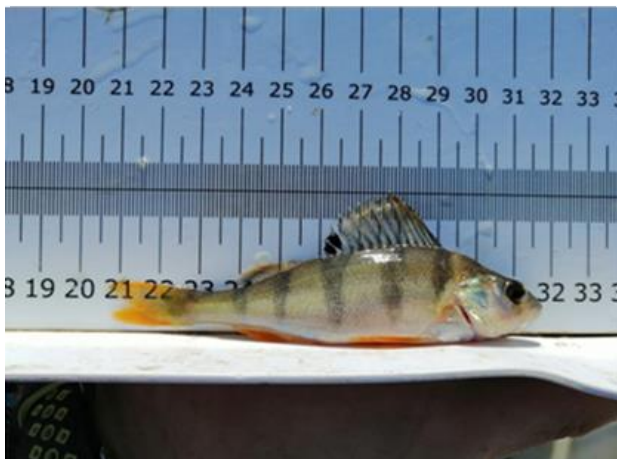




SONDEO HIDROACÚSTICO EN EMBALSES DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO: EMBALSE DE FLIX





MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO





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

PROMOTOR:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



SERVICIO:

ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS

DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

María José Rodríguez Pérez

Vicente Sancho-Tello Valls

EMPRESA CONSULTORA:

ECOHYDROS S.L.



EQUIPO DE TRABAJO:

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

PRESUPUESTO DE LA ADJUDICACIÓN:

114.425,25 Euros

CONTENIDO:

MEMORIA/ANEJOS/CARTOGRAFÍA/CD

AÑO DE EJECUCIÓN:

2021

FECHA ENTREGA:

DICIEMBRE 2021



REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

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

Superior derecha: Ejemplar de Brema blanca en embalse de Flix

Inferior izquierda: Ejemplar de Perca de río en embalse de Flix

Inferior derecha: Vista de la presa del embalse de Flix

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2020) Sondeo hidroacústico en embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro: Embalse de Flix. 69 pág. 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 FLIX. AÑO 2021

El objeto de este informe es la evaluación de la abundancia y biomasa de la biocenosis de peces del embalse de Flix. Para ello, en octubre 2021 se realizó un muestreo cuantitativo de los peces en dicho embalse empleándose una combinación de técnicas: Muestreo directo mediante redes agalleras científicas (CEN-EN 14.757/2006) y pesca eléctrica desde embarcación; y sondeo indirecto mediante técnicas hidroacústicas.

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

*La asociación de peces está dominada por especies exóticas e invasoras (8 sobre un total de 10 especies capturadas), entre las que destacan por su abundancia y biomasa el rutilo (*Rutilus rutilus*), la brema blanca (*Blicca bjoerkna*) y perca (*Perca fluviatilis*), que en su conjunto representan el 92% de la densidad y el 89% de la biomasa de los peces del embalse. El siluro (*Silurus glanis*) es otra de las especies alóctonas depredadoras que aparece en números significativos. En su conjunto, forman una ictiocenosis propia de ecosistemas acuáticos lénticos de Europa Central y del Este.*

Tanto la densidad ($22,81 \pm 2,25$ ind/dam³) como la biomasa ($12,98 \pm 1,28$ g/m²) de peces presentan valores altos, que están en torno al percentil 90 de los embalses prospectados hasta el momento en la demarcación hidrográfica del Ebro.



HYDROACOUSTIC SURVEY IN RESERVOIRS OF THE EBRO RIVER BASIN DISTRICT: FLIX RESERVOIR. YEAR 2021

The purpose of this report is to assess the abundance and biomass of the fish biocenosis of the Flix reservoir. A fish quantitative survey in the reservoir was carried out in October 2021 using a combination of techniques: direct sampling using scientific gillnets (CEN-EN 14.757/2006) and electric fishing from a boat; and remote sampling using hydroacoustic techniques.

*In addition, eDNA sampling and analysis was conducted to detect the presence of two species that could be present in such low numbers that they would be undetectable with direct fishing techniques. These are the brown trout (*Salmo trutta*) and the eel (*Anguilla anguilla*), two native species in decline in the reservoirs of this area. Neither species was finally detected.*

*The fish association is dominated by exotic and invasive species (8 out of a total of 10 species captured), among which the roach (*Rutilus rutilus*), white bream (*Blicca bjoerkna*) and perch (*Perca fluviatilis*) stand out for their abundance and biomass, which together represent 92% of the density and 89% of the biomass. Catfish (*Silurus glanis*) is another allochthonous predatory species that occurs in significant numbers. Together, they conform an ichthyocenosis typical of Central and Eastern European lentic aquatic ecosystems.*

Both the density (22.81 ± 2.25 ind/dam³) and biomass (12.98 ± 1.28 g/m²) of fish show high values, which are around the 90th percentile of the reservoirs surveyed so far in the Ebro basin.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	11
1.1. PRESTACIONES DE LAS TÉCNICAS APLICADAS.....	12
1.2. INTERÉS DEL ESTUDIO CUANTITATIVO DE LA FAUNA ÍCTICA EN MASAS DE AGUA NO VADEABLES.....	13
2. ÁMBITO DE ESTUDIO	15
2.1. SITUACIÓN.....	15
2.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA.....	16
2.3. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EMBALSE. PERFILES VERTICALES.....	19
2.4. POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO	23
3. METODOLOGÍA.....	24
3.1. DISEÑO DEL MUESTREO.....	25
3.2. MUESTREOS REMOTOS: HIDROACÚSTICA	25
3.2.1. Prospección hidroacústica.....	25
3.2.2. Procesado de datos acústicos.....	27
3.3. MUESTREOS DIRECTOS DE PESCA.....	28
3.3.1. Redes agalleras multipaño.....	28
3.3.2. Pesca eléctrica desde embarcación.....	29
3.4. INTERPOLACIÓN ESPACIAL Y ESTIMACIONES GLOBALES	30
3.5. EVALUACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE BIÓTICO QFBI.....	32
3.6. DETECCIÓN DE TRUCHA COMÚN Y ANGUILA EUROPEA MEDIANTE ADN AMBIENTAL.....	33
3.6.1. Muestreo de ADN ambiental (eDNA)	33
3.6.2. Obtención de ADN ambiental de trucha común y de anguila en muestras de agua	34
3.6.3. Detección específica de trucha común.....	35
3.6.4. Detección específica de anguila europea	35
3.6.5. Estimaciones de biomasa.....	36
4. RESULTADOS.....	37
4.1. SONDEO HIDROACÚSTICO: DENSIDADES.....	37
4.1.1. Exposición de resultados.....	37
4.1.2. Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro.....	41
4.2. MUESTREOS DIRECTOS: COMPOSICIÓN Y BIOMASA ESPECÍFICA.....	42



4.2.1.	<i>Especies presentes en el embalse</i>	43
4.2.2.	<i>Composición y distribución de especies</i>	43
4.3.	<i>BIOMASA</i>	49
4.3.1.	<i>Exposición de resultados</i>	49
4.3.2.	<i>Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro</i>	51
4.4.	<i>DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES</i>	52
4.5.	<i>MUESTREOS INDIRECTOS: ADN AMBIENTAL</i>	53
4.5.1.	<i>Muestras ambientales de agua</i>	53
4.5.2.	<i>Detección de trucha común mediante qPCR y estimaciones de biomasa</i>	53
4.5.3.	<i>Detección de anguila europea mediante qPCR y estimaciones de biomasa</i>	55
5.	VALORACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE QFBI	57
6.	CONCLUSIONES	58
7.	GLOSARIO Y ACRÓNIMOS	60
8.	BIBLIOGRAFÍA	62

ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1. Especies presentes

Anexo 2. Resultados de las pescas

Anexo 3. Celdas del muestreo hidroacústico (en versión digital)

Anexo 4. Boletines de ensayo eDNA



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estratos considerados en el embalse de Flix	18
Tabla 2. Descripción de las redes de muestreo empleadas.....	28
Tabla 3. Métricas y coeficientes para el cálculo del QFBI	32
Tabla 4. Valores de corte del QFBI empleados para la clasificación del potencial ecológico.....	33
Tabla 5. Densidad de peces (ind/dam ³) por estratos, estimada mediante acústica.....	39
Tabla 6. Especies presentes en el embalse	43
Tabla 7. Resultados de las pescas con red por especies	44
Tabla 8. Resultados de la pesca eléctrica por especies.....	45
Tabla 9. Biomasa de peces por estratos (g/m ²) estimada mediante acústica.....	49
Tabla 10. Densidades (ind/dam ³) y biomásas (g/m ²) por especie.....	52
Tabla 11. Datos de las rectas patrón obtenidas para la cuantificación de muestras ambientales de trucha común.....	53
Tabla 12. Datos de las rectas patrón obtenidas para la cuantificación de muestras ambientales de anguila europea.....	55
Tabla 13. Resultados del QFBI obtenidos para el embalse de Flix.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Técnicos tomando datos físico-químicos en un punto de pesca en el embalse de Flix.....	14
Figura 2. Situación del embalse de Flix	15
Figura 3. Índice NDWI aplicado a la imagen de satélite para identificar la lámina de agua	17
Figura 4 Batimetría del embalse de Flix.....	18
Figura 5. Perfil físico-químicos realizado en la cabecera del embalse de Flix (FLX21_E1PRO1)	20
Figura 6. Perfil físico-químico realizado en la zona de cola del embalse de Flix (FLX21_E1PRO2)	22
Figura 7. Esquema del método de censado de poblaciones ícticas en un embalse	24
Figura 8. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico.....	26



