



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



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

PROMOTOR:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



SERVICIO:

ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS

DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

María José Rodríguez Pérez

EMPRESA CONSULTORA:

ECOHYDROS S.L.



EQUIPO DE TRABAJO:

Agustín P. Monteoliva, Alberto Criado, María Fernández, Iván González y Omar Monteoliva

PRESUPUESTO DE LA ADJUDICACIÓN:

114.425,25 Euros

CONTENIDO:

MEMORIA/ANEJOS/CARTOGRAFÍA/CD

AÑO DE EJECUCIÓN:

2022

FECHA ENTREGA:

NOVIEMBRE 2022



REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

Superior izquierda: Embarcación y equipo de hidroacústica en el embalse de Ardisa

Superior derecha: Ejemplar de carpa común (*Cyprinus carpio*)

Inferior izquierda: Ejemplar de madrilla (*Parachondostroma miegii*)

Inferior derecha: Ubicación de red bentónica en orilla

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2022) Sondeo hidroacústico en embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro: Embalse de Ardisa 55 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 ARDISA. AÑO 2022

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

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

*De las siete especies detectadas en los muestreos realizados en el embalse de Ardisa, cinco son alóctonas: alburno (*Alburnus alburnus*), carpa común (también en su variedad de espejos: *Cyprinus carpio specularis*), gardí (*Scardinius erythrophthalmus*), lucio (*Esox lucius*) y rutilo (*Rutilus rutilus*). Las dos especies autóctonas son madrilla (*Parachondrostoma miegii*) y gobio (*Gobio lozanoi*).*

*Los resultados determinaron que la asociación está claramente dominada en densidad por el alburno (*Alburnus alburnus*), que representa el 63%. En lo que respecta a la biomasa, la carpa común (*Cyprinus carpio*), en sus dos variedades, domina la asociación con un 94%. La madrilla mantiene una población estructurada gracias a disponer de hábitat reproductivo accesible y zonas de refugio en la vegetación acuática del embalse.*

La densidad estimada fue de $26,28 \pm 3,85$ ind/dam³ y la biomasa de $12,37 \pm 1,81$ g/m², es decir, unos 123,7 kg/ha, que pueden considerarse valores altos en ambos casos.

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

Se recomienda abordar un programa de retirada de biomasa excedentaria de peces alóctonos.

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

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

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

*Of the seven species detected in the samples taken in the Ardisa reservoir, five are allochthonous: bleak (*Alburnus alburnus*), common carp (also in its mirror variety: *Cyprinus carpio specularis*), common rudd (*Scardinius erythrophthalmus*), pike (*Esox lucius*) and roach (*Rutilus rutilus*). The two native species are madrilla (*Parachondrostoma miegii*) and Iberian gudgeon (*Gobio lozanoi*).*

*The results determined that the association is clearly dominated in density by the bleak (*Alburnus alburnus*), which represents 63%. In terms of biomass, the common carp (*Cyprinus carpio*), in its two varieties, dominates the association with 94%. The common carp maintains a structured population thanks to the availability of accessible reproductive habitat and refuge areas in the aquatic vegetation of the reservoir.*

The estimated density was 26.28 ± 3.85 ind/dam³ and the biomass was 12.37 ± 1.81 g/m², i.e. about 123.7 kg/ha, which can be considered high values in both cases.

The analyses carried out using the most sensitive technique known (eDNA) have made it possible to rule out the presence of common trout and European eel.

It is recommended that a program for the removal of excess biomass of allochthonous fish be undertaken.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	10
1.1. PRESTACIONES DE LAS TÉCNICAS APLICADAS	11
1.2. INTERÉS DEL ESTUDIO CUANTITATIVO DE LA FAUNA ÍCTICA EN MASAS DE AGUA NO VADEABLES.....	12
2. ÁMBITO DE ESTUDIO.....	13
2.1. SITUACIÓN.....	13
2.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA	14
2.3. RÉGIMEN HIDROLÓGICO	16
2.4. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EMBALSE. PERFILES VERTICALES	17
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.....	23
3.3.1. Redes agalleras multipaño	23
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. SONDEO HIDROACÚSTICO: DENSIDADES.....	32
4.1.1. Distribución y estimación de la densidad de peces.....	33
4.1.2. Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro.....	35



4.2.	MUESTREOS DIRECTOS: COMPOSICIÓN Y BIOMASA ESPECÍFICA.....	37
4.2.1.	Especies presentes en el embalse.....	38
4.2.2.	Composición y distribución de especies.....	38
4.3.	BIOMASA	44
4.3.1.	Distribución y estimación de la biomasa de peces.....	44
4.3.2.	Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro.....	45
4.4.	DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES	47
4.5.	MUESTREOS INDIRECTOS: ADN AMBIENTAL.....	48
4.5.1.	Muestras ambientales de agua	48
4.5.2.	Detección de trucha común mediante qPCR y estimaciones de biomasa.....	48
4.5.3.	Detección de anguila europea mediante qPCR y estimaciones de biomasa.....	49
5.	VALORACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE QFBI	50
6.	CONCLUSIONES.....	51
7.	GLOSARIO Y ACRÓNIMOS.....	53
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	55

ÍNDICE ANEXOS

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

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estratos considerados en el embalse de Ardisa	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. Densidad de peces (ind/dam ³) por estratos, estimada mediante acústica	33
Tabla 6. Especies presentes en el embalse.....	38
Tabla 7. Ejemplos de las redes utilizadas durante los muestreos directos en Ardisa	39
Tabla 8. Resultados de las pescas con red por especies	39
Tabla 9. Recorridos de pesca eléctrica realizados durante los muestreos directos de Ardisa.....	41
Tabla 10. Resultados de la pesca eléctrica por especies.	42
Tabla 11. Biomasa de peces por estratos (g/m ²) estimada mediante acústica	44
Tabla 12. Densidades (ind/dam ³) y biomásas (g/m ²) por especie	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Técnico tomando datos físico químico en el embalse de Ardisa	12
Figura 2. Situación del embalse de Ardisa.....	13
Figura 3. Batimetría del embalse de Ardisa.	15
Figura 4. Evolución del volumen embalsado en el embalse de Ardisa durante el ciclo hidrológico 2021/22 (elaboración propia).....	17
Figura 5. Perfil físico-químico realizado en el embalse de Ardisa (ARD22_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. Ubicación de red bentónica en el embalse de Ardisa	25
Figura 9. Equipo de electropesca desde embarcación en el embalse de Ardisa	26
Figura 10. Ejemplo de ajuste de curva al semivariograma para el interpolado espacial	27
Figura 11. Ubicación de las estaciones de muestreo directo de diferente tipo en el embalse de Ardisa ...	29
Figura 12. Recorridos del sondeo hidroacústico en el embalse de Ardisa	32



Figura 13. Ejemplo de un ecograma obtenido con el haz horizontal en el embalse de Ardisa	33
Figura 14. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato superior	34
Figura 15. Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro	36
Figura 16. Fotografías de las labores de muestreo en el embalse de Ardisa	37
Figura 17. Composición de la asociación obtenida mediante redes	39
Figura 18. Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm	40
Figura 19. Composición de la asociación obtenida mediante pesca eléctrica	42
Figura 20 . Ejemplares de las especies capturadas en Ardisa	43
Figura 21. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato superior	45
Figura 22. Comparación de la biomasa con otros embalses de la cuenca del Ebro	46
Figura 23. Recta patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN.	48
Figura 24. Recta patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN.	49

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El presente documento constituye el informe final de los trabajos realizados en el embalse de Ardisa (Zaragoza) durante el año 2022, incluidos en la Asistencia Técnica “Sondeo hidroacústico en embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro” adjudicado a Ecohydros, S.L. por la Confederación Hidrográfica del Ebro (en adelante, CHE).

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

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

En el presente informe se presentan los trabajos realizados en la evaluación de las poblaciones de peces del embalse de Ardisa, 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.

Se es consciente de la oportunidad que representa la adaptación y aplicación de estas técnicas a las masas de aguas continentales, para mejorar la cantidad y calidad de la información biológica disponible en las masas de agua no vadeables, es decir, no accesibles a las técnicas de muestreo que requieren el acceso a pie del operario, razón por la que ha promovido el presente estudio.

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

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

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

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



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

Figura 1. Técnico tomando datos físico químico en el embalse de Ardisa

2. ÁMBITO DE ESTUDIO

2.1. SITUACIÓN

El embalse de Ardisa (MAS 55) se localiza en el término municipal de Ardisa y Biscarrués, entre la provincia de Zaragoza y Huesca, regulando las aguas del río Gállego a su paso por el municipio. Se construyó en 1932 con la intención de utilizarse para desviar aguas del río Gállego hacia el embalse de la Sotonera.

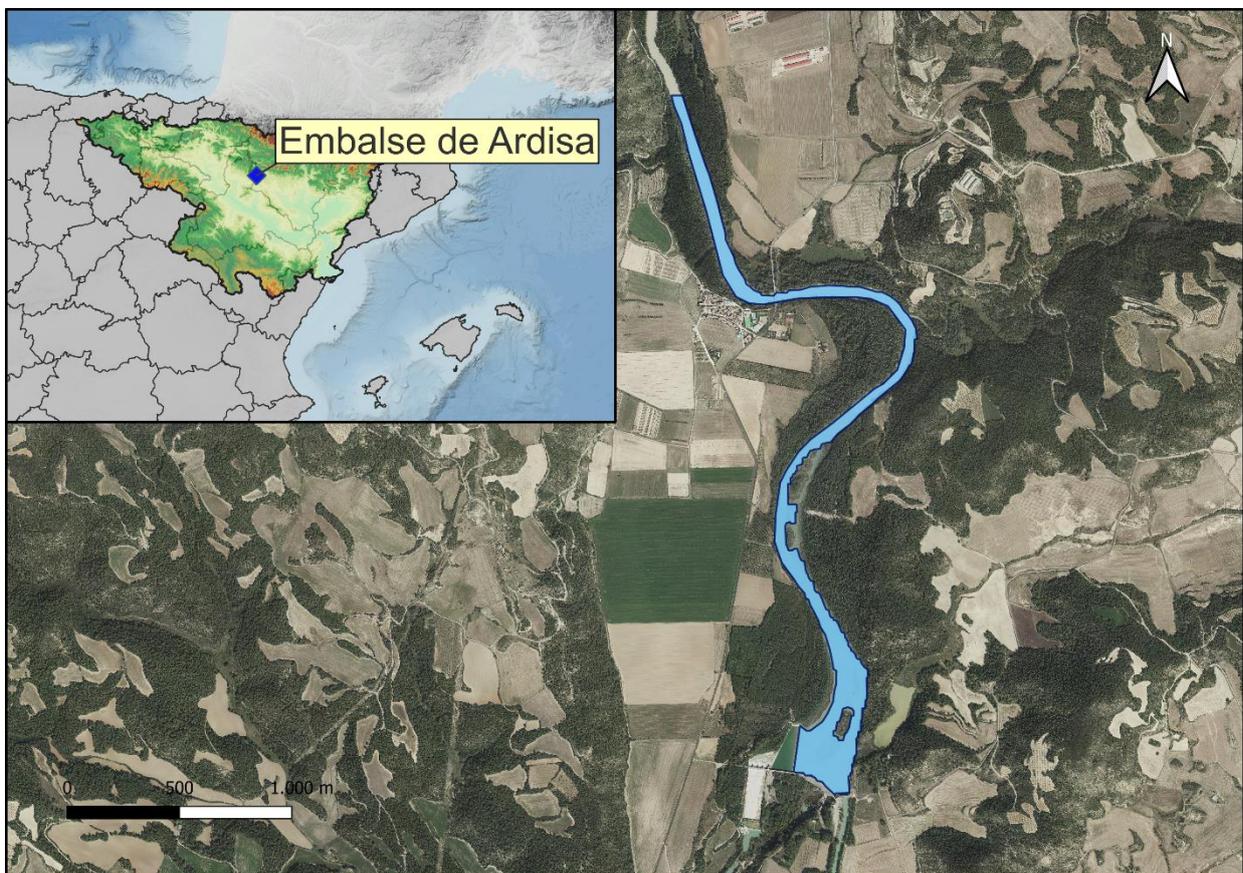


Figura 2. Situación del embalse de Ardisa

Inicialmente el uso principal del agua embalsada es agrícola, estando directamente relacionado con el canal de riego de los Monegros, que forma parte del Plan de Riegos del Alto Aragón, aunque también se destina actualmente, previo tratamiento, al abastecimiento de los núcleos urbanos cercanos, así como para producción energética.

El embalse de Ardisa forma parte del Registro de Zonas Protegidas elaborado por la Confederación Hidrográfica del Ebro, en contestación al artículo 6 de la Directiva Marco del Agua,

en las categorías de: zonas de extracción de agua para consumo humano y zonas sensibles a nutrientes (zonas sensibles bajo el marco de la directiva 91/271/CEE).

2.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

Según el inventario nacional de presas y embalses, el embalse de Ardisa tiene una capacidad máxima de 5 hm³ y ocupa en su nivel máximo normal (421,64 msnm) una superficie de 216 ha, lo que supondría una profundidad media de 1,6 m y máxima de 7,8 m.

El muestreo hidroacústico, como se explica más adelante en el apartado 3.2, permite obtener una batimetría aproximada que se emplea para cubicar los diferentes estratos y ponderar las densidades y biomásas obtenidas por capa. En 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 (28 de septiembre de 2022) una profundidad media de 2,1 m y máxima de 5,6 m; la cota durante esas fechas estaba en el entorno de 419,4 msnm, que según los datos de explotación hidráulica recibidos corresponden a un volumen de 1,206 hm³, es decir se encontraba próxima al 24,12% de su capacidad.

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

En este caso se ha aplicado el MNDWI, que es uno de los métodos útiles para identificar zonas encharcadas y cuerpos de agua. Supera algunas deficiencias del NDWI para esta finalidad, mediante el uso de la banda de infrarrojos de onda corta, que reemplaza a la banda de infrarrojo cercano del NDWI.

