



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

2023

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



ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



SONDEO HIDROACÚSTICO EN EMBALSE DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO: EMBALSE DE SAN LORENZO

PROMOTOR:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



SERVICIO:

ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS

DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

María José Rodríguez Pérez

EMPRESA CONSULTORA:

ECOHYDROS S.L.



EQUIPO DE TRABAJO:

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

PRESUPUESTO DE LA ADJUDICACIÓN:

114.425,25 Euros

CONTENIDO:

MEMORIA/ANEJOS/CARTOGRAFÍA/CD

AÑO DE EJECUCIÓN:

2023

FECHA ENTREGA:

NOVIEMBRE 2023



REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

Superior izquierda: Ubicación de red epipelágica

Superior derecha: Embarcación utilizada en el muestreo amarrada en la orilla

Inferior izquierda: Ejemplar de gardí

Inferior derecha: Vista panorámica del embalse

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2023) Sondeo hidroacústico en embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro: Embalse de San Lorenzo 56 págs. Disponible en PDF en la web: <http://www.chebro.es>

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

SONDEO HIDROACÚSTICO EN EMBALSES DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO: EMBALSE DE SAN LORENZO. AÑO 2023

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

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

La asociación de peces es relativamente rica en especies, pero las nueve (9) especies capturadas en los muestreos son alóctonas. Además, se ha detectado una décima especie, la única autóctona, mediante el análisis del eDNA: trucha común.

La asociación de peces está dominada en términos de densidad por dos especies forrajeras (alburno y rutilo), que concentran el 77% de los efectivos. Por otro lado, la brema común presenta un escaso número de ejemplares. Exceptuando la carpa común y la gambusia, el resto de las especies se pueden considerar depredadoras en mayor o menor grado. La carpa, único ciprínido de gran talla, aporta el 81% de la biomasa. Lucio y black bass son los depredadores dominantes y suman el 10% de la biomasa total.

La densidad media de peces es de $6,40 \pm 0,67$ ind/dam³, que es un valor moderado gobernado por la abundancia de bancos de alburnos y rutilos, especies de ciprínidos gregarios de pequeño porte. La biomasa de peces obtenida en el embalse es sin embargo baja ($1,65 \pm 0,17$ g/m²) o, lo que es lo mismo, 16,5 kg/ha.

Los análisis realizados mediante la técnica de mayor sensibilidad conocida (eDNA), revelan la presencia de trucha común, no capturada en los muestreos, y corroboran la ausencia de anguila europea.

HYDROACOUSTIC SURVEY IN RESERVOIRS OF THE EBRO RIVER BASIN DISTRICT: SAN LORENZO RESERVOIR. YEAR 2023

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

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

The fish assemblage is relatively species-rich, but all nine (9) species captured in the surveys are allochthonous. In addition, a tenth species, the only autochthonous species, was detected by eDNA analysis: brown trout.

The fish assemblage is dominated in terms of density by two forage species (bleak and roach), which account for 77% of the fish. White bream, on the other hand, has a low number of individuals. With the exception of the common carp and the gambusia, the other species can be considered more or less predatory. Carp, the only large cyprinid, accounts for 81% of the biomass. Pike and black bass are the dominant predators, accounting for 10% of the total biomass.

The average fish density is 6.40 ± 0.67 ind/dam³, a moderate value determined by the abundance of schools of bleak and roach, small gregarious cyprinid species. However, the fish biomass obtained in the reservoir is low (1.65 ± 0.17 g/m²) or 16.5 kg/ha.

Analyses carried out using the most sensitive technique known (eDNA) reveal the presence of brown trout, which were not captured in the samples, and confirm the absence of European eel.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	10
1.1. <i>PRESTACIONES DE LAS TÉCNICAS APLICADAS.....</i>	11
1.2. <i>INTERÉS DEL ESTUDIO CUANTITATIVO DE LA FAUNA ÍCTICA EN MASAS DE AGUA NO VADEABLES.....</i>	12
2. ÁMBITO DE ESTUDIO.....	13
2.1. <i>SITUACIÓN.....</i>	13
2.2. <i>CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA.....</i>	14
2.3. <i>RÉGIMEN HIDROLÓGICO.....</i>	15
2.4. <i>CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EMBALSE. PERFILES VERTICALES.....</i>	16
2.5. <i>POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO.....</i>	18
3. METODOLOGÍA.....	19
3.1. <i>DISEÑO DEL MUESTREO.....</i>	20
3.2. <i>MUESTREOS REMOTOS: HIDROACÚSTICA.....</i>	20
3.2.1. <i>Prospección hidroacústica.....</i>	20
3.2.2. <i>Procesado de datos acústicos.....</i>	22
3.3. <i>MUESTREOS DIRECTOS DE PESCA.....</i>	23
3.3.1. <i>Redes agalleras múltipaño.....</i>	23
3.3.2. <i>Pesca eléctrica desde embarcación.....</i>	24
3.4. <i>INTERPOLACIÓN ESPACIAL Y ESTIMACIONES GLOBALES.....</i>	25
3.5. <i>EVALUACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE BIÓTICO QFBI.....</i>	26
3.6. <i>DETECCIÓN DE TRUCHA COMÚN Y ANGIULA EUROPEA MEDIANTE ADN AMBIENTAL.....</i>	27
3.6.1. <i>Muestreo de ADN ambiental (eDNA).....</i>	27
3.6.2. <i>Obtención de ADN ambiental de trucha común y de anguila en muestras de agua.....</i>	28
3.6.3. <i>Detección específica de trucha común.....</i>	29
3.6.4. <i>Detección específica de anguila europea.....</i>	29
3.6.5. <i>Estimaciones de biomasa.....</i>	30
4. RESULTADOS.....	31
4.1. <i>SONDEO HIDROACÚSTICO: DENSIDADES.....</i>	31
4.1.1. <i>Distribución y estimación de la densidad de peces.....</i>	32
4.1.2. <i>Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro.....</i>	34



4.2.	MUESTREOS DIRECTOS: COMPOSICIÓN Y BIOMASA ESPECÍFICA.....	36
4.2.1.	Especies presentes en el embalse.....	37
4.2.2.	Composición y distribución de especies.....	37
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.....	46
4.4.	DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES	48
4.5.	MUESTREOS INDIRECTOS: ADN AMBIENTAL.....	49
4.5.1.	Muestras ambientales de agua	49
4.5.2.	Detección de trucha común mediante qPCR y estimaciones de biomasa.....	49
4.5.3.	Detección de anguila europea mediante qPCR y estimaciones de biomasa.....	50
5.	VALORACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE QFBI	51
6.	CONCLUSIONES.....	52
7.	GLOSARIO Y ACRÓNIMOS.....	54
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	56

ÍNDICE DE 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 San Lorenzo	15
Tabla 2. Descripción de las redes de muestreo empleadas.	23
Tabla 3. Métricas y coeficientes para el cálculo del QFBI	27
Tabla 4. Valores de corte del QFBI empleados para la clasificación del potencial ecológico	27
Tabla 5. Densidad de peces (ind/dam ³) por estratos, estimada mediante acústica	32
Tabla 6. Especies presentes en el embalse.....	37
Tabla 7. Ejemplos de las redes utilizadas durante los muestreos directos en el embalse de San Lorenzo	38
Tabla 8. Resultados de las pescas con red por especies	38
Tabla 9. Recorridos de pesca eléctrica realizados durante los muestreos directos del embalse de San Lorenzo.....	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	48
Tabla 13. Concentración de eDNA de <i>Salmo trutta</i> en el embalse de San Lorenzo	49
Tabla 14. Resultados del QFBI obtenidos para el embalse de San Lorenzo	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Técnico realizando toma de parámetros fisicoquímicos en el embalse de San Lorenzo.	12
Figura 2. Situación del embalse de San Lorenzo.....	13
Figura 3. Evolución del volumen embalsado en el embalse de San Lorenzo durante el ciclo hidrológico 2022/23.....	15
Figura 4. Perfiles físico-químicos del embalse de San Lorenzo (SLO23_S1PRO1)	17
Figura 5. Esquema del método de censado de poblaciones ícticas en un embalse	19
Figura 6. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico	21
Figura 7. Colocación de red bentónica en embalse de San Lorenzo	24
Figura 8. Equipo de electropesca desde embarcación en el embalse de San Lorenzo	25

Figura 9. Ubicación de las estaciones de muestreo directo en el embalse de San Lorenzo	28
Figura 10. Recorridos del sondeo hidroacústico en el embalse de San Lorenzo	31
Figura 11. Ejemplo de un ecograma obtenido con el haz vertical en el embalse de San Lorenzo.	32
Figura 12. Distribución de la densidad de peces por celdas de análisis en el estrato superior (L1).	33
Figura 13. Distribución de la densidad de peces por celdas de análisis en el estrato profundo (L2).	34
Figura 14. Comparación de la densidad con otros embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro ...	35
Figura 15. Fotografías de las labores de muestreo en el Embalse de San Lorenzo	36
Figura 16. Composición de la asociación obtenida mediante redes	38
Figura 17. Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm.....	40
Figura 18. Composición de la muestra obtenida mediante pesca eléctrica.....	42
Figura 19 . Ejemplares de las especies capturadas en el embalse de San Lorenzo	43
Figura 20. Distribución de la biomasa de peces por celdas en el estrato superior (L1).	45
Figura 21. Distribución de la biomasa de peces por celdas en el estrato inferior (L2)	45
Figura 22. Comparación de la biomasa con otros embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro	47
Figura 23. Recta patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN. En azul la curva de calibración y en rojo las muestras.	49
Figura 24. Recta patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN.	50

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

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

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

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

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

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

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

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

1.1. PRESTACIONES DE LAS TÉCNICAS APLICADAS

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

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

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

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

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

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

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

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



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

Figura 1. Técnico realizando toma de parámetros fisicoquímicos en el embalse de San Lorenzo.

2. ÁMBITO DE ESTUDIO

2.1. SITUACIÓN

El embalse de San Lorenzo (MAS 67) se localiza en el término municipal de San Llorenç de Morunys, en la provincia de Lleida, regulando las aguas del río Segre.



Figura 2. Situación del embalse de San Lorenzo

Fue construido principalmente con el propósito de regular el caudal de agua para la generación de energía hidroeléctrica. También es utilizado para abastecer de agua potable a los municipios cercanos y para actuar de defensa frente avenidas.

2.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

Según el inventario nacional de presas y embalses, el embalse de San Lorenzo tiene una capacidad máxima útil de 9,51 hm³ y ocupa en su nivel máximo normal (NMN) una superficie de 140 ha, lo que supone una profundidad media nominal de 6,79 m y máxima de 13,5 m.

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

El sondeo hidroacústico y el perfil fisicoquímico se realizaron el día 23 de julio mientras que los muestreos en este embalse se completaron el día 28 de julio de 2023. 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 una profundidad media de 3,1 m y máxima de 11 m; la cota del nivel del agua durante esas fechas estaba en 246,7 msnm que, según la hipsometría generada, corresponde a un volumen de 2,88 hm³.

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

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

Tabla 1. Estratos considerados en el embalse de San Lorenzo

Embalse	Sector	Estrato	Profundidad (m)	Superficie (ha)	Volumen (hm ³)
SLO23	1	1	0 a 5	92,47	2,627
SLO23	1	2	5 a 11	159,38	0,257

2.3. RÉGIMEN HIDROLÓGICO

Como se observa en la figura siguiente, el embalse de San Lorenzo mantiene en promedio una reserva hídrica de 8,95 hm³ durante el año hidrológico. El nivel del embalse permanece estable durante todo el año variando su volumen en aproximadamente 0,11 hm³. En octubre se alcanza el volumen mínimo: 8,902 hm³ (93,6% de su capacidad). El máximo nivel en el año del estudio se alcanzó en los meses de enero y agosto, con un acumulado de 9,021 hm³ (94,85% de su capacidad).

En las fechas de los muestreos directos con pescas eléctricas y redes agalleras, marcadas con una línea roja vertical, el embalse mantenía una reserva de 9,02 hm³ de agua, que corresponde aproximadamente a un 94,84 % de su capacidad, según los datos proporcionados por el Sistema Automático de Información Hidrológica de la Demarcación Hidrográfica del Ebro (SAIH).

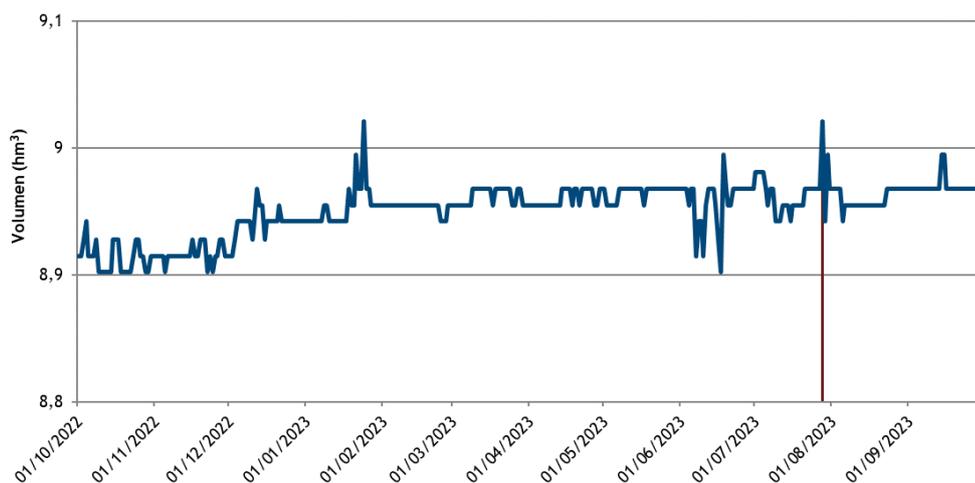


Figura 3. Evolución del volumen embalsado en el embalse de San Lorenzo durante el ciclo hidrológico 2022/23

2.4. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EMBALSE. PERFILES VERTICALES

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

En la Figura 4 se recogen los parámetros resumen de cada perfil vertical y la representación gráfica del mismo en la estación de muestreo más cercana a la presa (SLO23_S1PRO1).

Como se observa en el perfil, en la zona principal del vaso del embalse se alcanza una profundidad de 7,5 metros. En esa columna de agua la termoclina se ubica a los 2 m de profundidad. La temperatura del agua oscila entre los 26,1 °C en superficie y los 20,3°C en el fondo. La concentración de oxígeno disuelto no muestra grandes variaciones con la profundidad, con un valor promedio de 8,14 mg O₂/L.

El pH es básico a lo largo de toda la columna de agua y se mantiene constante con un valor promedio de 8,05 unidades de pH. La transparencia del agua registrada con el disco de Secchi es de 1,8 m lo que supone una profundidad de la capa fótica que no abarca toda la columna de agua, limitando su extensión hasta los 4,5 metros. La turbidez se incrementa paulatinamente con la profundidad, alcanzando un valor medio de 5,24 NTUs.