Figura 9. Ubicación de redes bentónicas en embalse de Flix.....	29
Figura 10. Equipo de electropesca desde embarcación en embalse de Flix.....	30
Figura 11. Ejemplo de ajuste de curva al semivariograma para el interpolado espacial.....	31
Figura 12. Ubicación de las estaciones de muestreo directo de diferente tipo en el embalse de Flix	34
Figura 13. Recorridos del sondeo hidroacústico en el embalse de Flix.....	37
Figura 14. Ejemplo de ecogramas obtenidos en el embalse de Flix con el haz horizontal. Zona de presa (arriba) y de cola (abajo)	38
Figura 15. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato superior (L1). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud.....	40
Figura 16. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato inferior (L2). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud.....	40
Figura 17. Comparación de la densidad de peces con otros embalses de la cuenca del Ebro	41
Figura 18. Fotografías de las labores de muestreo en el embalse de Flix	42
Figura 19. Composición de la asociación obtenida mediante redes.....	44
Figura 20. Composición de la asociación obtenida mediante pesca eléctrica.....	46
Figura 21. Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm.....	47
Figura 22. Ejemplares de las especies capturadas durante los muestreos directos en el embalse de Flix	48
Figura 23. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato superior (L1).	50
Figura 24. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato inferior (L2).	50
Figura 25. Comparación de la biomasa de peces con otros embalses de la cuenca del Ebro	51
Figura 26. Rectas patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Cf) frente a la cantidad de ADN detectada (Quantity). Cada una de las rectas (A y B) corresponden a las réplicas de laboratorio realizadas	54
Figura 27. Rectas patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Cf) frente a la cantidad de ADN detectada (Quantity). Cada una de las rectas (A y B) corresponden a las réplicas de laboratorio realizadas	55



1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El presente documento constituye el informe final de los trabajos realizados en el embalse de Flix (Tarragona) durante el año 2021, incluidos en la Asistencia Técnica “Sondeo hidroacústico en embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro” adjudicado a Ecohydros, S.L. por la Confederación Hidrográfica del Ebro (en adelante, CHE).

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

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

En el presente informe se exponen los trabajos realizados en la evaluación de las poblaciones de peces del embalse de Flix, 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 transcurre desde escasos milímetros (zooplancton) a varios metros (peces y cetáceos). De hecho, existe ya un cuerpo de conocimiento y tecnología muy desarrollados y con cierta tradición, si bien es cierto que su correcta aplicación depende de una formación técnica altamente especializada.

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

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



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

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

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

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

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



Figura 1. Técnicos tomando datos físico-químicos en un punto de pesca en el embalse de Flix

2. ÁMBITO DE ESTUDIO

2.1. SITUACIÓN

El embalse de Flix (MAS 74) se localiza en el término municipal de Flix, en la provincia de Tarragona, regulando las aguas del río Ebro. El agua del embalse está destinada principalmente al abastecimiento de la población y al aprovechamiento hidrológico. El embalse de Flix forma parte del Registro de Zonas Protegidas elaborado por la Confederación Hidrográfica del Ebro.

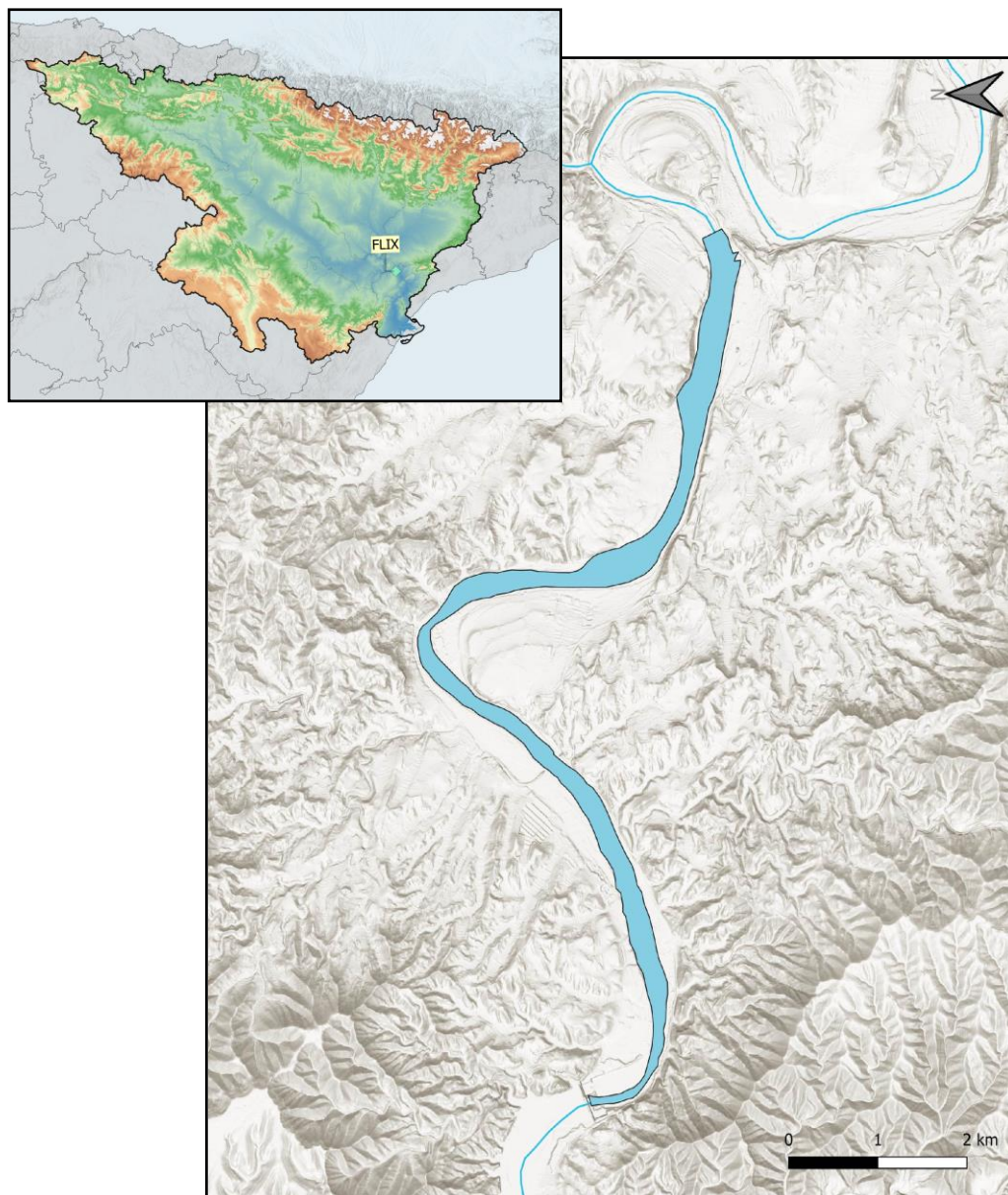


Figura 2. Situación del embalse de Flix



2.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

Según el inventario nacional de presas y embalses, el embalse de Flix tiene una capacidad máxima de 11,41 hm³ y ocupa en su nivel máximo normal (NMN) una superficie de 320 ha, lo que supone una profundidad media de 3,6 m y máxima de 26,3 m.

El muestreo hidroacústico, como se explica más adelante en el apartado de metodología, permite obtener una batimetría aproximada que se emplea para cubicar los diferentes estratos y ponderar las densidades y biomásas obtenidas por capa. En la Figura 4 se representa en planta el modelo batimétrico digital obtenido.

El embalse presentó durante el muestreo (9 - 10 de octubre de 2021) una profundidad máxima de 8,05 m y media de 6,25 m; la cota durante esas fechas estaba en el entorno de 40,9 msnm que, según la hipsometría generada y corregida con las dimensiones máximas oficiales, corresponde a un volumen de 10,7 hm³, es decir se encontraba al 94%, próxima al NMN de su capacidad.

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

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

Como resultado, se obtiene una imagen en la que se diferencia el embalse de Flix (Figura 3) y de la que se extrae el polígono del contorno del embalse durante el muestreo, que posteriormente se aplica como frontera en las interpolaciones espaciales. Su superficie en las fechas del muestreo es de 309,2 ha.



Figura 3. Índice NDWI aplicado a la imagen de satélite para identificar la lámina de agua