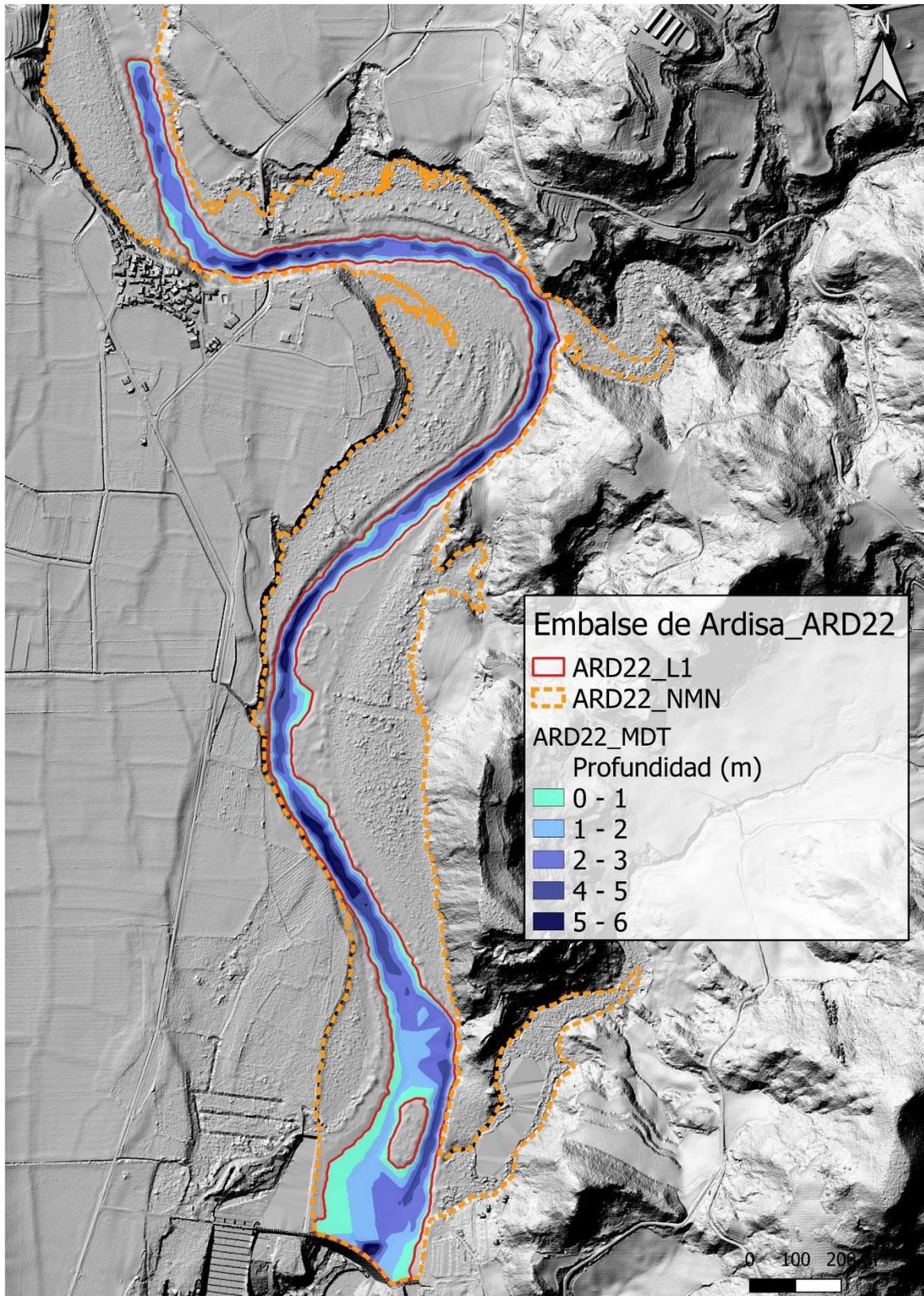


Figura 3. Batimetría del embalse de Ardisa.

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

Tabla 1. Estratos considerados en el embalse de Ardisa

Código embalse	Sector	Estrato	Profundidad (m)	Volumen (hm ³)	Superficie (ha)
ARD22	1	1	0 a 5	1,35	35,3
		2	5 a 13	0,72	18,3

2.3. RÉGIMEN HIDROLÓGICO

Como se aprecia en la figura siguiente, el embalse de Ardisa mantiene un promedio de reserva hídrica de 1,41 hm³ durante todo el año hidrológico. Se aprecia un considerable aumento la primera quincena de diciembre para seguidamente volver a niveles regulares en lo que al año hidrológico se refiere. También se aprecian pequeños aumentos de volumen en los meses de mayo y junio, además de unas leves disminuciones durante los meses de verano, todas ellas en torno a 0,2 hm³. Asimismo, podemos observar que es justo al inicio del año hidrológico el mes en el que se alcanza el volumen mínimo del período objeto de estudio, 1,206 hm³ (24,12% de su capacidad).

Exceptuando la variación producida los primeros días de diciembre, el nivel del embalse permanece estable durante todo el año variando su volumen en aproximadamente 0,2 hm³. En la fecha de muestreo (28/09/2022), marcada con una línea roja, el embalse mantenía una reserva de 1,32 hm³ de agua, que corresponde aproximadamente a un 26,4 % de su capacidad.

Las oscilaciones de la lámina de agua están muy amortiguadas, lo que facilita el desarrollo de una orla de macrófitos emergidos (helófitos) en sus márgenes y el acceso de los peces a los refugios que proporciona la vegetación de ribera.

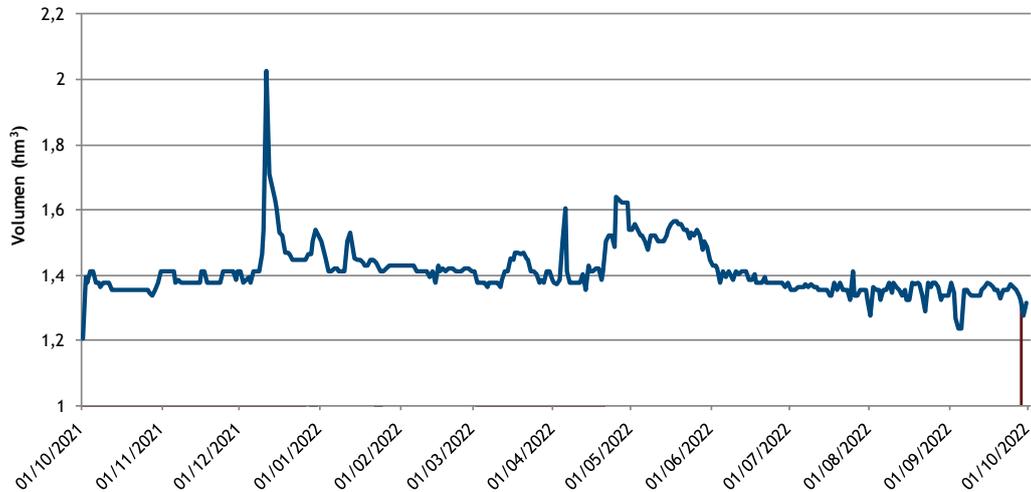


Figura 4. Evolución del volumen embalsado en el embalse de Ardisa durante el ciclo hidrológico 2021/22 (elaboración propia)

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 y oxígeno disuelto. 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 (ARD22_S1PRO1).

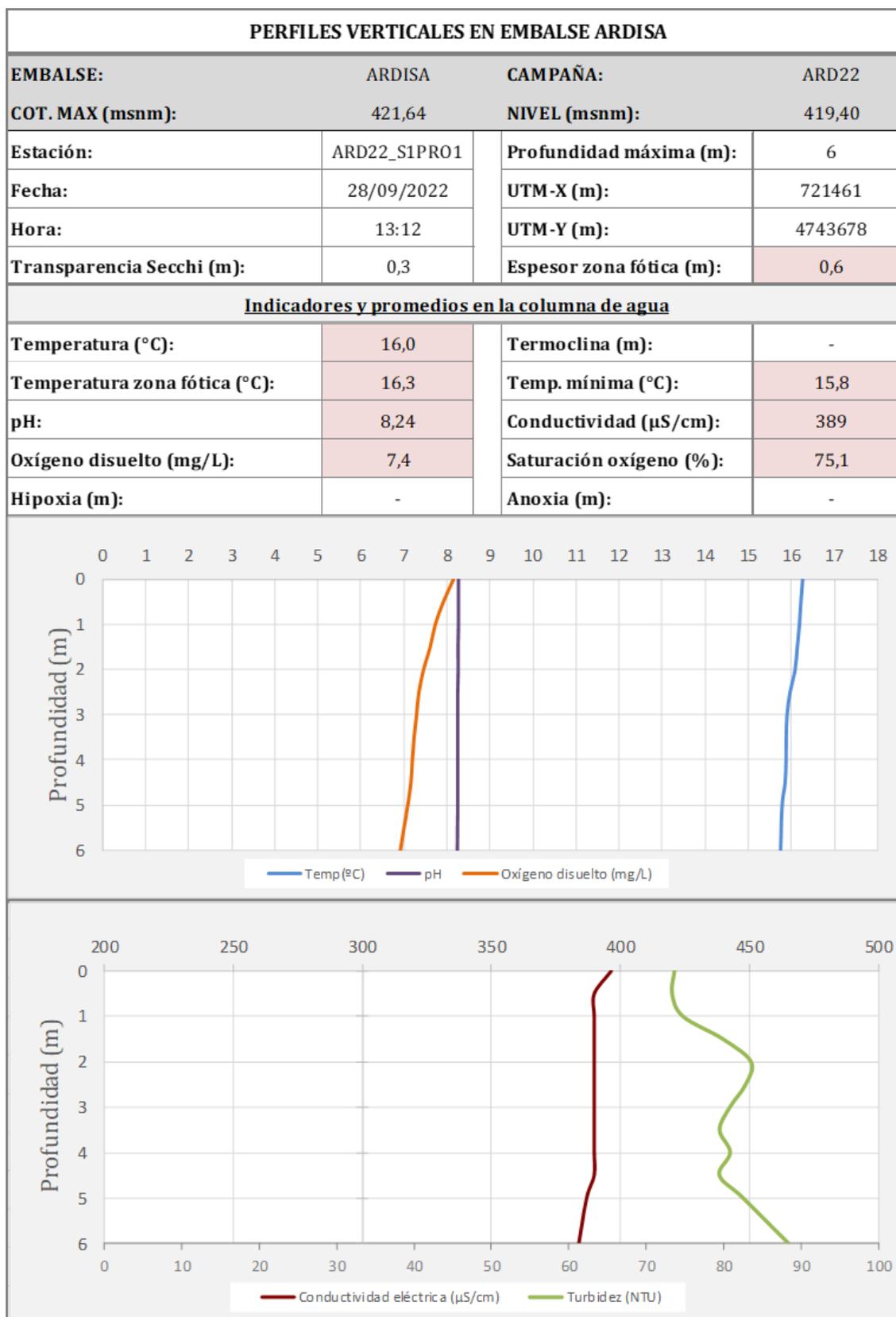


Figura 5. Perfil físico-químico realizado en el embalse de Ardisa (ARD22_S1PRO1)

Como se observa en el perfil de la zona más profunda del embalse, en la vertical del antiguo cauce, la profundidad es de 6 m y la columna de agua se encuentra completamente mezclada en el momento del muestreo. Las condiciones de oxigenación son aceptables, manteniendo una concentración promedio de 7,4 mg/L en la columna de agua.

El pH es básico y constante en toda la columna de agua, manteniéndose con un valor promedio de 8,24 unidades de pH. La transparencia del agua registrada en la lectura del disco Secchi es de 0,3 m lo que supone una profundidad de la capa fótica que no abarca toda la columna de agua, limitando su extensión hasta los 0,6 metros, prácticamente nula y muy próxima a la superficie. Este exiguo espesor de la capa fótica es congruente con los valores observados de turbidez que comienzan a incrementarse a partir del primer metro de profundidad, pasando de los 73 NTU registrados en superficie a los 88 NTU registrados próximos al fondo.

2.5. POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO

El embalse de Ardisa se cataloga en el ecotipo 11 (Masa de agua muy modificada: monomíctico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal). Este embalse está incluido en la red de control de vigilancia y en la red de control operativo, y ha sido catalogado como “eutrófico” con un potencial ecológico “moderado” y un estado final “Inferior a 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

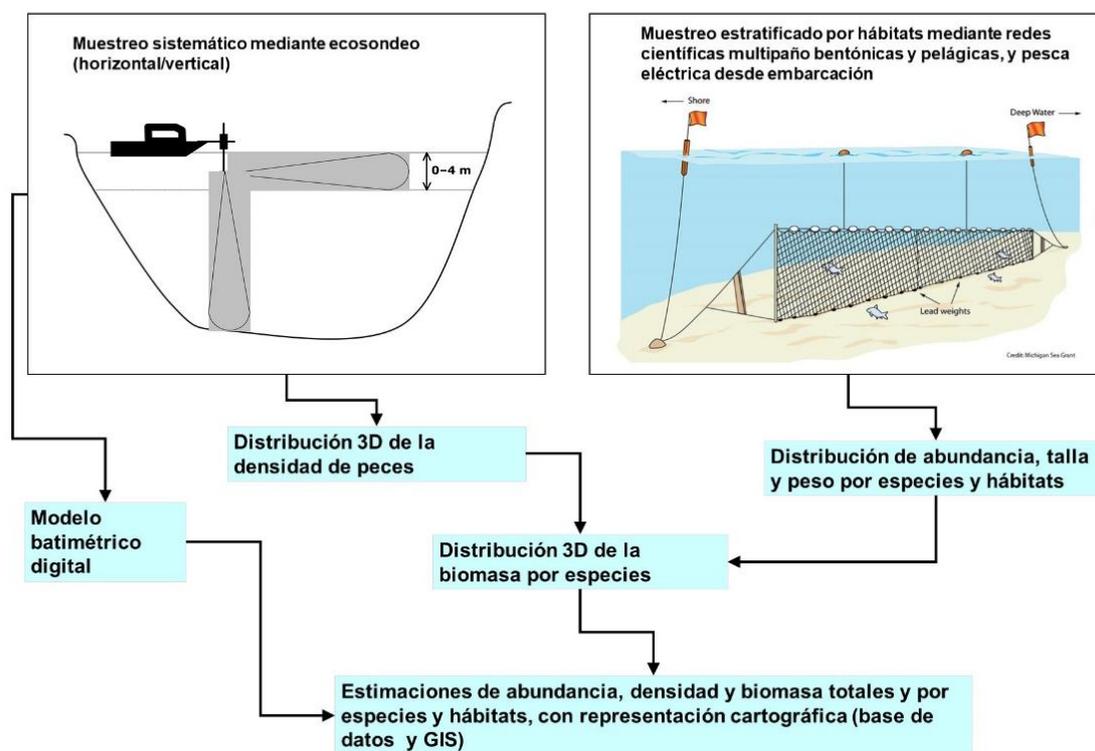


Figura 6. Esquema del método de censo de poblaciones ícticas en un embalse

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 28 y 29 de septiembre 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.

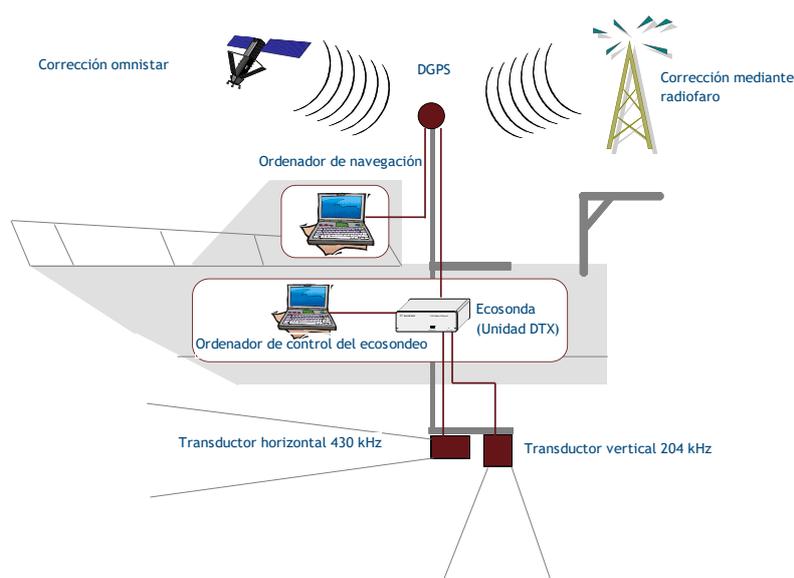


Figura 7. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico

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 embalse 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. Ubicación de red bentónica en el embalse de Ardisa

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.