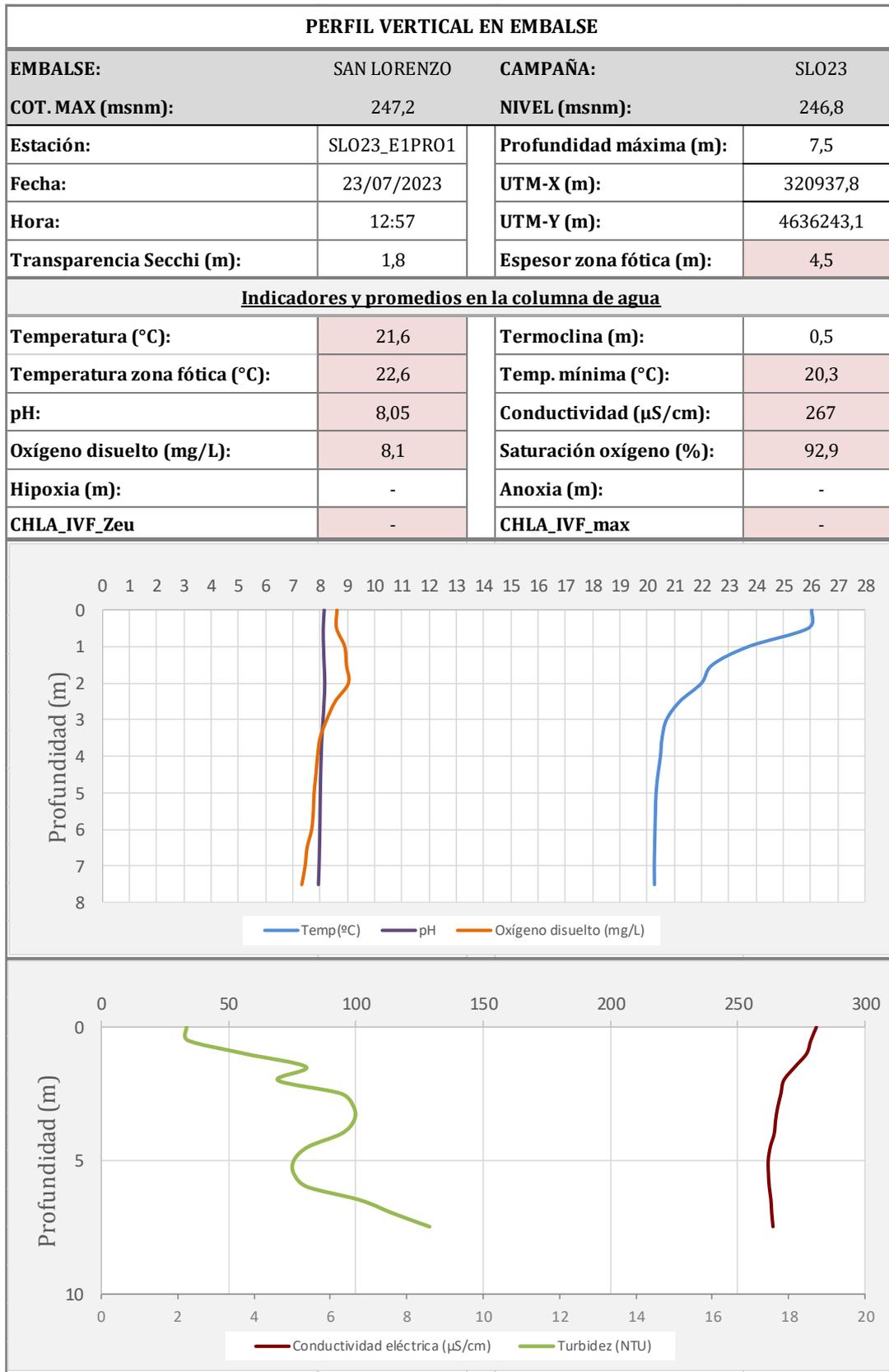


Figura 4. Perfiles físico-químicos del embalse de San Lorenzo (SLO23_S1PRO1)



2.5. POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO

El embalse de San Lorenzo se cataloga en el ecotipo 11 (Masa de agua muy modificada y artificial asimilable a lago: monomítico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal). Este embalse está incluido en la red de control operativa y red de vigilancia, y ha sido catalogado como mesotrófico (No eutrófico según RD 47/2022) y potencial ecológico “Bueno o superior” con un estado final del embalse de “Bueno”, según el informe final de Seguimiento de Embalses 2022 de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE, 2022).

3. METODOLOGÍA

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

El procedimiento general empleado, que se plasma en la Figura 5, establece diferentes técnicas de muestreo en función de los macrohábitats diferenciados. Como se puede observar en la citada figura, el procedimiento de trabajo se basa en la combinación optimizada de diferentes técnicas prospectivas y de análisis.

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

Metodología de censo de peces

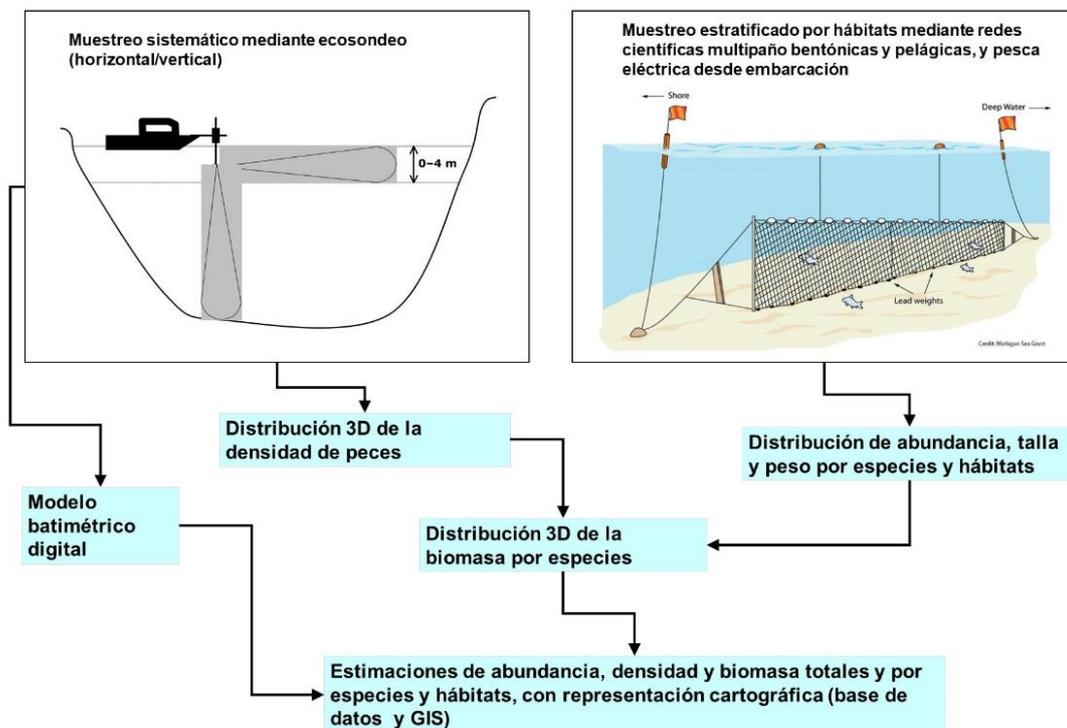


Figura 5. Esquema del método de censo de poblaciones ícticas en un embalse

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

Se han realizado además recorridos periféricos adicionales proyectando el haz horizontal hacia las riberas, es decir, perpendicularmente a la línea de costa, en aquellos lugares en que la diferenciación del hábitat lo aconsejaba. Con ello se ha maximizado el alcance del sondeo en zonas someras, menos accesibles a un ecosondeo vertical.

Con el objetivo de conocer la composición específica del embalse, se dispusieron una serie de redes agalleras multipaño tratando de cubrir los gradientes presa-cola, zona litoral-zona pelágica y por último el gradiente en profundidad. En las zonas litorales, además se realizaron transectos de pesca eléctrica desde embarcación.

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

Los muestreos acústicos se realizaron el día 23 de julio y los de pesca directa el 28 de julio de 2023.

3.2. MUESTREOS REMOTOS: HIDROACÚSTICA

3.2.1. *Prospección hidroacústica*

El equipo utilizado es una ecosonda científica BioSonics DTX, con un transductor elíptico digital de haz dividido y frecuencia de 430 kHz, orientado horizontalmente, y un transductor digital de haz dividido y frecuencia de 200 kHz, orientado verticalmente. Estos sistemas ofrecen un rango dinámico muy superior a los analógicos. El transductor utilizado en orientación vertical

tiene un ángulo de apertura de 10° , lo que permite obtener un volumen muestral que casi duplica los de los transductores estándar.

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

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

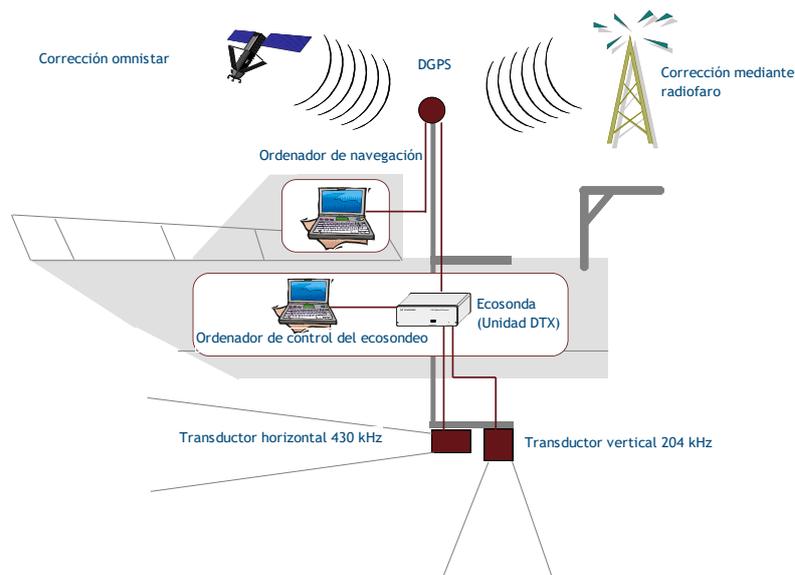


Figura 6. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico

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

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

3.2.2. *Procesado de datos acústicos*

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

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

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

Debido a la presencia de bancos de peces, tanto en el estrato superficial como en el profundo se ha realizado un doble análisis, en ambos casos mediante ecointegración, pero utilizando solamente los datos de los peces de pequeña talla, correspondientes a las especies formadoras de bancos.

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 7. Colocación de red bentónica en embalse de San Lorenzo

3.3.2. Pesca eléctrica desde embarcación

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

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

La forma de proceder consiste en realizar transectos paralelos a la orilla, de los que se anotan las coordenadas y hora de inicio y fin, en los que se van recogiendo los peces que son atraídos

a los ánodos. Una vez finalizado el transecto, se procesan los peces capturados. Para el cálculo de capturas por unidad de esfuerzo, la unidad estándar de esfuerzo que se aplica es de 100 metros de orilla. Los muestreos de pesca eléctrica se realizan preferentemente en horas crepusculares.



Figura 8. Equipo de electropesca desde embarcación en el embalse de San Lorenzo

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 convenientemente cubicados 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 realiza un promediado de las estimaciones por celdas, que posteriormente se pondera en función del volumen (densidad) o de la superficie (biomasa) de cada capa. Este promedio se realiza sobre los valores densidad y biomasa por celda.

Debido a la escasa profundidad de la masa de agua en el momento del muestreo y a su homogeneidad físico-química, en este caso solamente se ha considerado un estrato:

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

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

3.5. EVALUACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE BIÓTICO QFBI

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

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

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

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

Tabla 3. Métricas y coeficientes para el cálculo del QFBI

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

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

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

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

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

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

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

3.6.1. Muestreo de ADN ambiental (eDNA)

Para la detección de trucha común (*Salmo trutta fario*) y de anguila (*Anguilla anguilla*) se tomaron 3 muestras de 1L de agua en otras tantas estaciones de muestreo. En una de esas estaciones (punto más profundo) las muestras se tomaron en 3 profundidades diferentes

repartidas en la columna de agua. En las otras dos estaciones las 3 muestras se tomaron en superficie a lo largo de la zona cubierta por el muestreo con red o con electropesca.

En la Figura 9 se representa la ubicación de los puntos de muestreo de eDNA, junto a la 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.

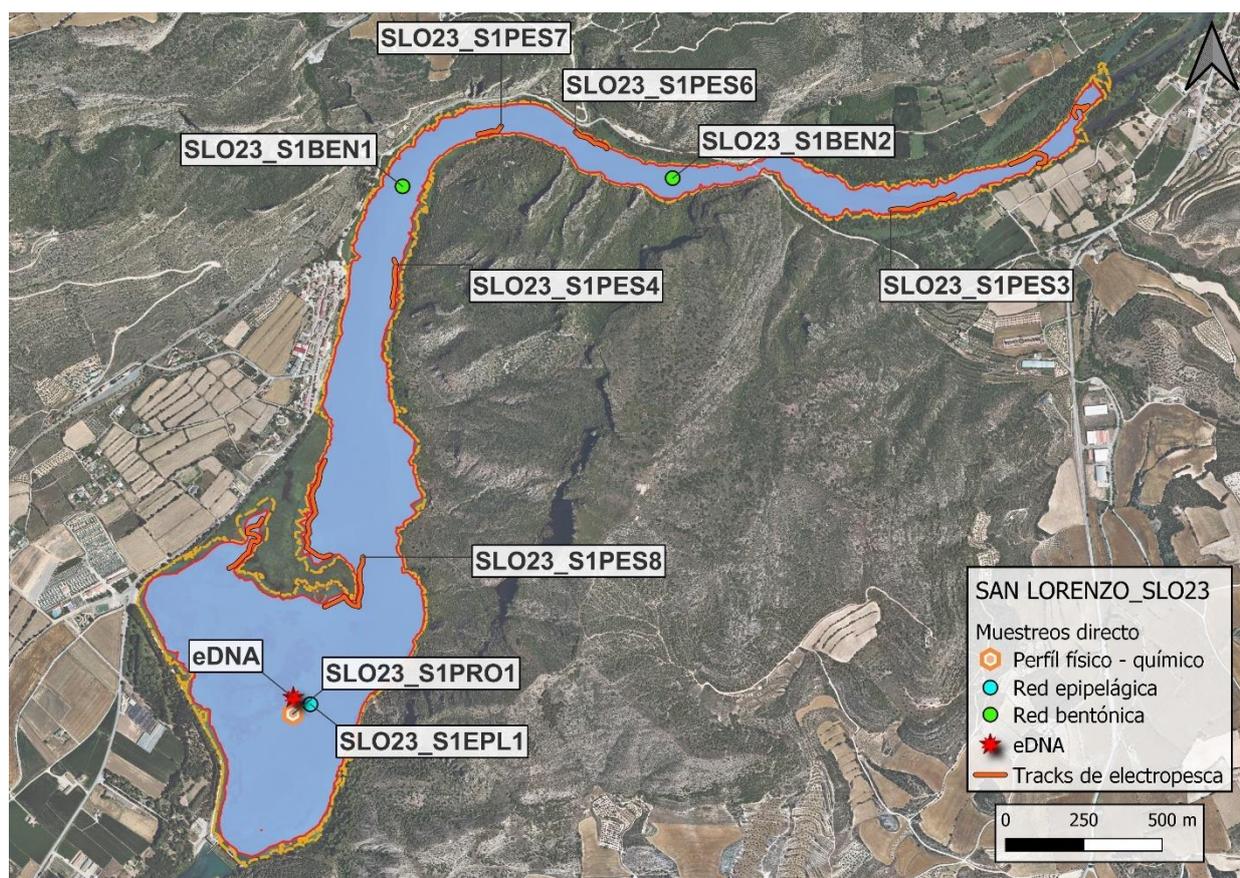


Figura 9. Ubicación de las estaciones de muestreo directo en el embalse de San Lorenzo

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 se filtraron 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, se chequeó la calidad e integridad de las muestras. Para ello, el ADN ambiental aislado se amplificó con un marcador genético universal del gen ribosomal 18S. Esto permite por un lado confirmar la presencia de ADN en las muestras, ya que este marcador amplifica multitud de organismos, y por otro lado descartar la presencia de inhibidores de la amplificación por PCR, comunes en las muestras ambientales.

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

3.6.3. Detección específica de trucha común

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

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

3.6.4. Detección específica de anguila europea

Para la detección de anguila europea se utilizó un marcador específico de desarrollo propio de Ecohydros. El marcador específico de *Anguilla anguilla* funciona igual que el previamente

descrito para *Salmo trutta*; se une y amplifica únicamente el ADN de anguila, pero no el de otros organismos.

3.6.5. Estimaciones de biomasa

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

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

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

4. RESULTADOS

4.1. SONDEO HIDROACÚSTICO: DENSIDADES

Los recorridos móviles de ecosondeo han cubierto una longitud neta total de 14 km (con dos transductores), lo que supone un valor del índice de cobertura (Da) de 14,5%. Los recorridos completos sobre el mapa batimétrico se presentan en la Figura 10.

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

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

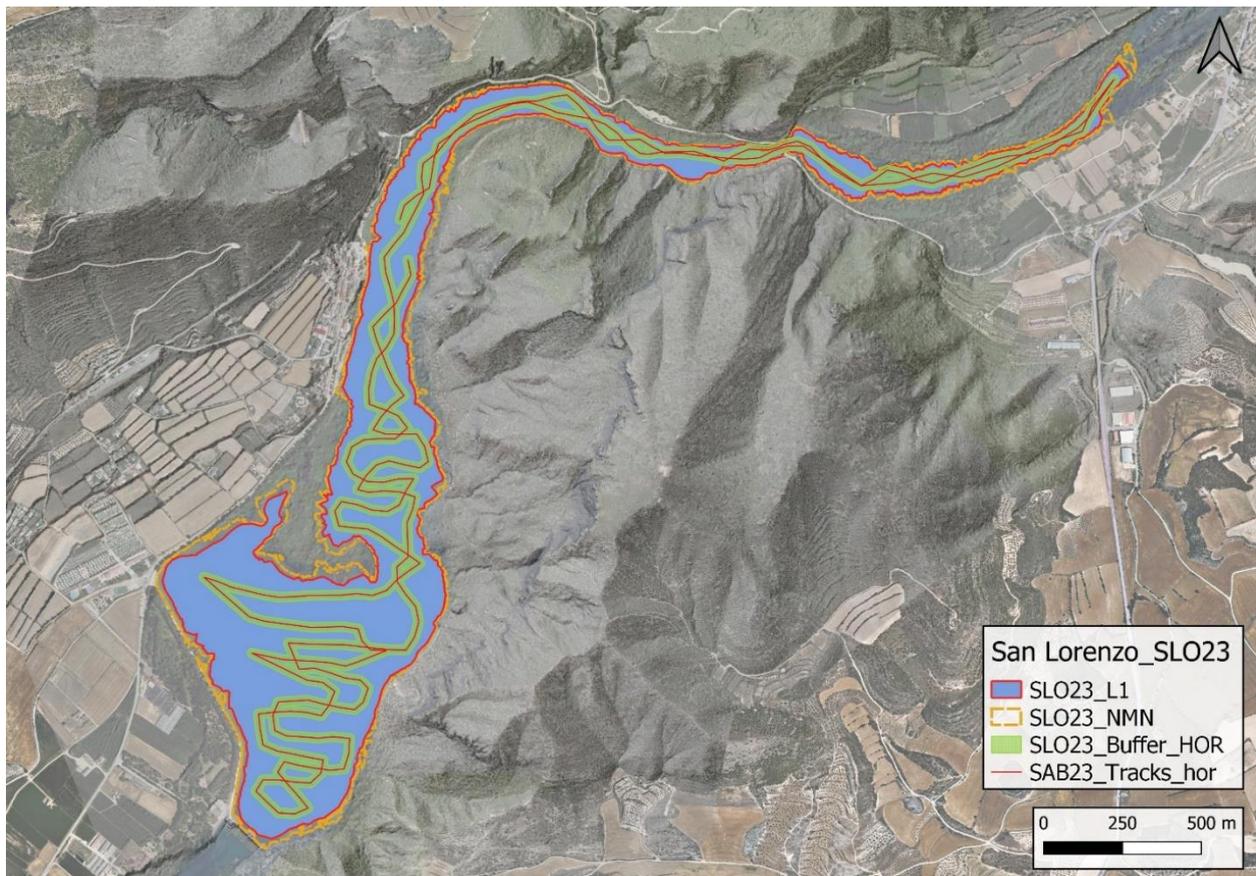


Figura 10. Recorridos del sondeo hidroacústico en el embalse de San Lorenzo

En la Figura 11 se muestra un ejemplo de un ecograma del embalse de San Lorenzo realizado con haz horizontal y que transita desde una zona más profunda (sector izquierdo) hacia otra muy

somera (derecha) en la que hay ruido asociado a la vegetación. Se pueden ver señales individuales de peces de mayor porte y un banco de peces en la parte central del ecograma.