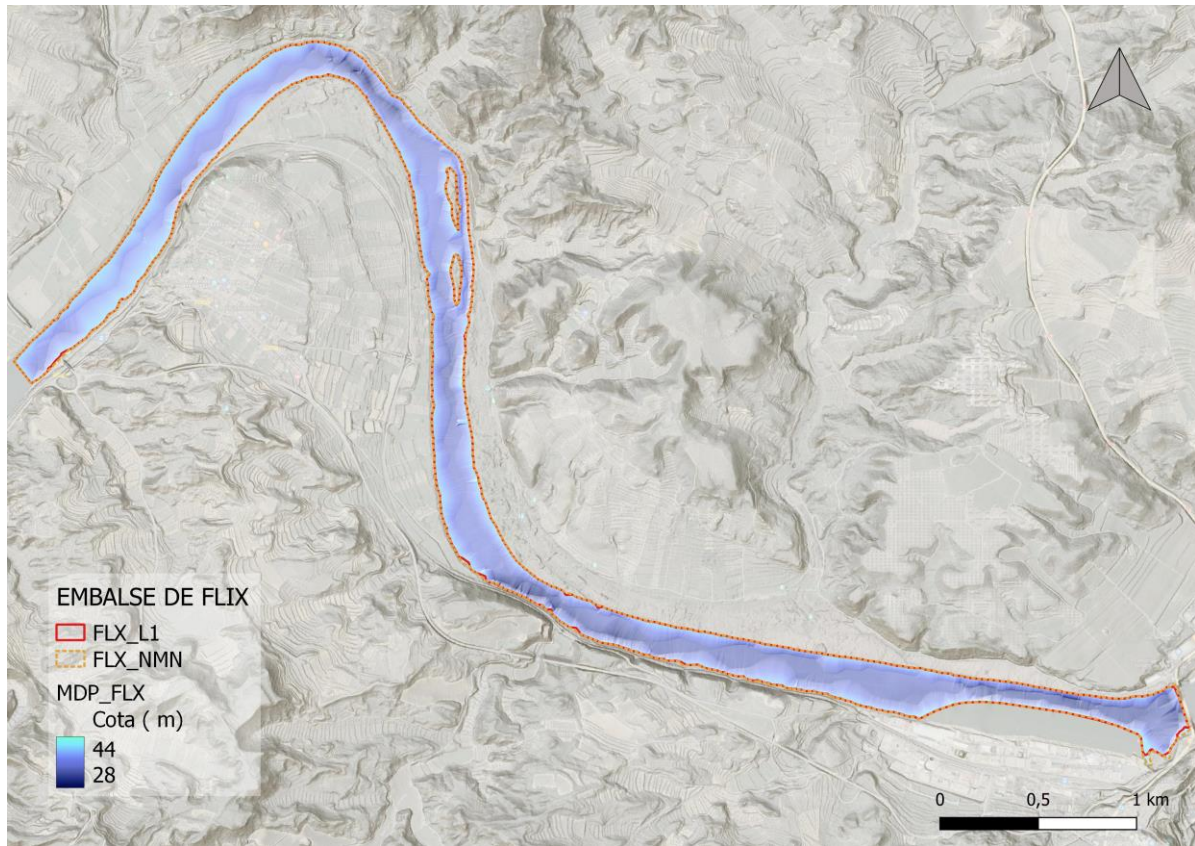


Figura 4 Batimetría del embalse de Flix

En la Tabla 1 se presentan los volúmenes y superficies de cada uno de los 2 estratos de profundidad considerados en este caso, obtenidos a partir de la batimetría generada con los datos del sondeo monohaz del presente estudio, y corregidos respecto a los datos oficiales en NMN.

Los volúmenes de cada estrato 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 Flix

Embalse	Sector	Estrato	Profundidad (m)	Volumen (hm ³)	Superficie (ha)
FLX21	1	1	0 a 5	8,66	309,2
FLX21		2	5 a 13,5	1,99	121,9



2.3. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EMBALSE. PERFILES VERTICALES

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

Dada la forma alargada del embalse y el gradiente de condiciones ambientales que podría producirse en este caso, se decide realizar dos perfiles físico-químicos, uno en cabecera y otro en cola (Figura 12).

En las fichas mostradas a continuación se recogen los parámetros resumen de los perfiles verticales y la representación gráfica de los mismos.

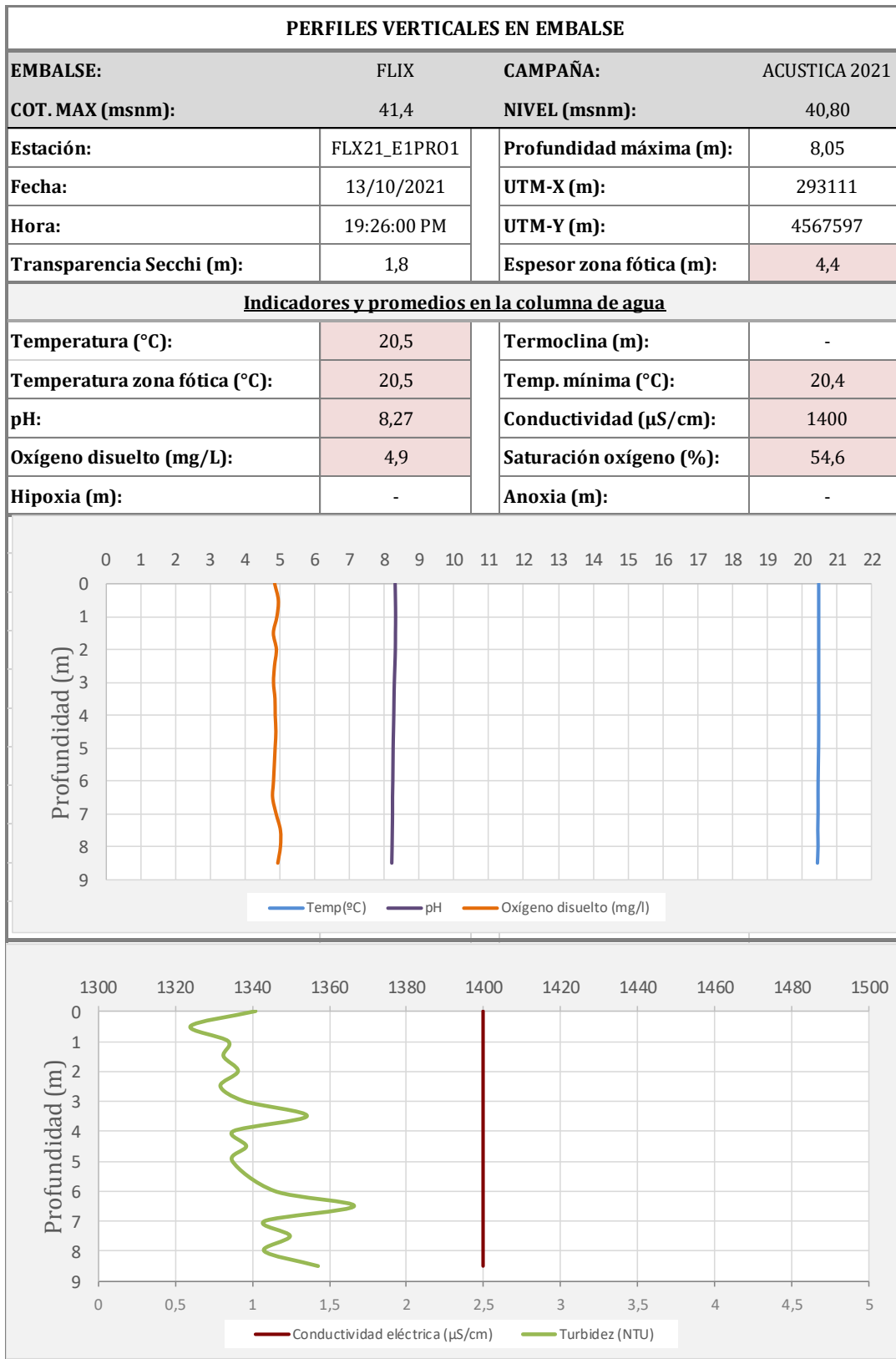


Figura 5. Perfil físico-químico realizado en la cabecera del embalse de Flix (FLX21_E1PRO1)



Del perfil obtenido en la estación “FLX21_E1PRO1” se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La profundidad máxima en la estación de muestreo más cercana a la presa alcanza aproximadamente los 8,5 metros.
- La temperatura del agua oscila entre los 20,4 °C en fondo y los 20,5°C en superficie, manteniéndose constante a lo largo de la columna de agua.
- El pH es moderadamente básico y regular a lo largo de la columna de agua, alcanzando en superficie 8,31 unidades de pH y 8,22 en fondo.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua alcanzan en el muestreo una concentración media de 4,9 mg/l, y se mantiene constante a lo largo de toda la columna sin alcanzar en ningún momento las condiciones de anoxia.
- La transparencia del agua registrada en la lectura del disco Secchi es de 1,8 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica aproximada de 4,4 m. El valor promedio de la turbidez es de 1,05 NTUs que se supera en varias ocasiones a lo largo de la columna de agua.
- La conductividad es homogénea y se mantiene por encima de los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en toda la columna de agua, indicando una elevada mineralización de las aguas.