Para la pesca eléctrica se utilizó una embarcación de aluminio de 4 m eslora propulsada por un motor de cuatro tiempos de 30 HP, con una instalación fija consistente en dos plumas situadas en la proa de las que cuelgan los ánodos, y una barandilla donde se sitúa el operario que recolecta los peces. El equipo de pesca utilizado fue el Hans-Grassl GmbH EL 65 II GI (13 kW). La embarcación está provista, además, de tanques oxigenados para el mantenimiento de los peces vivos y en buenas condiciones.

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 embarcación en el embalse de Ardisa

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 cubiertos 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,

además de visualizar las zonas de mayor concentración de peces, realizar estimaciones poblacionales.

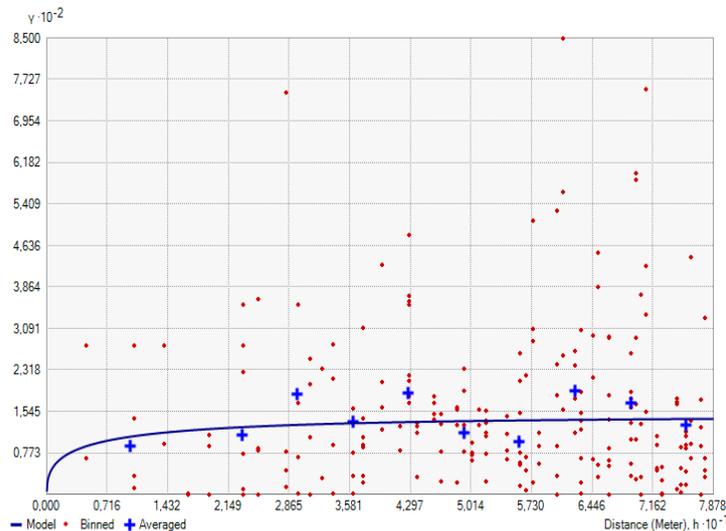


Figura 10. Ejemplo de ajuste de curva al semivariograma para el interpolado espacial

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

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

3.5. EVALUACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE BIÓTICO QFBI

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

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

Index) y como variables independientes las métricas calculadas a partir de los datos cuantitativos de peces.

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

Tabla 3. Métricas y coeficientes para el cálculo del QFBI

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

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

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

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

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

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

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

3.6.1. Muestreo de ADN ambiental (eDNA)

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

En la Figura 11, 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.

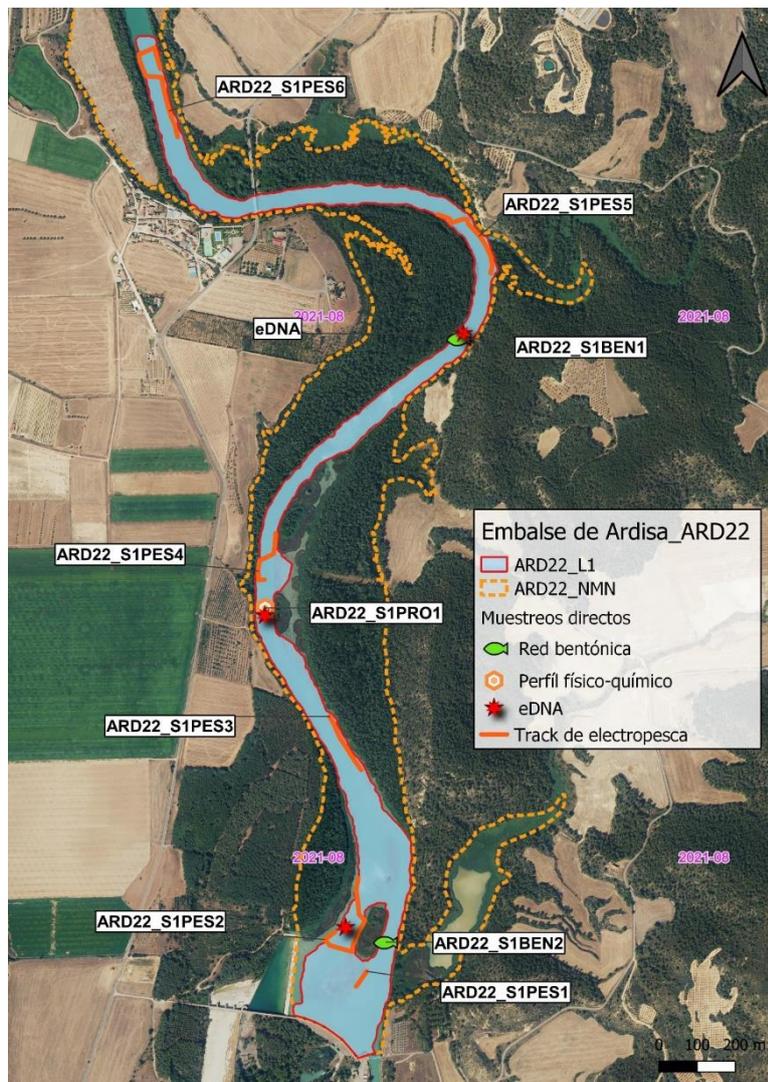


Figura 11. Ubicación de las estaciones de muestreo directo de diferente tipo en el embalse de Ardisa

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

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

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

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

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

3.6.3. Detección específica de trucha común

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

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

3.6.4. Detección específica de anguila europea

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

3.6.5. Estimaciones de biomasa

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

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

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

4. RESULTADOS

4.1. SONDEO HIDROACÚSTICO: DENSIDADES

Los recorridos móviles de ecosondeo han cubierto una longitud total de 8,95 km (con dos transductores), lo que supone un valor del índice de cobertura (Da) de 18. Los recorridos completos sobre el mapa batimétrico se presentan en la Figura 12.

Obsérvese que los recorridos realizados se circunscriben al contorno del agua (en 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.

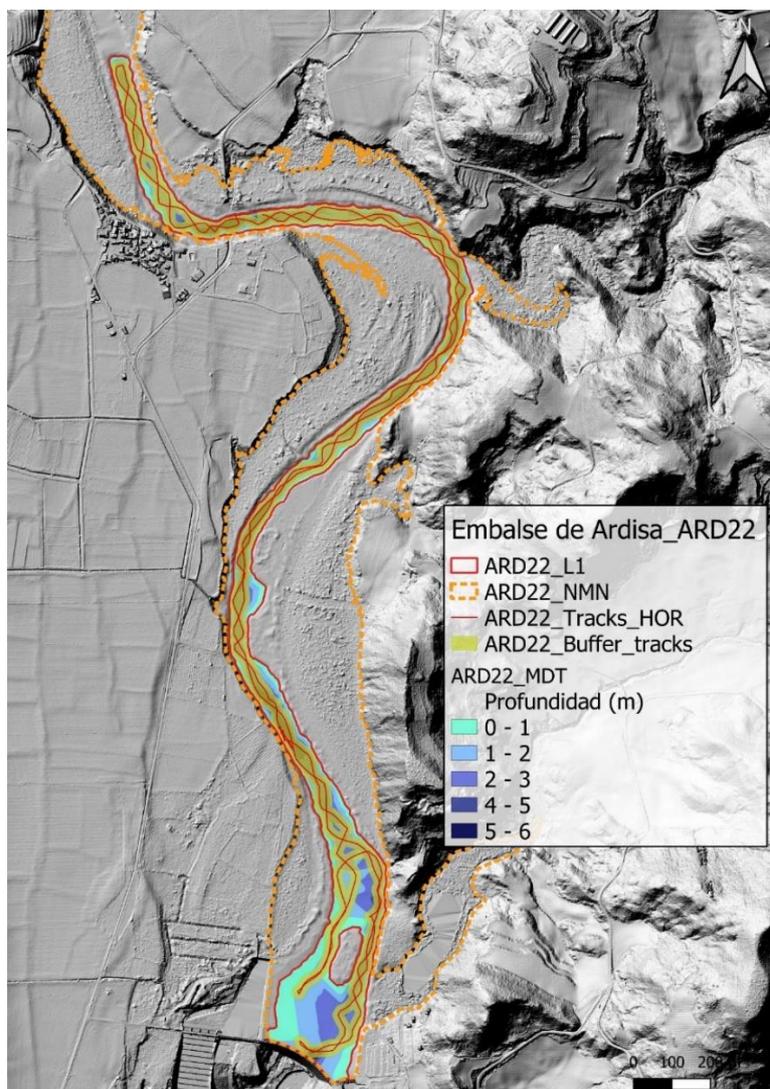


Figura 12. Recorridos del sondeo hidroacústico en el embalse de Ardisa

En la Figura 13 se muestra un ejemplo de ecograma durante el muestreo acústico en el embalse de Ardisa, realizado con haz horizontal y asociado a una distancia de la embarcación de 30 metros. Se ve representada la orilla/fondo o zona de choque del haz (línea amarilla), a una distancia promedio de unos 10 metros. Se pueden observar señales individuales que corresponden a peces y las más débiles a invertebrados repartidas homogéneamente en la zona de agua libre de obstáculos.

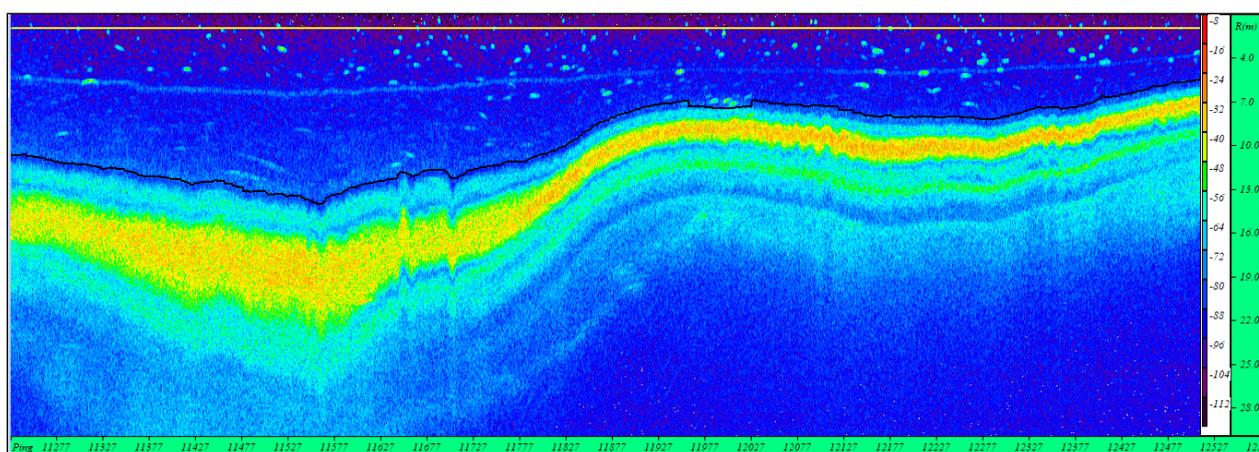


Figura 13. Ejemplo de un ecograma obtenido con el haz horizontal en el embalse de Ardisa

4.1.1. Distribución y estimación de la densidad de peces

En la Tabla 5 se ofrecen los estadísticos descriptivos del estrato, en el que solo se ha tenido en cuenta el ecosondeo horizontal, debido a la escasa profundidad del embalse. La densidad se ha expresado en individuos por decámetro cúbico ($1 \text{ dam}^3 = 1.000 \text{ m}^3$).

Tabla 5. Densidad de peces (ind/dam³) por estratos, estimada mediante acústica

Código de embalse	Sector	Estrato	Densidad media (ind/1000m ³)	Densidad máxima (ind/1000m ³)	Número de casos	Número de casos con valor 0	Desviación típica
ARD22	1	L1	26,38	406	179	15	52,0
		L2	0,00	0	7	0	0,0

Se ha obtenido una densidad total del embalse de $26,28 \pm 3,85 \text{ ind/dam}^3$. Se trata de un valor elevado, propio de sistemas productivos y de embalses con carácter eutrófico.

En las figuras siguientes se presenta la disposición geográfica de las celdas de análisis para cada uno de los estratos y se representa mediante símbolos graduados la densidad de cada celda de análisis.

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

Se aprecia que los peces habitan el estrato superior (L1), ya que el inferior se limita a una pequeña zona más profunda de cabecera en la que no se han detectados peces. Su distribución espacial presenta tres zonas concretas de mayor concentración, entre las que se destaca la que rodea a la isla ubicada en la cabecera del embalse.

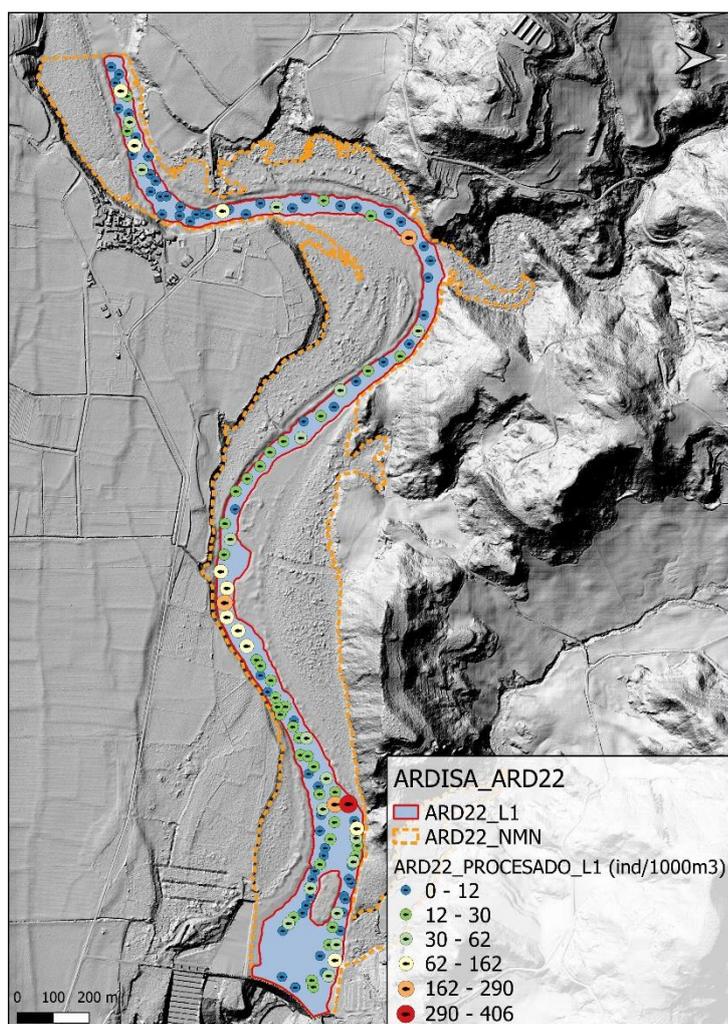


Figura 14. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato superior



4.1.2. Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro

En el diagrama de barras siguiente se presentan los resultados de densidad obtenidos en el embalse de Ardisa, en comparación con otros embalses de la cuenca del Ebro donde se ha trabajado con técnicas hidroacústicas y se dispone de datos cuantitativos. La línea roja representa el valor promedio de los embalses considerados, en la que el embalse de Utchesa Seca constituyen un extremo separado del resto por el lado superior de la distribución. Únicamente dicho embalse junto al de Moneva superan en densidad al de Ardisa.