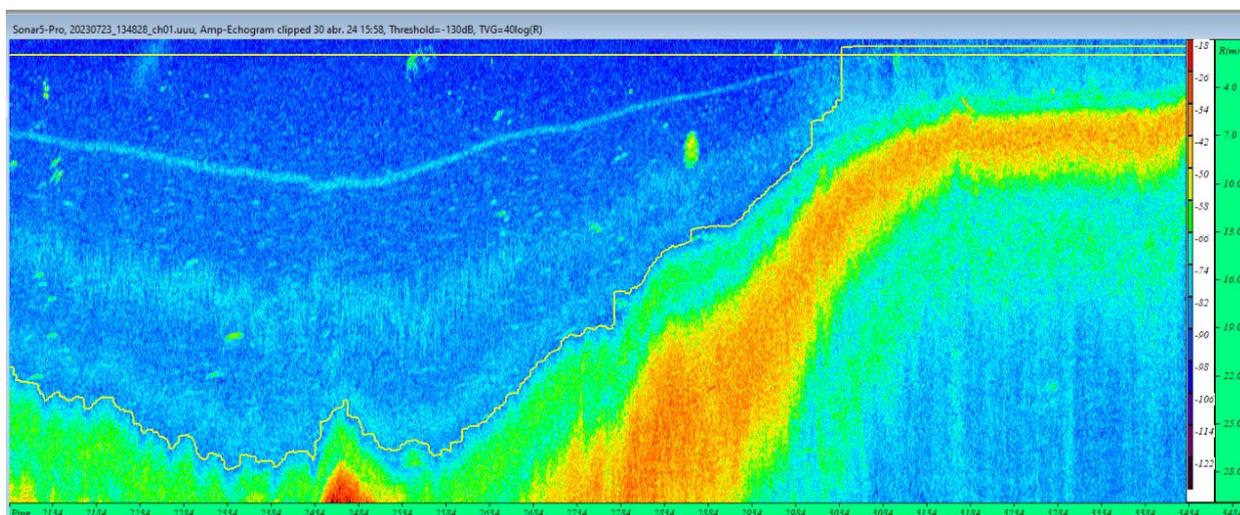


Figura 11. Ejemplo de un ecograma obtenido con el haz vertical en el embalse de San Lorenzo.

4.1.1. Distribución y estimación de la densidad de peces

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

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

Embalse	Sector	Estrato	Densidad media (ind/1000m ³)	Densidad máxima (ind/1000m ³)	Número de casos	Número de casos con valor 0	Desviación típica
SLO23	S1	L1	6,96	537	254	79	39,1
		L2	0,67	35	101	96	3,8

La densidad resultante en el conjunto del embalse es de $6,40 \pm 0,67 \text{ ind/dam}^3$. Se trata de un valor moderado, a pesar de la existencia de especies formadoras de bancos. El estrato superficial presenta un valor de densidad que es un orden de magnitud superior al profundo, lo que indica una preferencia por las aguas someras de las especies gregarias.

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

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

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

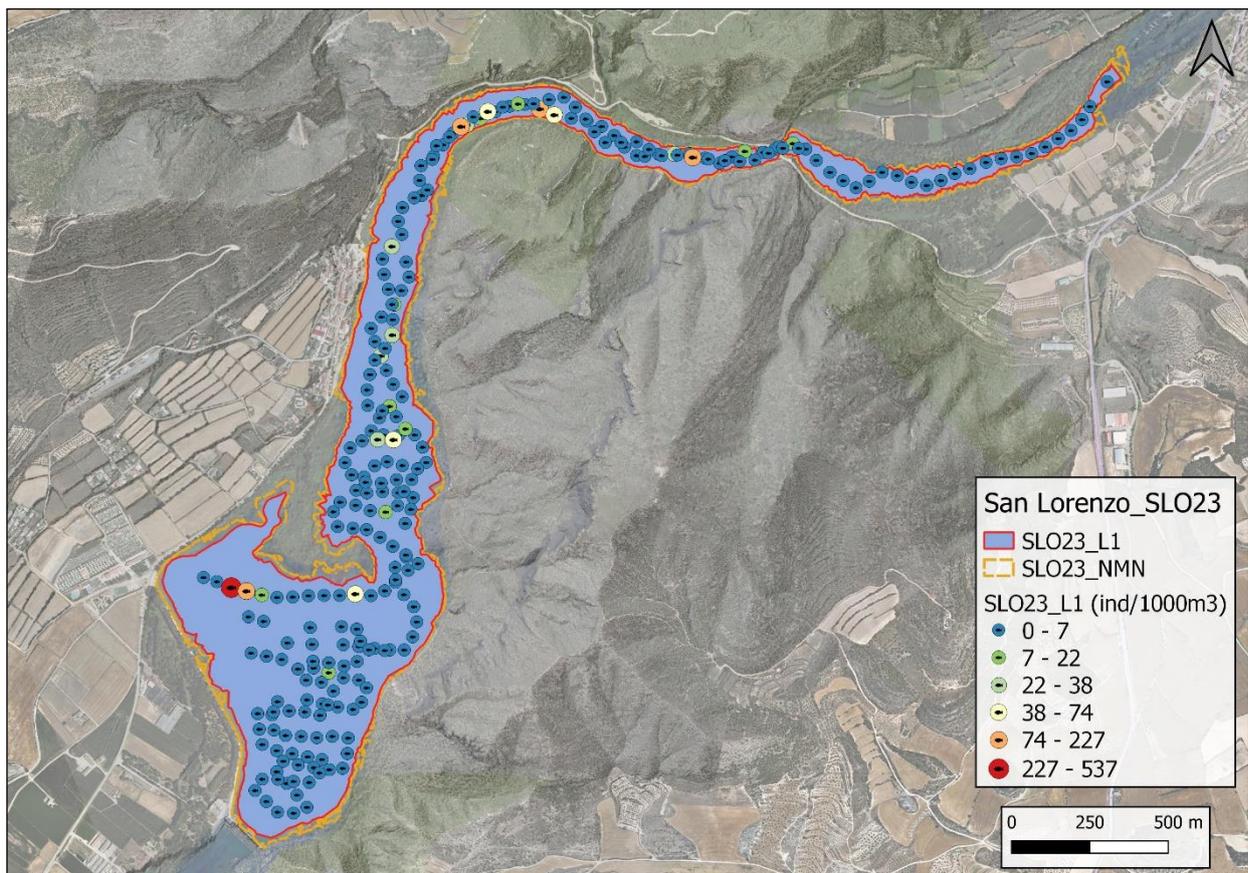


Figura 12. Distribución de la densidad de peces por celdas de análisis en el estrato superior (L1).

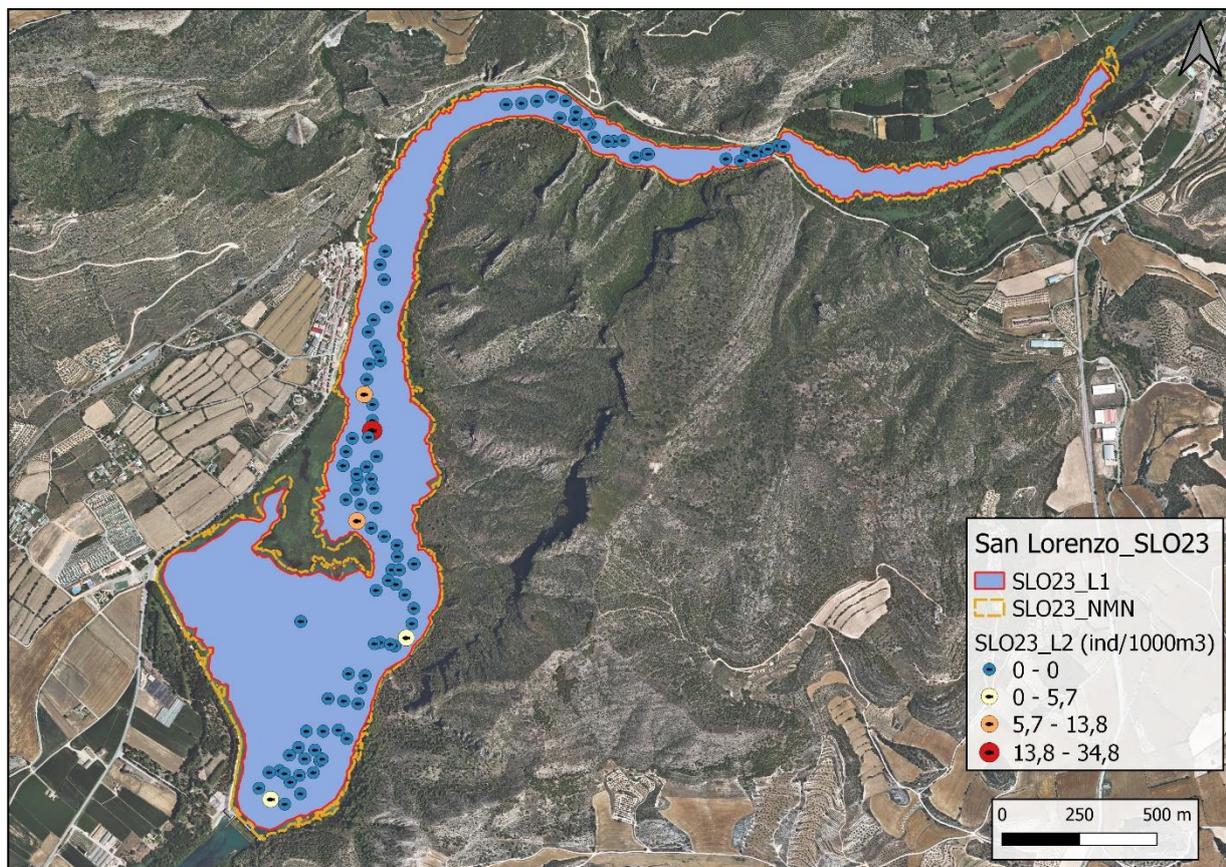


Figura 13. Distribución de la densidad de peces por celdas de análisis en el estrato profundo (L2).

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 San Lorenzo, en comparación con otros embalses de la cuenca del Ebro en los que se ha trabajado con técnicas hidroacústicas y se dispone de datos cuantitativos. La línea roja representa el valor promedio de los embalses considerados, en la que el humedal de Utchesa Seca constituye un extremo por el lado superior de la distribución.

El valor de densidad obtenido para el embalse de San Lorenzo queda ligeramente por debajo del promedio en el conjunto de embalses estudiados en la cuenca del Ebro, y se puede considerar moderado en el contexto de la Demarcación Hidrográfica del Ebro.



Densidad (ind/1000m³)

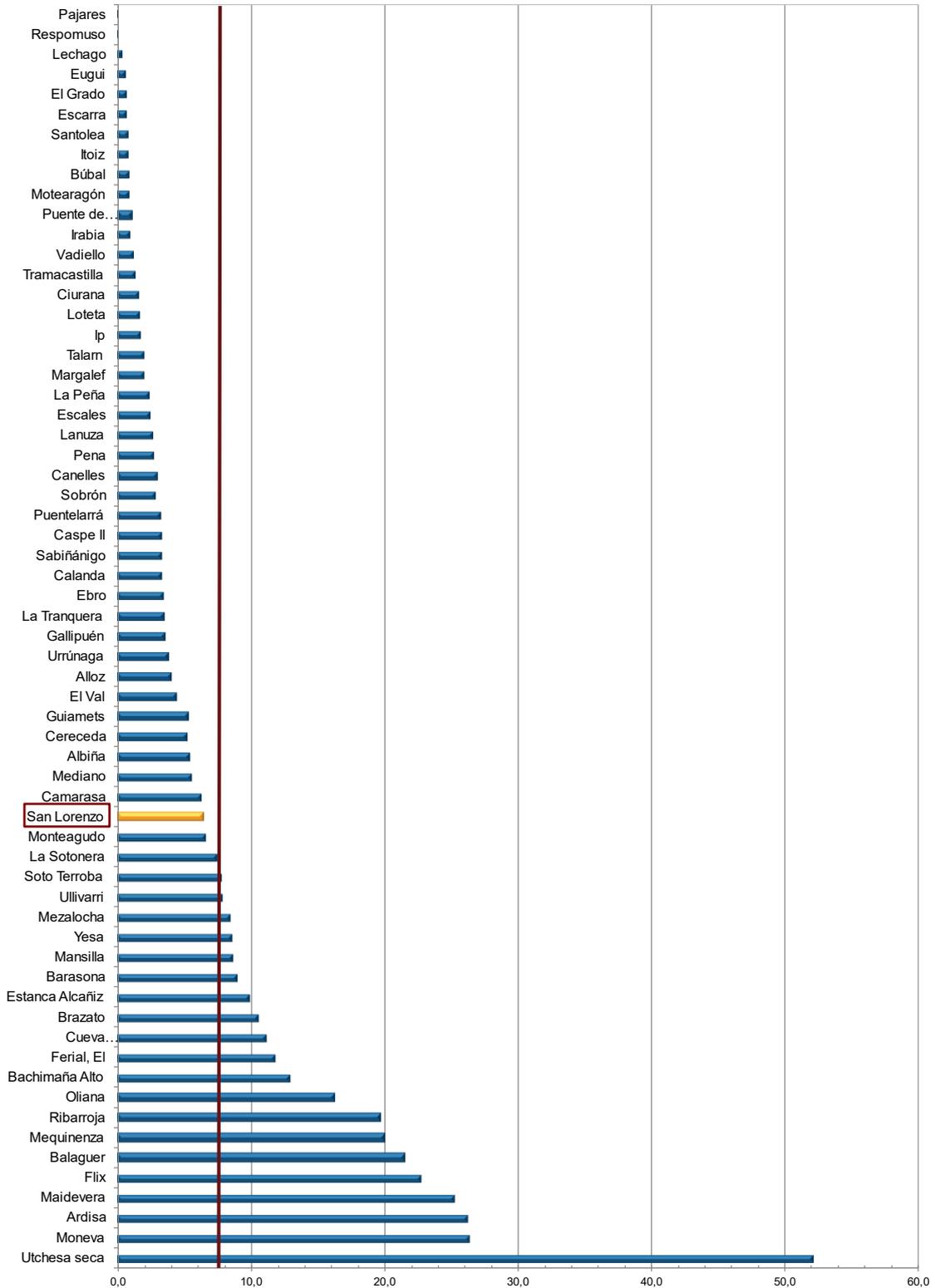


Figura 14. Comparación de la densidad con otros embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro

4.2. MUESTREOS DIRECTOS: COMPOSICIÓN Y BIOMASA ESPECÍFICA

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



Ubicación red epipelágica en el vaso principal



Preparación embarcación de hidroacústica



Técnico realizando labores de electropesca



Toma de parámetros fisicoquímicos



Ejemplar de lucio (*Esox Lucius*) capturado



Panorámica del embalse de San Lorenzo

Figura 15. Fotografías de las labores de muestreo en el Embalse de San Lorenzo

4.2.1. Especies presentes en el embalse

Las nueve (9) especies detectadas en los muestreos de diferente tipo realizados en el embalse de San Lorenzo son alóctonas en la Demarcación Hidrográfica del Ebro (Tabla 6).