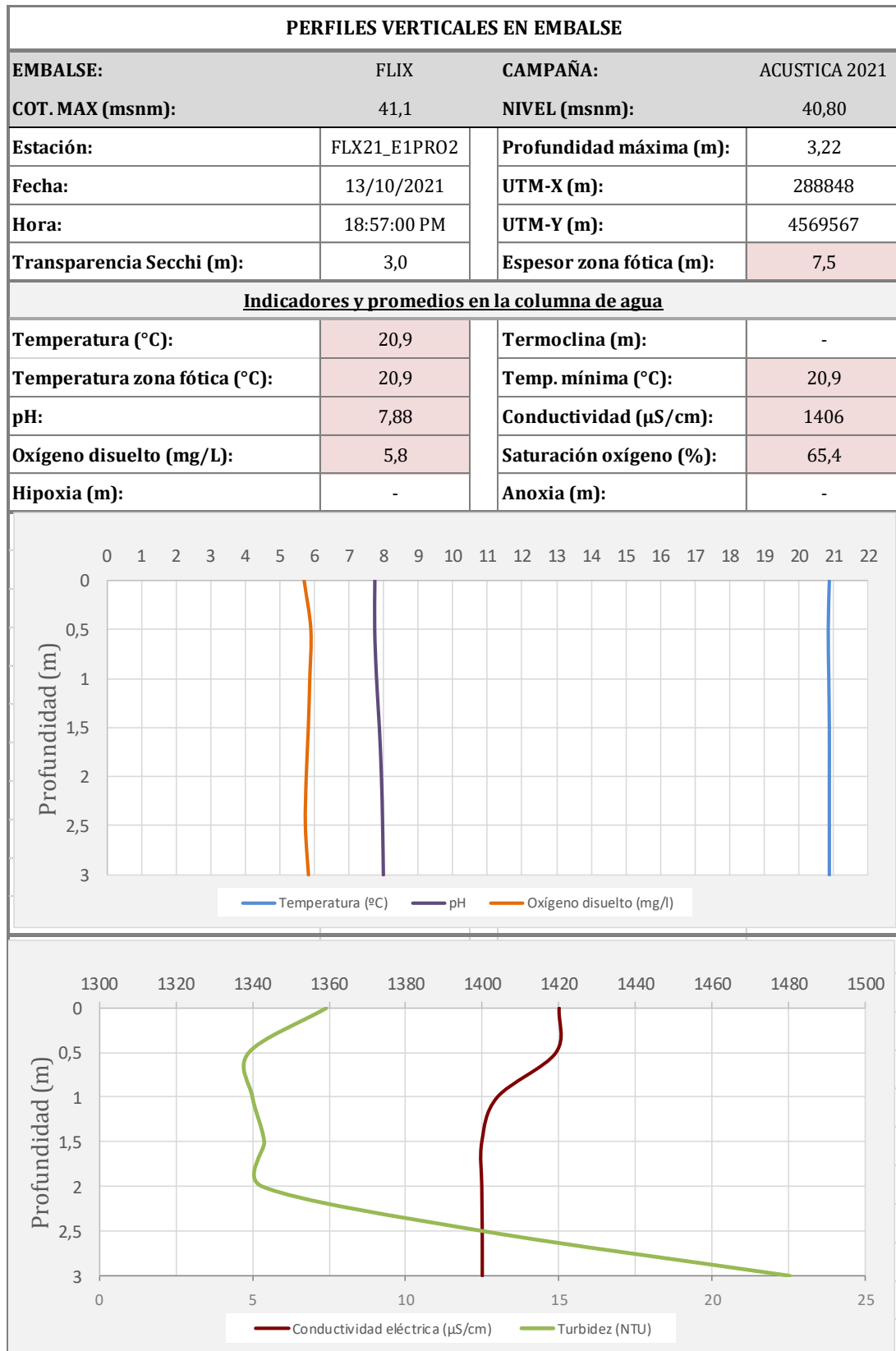


Figura 6. Perfil físico-químico realizado en la zona de cola del embalse de Flix (FLX21_E1PRO2)



Del perfil obtenido en la estación “FLX21_E1PRO2” se infieren las siguientes apreciaciones:

- La profundidad máxima en la estación de muestreo más alejada de la presa (cola del embalse) alcanza aproximadamente los 3 metros.
- La temperatura del agua se mantiene constante a lo largo de la columna de agua alcanzando los 20,9°C de media, y es casi 0,5°C más alta que en el perfil de cabecera.
- El pH es básico y regular a lo largo de la columna de agua, alcanzando en superficie 7,76 unidades de pH y en fondo 8,01, valores inferiores a los observados en el perfil de cabecera.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua alcanzan en el muestreo una concentración media de 5,8 mg/l, y se mantiene constante a lo largo de toda la columna sin alcanzar en ningún momento las condiciones de anoxia.
- La transparencia del agua registrada en la lectura del disco Secchi es de 3 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica que se extiende hasta el fondo del embalse. El valor promedio de la turbidez es de 9,01 NTUs que se supera a partir de los 2,5 metros; por tanto, estas aguas de cola son notablemente más turbias que las de cabecera.
- La conductividad se mantiene por encima de los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en toda la columna de agua indicando una elevada mineralización. En este caso se observa un ligero incremento en el estrato superficial, que no se aprecia en la zona de cabecera.

2.4. POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO

El embalse de Flix se cataloga en el ecotipo 12 (Monomítico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a tramos bajos de ejes principales). Este embalse está incluido en la red de control de vigilancia y en la red de control operativo, y ha sido catalogado como “mesotrófico” y potencial ecológico “moderado”, según el informe final de Seguimiento de Embalses 2018 de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE, 2018).

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 7, 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

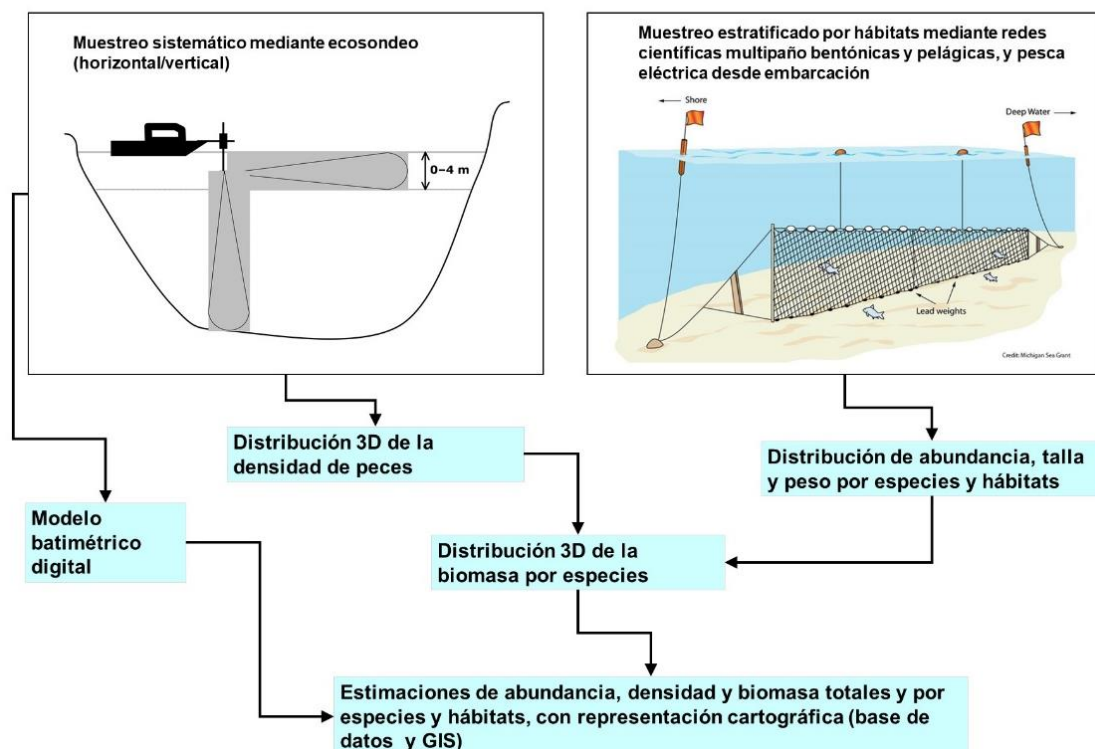


Figura 7. Esquema del método de censo de poblaciones ícticas en un embalse



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

3.1. DISEÑO DEL MUESTREO

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

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

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

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

Los muestreos acústicos y de pesca directa se han realizado simultáneamente entre los días 9 - 10 de octubre del año 2021.

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.

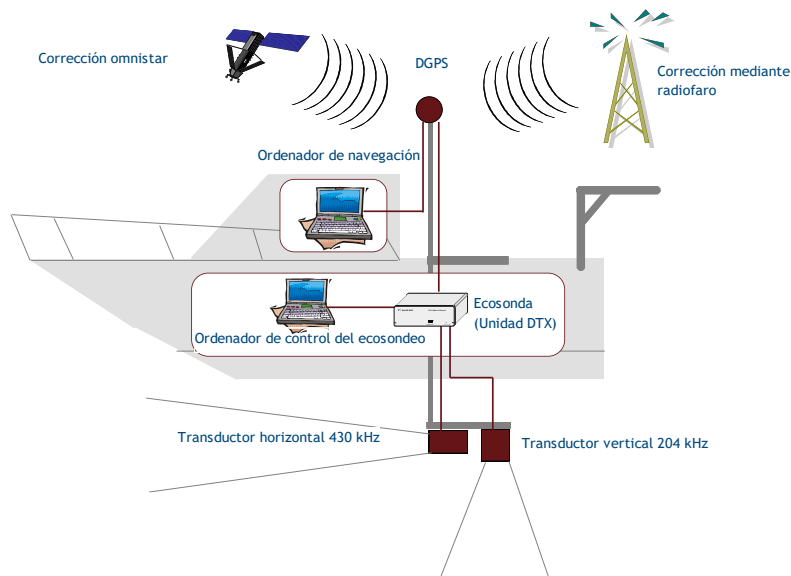


Figura 8. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico

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 eointegración. 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 eointegración, se estima la intensidad acústica de una agrupación de peces y se asigna una intensidad media por individuo.

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

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

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

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

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



3.3. MUESTREOS DIRECTOS DE PESCA

3.3.1. *Redes agalleras multipaño*

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

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

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

La nomenclatura de cada red depende de la ubicación y la altura a la que se despliega, de tal manera que hay redes bentónicas (caladas al fondo), y 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 9. Ubicación de redes bentónicas en embalse de Flix

3.3.2. Pesca eléctrica desde embarcación

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

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

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

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



Figura 10. Equipo de electropesca desde embarcación preparado para el muestreo en el embalse de Flix

3.4. INTERPOLACIÓN ESPACIAL Y ESTIMACIONES GLOBALES

Para presentar los resultados obtenidos, las posiciones contenidas en los ficheros se han transformado 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 cubicados con ayuda del modelo batimétrico digital. Esta división por estratos horizontales se ha efectuado considerando los registros verticales de temperatura y oxígeno disuelto y de la penetración de la luz, obtenidos durante el muestreo, así como criterios relativos a la orientación del transductor y a la coherencia del haz acústico en horizontal.

Para cada estrato se ha realizado una interpolación espacial utilizando métodos geoestadísticos ajustados *ex profeso*, siguiendo las buenas prácticas en investigaciones de pesquerías.