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

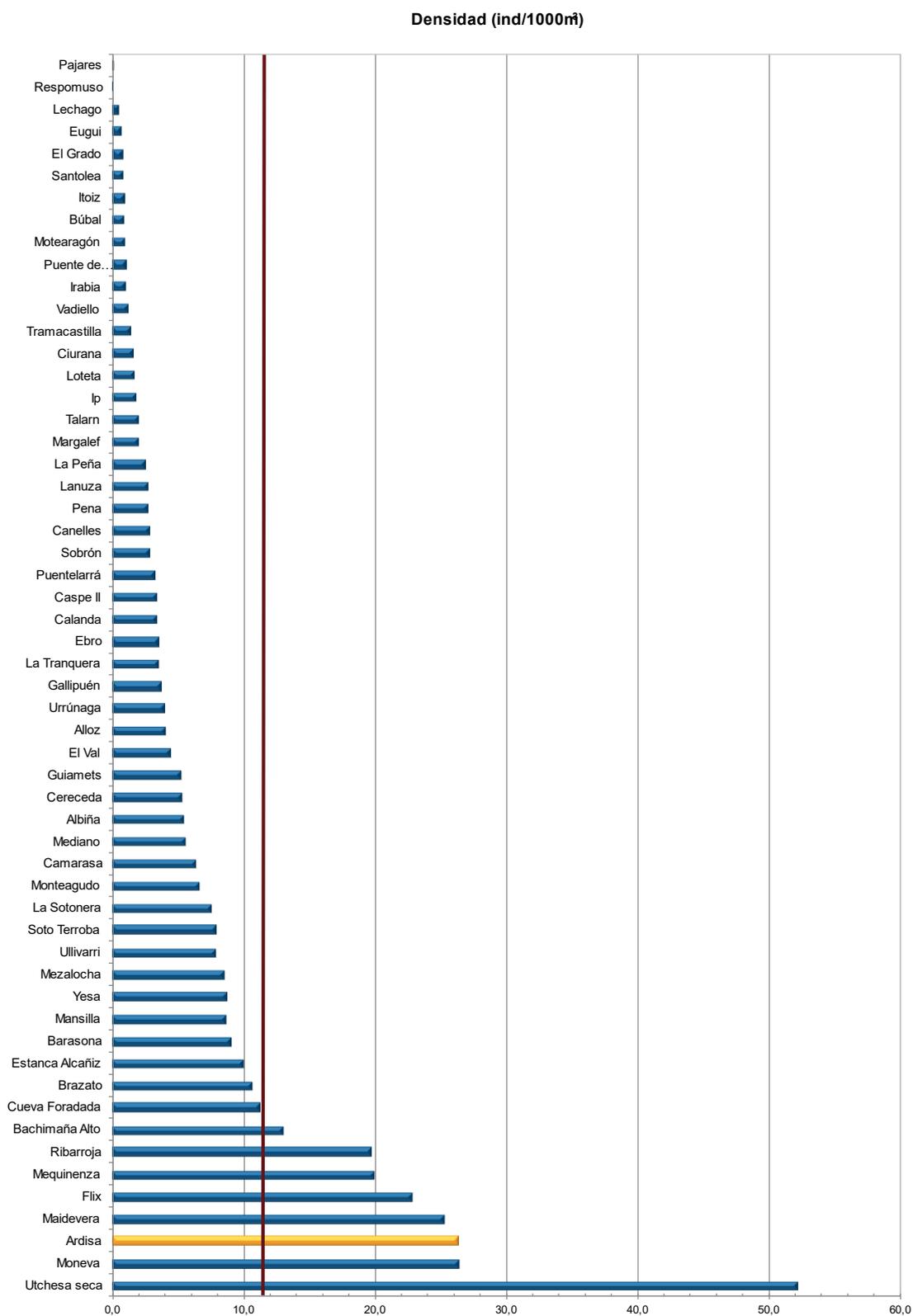


Figura 15. Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro

4.2. MUESTREOS DIRECTOS: COMPOSICIÓN Y BIOMASA ESPECÍFICA

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



Embarcación de hidroacústica en el acceso al embalse



Grúa facilitadora del acceso de la embarcación al embalse



Técnico realizando electropesca desde embarcación



Embarcación de electropesca durante la navegación



Ubicación de red bentónica cerca de orilla vegetada



Toma de parámetros físico-químicos

Figura 16. Fotografías de las labores de muestreo en el embalse de Ardisa

4.2.1. Especies presentes en el embalse

De las siete (7) especies detectadas en los muestreos de diferente tipo realizados en el embalse de Ardisa, sólo dos de ellas son especies autóctonas: la madrilla (*Parachondostroma miegii*) y el gobio (*Gobio lozanoi*).

Tabla 6. Especies presentes en el embalse

Nombre científico	Nombre común	Autóctono/alóctono
<i>Alburnus alburnus</i>	Alburno	Alóctono
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa común	Alóctono
<i>Cyprinus carpio specularis</i>	Carpa de espejos	Alóctono
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Gardí	Alóctono
<i>Gobio lozanoi</i>	Gobio	Autóctono
<i>Esox lucius</i>	Lucio	Alóctono
<i>Parachondostroma miegii</i>	Madrilla	Autóctono
<i>Rutilus rutilus</i>	Rutilo	Alóctono

Se trata de una biocenosis completamente alterada, ya que está compuesta prácticamente en su totalidad por especies exóticas invasoras, con dominancia de la familia de los ciprínidos y presencia de lucio, como única especie depredadora.

4.2.2. Composición y distribución de especies

Capturas con redes

Se colocaron dos redes bentónicas dada la morfología del embalse, su escasa profundidad y la abundante vegetación sumergida, que reducen el hábitat adecuado para este tipo de artes de muestreo, algo que fue confirmado por las escasas capturas obtenidas.

El total de capturas con redes agalleras fue de 5 ejemplares, con un peso total de 0,09 kg, lo que supone 10 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 178 g de biomasa por unidad de esfuerzo. Se emplearon un total de 2 redes en 5 horas de pesca (1 unidad de esfuerzo).

En la Figura 11, se representa la ubicación de las redes de muestreo y los recorridos de pesca eléctrica.

Tabla 7. Ejemplos de las redes utilizadas durante los muestreos directos en Ardisa

Tipo de lance	Código	Número de paños	Longitud (m)	Altura (m)	Esfuerzo
Red bentónica	ARD22_S1BEN1	16	40	0,5	1,85 45m ² /12h
Red bentónica	ARD22_S1BEN2	16	40	0,5	1,89 45m ² /12h

En la Tabla 8 y en la Figura 17 se facilitan los resultados obtenidos de las redes, agregados por especies y para cada uno de los estratos del embalse.

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

Tabla 8. Resultados de las pescas con red por especies

	Capturas	CPUE (ind/ud. esf.)	CPUE (%)	Biomasa (g)	BPUE (g/ud. esf.)	BPUE (%)	Longitud furcal media (mm)	Peso medio (g)
<i>Alburnus alburnus</i>	3	6	60	15	30	17,1	80	5
<i>Parachondrostoma miegii</i>	1	2	20	10	19	10,8	95	10
<i>Rutilus rutilus</i>	1	2	20	64	129	72,2	160	64
Total	5	10	100%	90	178	100%	99	18

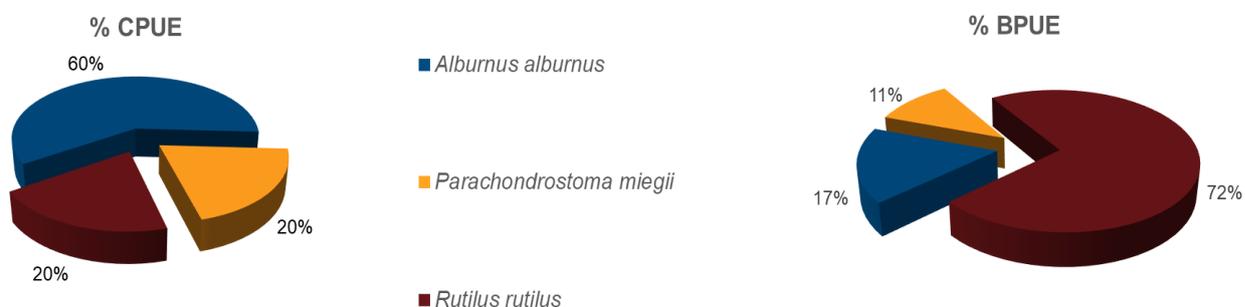


Figura 17. Composición de la asociación obtenida mediante redes

Dado el escaso número de ejemplares capturados con las redes agalleras, las conclusiones que se sacan han de ser tomadas con cautela, siendo en este más representativas las capturas obtenidas mediante electropesca (ver más adelante).

Se observa que la asociación está dominada en términos de abundancia por el alburno (*Alburnus alburnus*) (60%), seguida en igual porcentaje por la madrilla (*Parachondostoma miegii*) y el rutilo (*Rutilus rutilus*), ambos con un 20% de representación. En cambio, en términos de biomasa, es el rutilo el que domina la asociación con un 72%, seguido del alburno (17%) y de la madrilla (11%).

En la Figura 18 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.

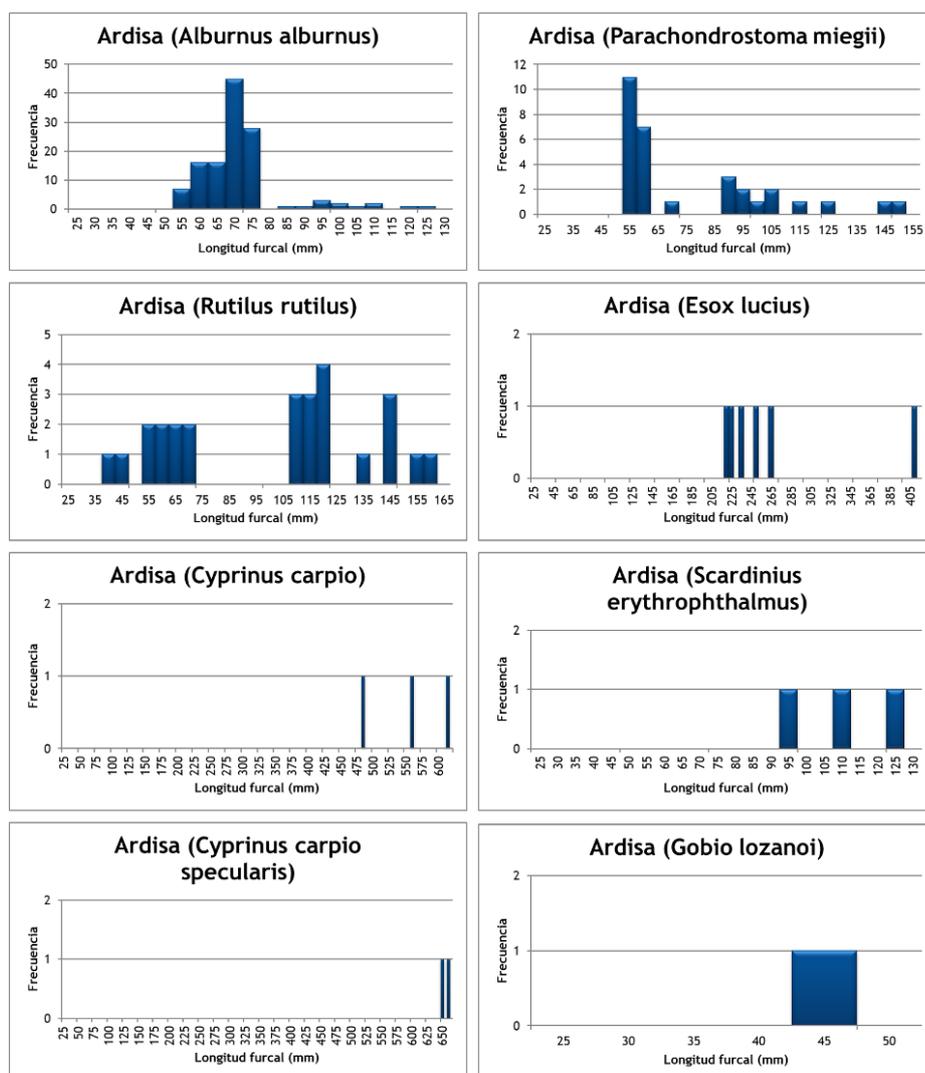


Figura 18. Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm



De las 8 especies capturadas en el embalse de Ardisa, solo 4 de ellas presentan poblaciones estructuradas, con representación de ejemplares de todas las clases de edad, lo cual refleja que son poblaciones asentadas, con presencia de ciclos reproductivos exitosos. Es interesante ver que la población de una de las especies autóctonas, la madrilla (*Parachondostroma miegii*) es una de las especies que presenta población estructurada. El resto son el alburno, rutilo y lucio. La carpa, como único gran ciprínido, no presenta indicios de reclutamiento reciente en las capturas. La presión del lucio sobre la madrilla no es suficiente como para condicionar su reclutamiento.

Resultados de la pesca eléctrica

El rendimiento de la pesca eléctrica fue superior al de las redes, con una captura total de 191 peces con un peso total de 28,5 kilos, lo que supone 152,8 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 21,7 kg de BPUE. Se realizaron un total de seis transectos que cubrieron 1,3 km de orilla.

Tabla 9. Recorridos de pesca eléctrica realizados durante los muestreos directos de Ardisa

Tipo de lance	Código	Esfuerzo
Pesca eléctrica	ARD22_S1PES1	49
Pesca eléctrica	ARD22_S1PES2	323
Pesca eléctrica	ARD22_S1PES3	164
Pesca eléctrica	ARD22_S1PES4	161
Pesca eléctrica	ARD22_S1PES5	249
Pesca eléctrica	ARD22_S1PES6	365

La ubicación de los transectos de muestreo de electropesca desde embarcación 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 7 especies, es decir, ejemplares de todas las especies detectadas en el embalse.

Tabla 10. Resultados de la pesca eléctrica por especies.

	Capturas	CPUE	CPUE (%)	Biomasa (g)	BPUE	BPUE (%)	Long. Furcal media (mm)	Peso medio (g)
<i>Alburnus alburnus</i>	121	122,5	80,1	403	384,7	1,8	71	3
<i>Cyprinus carpio</i>	3	3,3	2,2	12300	15914,8	73,4	551	4100
<i>Cyprinus carpio specularis</i>	2	0,7	0,4	14500	4872,3	22,5	654	7250
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	3	0,9	0,6	60	17,1	0,1	108	20
<i>Gobio lozanoi</i>	1	0,6	0,4	1	0,6	0,003	45	1
<i>Esox lucius</i>	6	2,6	1,7	502	211,7	1,0	265	84
<i>Parachondrostoma miegii</i>	30	11,6	7,6	248	89,4	0,4	76	8
<i>Rutilus rutilus</i>	25	10,8	7,1	472	206,1	0,9	97	19
Total	191	152,8	100,0	28486	21696,7	100,0	95	149



Figura 19. Composición de la asociación obtenida mediante pesca eléctrica

Al igual que ocurre en los muestreos realizados con redes agalleras, la asociación detectada con la técnica de electropesca desde embarcación está dominada en términos de abundancia por el alburno (*Alburnus alburnus*) (80,1%).