Tabla 6. Especies presentes en el embalse

Nombre científico	Nombre común	Autóctono/alóctono
<i>Alburnus alburnus</i>	Alburno	Alóctono
<i>Abramis brama</i>	Brema común	Alóctono
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa común	Alóctono
<i>Gambusia holbrooki</i>	Gambusia	Alóctono
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Gardí	Alóctono
<i>Esox lucius</i>	Lucio	Alóctono
<i>Sander lucioperca</i>	Lucioperca	Alóctono
<i>Micropterus salmoides</i>	Perca americana/Black bass	Alóctono
<i>Rutilus rutilus</i>	Rutilo	Alóctono

La fauna de peces que habita este embalse es enteramente consecuencia de introducciones de especies exóticas, entre las que hay representantes de diferentes niveles tróficos, desde peces forraje (alburno, rutilo) hasta depredadores (lucio, lucioperca y black bass).

4.2.2. Composición y distribución de especies

Capturas con redes

El total de capturas con redes agalleras fue de 62 ejemplares, con un peso total de 4,9 kg, lo que supone 79 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 8,30 kg de biomasa por unidad de esfuerzo. Se emplearon un total de 3 redes y 2,6 unidades de esfuerzo. En la Figura 9 se representa la ubicación de las redes de muestreo y los recorridos de pesca eléctrica.

Tabla 7. Ejemplos de las redes utilizadas durante los muestreos directos en el embalse de San Lorenzo

Tipo de lance	Código	Número de paños	Longitud (m)	Altura (m)	Esfuerzo
Red epipelágica	SLO23_S1EPL1	16	40	6	1,41 x 45 m ² /12h
Red bentónica	SLO23_S1BEN1	16	40	1,5	0,56 x 45 m ² /12h
Red bentónica	SLO23_S1BEN2	16	40	1,5	0,64 x 45 m ² /12h

En la Tabla 8 y en la Figura 16 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>	23	16	20,6	240	171	2,1	101	10
<i>Abramis brama</i>	1	2	2,0	117	183	2,2	197	117
<i>Cyprinus carpio</i>	2	4	4,5	3.658	6.585	79,3	469	1.829
<i>Sander lucioperca</i>	3	5	5,9	78	122	1,5	140	26
<i>Rutilus rutilus</i>	33	53	67,0	772	1.243	15,0	104	23
Total	62	79	100,0	4.867	8.304	100,0	118	78



Figura 16. Composición de la asociación obtenida mediante redes

El rutilo (*Rutilus rutilus*) es la especie con mayor abundancia (67%) seguida por el alburno (*Alburnus alburnus*) con un 20,6%. La brema blanca (*Abramis brama*) representa únicamente el 2% de los efectivos.

En términos de biomasa es la carpa común (*Cyprinus carpio*) la especie dominante, con un 79,3% del total, aun teniendo una representación muy baja, debido a que el peso medio de los ejemplares capturados (1,8 kg) es mucho más elevado que el del resto de especies. El rutilo (*Rutilus rutilus*) es la segunda especie en biomasa, alcanzando el 15% del peso total.

En la Figura 17 se muestran los histogramas de frecuencias de las capturas por clases de talla de 5 mm. Se han incluido las capturas realizadas mediante pesca eléctrica, cuyos resultados se exponen en el apartado siguiente.

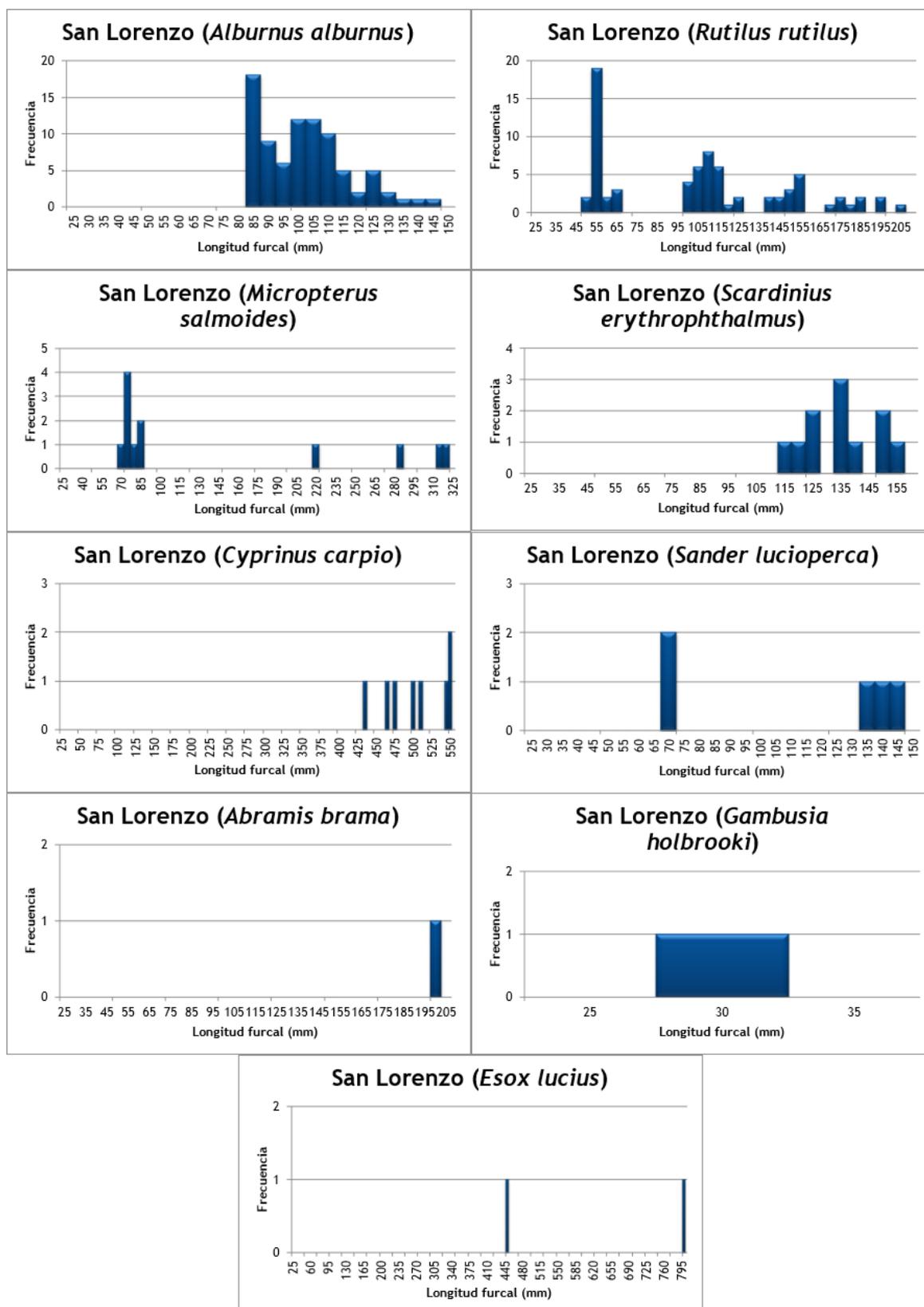


Figura 17. Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm

De las 9 especies capturadas en el embalse de San Lorenzo, alburno, rutilo, gardí, y black bass presentan poblaciones estructuradas, con ejemplares de diferentes clases de edad, lo que implica que son capaces de cerrar su ciclo vital en el embalse, debido a que mantiene un nivel del agua estable. Aunque las capturas han sido escasas, también la lucioperca presenta individuos de talla pequeña.

Resultados de la pesca eléctrica

El rendimiento de la pesca eléctrica fue superior al de las redes, con una captura total de 136 peces y un peso total de 27,2 kilos, lo que supone 74,6 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 11,9 kg de BPUE (biomasa por unidad de esfuerzo). Se realizaron un total de nueve transectos que cubrieron 1,86 km de orilla.

Tabla 9. Recorridos de pesca eléctrica realizados durante los muestreos directos del embalse de San Lorenzo

Tipo de lance	Código	Esfuerzo
Pesca eléctrica	SLO23_S1PES1	165 m
Pesca eléctrica	SLO23_S1PES2	103 m
Pesca eléctrica	SLO23_S1PES3	227 m
Pesca eléctrica	SLO23_S1PES4	185 m
Pesca eléctrica	SLO23_S1PES5	394 m
Pesca eléctrica	SLO23_S1PES6	148 m
Pesca eléctrica	SLO23_S1PES7	84 m
Pesca eléctrica	SLO23_S1PES8	290 m
Pesca eléctrica	SLO23_S1PES9	269 m

La ubicación de los transectos de muestreo de electropesca se puede observar en el mapa de la Figura 9 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 8 especies diferentes de las nueve detectadas en el embalse, excluyendo la brema (*Abramis brama*) que sólo se ha capturado con las redes agalleras.

Tabla 10. Resultados de la pesca eléctrica por especies

	Capturas	CPUE (ind/ud. esf.)	% CPUE	Biomasa (g)	BPUE (g/ud. esf.)	% BPUE	Longitud furcal media (mm)	Peso medio (g)
<i>Alburnus alburnus</i>	61	28,3	38,0	642	307,4	2,6	101	11
<i>Cyprinus carpio</i>	6	2,6	3,6	18.008	7.889,5	66,5	515	3.001
<i>Gambusia holbrooki</i>	1	1,2	1,6	1	0,7	0,0	30	1
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	11	6,5	8,7	445	274,0	2,3	133	40
<i>Esox Lucius</i>	2	1,0	1,4	5.150	2.112,1	17,8	625	2.575
<i>Sander lucioperca</i>	2	1,9	2,6	6	5,8	0,0	70	3
<i>Micropterus salmoides</i>	12	4,5	6,0	1.668	635,0	5,3	144	139
<i>Rutilus rutilus</i>	41	28,5	38,2	1.291	645,4	5,4	105	31
Total	136	74,6	100,0	27.211	11.869,8	100,0	134	200



Figura 18. Composición de la muestra obtenida mediante pesca eléctrica

En las capturas con pesca eléctrica el rutilo (*Rutilus rutilus*) es la especie dominante con un 38,2%, seguida muy de cerca por el alburno (*Alburnus alburnus*) con un 38%. Sin embargo, ambos presentan porcentajes muy bajos en términos de biomasa con un 5,4% y un 2,6% respectivamente. La carpa común es la especie que aporta mayor biomasa con un 66,5% del total, ya que su biomasa ha superado los 18 kg, con ejemplares de gran talla que alcanzaron los 3,8 kg. Destacan también dos ejemplares capturados de lucio (*Esox lucius*) que pesan más de 5 kg y representan un 17,8% en términos de biomasa.



Figura 19 . Ejemplares de las especies capturadas en el embalse de San Lorenzo

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
SLO23	S1	L1	1,64	60	254	82	6,13
		L2	0,01	1	101	96	0,05

La biomasa media del embalse se calcula sumando las biomásas de cada uno de los estratos y refiriéndolo a la superficie del embalse. De esta manera se obtiene una biomasa media de $1,65 \pm 0,17 \text{ g/m}^2$, o lo que es lo mismo $16,5 \text{ kg/ha}$. Se trata de un valor bajo de biomasa, compatible con el carácter oligotrófico del embalse.

En la Figura 20 se representa la distribución espacial de los valores de biomasa en las celdas de análisis para el único estrato considerado en este embalse. Al igual que en el caso de la densidad, se ha empleado el método de Jenks “*Natural breaks optimization*” para establecer los valores de corte de los datos de biomasa.

Se aprecia que los valores de biomasa más altos se dan en el estrato superficial y preferentemente en el cuerpo principal del embalse, en zonas donde ya se apreciaban focos de densidad, lo que indica que la distribución de los peces de mayor talla es cercana a la de los bancos. En el estrato inferior la biomasa es dos órdenes de magnitud más baja, con el valor máximo en la zona cercana a la presa.

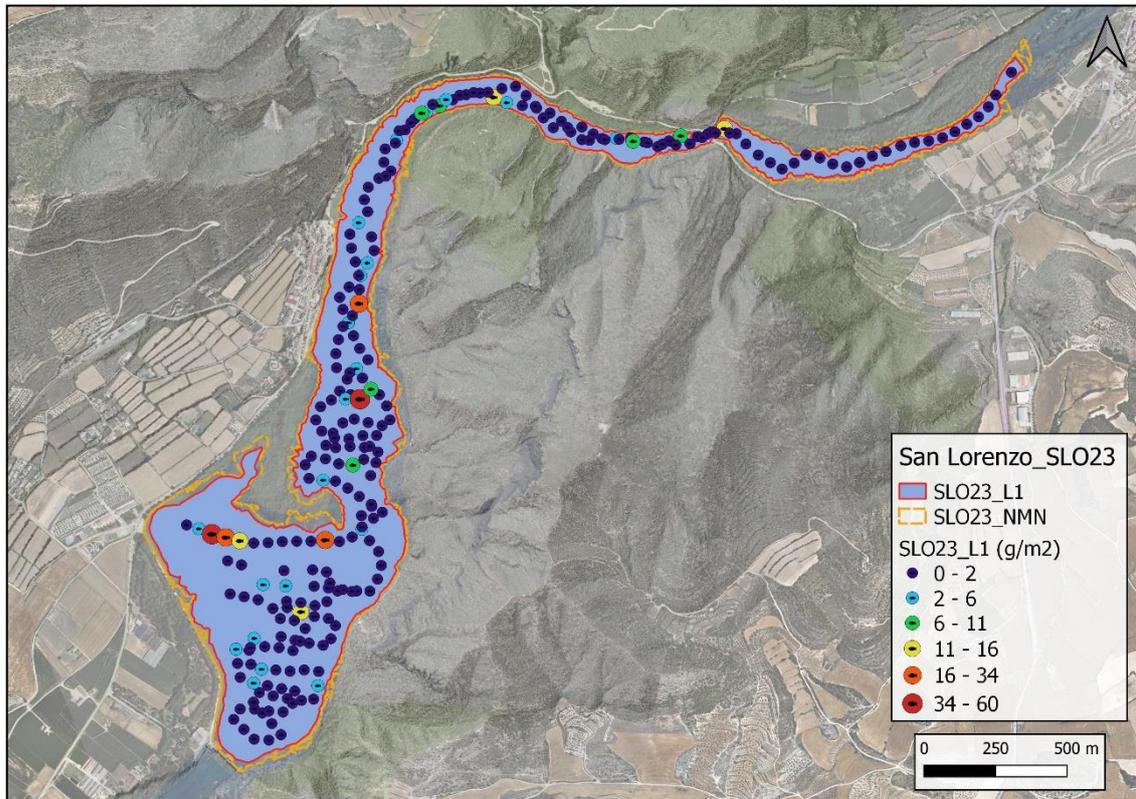


Figura 20. Distribución de la biomasa de peces por celdas en el estrato superior (L1).