Para ello en primer lugar se ha ajustado una curva al semivariograma (ver ejemplo en la Figura 11) y en base a ese modelo, se ha procedido al interpolado propiamente dicho mediante *kriging* ordinario. Con ello se obtiene una superficie continua de densidad o biomasa que permite, además de visualizar las zonas de mayor concentración de peces, realizar estimaciones poblacionales.

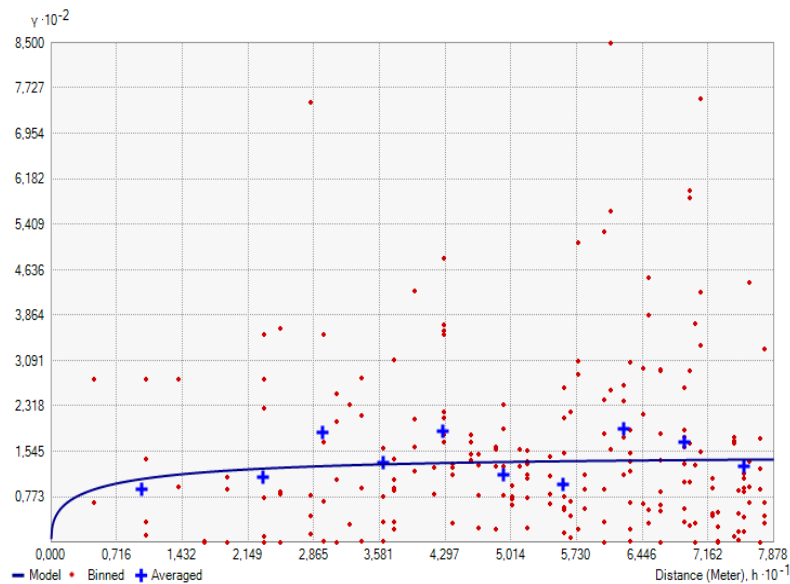


Figura 11. Ejemplo de ajuste de curva al semivariograma para el interpolado espacial

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

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

3.5. EVALUACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE BIÓTICO QFBI

A pesar de no existir en la actualidad un método oficial de evaluación del potencial ecológico basado en peces, sí que se dispone de un índice provisional, desarrollado 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.

Esta primera aproximación a un índice de calidad basado en los peces se denominó QFBI (*Quantitative Fish Biotic Index*) y actualmente está siendo revisado y contrastado con datos de ámbitos geográficos más amplios.

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	Coficiente
		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 del potencial es la fijación de los valores de corte entre clases, y principalmente el valor que separa el potencial moderado del bueno. En esta primera versión se han empleado los siguientes valores de corte:

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

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

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

3.6.1. Muestreo de ADN ambiental (eDNA)

Para la detección de trucha común (*Salmo trutta*) y de anguila (*Anguilla anguilla*) se tomaron muestras de 1L de agua en 3 puntos del embalse a 3 niveles de profundidad en cada punto: superficial, bentónico y pelágico (4-14 m de profundidad).

Todas las muestras se tomaron justo antes de los muestreos directos realizados para este estudio. Inmediatamente fueron refrigeradas a bordo y congeladas al llegar a tierra para ser almacenadas hasta su procesado.

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

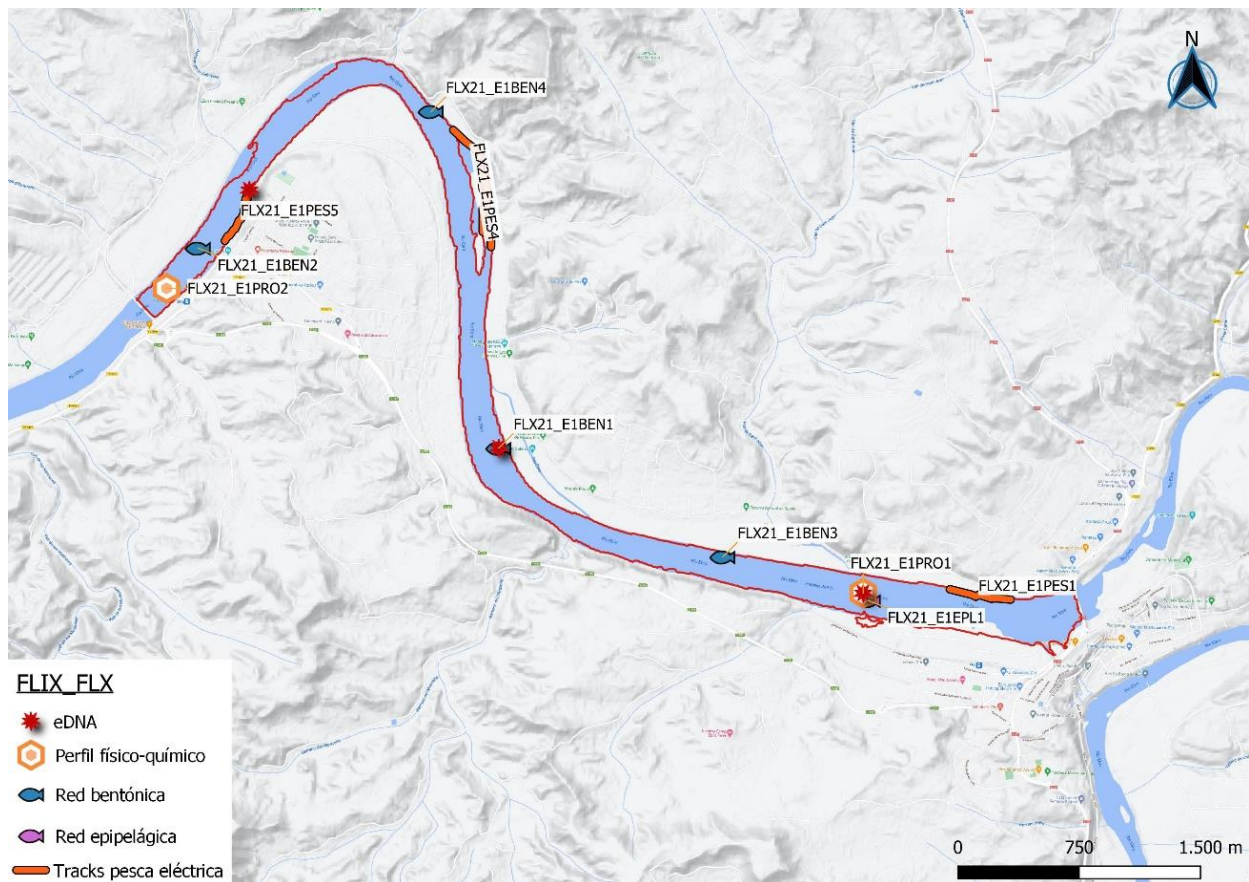


Figura 12. Ubicación de las estaciones de muestreo directo de diferente tipo en el embalse de Flix

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

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

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



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

La detección del marcador universal del gen ribosomal se realizó en un termociclador de PCR convencional modelo *Verity Blue (Life Technologies, Inc., Applied Biosystems, Carlsbad, CA, USA)*. Las detecciones tanto de trucha común como de anguila europea se realizaron 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 al 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 con amplicones del fragmento especie-específico del marcador utilizado para la detección de trucha y por otro lado de anguila, obtenido mediante PCR convencional de una muestra certificada de trucha común o anguila, dependiendo del caso. Para poder obtener dicha recta patrón, se cuantificó mediante fluorimetría la concentración de amplicones utilizada, pudiendo así calcular posteriormente la concentración de las muestras que corten la recta patrón. La cantidad de ADN se transforma a moléculas por mL gracias a que conocemos la composición molecular de las secuencias del amplicón correspondiente.

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

4.1.1. Exposición de resultados

Los recorridos móviles de ecosondeo han cubierto una longitud total de 19,7 km (con dos transductores), lo que supone un valor del índice de cobertura efectiva (D_a) de 11,2. Los recorridos completos sobre el mapa batimétrico se presentan en la **Figura 13**. Obsérvese que los recorridos realizados se circunscriben al contorno del agua (rojo) establecido a partir del análisis de imágenes de satélite en fechas cercanas al muestreo, como ya se ha descrito anteriormente.

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.