Sin embargo, en términos de biomasa, solamente aporta un 1,8% en términos de biomasa y es la carpa común (*Cyprinus carpio*) y su variedad de espejos (*Cyprinus carpio specularis*) la especie dominante (95,9%) cuando solamente representan el 2,6% en abundancia.



Gobio (*Gobio lozanoi*)



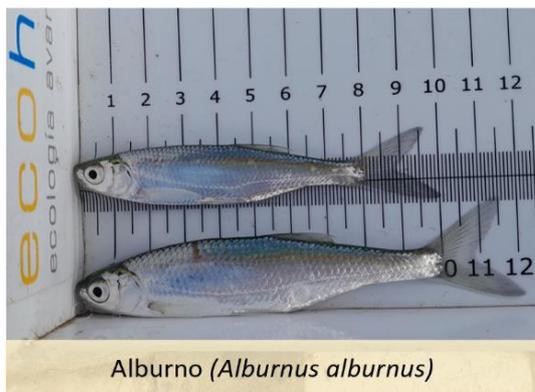
Lucio (*Esox lucius*)



Madrilla (*Parachondrostoma miegii*)



Escardino (*Scardinius erythrophthalmus*)



Alburno (*Alburnus alburnus*)



Rutilo (*Rutilus rutilus*)



Carpa común (*Cyprinus carpio*)

Figura 20 . Ejemplares de las especies capturadas en Ardisa

4.3. BIOMASA

4.3.1. Distribución y estimación de la biomasa de peces

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

Tabla 11. Biomasa de peces por estratos (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
ARD22	1	1	12,37	190	179	20	24,39
		2	0,00	0	7	7	0,00

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 $12,37 \pm 1,81 \text{ g/m}^2$, o lo que es lo mismo 124 kg/ha . Se trata de un valor alto de biomasa, compatible con un embalse de alta productividad biológica.

En la Figura 21 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 se distribuyen de forma similar a la de la densidad, lo que refleja la dominancia de especies de pequeña talla. En el estrato inferior (L2) no se han detectado peces, pero sus dimensiones son inferiores a la del estrato superficial (L1) y esto hace que tenga un peso moderado en el cómputo global de biomasa de peces en el embalse.

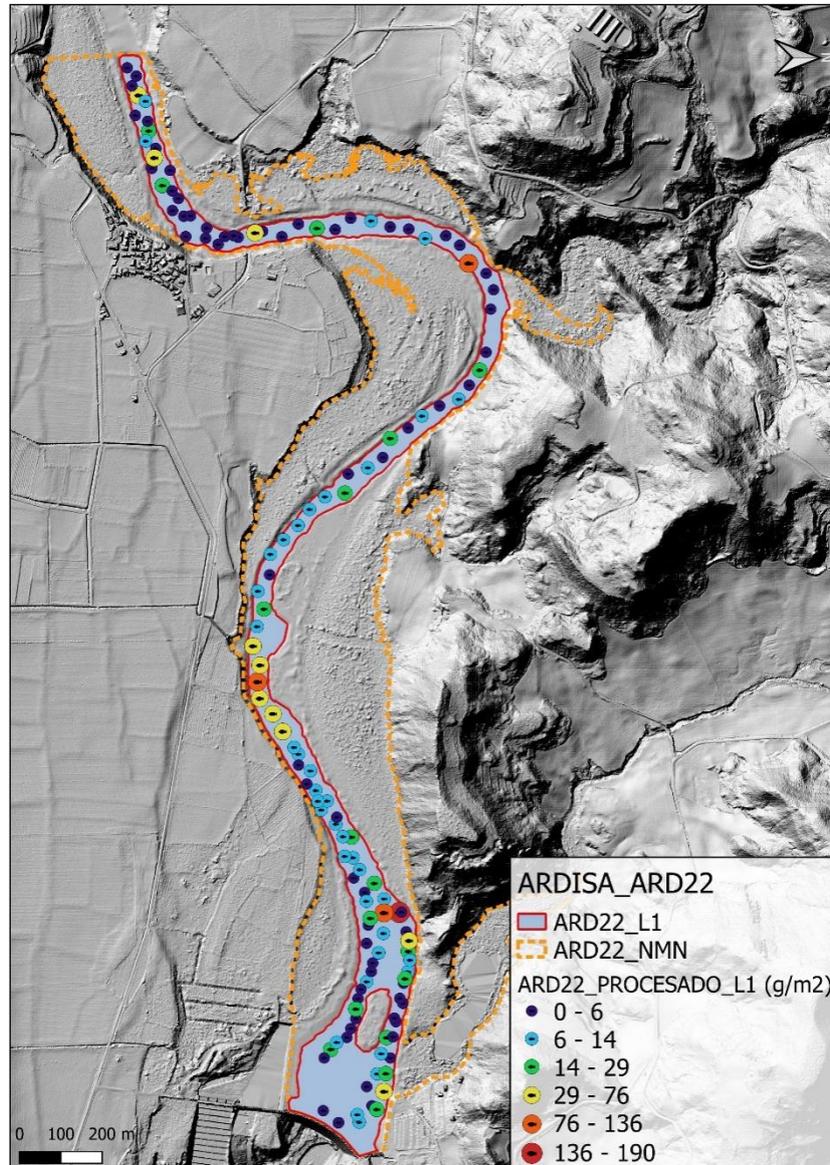


Figura 21. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato superior

4.3.2. Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro

En el diagrama de barras siguiente se presentan los resultados de biomasa obtenidos en Ardisa, en comparación con otros embalses de la cuenca del Ebro cuyas poblaciones de peces se han evaluado con técnicas hidroacústicas y se dispone de datos cuantitativos de densidad y biomasa. La línea roja representa el valor promedio de los embalses considerados. Como puede apreciarse, la biomasa en este embalse presenta un valor alto en el contexto de los embalses estudiados en la cuenca del Ebro.

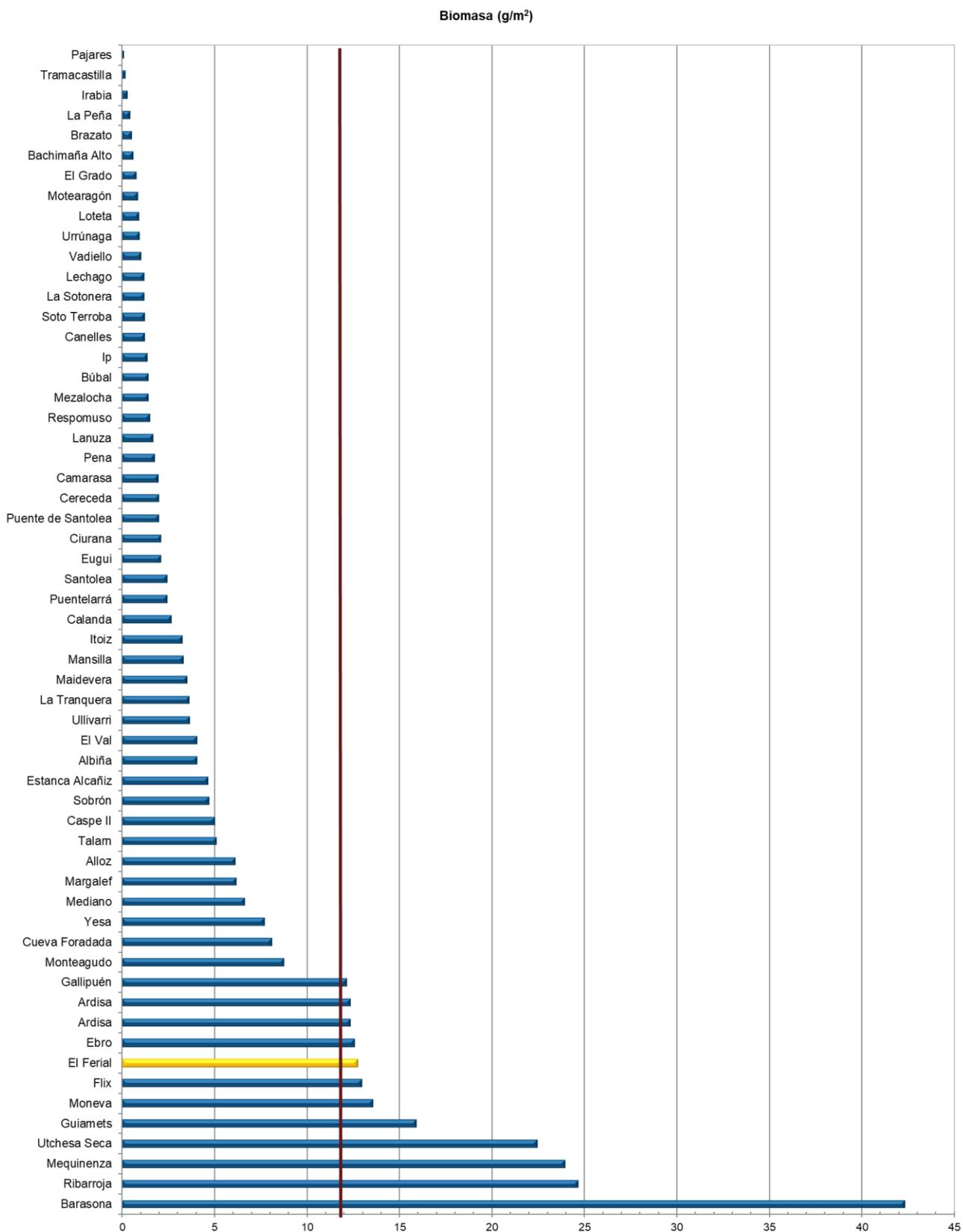


Figura 22. Comparación de la biomasa con otros embalses de la cuenca del Ebro

4.4. DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES

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

En la Tabla 12 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 12. Densidades (ind/dam^3) y biomasa (g/m^2) por especie

	Densidad media (ind/dam^3)	Abundancia (%)	Abundancia Total (ind)	Biomasa media (g/m^2)	Biomasa (%)	Peso total (kg)
<i>Alburnus alburnus</i>	16,63	63,3%	10.013	0,18	1,5%	46
<i>Cyprinus carpio</i>	0,40	2%	242	5,33	43%	1352
<i>Cyprinus carpio specularis</i>	0,27	1,0%	161	6,28	50,7%	1.594
<i>Parachondrostoma miegii</i>	4,16	15,8%	2.503	0,11	0,9%	28
<i>Rutilus rutilus</i>	3,49	13%	2099	0,23	2%	59
<i>Gobio lozanoi</i>	0,13	0,5%	81	0,00	0,0%	0
<i>Esox lucius</i>	0,80	3,1%	484	0,22	1,8%	55
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0,40	1,5%	242	0,03	0,2%	7
Total	26,28	100,0%	15.827	12,37	100,0%	3.142
Intervalo de Confianza (I.C)	3,85	0,0%	2.319	1,81	0,0%	460

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 15.827 ± 2.319 peces con una biomasa de 3.142 ± 460 kilogramos.

Estos valores absolutos deben usarse con cautela. Es más apropiado trabajar con los valores de densidad y biomasa por unidad de volumen y superficie (respectivamente), que permiten comparar diferentes sistemas.

4.5. MUESTREOS INDIRECTOS: ADN AMBIENTAL

4.5.1. Muestras ambientales de agua

El proceso de filtración de las muestras de agua, así como el de extracción del ADN ambiental se completó sin incidencias.

Todas las muestras ambientales del agua del embalse de Ardisa pasaron los controles de calidad, amplificando con éxito el cebador universal, es decir, confirmando la existencia de ADN ambiental en las muestras y la ausencia de inhibidores de la PCR.

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

Se ha detectado trucha común mediante qPCR pero la concentración de ADN de esta especie en el agua está por debajo de 1 copia/ml que es el nivel inferior de la recta patrón. Por lo tanto, se puede decir que la concentración de ADN en las muestras de Ardisa está entre 0 y una copia por litro analizado, por lo que no se puede concluir que ese valor sea significativamente distinto de cero. Se obtuvo una recta patrón con un buen grado de ajuste ($R^2=0,94$).

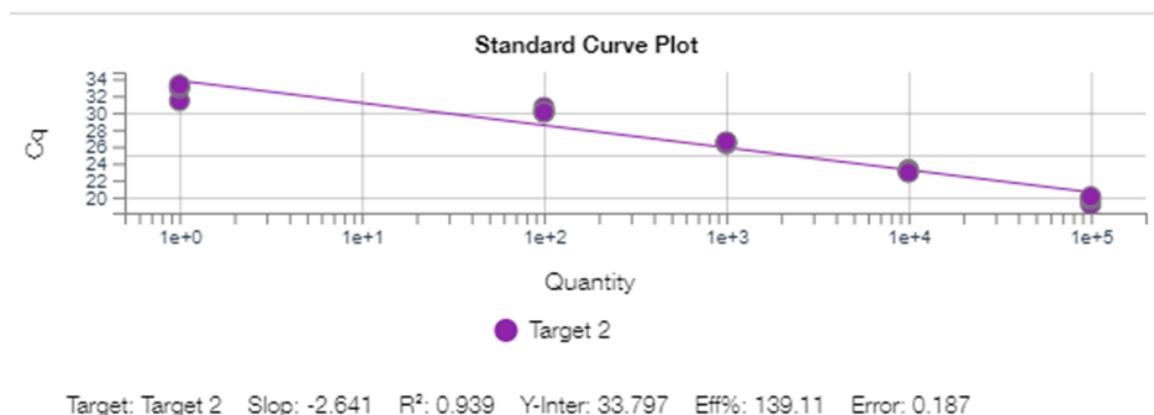


Figura 23. Recta patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN.

Los resultados obtenidos mediante ADN ambiental se encuentran en concordancia con los resultados obtenidos en los muestreos directos, ya que en éstos no se pudo capturar ningún ejemplar de esta especie.

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

Tras los análisis, ninguna muestra de ADN ambiental resultó positiva en ADN ambiental de anguila europea en el agua del embalse de Ardisa. Se obtuvo una recta patrón con un buen grado de ajuste ($R^2=0,94$).