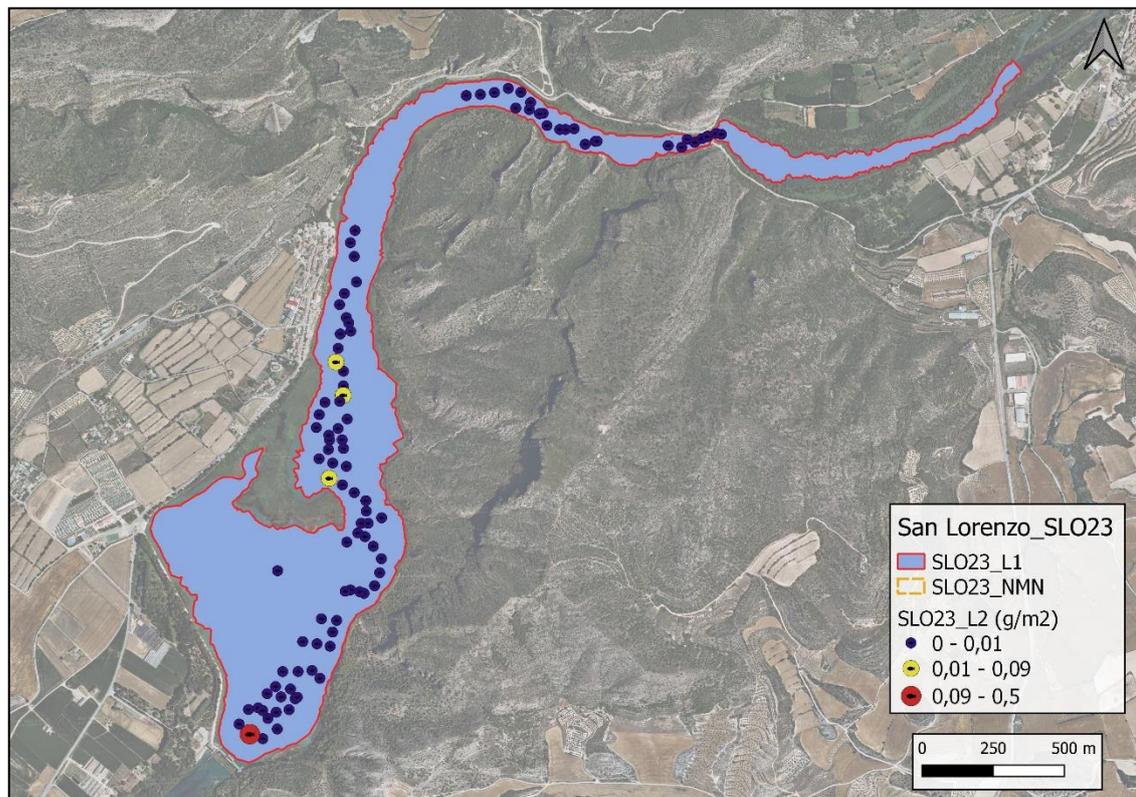


Figura 21. Distribución de la biomasa de peces por celdas en el estrato inferior (L2)



4.3.2. Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro

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

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

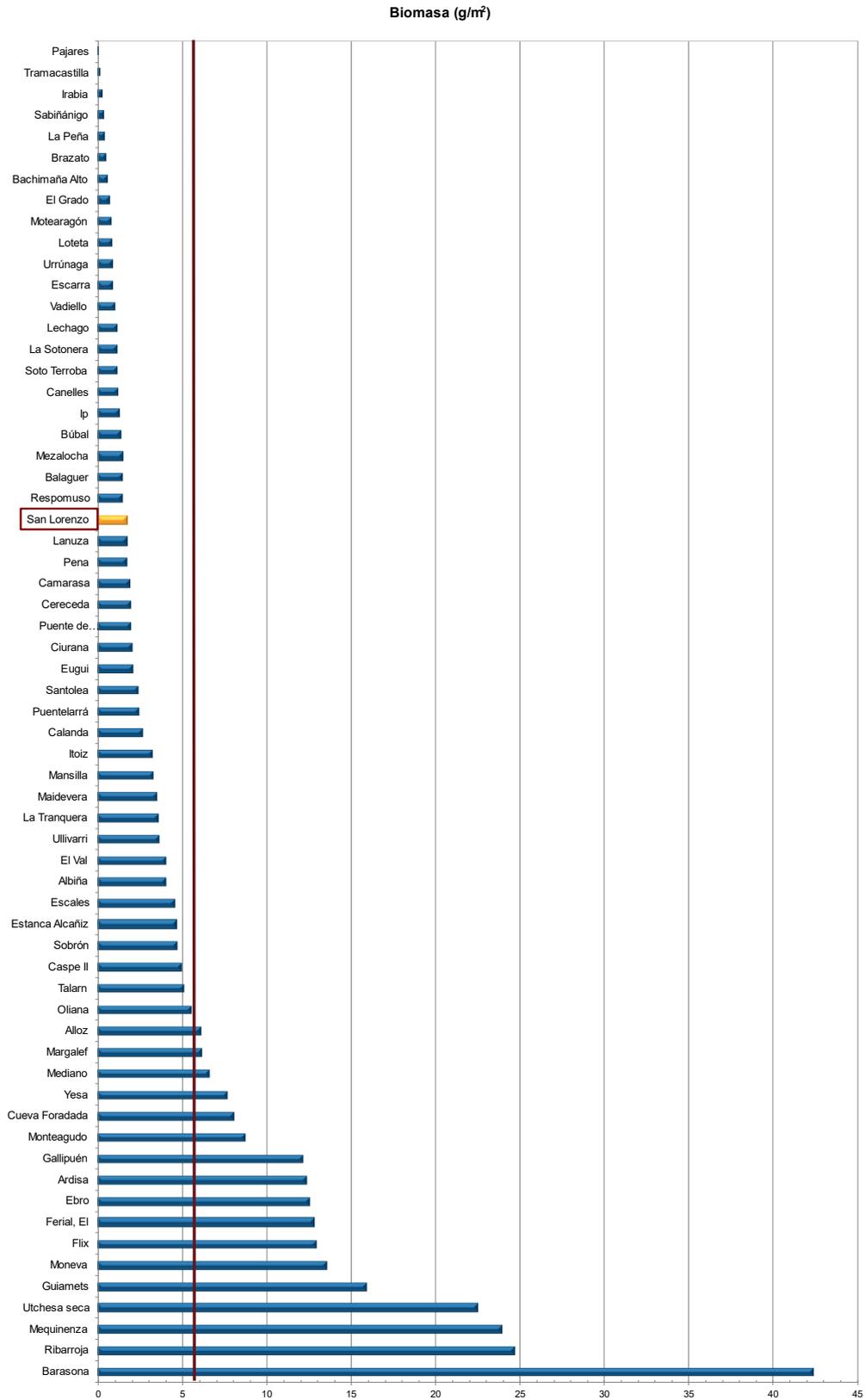


Figura 22. Comparación de la biomasa con otros embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro

4.4. DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES

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

En la Tabla 12 se ha calculado la densidad y biomasa relativas por especie, referidas a volumen (dam³) y superficie (m²) respectivamente, para el conjunto del embalse.

Tabla 12. Densidades (ind/dam³) y biomاسas (g/m²) por especie

	Densidad media (ind/dam ³)	Abundancia (%)	Abundancia total (ind)	Biomasa media (g/m ²)	Biomasa (%)	Peso total (kg)
<i>Alburnus alburnus</i>	2,25	35%	6.501	0,04	2%	34
<i>Cyprinus carpio</i>	0,41	6%	1.189	1,34	81%	1.239
<i>Micropterus salmoides</i>	0,29	5%	845	0,06	4%	60
<i>Sander lucioperca</i>	0,15	2%	418	0,00	0%	1
<i>Rutilus rutilus</i>	2,69	42%	7.746	0,07	5%	69
<i>Esox lucius</i>	0,06	1%	164	0,10	6%	94
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0,46	7%	1.334	0,03	2%	26
<i>Abramis brama</i>	0,00	0%	7	0,00	0%	0
<i>Gambusia holbrooki</i>	0,08	1%	245	0,00	0%	0
Total	6,40	100%	18.449	1,65	100%	1.523
Intervalo de Confianza (I.C)	0,67	/	1.919	0,17	/	158

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 aproximadamente 18.500 ± 1.919 peces con una biomasa de 1.523 ± 158 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 San Lorenzo pasaron los controles de calidad, amplificando con éxito el marcador universal, es decir, confirmando la existencia de ADN ambiental en las muestras y la ausencia de inhibidores de la PCR.

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

Se ha detectado ADN de trucha en todas las muestras del embalse de San Lorenzo, aunque en concentraciones muy bajas. Se obtuvo una recta patrón con un buen grado de ajuste ($R^2=0,936$).

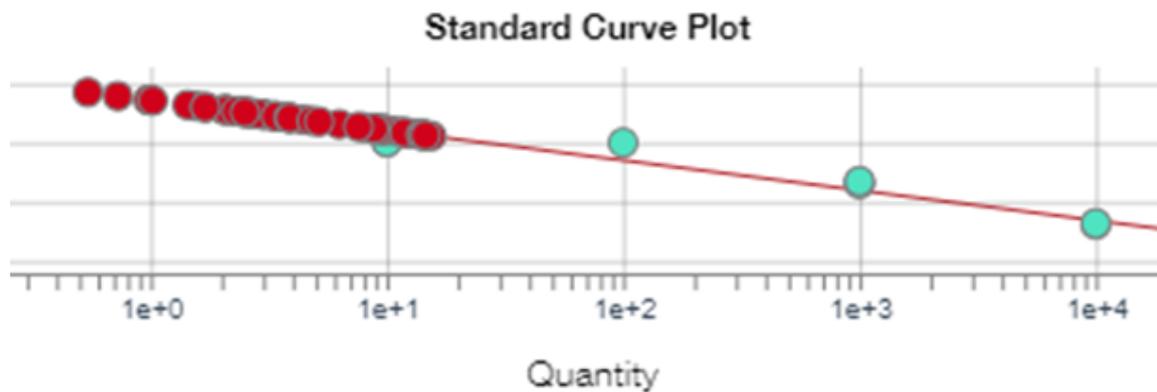


Figura 23. Recta patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN. En azul la curva de calibración y en rojo las muestras.

Tabla 13. Concentración de eDNA de *Salmo trutta* en el embalse de San Lorenzo

Código	Concentración (ng/ μ L)
SLO_23_S1_E1_S	10,66
SLO_23_S1_E1_M	<LD
SLO_23_S1_E1_F	<LD
SLO_23_S1_BEN_1_1	<LD
SLO_23_S1_BEN_1_2	<LD
SLO_23_S1_BEN_1_3	<LD
SLO_23_S1_PES_1_1	<LD
SLO_23_S1_PES_1_2	11,03
SLO_23_S1_PES_1_3	<LD

Se ha utilizado un método específico de alta resolución basado en la detección genética mediante ADN ambiental de moléculas de ADN de trucha común en agua, con el que se ha podido confirmar la presencia de trucha común en el embalse de San Lorenzo. Sin embargo, solo se pudieron cuantificar dos de ellas porque las otras siete están por debajo del límite de detección de la curva de calibración.

Aunque no se pescó ningún individuo, sí se ha podido detectar el ADN de trucha común en la masa de agua (en muy bajas concentraciones), lo que indica que la técnica de ADN ambiental es más sensible que los muestreos directos.

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

Tras los análisis, todas las muestras resultaron negativas en ADN ambiental de anguila europea en el agua del embalse de San Lorenzo. Se obtuvo una recta patrón con un buen grado de ajuste ($R^2=0,896$).

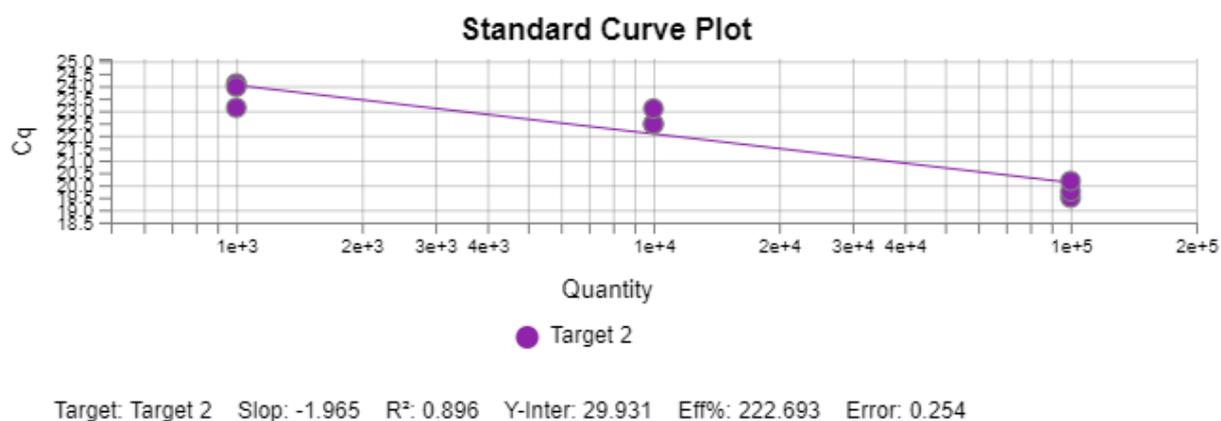


Figura 24. Recta patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN.

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

5. VALORACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE QFBI

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

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

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

Como se ha apuntado en el apartado de metodología, se ha aplicado el QFBI (*Quantitative Fish Biotic Index*) en una versión todavía experimental. Según esta metodología, la calidad del embalse según los peces sería "Malo". En la Tabla 14 se presentan los resultados de las diferentes métricas, así como del QFBI, obtenidos para el embalse de San Lorenzo. Este resultado se explica por la ausencia de especies autóctonas.

Tabla 14. Resultados del QFBI obtenidos para el embalse de San Lorenzo

Métrica	Código Sondeo
	SLO23
LOG_BIO	4,22
LOG_BIO_native	0,00
LOG_%_BIO_PISC_Exotic	0,04
LOG_BIO_PISC_Exotic	3,22
LOG_BIO_ciprin_native	0,00
QFBI	2,82
Calidad	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.

Las nueve especies capturadas en los muestreos realizados en el embalse de San Lorenzo mediante redes agalleras y electropesca son alóctonas en la Demarcación Hidrográfica del Ebro: Alburno (*Alburnus alburnus*), carpa común (*Cyprinus carpio*), black bass (*Micropterus salmoides*), lucioperca (*Sander lucioperca*) y rutilo (*Rutilus rutilus*), lucio (*Esox lucius*), gardí (*Scardinius erythrophthalmus*). Brema blanca (*Abramis brama*) y gambusia (*Gambusia holbrooki*).

Mediante la técnica de mayor sensibilidad conocida (eDNA) se ha detectado ADN de trucha común (*Salmo trutta*) en todas las muestras tomadas, pese a no haberse capturado ningún ejemplar con las técnicas de muestreo directo. Sin embargo, la concentración es muy baja, lo que permite concluir que la especie no ha desaparecido totalmente de la masa de agua. En el caso de la anguila (*Anguilla anguilla*) los resultados son negativos.

Se concluye en consecuencia que en este embalse se presentan diez (10) especies de peces, de las que solamente la trucha común sería autóctona en la DHE y el resto son introducidas artificialmente en la masa de agua o en masas a ella conectadas.

La asociación de peces está dominada en términos de densidad por dos especies forrajeras (alburno y rutilo), que concentran el 77% de los efectivos. Por otro lado, la brema común presenta un escaso número de ejemplares. Exceptuando la carpa común y la gambusia, el resto de las especies se pueden considerar depredadoras en mayor o menor grado. La carpa, único ciprínido de gran talla, aporta el 81% de la biomasa. Lucio y black bass son los depredadores dominantes y suman el 10% de la biomasa total.

La densidad media de peces, a partir de la interpolación de celdas de análisis de 50 m de longitud, es de $6,40 \pm 0,67$ ind/dam³, un valor moderado que está gobernado por la abundancia de bancos de peces que, a juzgar por los resultados de las pescas, están formados por alburnos y rutilos, especies de ciprínidos gregarios de pequeño porte. La biomasa de peces obtenida en

el embalse es sin embargo baja ($1,65 \pm 0,17 \text{ g/m}^2$) o, lo que es lo mismo, $16,5 \text{ kg/ha}$ y podría representar un valor propio de un sistema mesotrófico.

Debido a la dominancia absoluta de especies alóctonas, el índice de calidad QFBI ofrece en el embalse de San Lorenzo un valor “Malo”.

Este embalse proporciona un hábitat óptimo para especies de depredadores centroeuropeos con querencia por las aguas abiertas (no someras/litorales) y para especies de ciprínidos gregarios como el alburno y el rutilo. La presencia de especies forrajeras como el rutilo y el alburno sirve de sustento a las poblaciones de depredadores, aunque se observa que la lucioperca está desplazada por black bass y lucio, debido a la orla de vegetación acuática que prospera gracias a la estabilidad de nivel del embalse. La viabilidad de las poblaciones de carpa común parece comprometida pues no se han capturado individuos juveniles o adultos de pequeña talla y esto podría deberse a la presión de los depredadores.

Un objetivo de mejora de la ictiocenosis del embalse sería la disminución selectiva de las poblaciones de ciprínidos del embalse, tanto carpas como los peces forrajeros (rutilo y alburno) lo que en último extremo podría suponer el colapso de los depredadores y facilitar la recolonización (con medidas de refuerzo) de especies autóctonas (trucha común, barbo y madrilla).

7. GLOSARIO Y ACRÓNIMOS

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

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

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

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

BPUE: Biomasa por unidad de esfuerzo. El peso de las capturas obtenidas durante las pescas científicas, expresado en gramos, se normaliza a un esfuerzo de referencia, que corresponde a una red bentónica (45 m²) expuesta durante 12 horas.

Capturas: Número de individuos pescados.

CPUE: Capturas por unidad de esfuerzo. El número de capturas obtenidas durante las pescas científicas se normaliza a un esfuerzo de referencia, que corresponde a una red bentónica (45 m²) expuesta durante 12 horas.

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

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

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

L. furcal: Longitud furcal media en milímetros.

MBPUE12: Promedio de biomasa por unidad de esfuerzo (g/45m²/12h) en redes de 12 paños (luces de malla de 5 a 55 mm).

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

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

MCPUE4: Promedio de capturas por unidad de esfuerzo (ind/45m²/12h) en redes de 4 paños (luces de malla de 70 a 135 mm).

Peso medio: expresado en g.

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

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

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

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

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

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

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

8. BIBLIOGRAFÍA

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

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

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

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

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

CHE. 2015. Red de Seguimiento de Lagos 2015.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Poikane, S., Birk, S., Böhmer, J., Carvalho, L., de Hoyos, C., Gassner, H., Van de Bund, W. (2015). A hitchhiker's guide to European lake ecological assessment and intercalibration. *Ecological Indicators*, 52, 533-544.

Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. BOE, 219, 12 de septiembre de 2015.

SAIH Ebro. <http://195.55.247.237/saihebro/index.php?url=/historicos/peticion>. Noviembre 2020.



MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y RETO DEMOGRÁFICO



ANEXO 1. ESPECIES PRESENTES

Nombre común

Alburno

Nombre científico

Alburnus alburnus

Orden

Cypriniformes

Familia

Leuciscidae

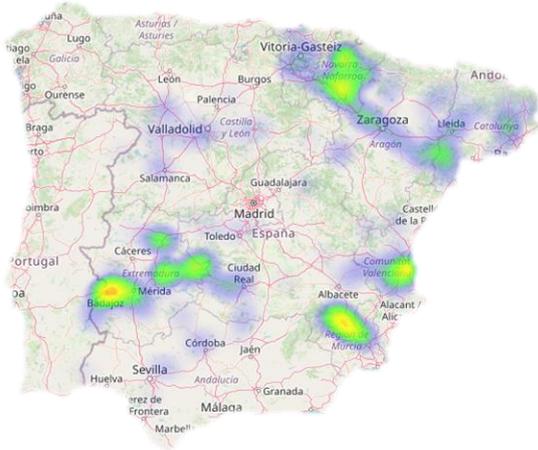


Ilustración 1. Distribución alburno. Fuente: SIBIC

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

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



Ilustración 2. Ejemplar de alburno. Fuente: SIBIC

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



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

Nombre común

Brema

Nombre científico
Abramis brama

Orden
Cypriniformes

Familia
Cyprinidae



Ilustración 1. Distribución brema. Fuente: SIBIC

Alóctono. Su área de distribución natural se localiza en Europa y Oeste de Asia, desde los Pirineos hasta los Urales, faltando en las penínsulas mediterráneas. En la península ibérica aparece cerca de las desembocaduras de algunos ríos en las provincias de Tarragona y Almería. Más hacia el interior se ha encontrado en embalses del río Ebro (Ribarroja).

Se debería controlar la abundancia y expansión de sus poblaciones. Potencialmente podría competir por espacio y alimento con otros ciprínidos autóctonos de hábitos bentónicos. También podría alterar la calidad del agua al remover el sedimento mientras se alimenta.



Ilustración 2. Ejemplar de brema. Fuente: SIBIC

Especie que alcanza hasta los 50 cm de longitud. Pez de cuerpo grande con una aleta dorsal alta y aleta anal larga. La aleta anal habitualmente tiene 26–30 rayos, bastante más que la especie similar brema blanca (22–26). Las escamas son levemente más pequeñas que las de la brema blanca. La línea lateral tiene 51–60 escamas en comparación con las 43–48 de la brema blanca. Boca protractil. El diámetro del ojo es menor que la distancia desde el borde del ojo a la punta del hocico. Tienen flancos plateados y dorso oscuro. El abdomen siempre es claro y las aletas gris oscuro, nunca rojizas. Los peces más viejos tienden a volverse mucho más oscuros con flancos dorados o color cobre. Desova en mayo-junio entre la vegetación en bahías poco profundas. Puede desovar en grupos de 2-3 a intervalos de una o dos semanas. Se alimenta de invertebrados bentónicos. Su longevidad se estima en aproximadamente 10 años.



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

Nombre común

Carpa

Nombre científico
Cyprinus carpio

Orden
Cypriniformes

Familia
Cyprinidae

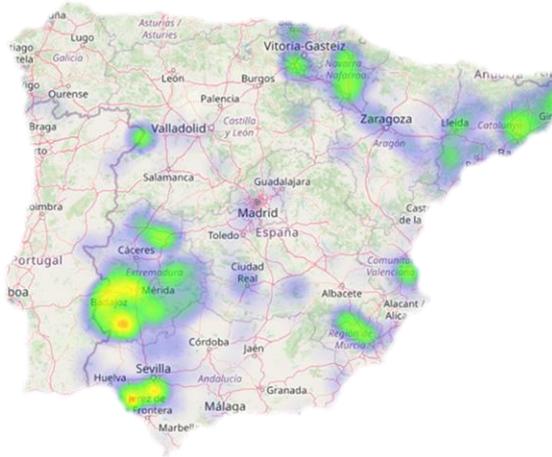


Ilustración 1.- Distribución carpa. Fuente: SIBIC

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



Ilustración 2.- Ejemplar de carpa. Fuente: SIBIC

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



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

Nombre común

Gambusia

Nombre científico

Gambusia holbrooki

Orden

Cyprinodontiformes

Familia

Poeciliidae

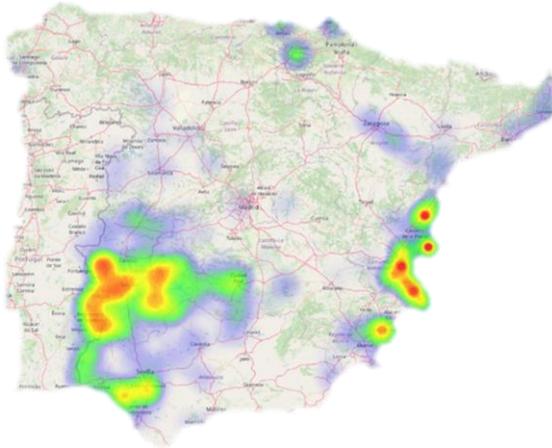


Ilustración 1. Distribución gambusia. Fuente: SIBIC

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

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



Ilustración 2. Ejemplar de gambusia. Fuente: SIBIC

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



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

Nombre común

Gardí, escardinio

Nombre científico

Scardinius erythrophthalmus

Orden

Cypriniformes

Familia

Leuciscidae



Ilustración 1. Distribución gardí. Fuente: SIBIC

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

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



Ilustración 2. Ejemplar de gardí. Fuente: SIBIC

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



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

Nombre común

Lucio

Nombre científico
Esox Lucius

Orden
Esociformes

Familia
Esocidae



Ilustración 1. Distribución lucio. Fuente: SIBIC

Alóctono. Su área de distribución natural se localiza en el hemisferio Norte, en la región circumpolar de América, Asia y Europa. Ampliamente introducido en el resto de los países europeos, principalmente los de la cuenca mediterránea. También introducido en África. En la península ibérica se distribuye por la mayoría de las cuencas principales, fundamentalmente en embalses, debido a su importancia para la pesca deportiva.

Introducida en 1949 e incluida en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. Fuerte piscívoro, por lo que impacta significativamente sobre la riqueza y abundancia de la fauna autóctona. Su abundancia y dispersión deberían ser controladas. Se realizan controles en algunos ríos con fauna sensible (por ejemplo, zonas trucheras o con peces amenazados), como el Esla (cuenca del Duero) o el Estena (cuenca del Guadiana).



Ilustración 2. Ejemplar de lucio. Fuente: SIBIC

Especie que alcanza hasta 1 m de longitud y 25 kg de peso, cuerpo alargado de color verdosos con manchas amarillentas. Presenta un hocico alargado y plano con una gran boca de fuertes dientes. La aleta dorsal se sitúa cerca de la aleta caudal y opuesta a la anal. Prefiere ríos con poca corriente o lagos y embalses con vegetación. Precisa aguas oxigenadas. Realiza la puesta en la vegetación acuática litoral entre los meses de marzo y junio. Su longevidad es de aproximadamente de 25 años.



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

Nombre común

Lucioperca

Nombre científico

Sander lucioperca

Sinónimo

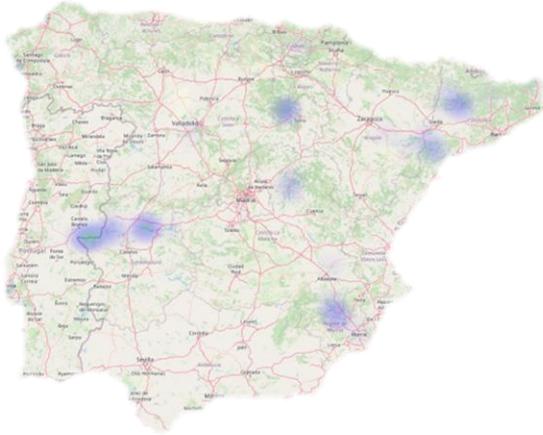
Stizostedion lucioperca

Orden

Perciformes

Familia

Percidae



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

Ilustración 1.- Distribución lucioperca. Fuente: SIBIC

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



Ilustración 2.- Ejemplar de lucioperca. Fuente: SIBIC

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



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

Nombre común

Perca americana, black-bass

Nombre científico

Micropterus salmoides

Orden

Perciformes

Familia

Centrarchidae

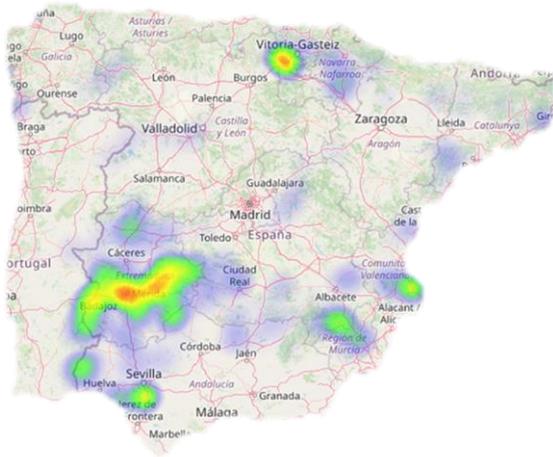


Ilustración 1. Distribución alburno. Fuente: SIBIC

Introducida en España en el año 1955 e incluida en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. Su abundancia y dispersión deberían ser controladas, especialmente en embalses y ríos grandes. Esta especie supone una seria amenaza para la fauna autóctona, principalmente mediante depredación.

Alóctono. Su área de distribución natural se localiza en cuencas atlánticas de América del Norte. Ampliamente introducido en todo el mundo para la pesca deportiva. En la península ibérica se distribuye principalmente por embalses y tramos lentos de los ríos más caudalosos.



Ilustración 2. Ejemplar de alburno. Fuente: SIBIC

Especie que alcanza hasta los 55 cm de longitud, cuerpo de color verdoso con manchas oscuras, comprimido lateralmente y con una aleta dorsal muy desarrollada y dividida en dos partes, una de radios espinosos y otra con radios blandos. Boca grande con dientes. Prefiere aguas estancadas o de poca corriente con vegetación. Para la reproducción, que sucede entre los meses de marzo y julio, el macho construye un nido en sustratos de piedras o gravas y defiende la puesta y los alevines. Los adultos se alimentan básicamente de peces y cangrejos de río, por lo que pueden tener un impacto ecológico considerable. Su longevidad es de aproximadamente 11 años.



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

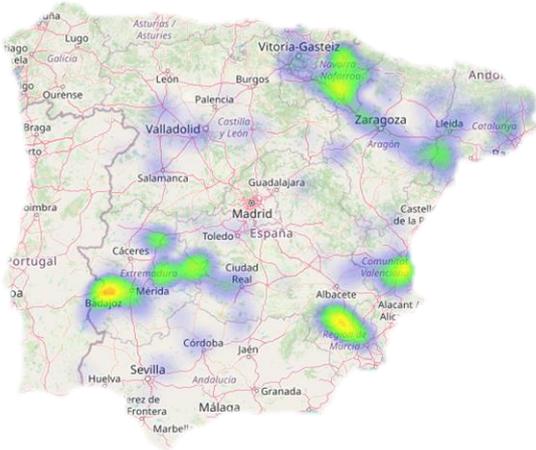
Nombre común

Rutilo

Nombre científico
Rutilus rutilus

Orden
Cypriniformes

Familia
Leuciscidae



Su área de distribución natural se localiza en Europa y Oeste de Asia, faltando en la península ibérica, Italia e Irlanda. Llega hasta los Urales por el NE y hasta Irán por el SE (cuencas del Mar Negro, Caspio y Aral). Introducido en el resto de Europa (Irlanda, Italia, España y Portugal) y Norte de África. En la península ibérica está presente en las cuencas del Llobregat y del Ebro.

Ilustración 1.- Distribución rutilo. Fuente: SIBIC

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



Ilustración 2.- Ejemplar de rutilo. Fuente: SIBIC

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



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



MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y RETO DEMOGRÁFICO



ANEXO 2. RESULTADOS DE LAS PESCAS



FICHA DE PESCA

DATOS DE LA RED

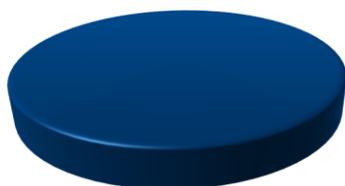
SISTEMA	San Lorenzo	CÓDIGO DE RED	SLO23_S1EPL1
UTM-X	818745	UTM-Y	4641033
TIPO DE RED	Epipelágica (16x6) 40	SISTEMA DE REFERENCIA	UTM ETRS89 H30
INICIO	28-7-23 10:20	FIN	28-7-23 13:30
PROFUNDIDAD	8	PROFUNDIDAD DE LA RED	0
RIQUEZA ESPECIES	1	ESFUERZO APLICADO	1,4

RESUMEN DE LAS PESCAS

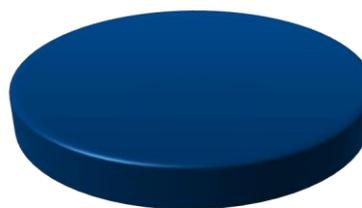
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno	23	16,34	100%	240	170,53	100%
Total	23	16,34	100%	240	170,53	100%

CPUE

■ Alburno



BPUE



RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Número Ind
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	82	3,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	104	12,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	110	9,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	98	7,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	110	13,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	97	8,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	106	13,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	105	10,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	112	13,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	105	10,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	104	10,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	102	9,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	91	8,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	94	6,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	101	12,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	100	12,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	100	11,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	99	11,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	105	11,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	104	12,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	93	9,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	93	8,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	112	12,8	1



FICHA DE PESCA

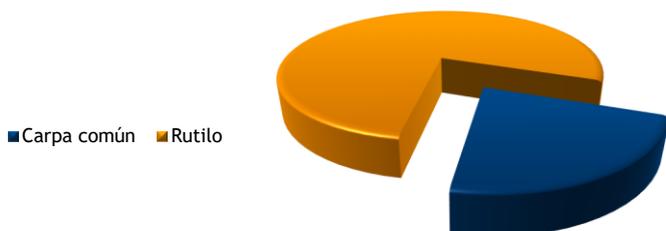
DATOS DE LA RED

SISTEMA	San Lorenzo	CÓDIGO DE RED	SLO23_S1BEN1
UTM-X	819039	UTM-Y	4642698
TIPO DE RED	Bentónica (16x1.5) 40m	SISTEMA DE REFERENCIA	UTM ETRS89 H30
INICIO	28-7-23 11:00	FIN	28-7-23 16:00
PROFUNDIDAD	4	PROFUNDIDAD DE LA RED	3
RIQUEZA ESPECIES	2	ESFUERZO APLICADO	0,6

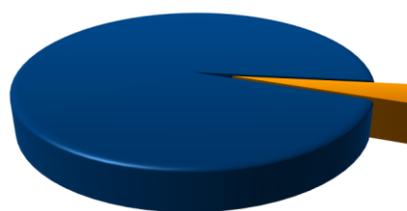
RESUMEN DE LAS PESCAS

ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Carpa común	2	3,60	22%	3658	6.585,12	96%
Rutilo	7	12,60	78%	147	264,24	4%
Total	9	16,20	100%	3805	6.849,36	100%

CPUE



BPUE



RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Número Ind
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	97	13,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	101	11,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	106	17,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	147	47,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	107	16,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	125	28,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	104	12,6	1
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	463	1758,4	1
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	475	1900,0	1



FICHA DE PESCA

DATOS DE LA RED

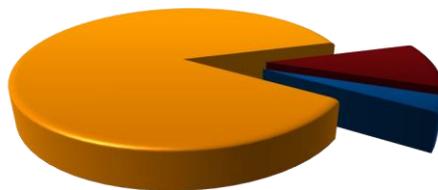
SISTEMA	San Lorenzo	CÓDIGO DE RED	SLO23_S1BEN2
UTM-X	819903	UTM-Y	4642725
TIPO DE RED	Bentónica (16x1.5) 40m	SISTEMA DE REFERENCIA	UTM ETRS89 H30
INICIO	28-7-23 10:40	FIN	28-7-23 16:25
PROFUNDIDAD	4,75	PROFUNDIDAD DE LA RED	3
RIQUEZA ESPECIES	3	ESFUERZO APLICADO	0,6

RESUMEN DE LAS PESCAS

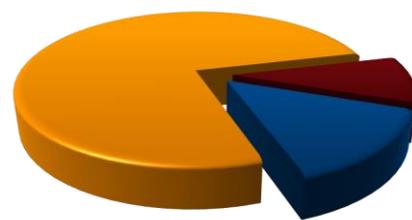
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Brema común	1	1,57	3%	117	183,44	14%
Rutilo	26	40,70	87%	625	978,57	76%
Lucioperca	3	4,70	10%	78	122,40	10%
Total	30	46,96	100%	821	1.284,42	100%