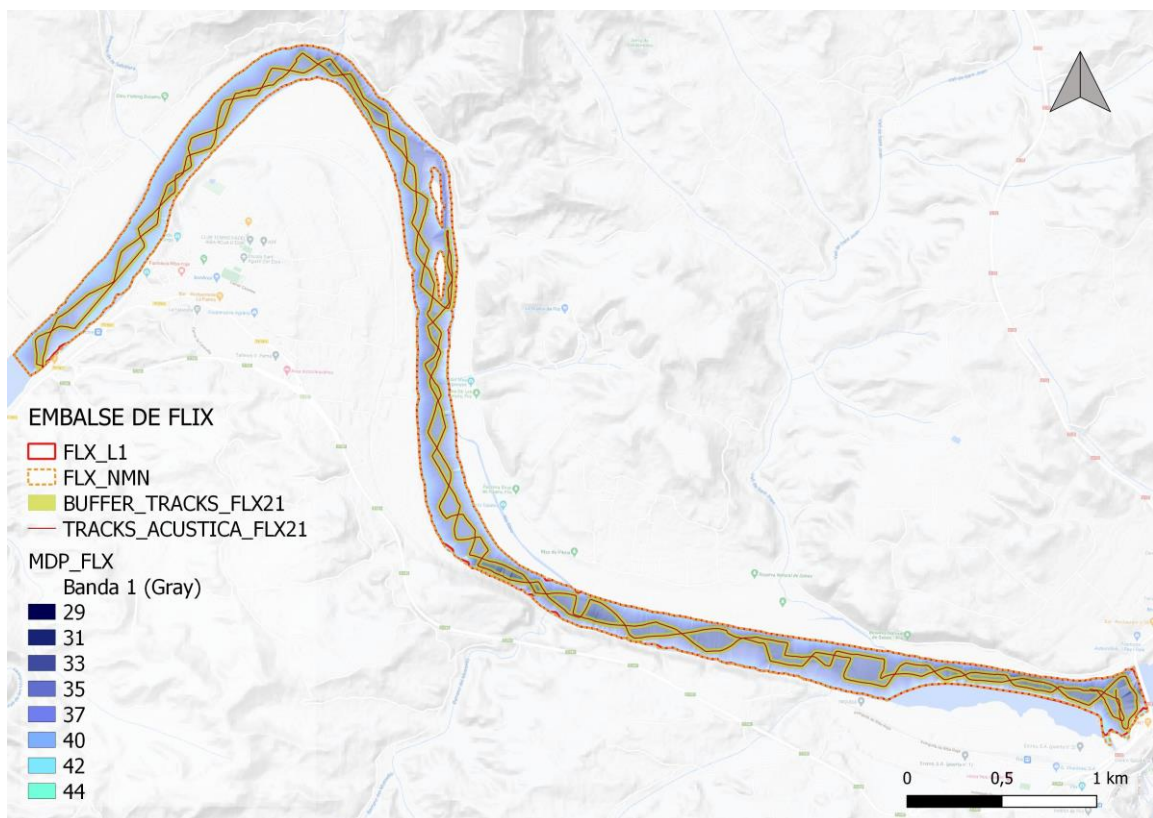


Figura 13. Recorridos del sondeo hidroacústico en el embalse de Flix

En la Figura 14 se muestra un ejemplo de ecograma durante el muestreo acústico en el embalse de Flix realizado con haz horizontal. En la zona de presa (gráfico superior) se aprecian

diversas señales de peces de alta intensidad (marcas rojas en la columna de agua, separadas del fondo). Se destaca con un círculo un grupo de señales (“rastros”) a una distancia de casi 30 m de la embarcación y que con alta probabilidad corresponden a siluros.

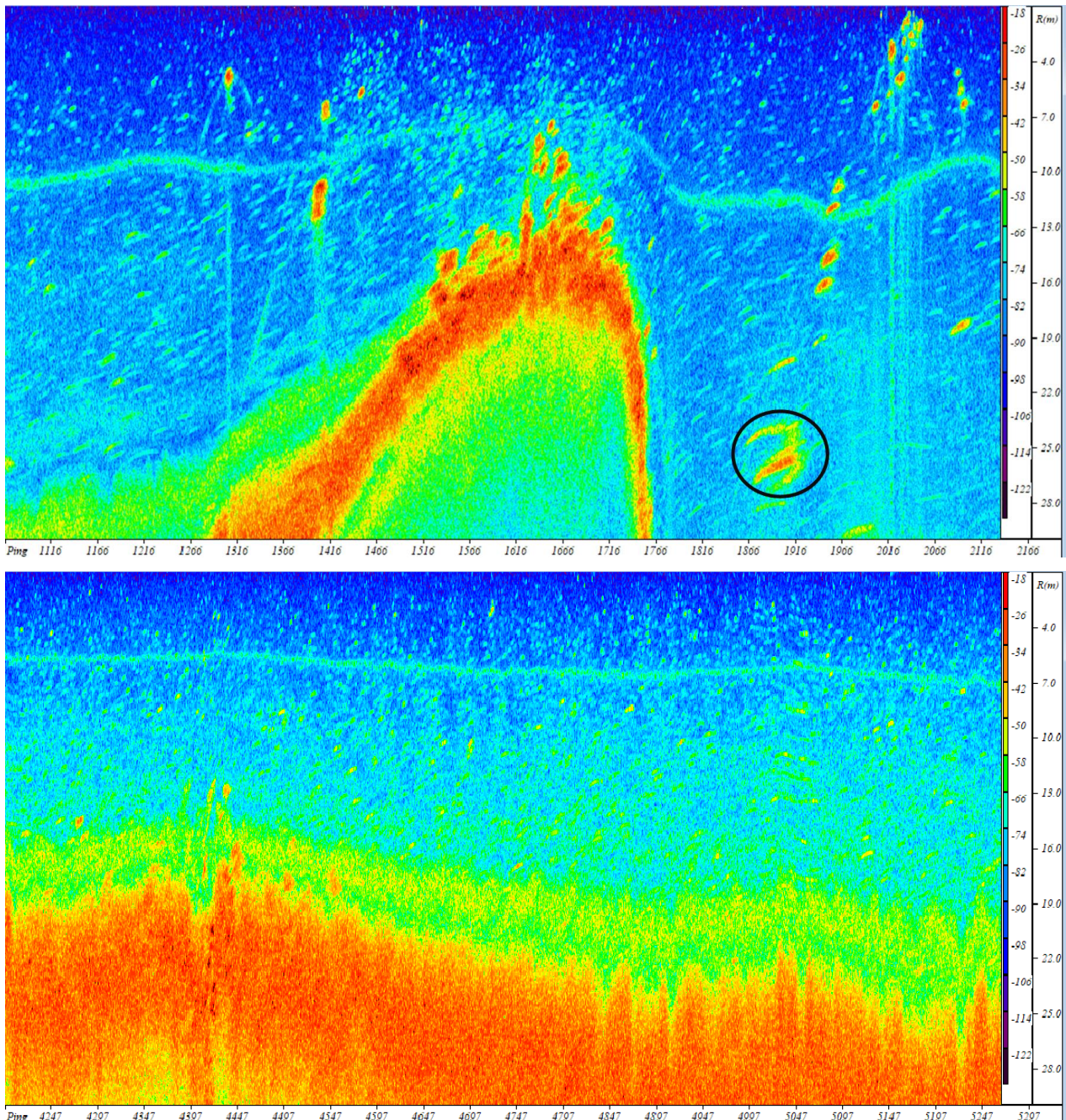


Figura 14. Ejemplo de ecogramas obtenidos en el embalse de Flix con el haz horizontal. Zona de presa (arriba) y de cola (abajo)

En el gráfico inferior, la captura del ecograma corresponde a una zona más cercana a la cola del embalse, con profundidades inferiores a 5 m. El ecograma es completamente distinto,

con señales de menor intensidad/tamaño y un fondo (en este caso orilla) poblado por macrófitos sumergidos.

En la Tabla 5 se ofrecen los estadísticos descriptivos por estratos, tanto para el ecosondeo horizontal como para el vertical. La densidad se ha expresado en individuos por decámetro cúbico ($1 \text{ dam}^3 = 1.000 \text{ m}^3$).

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

Embalse	Sector	Estrato	Densidad media (ind/1000m ³)	Densidad máxima (ind/1000m ³)	Número de casos	Número de casos con valor 0	Desviación típica
FLX21	S1	L1	19,36	357	394	2	29,7
FLX21		L2	37,84	371	275	77	45,6

Estos valores medios se han ponderado con el volumen de cada estrato y sector (Tabla 1), para obtener una densidad total del embalse de $22,81 \pm 2,25 \text{ ind/dam}^3$, que representa un valor alto, propio de sistemas productivos y de embalses con estabilidad en el nivel del agua en los que el hábitat útil es más parecido al de un lago o laguna.

La densidad en el estrato profundo (L2) es superior a la de la zona superior (< 5m de profundidad), aunque en ninguno de los dos estratos se dan condiciones limitantes para la vida de los peces. En todo caso, la superficie y volumen del estrato superficial es muy superior a la del profundo.

En las figuras siguientes se facilita la disposición geográfica de las celdas de análisis para cada uno de los estratos y se representa mediante símbolos graduados la densidad de cada celda de análisis. Se ha empleado el método de *Jenks "Natural breaks optimization"* para establecer los valores de corte de los datos de densidad. Es un método de agrupamiento de datos diseñado para determinar la mejor disposición de valores en diferentes clases. El método busca reducir la varianza dentro de las clases y maximizar la varianza entre las clases. Por ello, las clases de valores obtenidas pueden ser diferentes para cada grupo de casos (estratos).

En la zona cercana a la presa se aprecia una acumulación de peces, más acusada en el estrato inferior (L2) y desde ahí hacia la cola hay un largo tramo en el que la densidad de peces en el estrato superior es baja. En la zona de cola, en la que el estrato inferior va menguando por la escasa profundidad del agua, se observan también valores altos de densidad, pero en este caso en el estrato superior (L1).