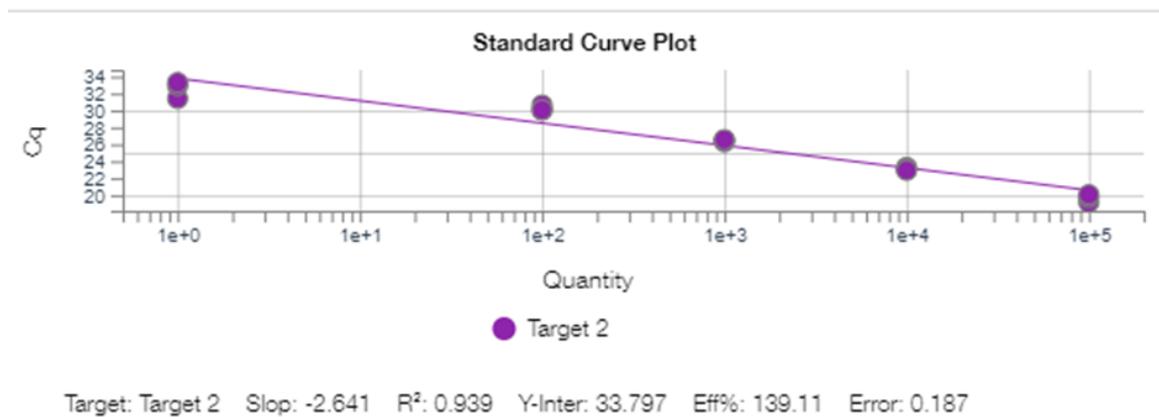


Figura 24. Recta patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN.

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 Ardisa, confirmando en este caso los resultados obtenidos en los muestreos directos. Esto implica que, con alta probabilidad, 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.

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

Tabla 14. Resultados del QFBI obtenidos para el embalse de Ardisa

Métrica	Código Sondeo
	ARD22
LOG_BIO	5,13
LOG_BIO_native	4,95
LOG_%_BIO_PISC_Exotic	0,03
LOG_BIO_PISC_Exotic	3,95
LOG_BIO_ciprin_native	4,95
QFBI	0,31
Calidad	Moderado

Este resultado se explica por la combinación de valores altos de biomasa total y la dominancia de especies alóctonas, pero la aportación en biomasa de la madrilla (ciprínido autóctono) hace que el resultado sea “Moderado” en lugar de “Malo”.

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.

De las siete (7) especies detectadas en los muestreos realizados en el embalse de Ardisa mediante redes multiagalleras y electropesca desde embarcación, solamente la madrilla (*Parachondrostoma miegii*) y el gobio (*Gobio lozanoi*) son autóctonas. Las otras cinco son alóctonas: alburno (*Alburnus alburnus*), carpa común (*Cyprinus carpio*) y su variedad de espejos (*Cyprinus carpio specularis*), gardí (*Scardinius erythrophthalmus*), lucio (*Esox lucius*), y rutilo (*Rutilus rutilus*).

En el caso de la trucha común (*Salmo trutta*) y anguila (*Anguilla anguilla*), la prospección mediante la técnica de mayor sensibilidad conocida (eDNA) ha ofrecido resultados que no pueden tomarse como positivos y que confirman la ausencia de estas especies en la masa de agua.

La asociación de peces está dominada en términos de densidad por el alburno, que representa el 63%, seguido de la madrilla (15,8%) y el rutilo (3,5%). El resto de las especies se presentan en con abundancias muy pequeñas. En términos de biomasa, es la carpa la especie dominante con el 94% del total (sumando las dos variedades), pues es la única especie de talla grande, aparte del lucio, que es el único depredador detectado y que aporta escasamente el 2% de la biomasa total.

La red trófica de peces en el embalse se estructura en torno al alburno, como especie pasto o forraje (y en menor medida la madrilla y el gardí), que sirven de alimento al depredador lucio. En este caso el lucio es la especie depredadora que ha tenido más éxito y controla las poblaciones del resto de especies. La madrilla, que es la especie autóctona que podría adaptarse mejor a esta masa de agua, mantiene una cierta estructura poblacional gracias a la abundancia de refugio que proporciona la vegetación de macrófitos acuáticos y a la disponibilidad de zonas de freza en el río Gállego.

La densidad media de peces, a partir de la interpolación en celdas de 50 m, es de $26,28 \pm 3,85$ ind/dam³, que corresponde a un valor alto. La biomasa de peces obtenida en el embalse es de $12,37 \pm 1,81$ g/m², o lo que es lo mismo 123,7 kg/ha, que representa también un valor alto de biomasa, propio de un sistema muy productivo.

El índice de calidad QFBI adquiere en el embalse de Ardisa un valor “Moderado”, debido a que los valores de biomasa son altos y corresponden a especies alóctonas, pero que compensa parcialmente la población de madrilla, como especie de ciprínido autóctono.

La fauna de peces de este embalse presenta síntomas de superpoblación protagonizada por especies alóctonas (alburno y carpa) que deberían controlarse mediante acciones de extracción selectiva de las exóticas, para facilitar la recuperación de las especies autóctonas, incluyendo no solamente la madrilla, sino también la anguila, e incluso la trucha común si las condiciones de calidad del agua y de hábitat accesible para la reproducción lo permitieran.



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.

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

BPUE: Biomasa por unidad de esfuerzo. El peso de las capturas obtenidas durante las pescas científicas, expresado en gramos, se normaliza a un esfuerzo de referencia, que corresponde a una red bentónica (45 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.

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

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

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

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

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

8. BIBLIOGRAFÍA

- CEN EN 14.757:2006. *Water quality - Sampling of fish with multi-mesh gillnets.*
- CEN EN 15910: 2014 *Water quality - Guidance on the estimation of fish abundance with mobile hydroacoustic methods.*
- CHE. 1996. *Diagnóstico y gestión ambiental de embalses en el ámbito de la Cuenca Hidrográfica del Ebro.*
- CHE. 2009. *Guía de campo de Peces de la Cuenca del Ebro.*
- CHE. 2015. Red de Seguimiento de Lagos 2015.
- CHE. 2016. *Control del Estado de las Masas de Agua CEMAS. Informe de situación año 2016.*
- Directiva 2006/44/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de septiembre de 2006, relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces.
- Doadrio, I. 2001. *Atlas y libro rojo de los peces continentales de España.* Madrid, MMA. Dirección General de Conservación de la Naturaleza.
- Doadrio, I., S. Perea, P. Garzón-Heydt y J. L. González. 2011. *Ictiofauna continental española. Bases para su seguimiento.* DG Medio Natural y Política Forestal. MARM. 616 pp. Madrid.
- Fernandez, S., Sandin, M. M., Beaulieu, P. G., Clusa, L., Martinez, J. L., Ardura, A., & García-Vázquez, E. (2018). Environmental DNA for freshwater fish monitoring: insights for conservation within a protected area. *PeerJ*, 6, e4486.
- Fishbase. 2009. <http://www.fishbase.org/search.php>. Marzo, 2013.
- Gustavson MS, Collins PC, Finarelli JA, Egan D, Conchúir R, Wightman GD, King JJ, Gauthier DT, Whelan K, Carlsson JEL, Carlsson J. 2015. An eDNA assay for Irish *Petromyzon marinus* and *Salmo trutta* and field validation in running water. *Journal of Fish Biology* 87:1254-1262
- Jenks, George F. 1967: "The Data Model Concept in Statistical Mapping", an International Yearbook of Cartography nº 7: pp. 186-190
- Love, R. H. 1977. Target strength of an individual fish at any aspect. *The Journal of the Acoustical Society of America* 62, 1397-1403.
- Poikane, S., Birk, S., Böhmer, J., Carvalho, L., de Hoyos, C., Gassner, H., Van de Bund, W. (2015). A hitchhiker's guide to European lake ecological assessment and intercalibration. *Ecological Indicators*, 52, 533-544.
- Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. BOE, 219, 12 de septiembre de 2015.
- SAIH Ebro. <http://195.55.247.237/saihebro/index.php?url=/historicos/peticion>. Noviembre 2020.



ANEXOS

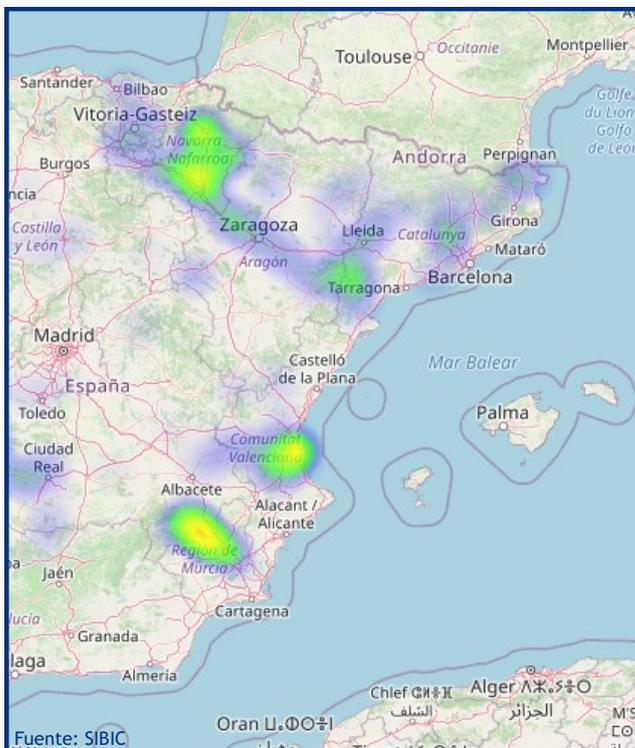


ANEXO 1. ESPECIES PRESENTES

Embalse de Ardisa

Alburno

Alburnus alburnus



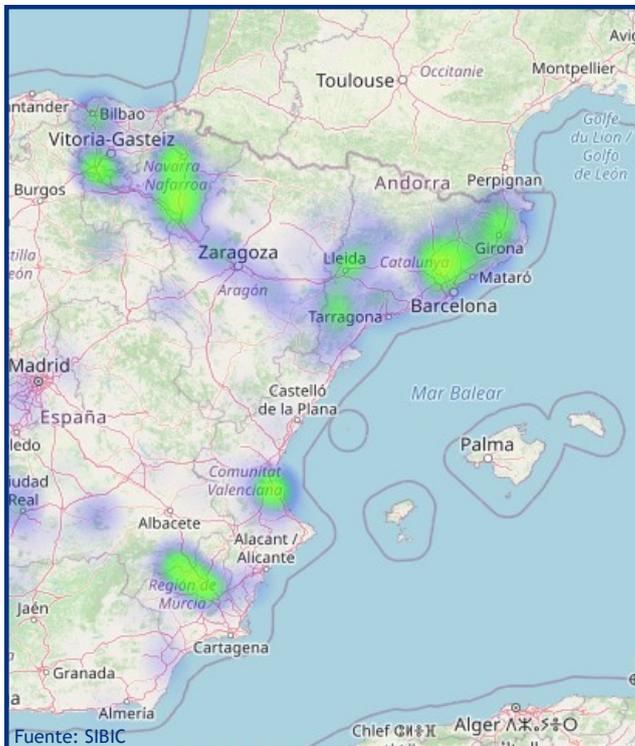
Pez de talla media que no suele superar los 100 cm de longitud total y 20 kg de peso, aunque en España raramente alcanza los 60 cm y 10 kg de peso. Su morfología y coloración son variables, la cabeza es grande, las escamas son muy pequeñas (110-125 en la línea lateral) y presenta normalmente, manchas 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 Ardisa

Carpa común

Cyprinus carpio



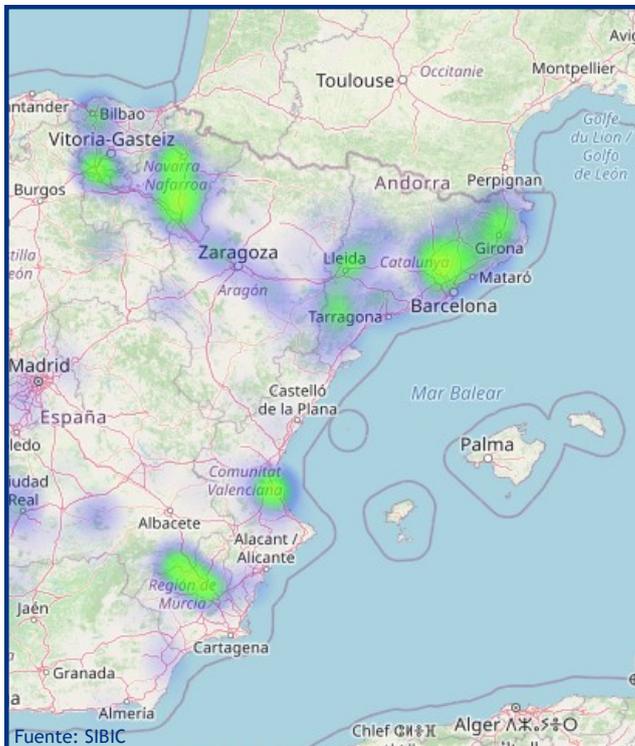
Es la especie íctica introducida de mayor difusión en la península Ibérica. Puede alcanzar considerables dimensiones de hasta 1 m de longitud y más de 20 kg de peso. Los machos alcanzan la madurez sexual a la edad de 1 o 2 años mientras que las hembras lo hacen más tarde. Aquellos individuos que habitan los embalses no necesitan salir de ellos para desovar sino que buscan zonas de aguas someras con vegetación dentro del mismo embalse. Muestra costumbres gregarias, especialmente durante el invierno, que forma bancos en los fondos de las zonas más profundas. Su régimen alimentario es omnívoro, a base de detritos, materia vegetal y, preferentemente, de invertebrados acuáticos del fondo. Sin embargo su capacidad de adaptación es grande y puede variar ampliamente sus hábitos en función de las condiciones del medio. Es una especie generalista que prefiere los cursos lentos de agua y los tramos de agua estancada con temperaturas altas. Resiste muy bien las bajas concentraciones de oxígeno disuelto, la turbiedad alta, la salinidad y, en general, la contaminación de las aguas. Se considera que tiene efectos negativos sobre la vegetación acuática sumergida, porque levantan sus raíces, y también contribuyen al enturbiamiento de las aguas por su costumbre de remover el sedimento.



Embalse de Ardisa

Carpa de es-

Cyprinus carpio specularis



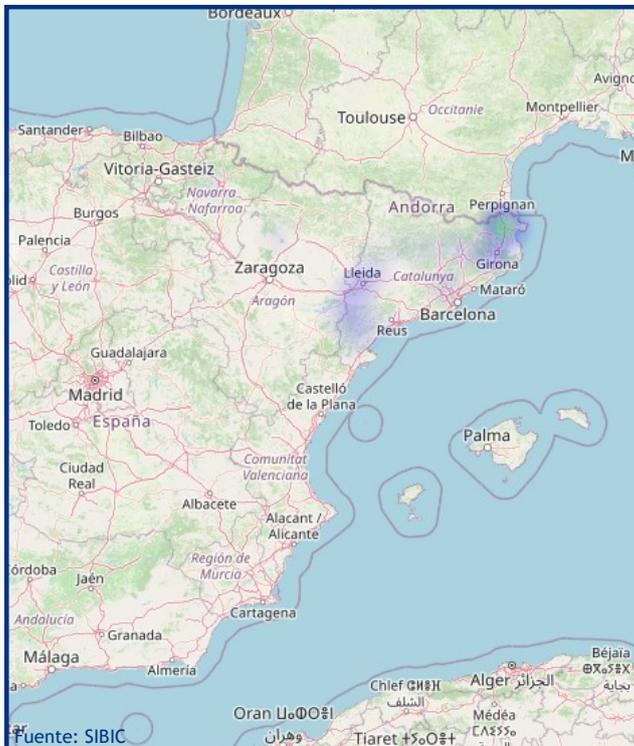
Especie muy variable en forma, proporciones, escamas, color y desarrollo de las aletas. Son omnívoros, se alimentan básicamente de insectos acuáticos, crustáceos, anélidos, moluscos, arroz salvaje, algas y otros vegetales. Es una especie generalista que prefiere los cursos lentos de agua y los tramos de agua estancada con temperaturas altas. Resiste muy bien las bajas tensiones de oxígeno disuelto, la turbiedad alta, la salinidad y, en general, la contaminación de las aguas. Se reproduce en primavera y verano, dejando huevos pegajosos en vegetación poco profunda. Una hembra de 47 centímetros de longitud produce alrededor de 300.000 huevos. Aquellos individuos que habitan los embalses no necesitan salir de ellos para desovar sino que buscan zonas de aguas someras con vegetación dentro del mismo embalse. Los adultos pueden desenraizar y destruir la vegetación acuática sumergida en detrimento de las especies piscícolas autóctonas.