CPUE

- Brema común
- Rutilo
- Lucioperca



BPUE



RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Número Ind
Brema común	<i>Abramis brama</i>	197	117,2	1
Lucioperca	<i>Sander lucioperca</i>	140	27,6	1
Lucioperca	<i>Sander lucioperca</i>	145	26,2	1
Lucioperca	<i>Sander lucioperca</i>	135	24,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	102	17,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	100	15,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	112	20,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	125	27,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	100	13,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	62	3,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	106	21,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	65	4,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	54	2,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	55	2,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	106	16,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	105	16,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	113	21,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	55	2,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	61	3,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	119	24,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	114	21,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	111	19,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	58	2,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	54	2,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	201	145,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	194	121,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	114	20,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	110	21,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	112	19,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	137	39,2	1

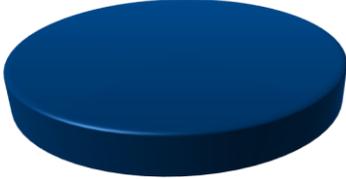


FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA PESCA						
SISTEMA	San Lorenzo	CÓDIGO	SLO23_S1PES1			
UMT-X	821.344	UTM-Y	4.642.689			
RIQUEZA ESPECIES	3	Distancia (m)	165,0			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Gardí	1	0,01	13%	32	0,19	8%
Alburno	2	0,01	25%	39	0,23	10%
Rutilo	5	0,03	63%	304	1,84	81%
Total	8	0,05	100%	375	2,27	100%

CPUE			BPUE		
<p>■ Gardí ■ Alburno ■ Rutilo</p>					

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA					
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Número Ind	
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	172	83,0	1	
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	146	39,8	1	
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	97	12,6	1	
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	166	68,4	1	
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	182	100,6	1	
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	132	31,8	1	
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	124	16,8	1	
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	138	21,8	1	



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA PESCA						
SISTEMA	San Lorenzo	CÓDIGO	SLO23_S1PES2			
UMT-X	820.426	UMT-Y	4.643.282			
RIQUEZA ESPECIES	1	Distancia (m)	103,0			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Lucioperca	2	0,02	100%	6	0,06	100%
Total	2	0,02	100%	6	0,06	100%
CPUE			BPUE			
 ■ Lucioperca						
RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA						
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind		
Lucioperca	<i>Sander lucioperca</i>	70	3,2	1		
Lucioperca	<i>Sander lucioperca</i>	70	2,8	1		



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA PESCA						
SISTEMA	San Lorenzo	CÓDIGO	SLO23_S1PES3			
UMT-X	820.575	UTM-Y	4.642.333			
RIQUEZA ESPECIES	2	Distancia (m)	227,0			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Gardí	1	0,00	17%	37	0,16	27%
Alburno	5	0,02	83%	99	0,43	73%
Total	6	0,03	100%	136	0,60	100%

CPUE		BPUE	
<p>■ Gardí ■ Alburno</p>			

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	135	37,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	123	15,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	126	20,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	144	27,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	123	18,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	122	17,6	1



FICHA DE PESCA

DATOS DE LA PESCA

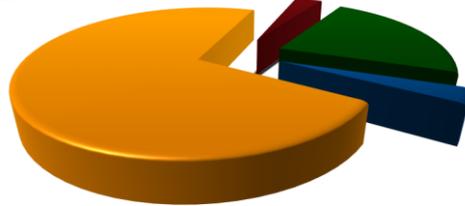
SISTEMA	San Lorenzo	CÓDIGO	SLO23_S1PES4
UMT-X	819.263	UTM-Y	4.642.332
RIQUEZA ESPECIES	4	Distancia (m)	185,0

RESUMEN DE LAS PESCAS

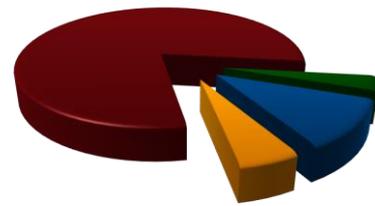
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Perca americana/Black bass	1	0,01	3%	537	2,90	11%
Alburno	23	0,12	72%	249	1,35	5%
Carpa común	1	0,01	3%	3793	20,50	80%
Rutilo	7	0,04	22%	175	0,94	4%
Total	32	0,17	100%	4754	25,70	100%

CPUE

- Perca americana/Black bass
- Alburno
- Carpa común
- Rutilo



BPUE

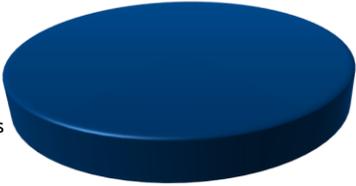
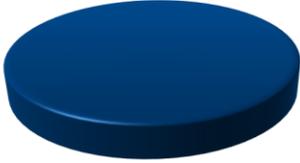


RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	550	3793,0	1
Perca americana/Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	317	537,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	145	47,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	151	53,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	143	48,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	105	11,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	105	11,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	88	7,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	87	7,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	112	14,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	108	14,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	110	11,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	107	9,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	89	6,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	105	12,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	95	7,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	99	8,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	115	16,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	108	11,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	117	15,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	126	18,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	106	9,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	97	7,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	109	12,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	103	11,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	100	8,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	100	8,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	96	9,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	107	18,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	48	2,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	56	3,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	50	1,8	1



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA PESCA						
SISTEMA	San Lorenzo	CÓDIGO	SLO23_S1PE55			
UMT-X	817.592	UTM-Y	4.642.047			
RIQUEZA ESPECIES	1	Distancia (m)	394,0			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Perca americana/Black bass	6	0,02	100%	553	1,40	100%
Total	6	0,02	100%	553	1,40	100%

CPUE			BPUE		
■ Perca americana/Black bass					

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Perca americana/Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	311	529,8	1
Perca americana/Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	69	4,2	1
Perca americana/Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	76	4,8	1
Perca americana/Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	75	4,8	1
Perca americana/Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	72	4,2	1
Perca americana/Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	81	5,6	1



FICHA DE PESCA

DATOS DE LA PESCA

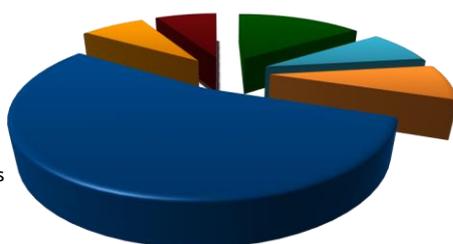
SISTEMA	San Lorenzo	CÓDIGO	SLO23_S1PES6
UMT-X	819.562	UTM-Y	4.642.978
RIQUEZA ESPECIES	6	Distancia (m)	148,0

RESUMEN DE LAS PESCAS

ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Gardí	7	0,05	54%	327	2,21	10%
Alburno	1	0,01	8%	22	0,15	1%
Carpa común	1	0,01	8%	2400	16,22	70%
Perca americana/Black bass	2	0,01	15%	15	0,10	0%
Rutilo	1	0,01	8%	3	0,02	0%
Lucio	1	0,01	8%	650	4,39	19%
Total	13	0,09	100%	3416	23,08	100%

- Gardí
- Alburno
- Carpa común
- Perca americana/Black bass
- Rutilo
- Lucio

CPUE



BPUE



RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	500	2400,0	1
Lucio	<i>Esox lucius</i>	450	650,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	117	31,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	153	67,6	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	124	31,2	1
Perca americana/Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	82	8,4	1
Perca americana/Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	73	6,2	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	131	38,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	148	61,2	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	140	47,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	55	2,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	132	21,8	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	147	50,2	1



FICHA DE PESCA

DATOS DE LA PESCA

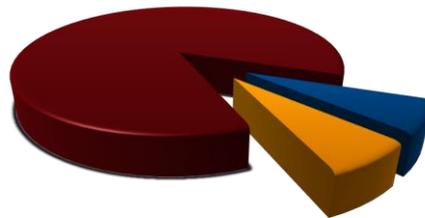
SISTEMA	San Lorenzo	CÓDIGO	SLO23_S1PES7
UMT-X	818.969	UTM-Y	4.643.130
RIQUEZA ESPECIES	3	Distancia (m)	84,0

RESUMEN DE LAS PESCAS

ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Gambusia	1	0,01	7%	1	0,01	1%
Alburno	1	0,01	7%	7	0,08	8%
Rutilo	13	0,15	87%	80	0,95	91%
Total	15	0,18	100%	87	1,04	100%

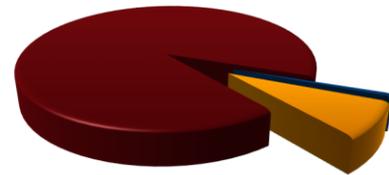
CPUE

■ Gambusia ■ Alburno



■ Rutilo

BPUE



RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	153	56,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	55	1,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	51	1,5	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	53	2,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	53	2,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	53	2,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	53	2,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	53	2,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	53	2,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	53	2,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	53	2,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	53	2,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	53	2,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	99	7,0	1
Gambusia	<i>Gambusia holbrooki</i>	30	0,6	1



FICHA DE PESCA

DATOS DE LA PESCA

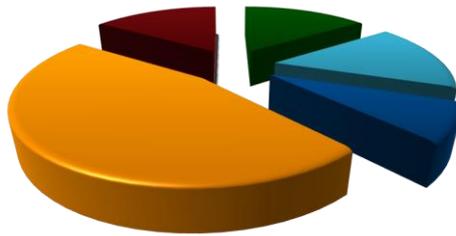
SISTEMA	San Lorenzo	CÓDIGO	SLO23_S1PES8
UMT-X	819.271	UTM-Y	4.641.447
RIQUEZA ESPECIES	5	Distancia (m)	290,0

RESUMEN DE LAS PESCAS

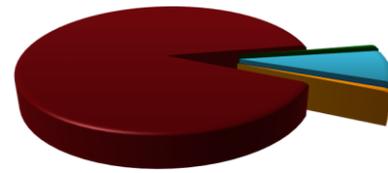
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Gardí	1	0,00	8%	24	0,08	0%
Alburno	6	0,02	46%	58	0,20	1%
Carpa común	2	0,01	15%	6487	22,37	90%
Rutilo	2	0,01	15%	44	0,15	1%
Perca americana/Black bass	2	0,01	15%	559	1,93	8%
Total	13	0,04	100%	7172	24,73	100%

CPUE

- Gardí
- Alburno
- Carpa común
- Rutilo
- Perca americana/Black bass



BPUE



RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Perca americana/Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	285	399,8	1
Perca americana/Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	218	158,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	87	8,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	90	8,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	111	14,4	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	114	24,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	140	42,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	53	1,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	87	7,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	93	8,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	110	11,4	1
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	544	3750,0	1
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	510	2737,0	1



MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y RETO DEMOGRÁFICO



ANEXO 3. CELDAS DEL MUESTREO HIDROACÚSTICO



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	1	321038,0	4637501,5	0,00	0
1	2	321043,5	4637452,2	0,00	0
1	3	321016,5	4637410,5	2,34	1,87
1	4	320990,8	4637367,5	22,23	2,14
1	5	320947,2	4637330,0	0,05	0,04
1	6	320911,4	4637295,7	0,20	0,16
1	7	320920,1	4637252,7	0,31	0,25
1	8	320936,0	4637204,8	27,28	2,67
1	9	320950,4	4637157,4	0,44	0,35
1	10	320969,0	4637111,2	0,00	0
1	11	320994,9	4637069,4	0,72	0,58
1	12	320952,8	4637040,8	17,61	2,52
1	13	320917,6	4637006,1	0,44	0,36
1	14	320888,7	4636966,6	0,78	0,63
1	15	320926,1	4636950,8	1,30	1,04
1	16	320975,5	4636945,7	0,00	0
1	17	321026,2	4636943,6	0,23	0,19
1	18	321048,6	4636902,3	0,21	0,17
1	19	321056,7	4636852,5	0,00	0
1	20	321028,0	4636834,2	0,00	0
1	21	320980,0	4636848,1	0,16	0,13
1	22	320932,4	4636863,7	0,32	0,26
1	23	320891,6	4636853,3	0,15	0,12
1	24	320855,2	4636819,5	0,00	0
1	25	320826,9	4636778,7	0,05	0,04
1	26	320860,8	4636767,6	0,08	0,05
1	27	320910,9	4636768,5	0,54	0,44
1	28	320961,0	4636761,7	0,00	0
1	29	321007,2	4636742,3	0,00	0
1	30	320997,3	4636705,3	0,54	0,05
1	31	320975,9	4636661,3	1,94	1,56
1	32	320972,1	4636552,5	0,00	0
1	33	320933,9	4636522,5	1,15	0,92
1	34	320932,1	4636474,2	2,20	1,76
1	35	320955,8	4636432,5	0,54	0,43
1	36	320984,7	4636391,5	0,32	0,26
1	37	320990,8	4636342,2	1,23	0,99
1	38	320974,3	4636295,2	0,20	0,16
1	39	320944,6	4636254,8	0,02	0,01
1	40	320898,8	4636258,5	0,00	0
1	41	320849,7	4636266,5	0,00	0
1	42	320800,4	4636275,8	0,00	0
1	43	320751,1	4636285,1	0,00	0
1	45	320652,1	4636293,5	6,68	5,35
1	46	320573,6	4636303,6	7,13	5,71
1	52	320601,5	4636217,2	0,00	0
1	53	320651,8	4636216,8	0,00	0
1	54	320698,7	4636198,7	18,30	14,66
1	55	320744,3	4636178,9	0,13	0,1
1	56	320792,9	4636168,3	0,00	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	57	320815,8	4636141,5	0,12	0,1
1	58	320796,9	4636096,6	0,01	0
1	59	320767,8	4636075,3	0,17	0,14
1	60	320719,3	4636086,3	0,10	0,08
1	61	320671,0	4636100,2	0,26	0,21
1	62	320623,3	4636116,2	0,00	0
1	64	320529,2	4636116,9	2,73	2,19
1	65	320508,4	4636075,9	0,00	0
1	66	320511,1	4636026,2	0,70	0,56
1	67	320547,0	4636006,3	3,13	2,51
1	68	320596,8	4635999,9	0,29	0,24
1	69	320646,0	4635992,3	0,11	0,09
1	70	320696,0	4635993,2	0,00	0
1	71	320746,0	4635984,3	0,00	0
1	72	320739,8	4635934,9	4,86	3,9
1	73	320721,5	4635888,3	0,00	0
1	74	320678,7	4635886,8	0,08	0,07
1	75	320629,8	4635896,9	0,01	0,01
1	76	320580,9	4635909,2	0,23	0,19
1	77	320533,8	4635924,4	0,63	0,51
1	78	320511,0	4635892,3	0,20	0,16
1	79	320539,7	4635852,2	0,02	0,01
1	80	320569,8	4635812,4	0,67	0,54
1	81	320598,9	4635771,0	0,06	0,04
1	82	320555,1	4635755,2	0,12	0,09
1	83	320504,4	4635761,9	0,20	0,16
1	84	320470,8	4635798,8	0,03	0,02
1	85	320437,6	4635836,5	0,00	0
1	86	320462,9	4635871,5	0,20	0,16
1	87	320513,0	4635867,3	0,10	0,08
1	88	320562,1	4635857,1	0,12	0,09
1	89	320611,7	4635850,4	0,58	0,46
1	90	320646,8	4635878,7	0,02	0,02
1	91	320657,9	4635921,3	0,00	0
1	92	320612,5	4635933,0	0,12	0,1
1	93	320564,2	4635946,9	1,35	1,08
1	94	320515,6	4635959,6	3,04	2,43
1	95	320470,8	4635982,8	0,00	0
1	96	320465,0	4636032,5	0,00	0
1	97	320463,1	4636083,0	4,00	3,2
1	98	320513,9	4636085,1	1,14	0,92
1	99	320564,1	4636084,7	0,17	0,13
1	100	320613,6	4636077,9	0,25	0,2
1	101	320661,3	4636063,6	0,83	0,67
1	102	320688,6	4636095,1	0,00	0
1	103	320709,5	4636138,7	0,00	0
1	104	320673,3	4636169,7	0,00	0
1	105	320625,4	4636179,8	0,00	0
1	114	320455,9	4636279,0	0,60	0,48
1	115	320504,1	4636265,5	0,80	0,64