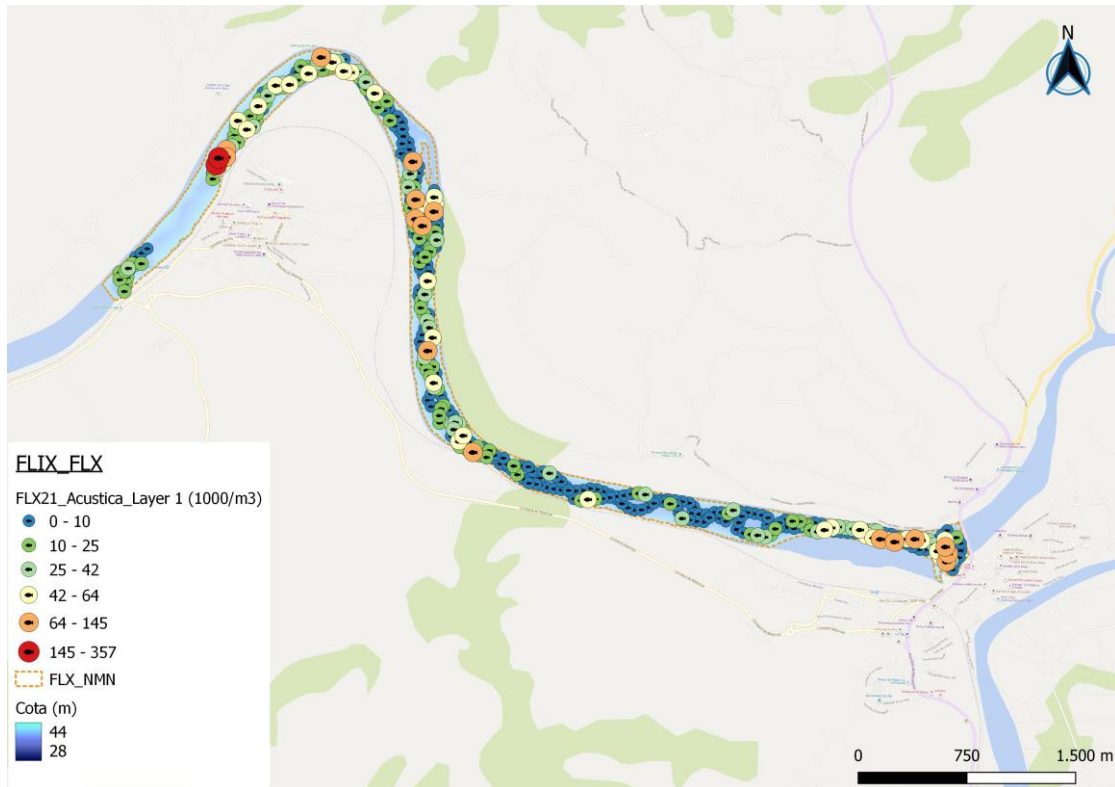


Figura 15. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato superior (L1). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud

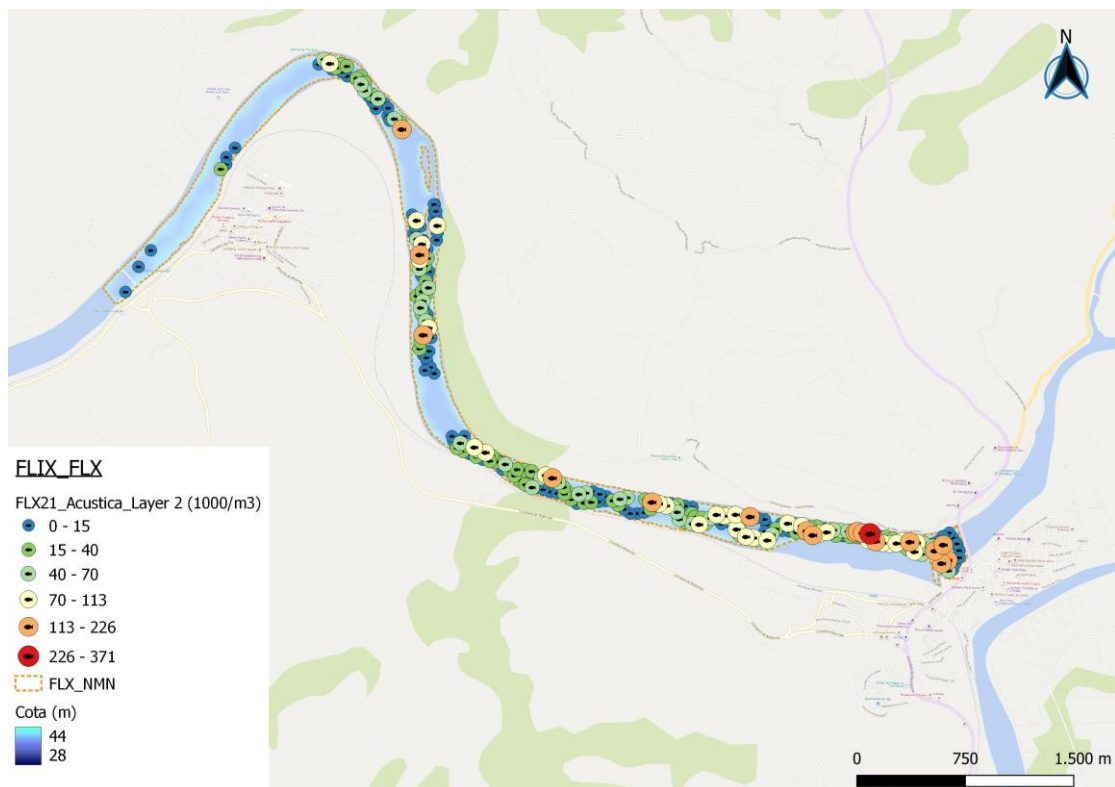


Figura 16. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato inferior (L2). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud

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 Flix, en comparación con otros embalses de la cuenca del Ebro donde se ha trabajado con técnicas hidroacústicas y se dispone de datos cuantitativos. La línea roja representa el valor promedio de los 51 embalses incluidos. El embalse de Flix se encuentra en una posición claramente por encima de la media y próxima a los embalses con las densidades de peces más altas (percentil 92) en el contexto de la demarcación hidrográfica del Ebro.

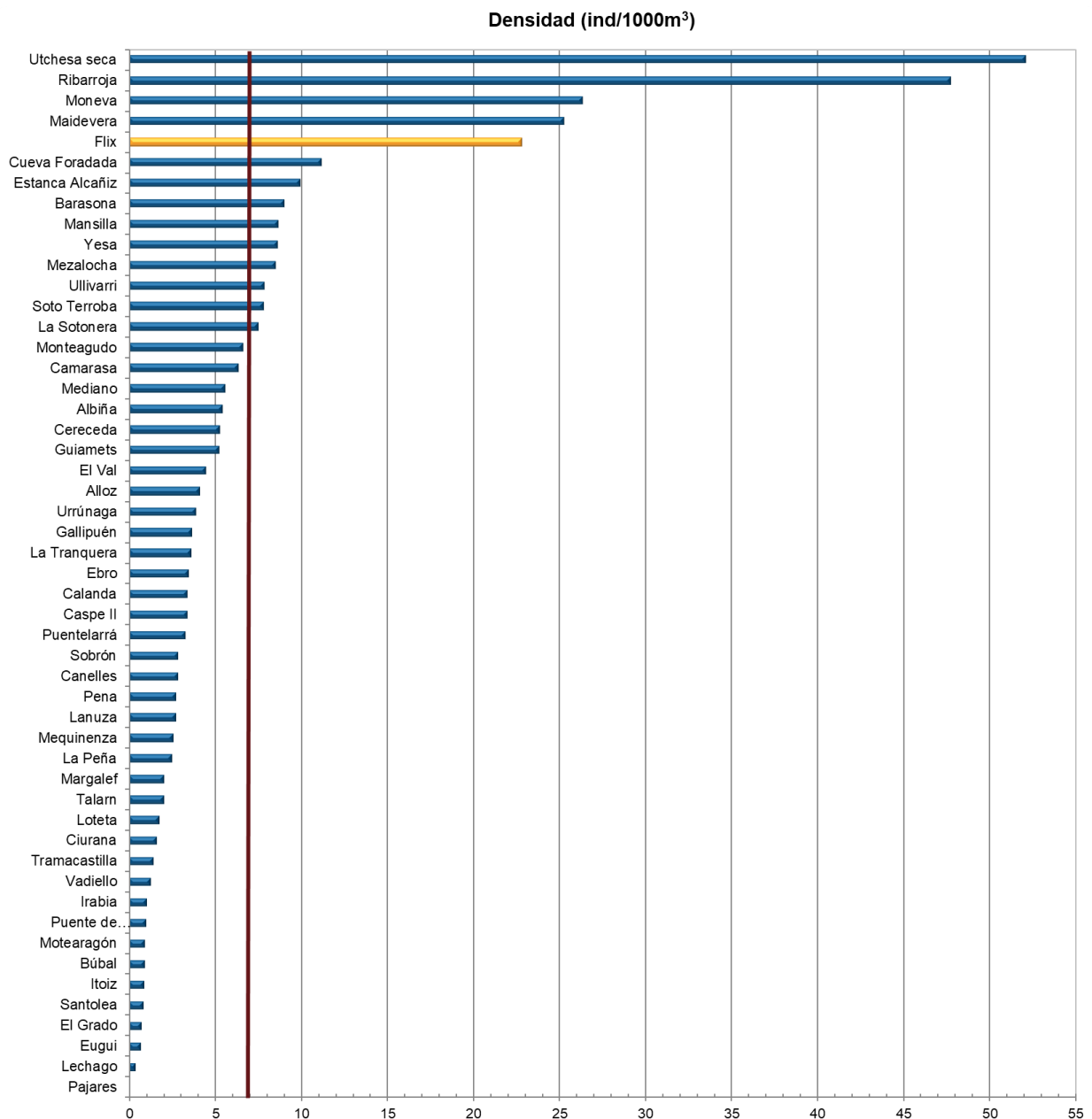


Figura 17. Comparación de la densidad de peces con otros embalses de la cuenca del Ebro

4.2. MUESTREOS DIRECTOS: COMPOSICIÓN Y BIOMASA ESPECÍFICA

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



Figura 18. Fotografías de las labores de muestreo en el embalse de Flix



4.2.1. Especies presentes en el embalse

De las diez (10) especies detectadas en los muestreos de diferente tipo realizados en el embalse de Flix, solo se han detectado dos (2) especies autóctonas: el blenio de río (*Salaria fluviatilis*) y el bagre (*Squalius laietanus*).