Embalse de Ardisa

Gardí

Scardinius erythrophthalmus



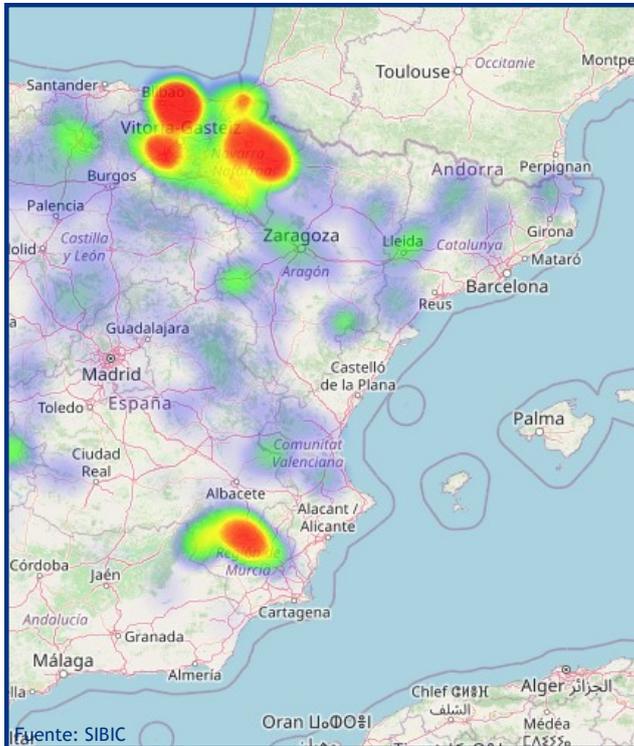
Ciprinido de talla media que en España no supera los 20 cm de longitud total, aunque se conocen en Europa ejemplares que llegan a medir 50 cm de longitud total y 2 kg de peso. Pocas son las poblaciones presentes en España y se desconoce su evolución actual. Vive en aguas tranquilas con vegetación sumergida. La reproducción tiene lugar de abril a junio. Vive en la mayor parte de Europa hasta el mar Caspio y mar de Aral. En España ha sido introducida y hoy en día está presente en Cataluña en las cuencas de los ríos Muga, Ter, Besós, Tordeira, Llobregat y en algunos puntos de la cuenca del Ebro, así como en las Lagunas de Ruidera.



Embalse de Ardisa

Gobio

Gobio lozanoi



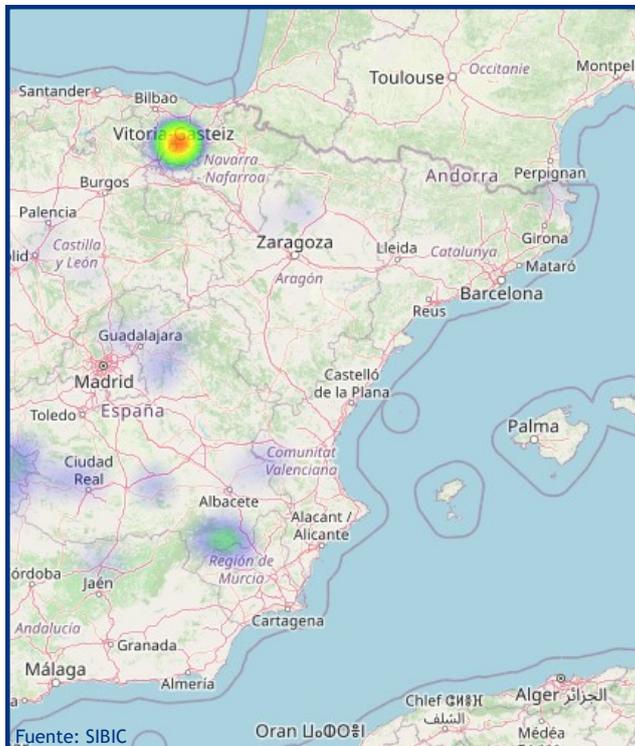
Ciprinido de pequeño tamaño, que raramente supera los 150 mm de longitud. La forma de su cuerpo refleja su condición de pez de fondo con una parte ventral más o menos plana, un dorso convexo y la boca infera, con una barbilla a cada lado. El color del dorso es oscuro y en los flancos aparece una línea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



Embalse de Ardisa

Lucio

Esox lucius



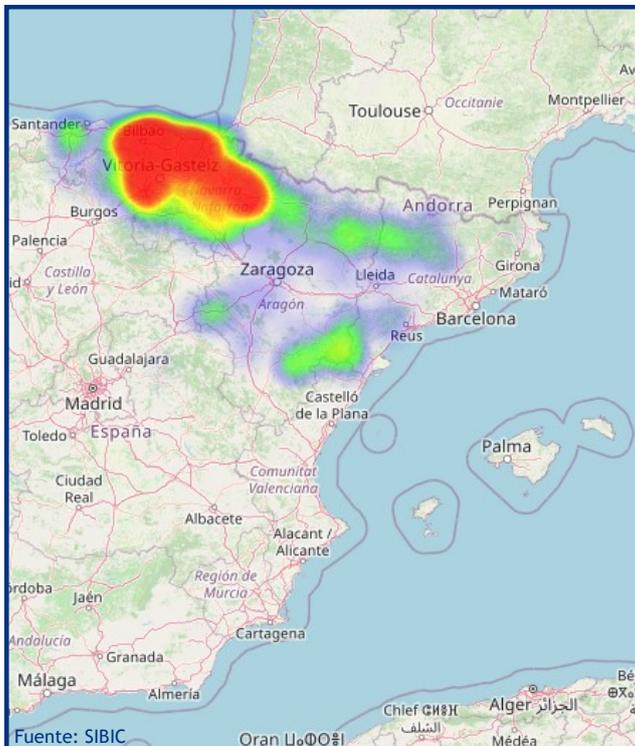
El lucio es un pez que alcanza frecuentemente los 70 cm y supera, en muchos casos, el metro de longitud y los 25 kg de peso. El cuerpo, muy hidrodinámico, es de color gris-verdoso con manchas amarillentas. La boca es de gran tamaño y está recubierta de fuertes dientes. Habita preferentemente zonas remansadas, de escasa corriente y con abundante vegetación sumergida. También es frecuente que vivan aislados sin apartarse demasiado de su dominio territorial. En sus primeros meses de vida se alimenta exclusivamente de invertebrados y va pasando a progresivamente a la ictiofagia o consumo de peces. La alimentación piscívora es exclusiva a partir de los 30cm de longitud. La reproducción tiene lugar entre enero y marzo en zonas someras y con abundante vegetación. Esta especie, con una distribución originaria del Norte de América, Asia y Europa (a excepción de Irlanda, Italia y la Península Ibérica), fue introducida al comienzo de los años 50 desde Francia con fines deportivos. En la actualidad, según diversos autores se encuentra en expansión, con poblaciones estables aunque sometidas a control en algunos tramos trucheros. La acometividad y gran talla le coloca como una especie amenazadora para la supervivencia de aquellas otras que solapan con su nicho ecológico.



Embalse de Ardisa

Madrilla

Parachondrostoma miegii



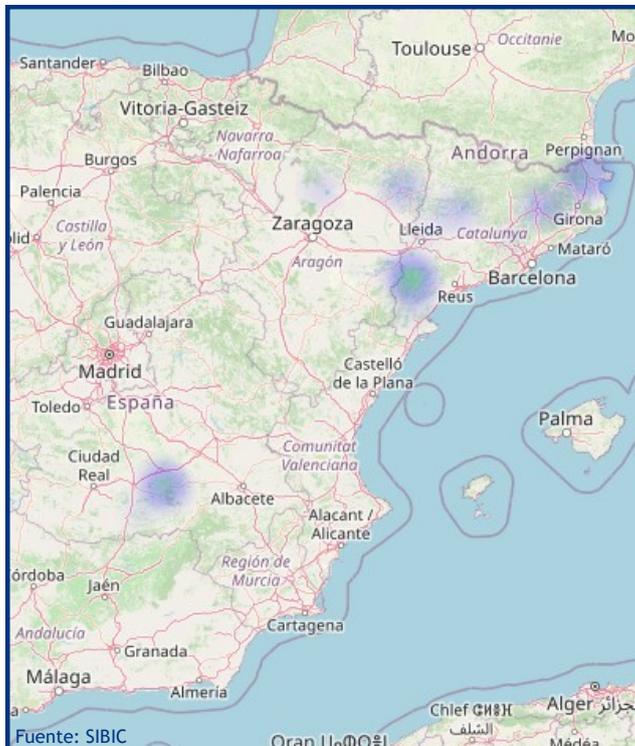
La Loina o Madrilla es un ciprinido de tamaño medio que no suele sobrepasar los 300 mm de longitud total. Cuerpo alargado con la cabeza relativamente pequeña y boca situada en su parte inferior. El labio inferior es grueso y presenta una lámina córnea de forma arqueada, a diferencia de la boga del Duero,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



Embalse de Ardisa

Rutilo

Rutilus rutilus



Es una especie de talla media que no suele sobrepasar lo 40 cm de longitud total aunque se conocen individuos que han alcanzado los 50 cm de longitud y cerca de los 2 kg de peso. Las poblaciones son pequeñas y se desconoce su evolución actual. Vive en ríos, lagos y embalses prefiriendo aguas tranquilas. Pueden vivir tanto en aguas contaminadas como en aguas salobres. Existen algunas poblaciones anádromas. Es una especie omnívora que se alimenta tanto de insectos como de crustáceos y plantas. Aunque los adultos tienen preferencia por las plantas. La reproducción se da entre los meses de abril y junio cuando la temperatura del agua ronda los 10-14°C. En la actualidad se distribuye por toda Europa excepto por las penínsulas meridionales e Irlanda. En España se localiza en el río Llobregat y en la cuenca del Ebro. Parece tener un impacto considerable sobre la vegetación acuática y por tanto sobre el hábitat.





ANEXO 2. RESULTADOS DE LAS PESCAS



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Embalse de Ardisa	CÓDIGO DE RED		ARD22_S1BEN1		
UTM-X	685832	UTM-Y		4674306		
TIPO DE RED	Bentónica (16x1.5) 40m	SISTEMA DE REFERENCIA		UTM ETRS89 H32		
INICIO	28-9-22 10:30	FIN		28-9-22 15:00		
PROFUNDIDAD	4	PROFUNDIDAD DE LA RED		3		
RIQUEZA ESPECIES	3	ESFUERZO APLICADO		0,5		
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno	2	4,00	50%	8	16,40	10%
Rutilo	1	2,00	25%	64	128,60	78%
Madrilla	1	2,00	25%	10	19,20	12%
Total	4	8,00	100%	82	164,20	100%

CPUE

■ Alburno ■ Rutilo ■ Madrilla

BPUE

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	95	9,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	75	5,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	160	64,3	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	70	3,0	1



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Embalse de Ardisa		CÓDIGO DE RED		ARD22_S1BEN2	
UTM-X	685641		UTM-Y		4672718	
TIPO DE RED	Bentónica (16x1.5) 40m		SISTEMA DE REFERENCIA		UTM ETRS89 H33	
INICIO	28-9-22 11:00		FIN		28-9-22 15:30	
PROFUNDIDAD	3,5		PROFUNDIDAD DE LA RED		2	
RIQUEZA ESPECIES	1		ESFUERZO APLICADO		0,5	
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno	1	2,00	100%	7	14,00	100%
Total	1	2,00	100%	7	14,00	100%

CPUE		BPUE	
<p>■ Alburno</p>			

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	95	7,0	1



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA PESCA						
SISTEMA	Embalse de Ardisa	CÓDIGO	ARD22_S1PES3			
UMT-X	685.576	UTM-Y	4.673.171			
RIQUEZA ESPECIES	4	Distancia (m)	164,0			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Lucio	2	0,01	10%	171	1,04	4%
Alburno	12	0,07	60%	24	0,15	1%
Carpa común	1	0,01	5%	4000	24,39	92%
Rutilo	5	0,03	25%	132	0,81	3%
Total	20	0,12	100%	4327	26,39	100%

CPUE

- Lucio
- Alburno
- Carpa común
- Rutilo

BPUE

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Lucio	<i>Esox lucius</i>	246	104,2	1
Lucio	<i>Esox lucius</i>	217	66,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	134	40,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	115	23,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	112	22,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	117	25,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	110	21,2	1
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	560	4000,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	60	2,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	60	2,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	60	2,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	60	2,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	60	2,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	60	2,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	60	2,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	60	2,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	60	2,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	60	2,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	60	2,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	60	2,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	60	2,0	1



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA PESCA						
SISTEMA	Embalse de Ardisa	CÓDIGO		ARD22_S1PES4		
UMT-X	685.353	UTM-Y		4.673.794		
RIQUEZA ESPECIES	5	Distancia (m)		161,0		
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno	13	0,08	50%	44	0,27	2%
Carpa común	1	0,01	4%	2530	15,71	95%
Gobio	1	0,01	4%	1	0,01	0%
Rutilo	4	0,02	15%	57	0,35	2%
Madrilla	7	0,04	27%	27	0,17	1%
Total	26	0,16	100%	2658	16,51	100%

CPUE		BPUE	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Alburno ■ Carpa común ■ Gobio ■ Rutilo ■ Madrilla 			

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	481	2530,0	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	45	1,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	65	2,5	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	65	2,5	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	65	2,5	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	65	2,5	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	65	2,5	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	65	2,5	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	65	2,5	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	65	2,5	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	65	2,5	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	65	2,5	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	65	2,5	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	65	2,5	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	65	2,5	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	117	22,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	109	13,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	118	27,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	69	5,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	55	2,6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	87	11,4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	60	2,6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	60	2,6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	60	2,6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	60	2,6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	60	2,6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	60	2,6	1



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA PESCA						
SISTEMA	Embalse de Ardisa	CÓDIGO	ARD22_S1PES6			
UMT-X	685.097	UTM-Y	4.674.837			
RIQUEZA ESPECIES	3	Distancia (m)	365,0			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Carpa de espejos	1	0,00	10%	7500	20,55	99%
Alburno	7	0,02	70%	21	0,06	0%
Gardí	2	0,01	20%	39	0,11	1%
Total	10	0,03	100%	7560	20,71	100%

