input checked="" type="checkbox"/>
RSP_PES_1_2	<input checked="" type="checkbox"/>
RSP_PES_1_3	<input checked="" type="checkbox"/>
RSP_BEN_1_1	<input checked="" type="checkbox"/>
RSP_BEN_1_2	<input checked="" type="checkbox"/>
RSP_BEN_1_3	<input checked="" type="checkbox"/>
RSP_Río	<input checked="" type="checkbox"/>



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

Filtración de muestras de agua

Técnico: Susana Deus Álvarez

Almacenaje: Congelación

Incidencias: No

Muestras filtradas			
Código	Volumen (L)	Nº filtros	Fecha
RSP_E1_S	1	2	30/06/2022
RSP_E1_M	1	2	30/06/2022
RSP_E1_F	1	2	30/06/2022
RSP_PES_1_1	1	2	30/06/2022
RSP_PES_1_2	1	2	30/06/2022
RSP_PES_1_3	1	2	30/06/2022
RSP_BEN_1_1	1	2	30/06/2022
RSP_BEN_1_2	1	2	30/06/2022
RSP_BEN_1_3	1	2	30/06/2022
RSP_Río	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
RSP_E1_S	100	<input checked="" type="checkbox"/>
RSP_E1_M	100	<input checked="" type="checkbox"/>
RSP_E1_F	100	<input checked="" type="checkbox"/>
RSP_PES_1_1	100	<input checked="" type="checkbox"/>
RSP_PES_1_2	100	<input checked="" type="checkbox"/>
RSP_PES_1_3	100	<input checked="" type="checkbox"/>
RSP_BEN_1_1	100	<input checked="" type="checkbox"/>
RSP_BEN_1_2	100	<input checked="" type="checkbox"/>
RSP_BEN_1_3	100	<input checked="" type="checkbox"/>
RSP_Río	100	<input checked="" type="checkbox"/>



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

Detección por PCR

Técnico: Susana Deus Álvarez

Incidencias: No

Salmo trutta

	qPCR
Máquina PCR:	Quantum studio 3
R2:	0.896
Recta - Pendiente:	-1,965
Recta - Intercepto	29,931
Conservación:	congelación



Target: Target 2 Slop: -1.965 R²: 0.896 Y-Inter: 29.931 Eff%: 222.693 Error: 0.254

Resultados		
Código	Detección	Concentración (ng/μL)
RSP_E1_S	+	29
RSP_E1_M	+	8
RSP_E1_F	+	13
RSP_PES_1_1	+	18
RSP_PES_1_2	+	16
RSP_PES_1_3	+	33
RSP_BEN_1_1	+	32
RSP_BEN_1_2	+	16
RSP_BEN_1_3	+	9
RSP_Río	+	4297
Control negativo PCR	-	



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

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



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

Anguilla anguilla

	qPCR	
Máquina PCR:	Quantum studio 3	
Conservación:	congelación	

Resultados		
Código	Detección	
RSP_E1_S	-	
RSP_E1_M	-	
RSP_E1_F	-	
RSP_PES_1_1	-	
RSP_PES_1_2	-	
RSP_PES_1_3	-	
RSP_BEN_1_1	-	
RSP_BEN_1_2	-	
RSP_BEN_1_3	-	

Conclusión

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