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	116	320552,1	4636251,5	0,00	0
1	118	320651,2	4636238,9	0,00	0
1	119	320700,9	4636230,8	0,00	0
1	120	320749,0	4636216,9	0,00	0
1	121	320791,7	4636228,1	0,05	0,04
1	122	320882,2	4636257,6	0,37	0,3
1	123	320832,1	4636263,1	0,49	0,4
1	124	320807,1	4636293,0	0,49	0,39
1	125	320798,0	4636332,7	0,29	0,24
1	126	320749,7	4636343,6	0,00	0
1	128	320649,9	4636347,8	1,14	0,92
1	131	320502,8	4636378,2	0,00	0
1	132	320455,5	4636396,0	0,27	0,22
1	137	320321,3	4636532,4	0,32	0,26
1	138	320362,9	4636516,1	3,69	2,93
1	139	320407,4	4636493,8	537,09	53,17
1	140	320455,0	4636479,0	227,24	21,89
1	141	320502,9	4636463,4	17,38	13,93
1	142	320551,1	4636452,0	1,79	1,43
1	143	320601,0	4636449,9	0,00	0
1	144	320651,2	4636450,4	0,85	0,68
1	145	320701,3	4636447,8	0,01	0,01
1	146	320750,9	4636444,5	0,27	0,21
1	147	320801,0	4636445,7	42,71	34,23
1	148	320850,6	4636436,9	0,55	0,44
1	149	320895,8	4636449,3	0,33	0,26
1	150	320932,8	4636482,7	0,07	0,05
1	151	320975,0	4636510,0	0,17	0,13
1	152	321007,7	4636529,1	0,51	0,41
1	153	320971,0	4636559,7	1,19	0,96
1	154	320931,1	4636590,4	0,06	0,05
1	155	320892,8	4636622,3	0,01	0
1	156	320851,3	4636650,0	0,34	0,27
1	157	320808,5	4636657,0	2,24	1,79
1	158	320759,7	4636666,3	0,00	0
1	159	320750,0	4636714,9	0,00	0
1	160	320773,4	4636744,0	0,00	0
1	161	320822,3	4636730,9	0,07	0,06
1	162	320867,4	4636710,2	0,11	0,09
1	163	320916,4	4636702,2	13,61	10,91
1	164	320955,7	4636719,9	0,10	0,08
1	165	320979,7	4636764,2	0,00	0
1	166	321006,6	4636800,8	0,00	0
1	167	320958,3	4636803,7	0,14	0,11
1	168	320908,8	4636796,1	0,46	0,37
1	169	320858,9	4636802,4	0,01	0,01
1	170	320816,3	4636829,4	0,00	0
1	171	320798,0	4636870,1	0,00	0
1	172	320817,7	4636916,2	0,21	0,17
1	173	320857,3	4636936,4	0,21	0,17



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	174	320907,3	4636936,8	38,01	3,85
1	175	320957,3	4636932,6	74,24	59,5
1	177	320998,2	4636965,1	11,90	9,54
1	178	320971,3	4637006,4	1,46	1,17
1	179	320928,9	4637028,7	0,23	0,19
1	180	320883,3	4637048,9	0,36	0,27
1	181	320884,6	4637098,9	0,25	0,2
1	182	320897,0	4637147,7	0,07	0,06
1	183	320916,2	4637193,0	0,17	0,14
1	184	320951,6	4637228,6	0,70	0,56
1	185	320977,3	4637269,5	28,26	22,65
1	186	320982,2	4637319,0	0,36	0,29
1	187	320983,6	4637368,1	0,27	0,21
1	188	320975,3	4637417,5	0,48	0,39
1	189	320964,8	4637466,5	0,18	0,15
1	190	320962,9	4637516,1	0,06	0,05
1	191	320995,8	4637554,3	33,70	3,31
1	192	321030,5	4637590,7	0,00	0
1	195	321102,5	4637711,4	0,00	0
1	196	321099,1	4637760,6	0,22	0,17
1	197	321107,1	4637807,5	1,67	1,33
1	198	321148,7	4637835,2	5,98	4,8
1	199	321182,0	4637869,6	0,59	0,47
1	200	321216,9	4637905,6	0,33	0,26
1	201	321261,8	4637928,2	28,26	2,84
1	202	321308,0	4637945,7	11,32	9,07
1	203	321355,0	4637963,6	0,01	0
1	204	321402,8	4637978,5	0,03	0,01
1	205	321451,4	4637981,1	0,00	0
1	206	321498,4	4637962,9	127,69	12,4
1	207	321542,9	4637940,6	61,49	5,99
1	208	321596,7	4637926,1	0,00	0
1	209	321645,5	4637913,9	2,48	0,24
1	210	321691,3	4637893,2	0,00	0
1	211	321729,0	4637861,4	2,63	0,85
1	212	321759,4	4637821,6	0,07	0,05
1	213	321796,3	4637791,9	0,02	0,02
1	214	321822,2	4637787,4	0,25	0,2
1	215	321866,9	4637790,9	0,00	0
1	216	321917,1	4637788,4	34,28	3,36
1	217	321966,8	4637786,3	0,03	0,02
1	218	322013,7	4637768,2	0,02	0,01
1	219	322059,0	4637748,8	0,06	0,05
1	220	322099,3	4637766,5	0,05	0,04
1	221	322141,8	4637781,1	12,22	9,79
1	222	322200,2	4637773,7	0,00	0
1	223	322237,1	4637781,3	0,00	0
1	224	322250,8	4637788,1	0,00	0
1	225	322296,4	4637795,5	19,44	15,58
1	226	322336,7	4637775,0	0,06	0,05



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	227	322367,6	4637736,5	0,00	0
1	228	322408,3	4637694,8	0,00	0
1	229	322448,4	4637665,0	0,02	0,02
1	230	322487,9	4637639,4	0,00	0
1	231	322531,5	4637657,4	0,00	0
1	232	322574,8	4637683,4	0,31	0,25
1	233	322622,4	4637669,1	0,00	0
1	234	322665,9	4637644,7	0,00	0
1	235	322713,6	4637631,2	0,00	0
1	236	322759,8	4637643,6	0,00	0
1	237	322806,0	4637662,8	0,00	0
1	238	322854,8	4637675,6	0,14	0,11
1	239	322908,0	4637692,1	0,00	0
1	240	322956,8	4637700,6	0,00	0
1	241	323006,4	4637702,8	0,00	0
1	242	323055,5	4637710,4	0,01	0,01
1	243	323100,2	4637728,4	0,00	0
1	244	323143,6	4637752,3	0,33	0,26
1	245	323186,1	4637775,4	0,06	0,05
1	246	323223,4	4637808,0	0,04	0,03
1	247	323251,8	4637848,0	0,08	0,06
1	249	323312,2	4637924,0	0,00	0
1	250	322313,8	4637778,9	0,00	0
1	251	322264,2	4637782,7	0,00	0
1	252	322217,0	4637769,9	0,02	0,02
1	253	322172,3	4637751,1	0,03	0,02
1	254	322122,9	4637750,2	0,01	0,01
1	255	322076,2	4637756,1	0,00	0
1	256	322024,1	4637764,6	0,00	0
1	257	321974,7	4637773,4	109,08	10,5
1	258	321926,2	4637784,4	0,00	0
1	259	321876,3	4637786,0	0,02	0,01
1	260	321837,1	4637809,1	0,06	0,04
1	261	321799,3	4637836,3	0,01	0,01
1	262	321749,5	4637838,0	0,06	0,05
1	263	321699,1	4637840,9	0,07	0,05
1	264	321667,1	4637877,7	0,02	0,01
1	265	321642,0	4637920,8	0,00	0
1	266	321612,2	4637960,9	0,00	0
1	267	321577,5	4637995,3	0,00	0
1	268	321529,4	4637991,4	0,00	0
1	269	321480,1	4637981,6	0,00	0
1	270	321430,0	4637984,1	8,71	0,91
1	271	321380,7	4637977,7	2,13	0,34
1	272	321331,8	4637966,3	46,03	4,43
1	273	321284,2	4637952,6	0,24	0,19
1	274	321243,3	4637924,0	97,91	9,66
1	275	321203,6	4637893,2	0,85	0,68
1	276	321160,8	4637868,0	0,23	0,18
1	277	321144,3	4637825,2	0,00	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
1	279	321121,7	4637728,3	0,00	0
1	280	321077,9	4637705,6	0,59	0,47
1	281	321038,6	4637676,9	0,90	0,72
1	282	321021,7	4637633,7	0,48	0,38
2	1	320972,7	4637352,2	0,00	0
2	2	320927,8	4637314,2	0,00	0
2	3	320907,8	4637276,0	0,00	0
2	4	320928,5	4637228,8	0,00	0
2	5	320940,7	4637179,7	0,00	0
2	6	320901,0	4636987,7	0,00	0
2	7	320898,4	4636954,9	34,75	0,09
2	8	320906,4	4636869,9	0,00	0
2	9	320871,8	4636838,6	0,00	0
2	10	320839,4	4636800,1	0,00	0
2	11	320832,8	4636766,7	0,00	0
2	12	320886,0	4636766,7	0,00	0
2	13	320950,6	4636539,8	0,00	0
2	14	320929,8	4636498,5	0,00	0
2	15	320939,9	4636449,9	0,00	0
2	16	320966,4	4636413,9	0,00	0
2	17	320991,8	4636368,0	0,00	0
2	18	320982,3	4636318,9	0,00	0
2	19	320961,1	4636274,1	5,71	0,01
2	20	320922,1	4636250,0	0,00	0
2	21	320875,4	4636265,4	0,00	0
2	22	320766,3	4636170,5	0,00	0
2	23	320819,6	4636161,0	0,00	0
2	24	320802,3	4636121,1	0,00	0
2	25	320790,1	4636071,1	0,00	0
2	26	320744,7	4636083,2	0,00	0
2	27	320695,3	4636094,5	0,00	0
2	28	320617,7	4635993,4	0,00	0
2	29	320671,8	4635989,7	0,00	0
2	30	320721,0	4635990,0	0,00	0
2	31	320746,7	4635960,4	0,00	0
2	32	320654,7	4635894,4	0,00	0
2	33	320605,4	4635904,5	0,00	0
2	34	320557,7	4635919,4	0,00	0
2	35	320522,6	4635871,4	0,00	0
2	36	320554,1	4635831,6	0,00	0
2	37	320584,5	4635791,9	0,00	0
2	38	320531,3	4635761,3	0,00	0
2	39	320487,3	4635780,4	3,83	0,5
2	40	320451,9	4635818,8	0,00	0
2	41	320488,1	4635868,0	0,00	0
2	42	320537,6	4635860,7	0,00	0
2	43	320584,9	4635851,5	0,00	0
2	44	320630,6	4635857,4	0,00	0
2	45	320662,5	4635899,3	0,00	0
2	46	320640,6	4635930,2	0,00	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
2	47	320588,8	4635942,3	0,00	0
2	48	320907,5	4636256,7	0,00	0
2	49	320857,0	4636262,2	0,00	0
2	50	320624,6	4636351,1	0,00	0
2	51	320874,4	4636435,2	0,00	0
2	52	320915,7	4636464,5	0,00	0
2	53	320954,2	4636496,5	0,00	0
2	54	321002,7	4636512,6	0,00	0
2	55	320951,6	4636576,8	0,00	0
2	56	320913,0	4636608,3	0,00	0
2	57	320873,1	4636638,5	0,00	0
2	58	320828,5	4636664,8	13,82	0,02
2	59	320798,0	4636736,5	0,00	0
2	60	320844,6	4636718,2	0,00	0
2	61	320891,7	4636702,9	0,00	0
2	62	320883,4	4636797,9	0,00	0
2	63	320837,9	4636817,4	0,00	0
2	64	320796,2	4636847,5	0,00	0
2	65	320809,4	4636892,4	0,00	0
2	66	320832,5	4636934,2	0,00	0
2	67	320884,7	4636934,1	0,00	0
2	68	320905,1	4637039,7	0,00	0
2	69	320880,8	4637073,9	9,70	0,03
2	70	320892,1	4637122,1	0,00	0
2	71	320903,3	4637172,1	0,00	0
2	72	320935,4	4637209,6	0,00	0
2	73	320971,5	4637442,6	0,00	0
2	74	320961,2	4637492,2	0,00	0
2	75	320980,8	4637534,1	0,00	0
2	76	321574,5	4637927,3	0,00	0
2	77	321621,6	4637918,6	0,00	0
2	78	321668,7	4637901,9	0,00	0
2	79	321743,3	4637839,6	0,00	0
2	80	321809,0	4637782,3	0,00	0
2	81	321845,1	4637789,9	0,00	0
2	82	322167,9	4637774,7	0,00	0
2	83	322220,1	4637773,8	0,00	0
2	84	322239,8	4637780,0	0,00	0
2	85	322271,1	4637788,7	0,00	0
2	86	322288,7	4637784,1	0,00	0
2	87	322238,1	4637779,4	0,00	0
2	88	322193,6	4637761,9	0,00	0
2	89	322146,3	4637747,9	0,00	0
2	90	322099,9	4637757,1	0,00	0
2	91	321851,3	4637790,1	0,00	0
2	92	321773,9	4637839,9	0,00	0
2	93	321723,2	4637840,9	0,00	0
2	94	321679,5	4637857,5	0,00	0
2	95	321656,3	4637901,3	0,00	0
2	96	321627,9	4637943,4	0,00	0



ESTRATO	SEGMENTO	UTM X (H30)	UTM Y (30)	DENSIDAD (ind/dam3)	BIOMASA (g/m2)
2	97	321596,4	4637982,0	0,00	0
2	98	321553,0	4637998,5	0,00	0
2	99	321503,8	4637987,4	0,00	0
2	100	321453,9	4637984,0	0,00	0
2	101	321404,0	4637983,5	0,00	0



MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y RETO DEMOGRÁFICO



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:	San Lorenzo	
Código de proyecto:	EC20012	

Filtración de muestras de agua

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

Muestras filtradas				
Código	Numeración	Volumen (L)	Nº filtros	Fecha
SLO_23_S1_E1_S	46	1	2	24/07/2023
SLO_23_S1_E1_M	47	1	2	24/07/2023
SLO_23_S1_E1_F	48	1	2	24/07/2023
SLO_23_S1_BEN_1_1	49	1	2	24/07/2023
SLO_23_S1_BEN_1_2	50	1	2	24/07/2023
SLO_23_S1_BEN_1_3	51	1	2	24/07/2023
SLO_23_S1_PES_1_1	52	1	2	24/07/2023
SLO_23_S1_PES_1_2	53	1	2	24/07/2023
SLO_23_S1_PES_1_3	54	1	2	24/07/2023

Recepción de muestras en el laboratorio

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

Código	Numeración	Chequeo
SLO_23_S1_E1_S	46	<input checked="" type="checkbox"/>
SLO_23_S1_E1_M	47	<input checked="" type="checkbox"/>
SLO_23_S1_E1_F	48	<input checked="" type="checkbox"/>
SLO_23_S1_BEN_1_1	49	<input checked="" type="checkbox"/>
SLO_23_S1_BEN_1_2	50	<input checked="" type="checkbox"/>
SLO_23_S1_BEN_1_3	51	<input checked="" type="checkbox"/>
SLO_23_S1_PES_1_1	52	<input checked="" type="checkbox"/>
SLO_23_S1_PES_1_2	53	<input checked="" type="checkbox"/>
SLO_23_S1_PES_1_3	54	<input checked="" type="checkbox"/>

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

Extracción de ADN

Fecha:	19/09/2023
Técnico:	Susana Deus Álvarez
Método de extracción:	DNeasy Blood & Tissue Kit
Número de muestras:	9
Incidencias:	No

Muestras extraídas

Código	ADN (ng/μL)	Volumen (mL)	ADN (ng/μL)	Volumen (mL)
SLO_23_S1_E1_S	1,02	100	1,57	60
SLO_23_S1_E1_M	0,713	100	1	60
SLO_23_S1_E1_F	0,766	100	1,04	60
SLO_23_S1_BEN_1_1	0,447	100	0,816	60
SLO_23_S1_BEN_1_2	0,644	100	0,107	60
SLO_23_S1_BEN_1_3	0,552	100	1,11	60
SLO_23_S1_PES_1_1	1,12	100	1,59	60
SLO_23_S1_PES_1_2	0,836	100	1,13	60
SLO_23_S1_PES_1_3	0,481	100	0,664	60

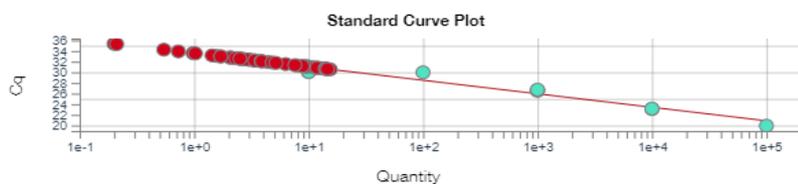


Detección por qPCR

Técnico:	Susana Deus Álvarez
Incidencias:	No

Salmo trutta

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



Resultados

Código	Detección	Copias ADN
SLO_23_S1_E1_S	+	10,66
SLO_23_S1_E1_M	+	<LD
SLO_23_S1_E1_F	+	<LD
SLO_23_S1_BEN_1_1	+	<LD
SLO_23_S1_BEN_1_2	+	<LD
SLO_23_S1_BEN_1_3	+	<LD
SLO_23_S1_PES_1_1	+	<LD
SLO_23_S1_PES_1_2	+	11,03
SLO_23_S1_PES_1_3	+	<LD
Control negativo PCR	-	

Conclusión

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

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

Anguilla anguilla

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



Resultados	
Código	Detección
SLO_23_S1_E1_S	-
SLO_23_S1_E1_M	-
SLO_23_S1_E1_F	-
SLO_23_S1_BEN_1_1	-
SLO_23_S1_BEN_1_2	-
SLO_23_S1_BEN_1_3	-
SLO_23_S1_PES_1_1	-
SLO_23_S1_PES_1_2	-
SLO_23_S1_PES_1_3	-
Control negativo PCR	-

Conclusión

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