CPUE		BPUE	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Carpa de espejos ■ Alburno ■ Gardí 			

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Carpa de espejos	<i>Cyprinus carpio specularis</i>	657	7500,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	125	29,6	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	93	9,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	72	3,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	72	3,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	72	3,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	72	3,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	72	3,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	72	3,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	70	3,0	1



ANEXO 3. CELDAS DEL MUESTREO HIDROACÚSTICO



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	1	685421,7379	4673395,045	27,66	12,97
1	2	685450,7257	4673354,262	28,41	13,33
1	3	685463,6325	4673306,287	24,23	11,36
1	4	685476,925	4673258,735	14,01	6,57
1	5	685511,9917	4673224,056	27,91	13,09
1	6	685550,3832	4673192,421	40,38	18,94
1	7	685553,7346	4673142,073	29,05	13,63
1	8	685555,7259	4673092,533	8,56	4,02
1	9	685582,1756	4673057,195	9,61	4,51
1	10	685629,4123	4673041,483	15,6	7,32
1	11	685666,7432	4673008,132	405,75	190,32
1	12	685682,7512	4672961,084	6,69	3,14
1	13	685687,8701	4672913,316	51,55	24,18
1	14	685687,1812	4672863,284	25,31	11,87
1	15	685676,61	4672835,448	0,25	0,12
1	16	685674,7261	4672786,228	0,75	0,35
1	17	685657,9367	4672741,283	4,28	2,01
1	18	685635,3337	4672702,118	48,1	22,56
1	19	685644,172	4672652,748	9,05	4,25
1	20	685612,4979	4672613,766	17,6	8,26
1	21	685587,3696	4672582,591	0	0
1	22	685600,0057	4672535,865	0,13	0,06
1	23	685569,0166	4672495,635	15,75	7,39
1	24	685518,3692	4672493,867	6,94	3,25
1	25	685481,7865	4672523,85	1,3	0,61
1	26	685519,1065	4672494,743	1,63	0,76
1	27	685564,4623	4672514,161	21,72	10,19
1	28	685611,3922	4672526,843	42,91	20,13
1	29	685629,0996	4672570,545	94,16	44,17
1	30	685633,7223	4672614,325	47,64	22,34
1	31	685622,2197	4672663,192	27,9	13,08
1	32	685651,0298	4672704,221	8,7	4,08
1	33	685654,2006	4672750,085	1,88	0,88
1	34	685667,5641	4672798,34	2,47	1,16
1	35	685680,1873	4672846,143	37,94	17,79
1	36	685692,0732	4672891,815	28,43	13,34
1	37	685690,0543	4672939,231	69,96	32,82
1	38	685671,5186	4673009,114	4,95	2,32
1	39	685629,202	4673007,142	289,62	135,85
1	40	685591,0408	4672977,312	12,11	5,68
1	41	685586,8121	4672932,698	3,11	1,46
1	42	685601,6943	4672884,765	0	0
1	43	685587,2726	4672839,027	14,79	6,94
1	44	685566,1128	4672797,778	0	0
1	45	685560,7266	4672748,466	0	0
1	46	685539,108	4672702,971	0,02	0,01
1	47	685500,0499	4672673,541	41,13	19,29
1	48	685484,0933	4672652,775	0	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	49	685514,4853	4672690,877	16,86	7,91
1	50	685548,7575	4672724,416	0	0
1	51	685560,8446	4672772,215	32,63	15,3
1	52	685573,3088	4672820,435	0	0
1	53	685598,2691	4672863,907	6,05	2,84
1	54	685616,0931	4672909,735	12,92	6,06
1	55	685627,5135	4672957,084	26,57	12,46
1	56	685595,9731	4672993,977	38,12	17,88
1	57	685586,2876	4673035,691	12,72	5,97
1	58	685605,6452	4673079,437	37,76	17,71
1	59	685570,2225	4673112,839	27,86	13,07
1	60	685533,6666	4673145,356	21,6	10,13
1	61	685529,7103	4673193,577	21,99	10,31
1	62	685514,7411	4673241,085	2,49	1,17
1	63	685491,3436	4673280,738	20,28	9,51
1	64	685468,7339	4673280,142	24,14	11,32
1	65	685442,0248	4673322,242	7,74	3,63
1	66	685422,036	4673368,351	9,29	4,36
1	67	685411,077	4673411,721	17,14	8,04
1	68	685383,6982	4673450,414	97,56	45,76
1	69	685359,9043	4673493,879	161,58	75,79
1	70	685328,0508	4673531,187	68,68	32,22
1	71	685322,4966	4673571,732	235,84	110,62
1	72	685328,8661	4673612,591	66,83	31,35
1	73	685311,5846	4673659,184	86,22	40,44
1	74	685321,0866	4673706,915	18,31	8,59
1	75	685338,162	4673749,756	62,19	29,17
1	76	685323,2707	4673793,444	20,16	9,45
1	77	685351,8273	4673833,61	11,22	5,26
1	78	685353,7396	4673883,685	25,85	12,13
1	79	685385,5311	4673919,28	19,01	8,92
1	80	685420,5811	4673954,117	16,86	7,91
1	81	685448,4321	4673993,419	24,7	11,59
1	82	685486,029	4674024,079	13,24	6,21
1	83	685534,4003	4674033,409	52,22	24,5
1	84	685542,3732	4674079,822	7,04	3,3
1	85	685589,9767	4674095,067	19,51	9,15
1	86	685626,0994	4674120,177	4,8	2,25
1	87	685644,3595	4674166,861	35,74	16,76
1	88	685687,7224	4674192,173	3,29	1,54
1	89	685721,2141	4674221,459	19,36	9,08
1	90	685763,8612	4674246,319	1,32	0,62
1	91	685810,574	4674262,386	18,38	8,62
1	92	685835,7289	4674296,964	3,79	1,78
1	93	685861,0507	4674333,657	50,08	23,49
1	94	685876,5053	4674377,302	0,81	0,38
1	95	685887,7915	4674482,729	0	0
1	96	685894,6575	4674529,958	4,62	2,17



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	97	685876,8316	4674570,179	0,02	0,01
1	98	685834,5159	4674594,497	257,07	120,58
1	99	685812,8139	4674638,849	3,4	1,59
1	100	685779,1187	4674662,128	0,29	0,14
1	101	685729,1163	4674655,296	18,35	8,61
1	102	685689,1388	4674678,399	8,04	3,77
1	103	685643,876	4674683,572	1,86	0,87
1	104	685597,6138	4674698,453	29,86	14,01
1	105	685548,1898	4674704,783	8,78	4,12
1	106	685510,866	4674677,087	3,87	1,81
1	107	685466,683	4674680,167	38,08	17,86
1	108	685421,7628	4674690,851	1,39	0,65
1	109	685381,6707	4674659,704	1,09	0,51
1	110	685334,5341	4674673,297	10,52	4,93
1	111	685316,3605	4674670,696	0	0
1	112	685316,5538	4674669,001	84,83	39,79
1	113	685275,4883	4674658,174	3,81	1,79
1	114	685243,0243	4674659,864	3,53	1,66
1	115	685196,6699	4674655,678	1,09	0,51
1	116	685148,3753	4674659,918	1,31	0,61
1	117	685143,7498	4674709,811	0	0
1	118	685130,6721	4674753,125	11,98	5,62
1	119	685091,82	4674784,75	40,56	19,02
1	120	685066,2162	4674826,879	0	0
1	121	685075,7615	4674875,455	0,77	0,36
1	122	685058,8648	4674918,247	51,2	24,02
1	123	685026,2975	4674955,971	6,83	3,21
1	124	685033,6658	4675005,334	89,51	41,99
1	125	685028,632	4675052,249	2,27	1,07
1	126	685006,5474	4675072,437	0,53	0,25
1	127	685018,0444	4675028,236	0	0
1	128	685050,8643	4674990,952	27,77	13,03
1	129	685056,268	4674941,914	0	0
1	130	685051,5851	4674893,476	20,41	9,58
1	131	685072,0369	4674852,467	80,43	37,73
1	132	685110,668	4674821,692	7,71	3,62
1	133	685115,5162	4674771,806	0	0
1	134	685116,1838	4674723,498	2,94	1,38
1	135	685160,2178	4674710,666	1,66	0,78
1	136	685198,9679	4674680,751	7,97	3,74
1	137	685226,7799	4674640,78	2,51	1,18
1	138	685265,0235	4674662,144	1	0,47
1	139	685834,5159	4674594,497	257,07	120,58
1	140	685812,8139	4674638,849	3,4	1,59
1	141	685779,1187	4674662,128	0,29	0,14
1	142	685729,1163	4674655,296	18,35	8,61
1	143	685689,1388	4674678,399	8,04	3,77
1	144	685643,876	4674683,572	1,86	0,87



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	145	685597,6138	4674698,453	29,86	14,01
1	146	685548,1898	4674704,783	8,78	4,12
1	147	685510,866	4674677,087	3,87	1,81
1	148	685466,683	4674680,167	38,08	17,86
1	149	685421,7628	4674690,851	1,39	0,65
1	150	685381,6707	4674659,704	1,09	0,51
1	151	685334,5341	4674673,297	10,52	4,93
1	152	685316,3605	4674670,696	0	0
1	153	685316,5538	4674669,001	84,83	39,79
1	154	685275,4883	4674658,174	3,81	1,79
1	155	685243,0243	4674659,864	3,53	1,66
1	156	685196,6699	4674655,678	1,09	0,51
1	157	685148,3753	4674659,918	1,31	0,61
1	158	685143,7498	4674709,811	0	0
1	159	685130,6721	4674753,125	11,98	5,62
1	160	685091,82	4674784,75	40,56	19,02
1	161	685066,2162	4674826,879	0	0
1	162	685075,7615	4674875,455	0,77	0,36
1	163	685058,8648	4674918,247	51,2	24,02
1	164	685026,2975	4674955,971	6,83	3,21
1	165	685033,6658	4675005,334	89,51	41,99
1	166	685028,632	4675052,249	2,27	1,07
1	167	685006,5474	4675072,437	0,53	0,25
1	168	685018,0444	4675028,236	0	0
1	169	685050,8643	4674990,952	27,77	13,03
1	170	685056,268	4674941,914	0	0
1	171	685051,5851	4674893,476	20,41	9,58
1	172	685072,0369	4674852,467	80,43	37,73
1	173	685110,668	4674821,692	7,71	3,62
1	174	685115,5162	4674771,806	0	0
1	175	685116,1838	4674723,498	2,94	1,38
1	176	685160,2178	4674710,666	1,66	0,78
1	177	685198,9679	4674680,751	7,97	3,74
1	178	685226,7799	4674640,78	2,51	1,18
1	179	685265,0235	4674662,144	1	0,47
2	41	685376,7203	4673429,84	0	0
2	69	685430,5159	4673345,695	0	0
2	70	685422,4489	4673395,031	0	0
2	82	685369,9545	4673900,502	0	0
2	117	685260,603	4674643,326	0	0
2	141	685245,3906	4674648,437	0	0
2	142	685287,7544	4674653,886	0	0



ANEXO 4. BOLETINES DE ENSAYO DE eDNA



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

Recepción de muestras en el laboratorio

Fecha:	30/09/2022
Técnico:	Susana Deus Álvarez
Nº Muestras:	9
Estado de las muestras:	Frías
Almacenaje:	Congelación

Código de muestra	Chequeo
ARD_E1S	<input checked="" type="checkbox"/>
ARD_E1M	<input checked="" type="checkbox"/>
ARD_E1F	<input checked="" type="checkbox"/>
ARD_PES_1_1	<input checked="" type="checkbox"/>
ARD_PES_1_2	<input checked="" type="checkbox"/>
ARD_PES_1_3	<input checked="" type="checkbox"/>
ARD_BEN_1_1	<input checked="" type="checkbox"/>
ARD_BEN_1_2	<input checked="" type="checkbox"/>
ARD_BEN_1_3	<input checked="" type="checkbox"/>



TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
ESPECIE:	<i>Salmo trutta y Anguilla anguilla</i>	
Procedencia:	Ardisa	
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
ARD_E1_S	1	2	03/10/2022
ARD_E1_M	1	2	03/10/2022
ARD_E1_F	1	2	03/10/2022
ARD_PES_1_1	1	2	03/10/2022
ARD_PES_1_2	1	2	03/10/2022
ARD_PES_1_3	1	2	03/10/2022
ARD_BEN_1_1	1	2	03/10/2022
ARD_BEN_1_2	1	2	03/10/2022
ARD_BEN_1_3	1	2	03/10/2022

Extracción de ADN

Fecha:	07/10/2022
Técnico:	Susana Deus Álvarez
Método de extracción:	Kit Qiagen
Número de muestras:	9
Incidencias:	No

Muestras extraídas		
Código	Volumen (mL)	Quality Check
ARD_E1_S	100	<input checked="" type="checkbox"/>
ARD_E1_M	100	<input checked="" type="checkbox"/>
ARD_E1_F	100	<input checked="" type="checkbox"/>
ARD_PES_1_1	100	<input checked="" type="checkbox"/>
ARD_PES_1_2	100	<input checked="" type="checkbox"/>
ARD_PES_1_3	100	<input checked="" type="checkbox"/>
ARD_BEN_1_1	100	<input checked="" type="checkbox"/>
ARD_BEN_1_2	100	<input checked="" type="checkbox"/>
ARD_BEN_1_3	100	<input checked="" type="checkbox"/>





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

Detección por PCR

Técnico:	Susana Deus Álvarez
Incidencias:	No

Salmo trutta

	qPCR	
Máquina PCR:	Quantum studio 3	
R2:	0.939	
Recta - Pendiente:	-2.641	
Recta - Intercepto	33.797	
Conservación:	congelación	



Target: Target 2 Slop: -2.641 R²: 0.939 Y-Inter: 33.797 Eff%: 139.11 Error: 0.187

Resultados		
Código	Detección	Copias ADN ng/μL
ARD_E1_S	+	<LD
ARD_E1_M	+	<LD
ARD_E1_F	+	<LD
ARD_PES_1_1	+	<LD
ARD_PES_1_2	+	<LD
ARD_PES_1_3	+	<LD
ARD_BEN_1_1	+	<LD
ARD_BEN_1_2	+	<LD
ARD_BEN_1_3	+	<LD
Control negativo PCR	-	



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

Conclusión

Se ha detectado la presencia de *Salmo trutta* en todas las muestras, sin embargo la concentración se encuentra por debajo de 1 copia/ml que es nuestro límite de la curva de calibración.

Anguilla anguilla

	Metabarcoding		
Máquina PCR:	Quantum studio 3		
Conservación:	congelación		

Resultados

Código	Detección		
ARD_E1_S	-		
ARD_E1_M	-		
ARD_E1_F	-		
ARD_PES_1_1	-		
ARD_PES_1_2	-		
ARD_PES_1_3	-		
ARD_BEN_1_1	-		
ARD_BEN_1_2	-		
ARD_BEN_1_3	-		
Control negativo PCR	-		



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

Conclusión

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