Tabla 6. Especies presentes en el embalse

Nombre común	Nombre científico	Autóctono/alóctono
<i>Alburnus alburnus</i>	Alburno	Alóctono
<i>Lepomis gibbosus</i>	Percasol	Alóctono
<i>Perca fluviatilis</i>	Perca	Alóctono
<i>Rutilus rutilus</i>	Rutilo	Alóctono
<i>Squalius laietanus</i>	Bagre	Autóctono
<i>Silurus glanis</i>	Siluro	Alóctono
<i>Gambusia holbrooki</i>	Gambusia	Alóctono
<i>Blicca bioerkna</i>	Brema blanca	Alóctono
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Escardino o Gardí	Alóctono
<i>Salaria fluviatilis</i>	Blenio de río	Autóctono

4.2.2. Composición y distribución de especies

Capturas con redes

El total de capturas con redes agalleras fue de 115 ejemplares, con un peso total de 5,5 kg, lo que supone 125 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 7,2 kg de biomasa por unidad de esfuerzo. Se emplearon un total de 5 redes con una media de 13,8 horas de pesca (7,5 unidades de esfuerzo). En la Figura 12 se representa la ubicación de las redes de muestreo y los recorridos de pesca eléctrica.

En la Tabla 7 y en la Figura 19 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 7. 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>	14	8	6,1	154	84	1,2	103	11
<i>Lepomis gibbosus</i>	2	1	0,7	55	23	0,3	109	28
<i>Perca fluviatilis</i>	36	44	35	3 142	4 590	64	150	87
<i>Rutilus rutilus</i>	63	72,84	58,24	2 168	2 497	35	123	34
<i>Blicca bjoerkna</i>	56	42	33	2 364	1 848	26	132	42
<i>Salaria fluviatilis</i>	1	0,4	0,2	1	0,4	0	50	1
Total	115	125	100	5 520	7 194	100	194	48



Figura 19. Composición de la asociación obtenida mediante redes

De las 10 especies que se han capturado en el embalse, solamente 5 de ellas aparecen en las pescas con red, en las que el rutilo (*Rutilus rutilus*) es la especie dominante (44%) en términos de abundancia, seguida con un porcentaje inferior (25%) por la brema blanca (*Blicca bjoerkna*). Sin embargo, es la perca (*Perca fluviatilis*) la especie dominante en términos de biomasa (51%) y representa el 26% en términos de abundancia. El alburno (*Alburnus alburnus*) representa únicamente el 5% de las capturas.

La otra especie que aparece es un (1) ejemplar de blenio de río (*Salaria fluviatilis*), única especie autóctona detectada mediante estas técnicas de muestreo.



Resultados de la pesca eléctrica

El rendimiento de la pesca eléctrica fue inferior al de las redes, con una captura total de 80 peces con un peso total de 4,5 kilos, lo que supone 12 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 1 kg de BPUE. Se realizaron un total de tres transectos que cubrieron 1,64 km de orilla.

La ubicación de los transectos de muestreo de electropesca se puede observar en el mapa de la Figura 12 y en el boletín de campo del Anexo I, donde se presentó, 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 diez detectadas en el embalse, incluyendo una especie autóctona el bagre (*Squalius laietanus*), no detectada mediante redes agalleras.

Tabla 8. 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>	5	1,1	9,5	47	10,6	1,0	93	9
<i>Lepomis gibbosus</i>	1	0,3	2,1	46	11,8	1,1	127	46
<i>Perca fluviatilis</i>	1	0,1	0,97	17	2	0,2	108	17
<i>Rutilus rutilus</i>	45	5,80	48,43	479	92,06	8,51	106	11
<i>Squalius laietanus</i>	1	0,3	2,14	460	118	11	323	460
<i>Silurus glanis</i>	1	0,3	2,14	3 000	769	71	700	3 000
<i>Gambusia holbrooki</i>	3	1	6,42	1	0	0	25	0,5
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	23	3,38	28,21	504	77,20	7,14	102	22
Total	80	12	100	4 555	1 081,2	100	112	57



Figura 20. Composición de la asociación obtenida mediante pesca eléctrica

Al igual que ocurre en los muestreos realizados con redes agalleras, la asociación detectada con la técnica de electropesca desde embarcación está dominada en términos de abundancia por el rutilo (*Rutilus rutilus*) (44%), seguido del escardino o gardí (*Scardinius erythrophthalmus*) (28%). En cuanto a la biomasa, el siluro (*Silurus glanis*) es preponderante (71%) a pesar de haberse capturado un único ejemplar.

Estructura de tallas

En la Figura 21 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.

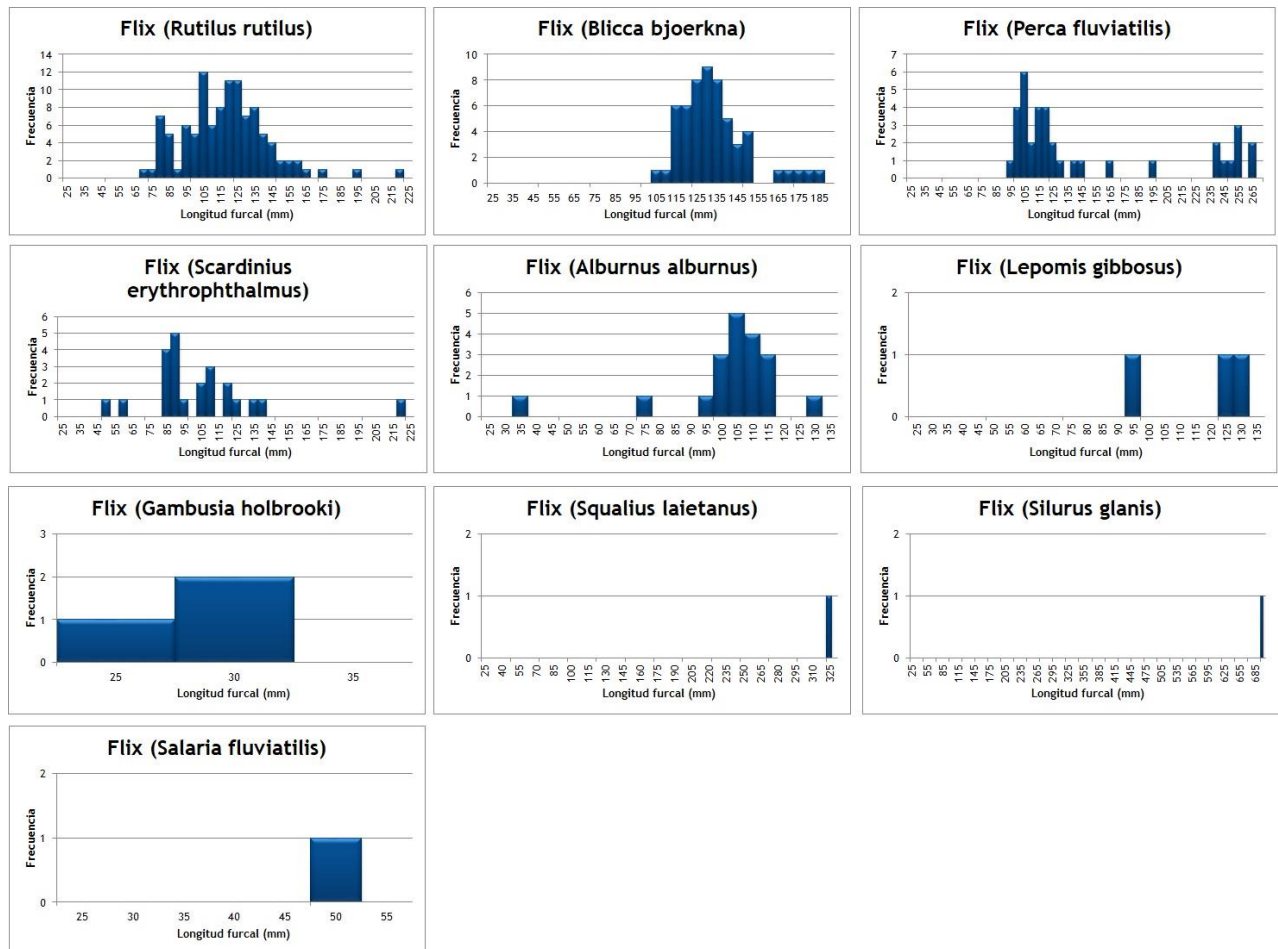


Figura 21. Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm

Las 10 especies capturadas, tres de ellas (rutilo, brema y la perca de río) son las que presentan una estructura en la distribución de tallas, con amplia representación de clases de edad de la especie. Destaca el elevado número de juveniles capturados durante los muestreos directos, lo que indica que hay un reclutamiento exitoso en la masa de agua.

Las dos especies autóctonas (*Squalius laietanus* y *Salaria fluviatilis*) tienen una presencia esporádica en el embalse, sin indicios de una mínima estructura poblacional. El siluro podría

tener una presencia superior a la que indica el muestreo, porque en este tipo de masas de agua podría ser esquivo a las técnicas de pesca aplicadas.



Figura 22. Ejemplares de las especies capturadas durante los muestreos directos en el embalse de Flix

4.3. BIOMASA

4.3.1. Exposición de resultados

Los resultados obtenidos mediante las dos técnicas de prospección (hidroacústica y muestreo directo) se integran para obtener las estimaciones de densidad y biomasa por especies para el conjunto del sistema. En la Tabla 9 se presentan los resultados del análisis de biomasa por celdas (casos).

Tabla 9. 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
FLX21	S1	L1	6,15	95	394	2	8,85
FLX21		L2	17,34	259	275	74	36,98

La biomasa media del embalse se calcula sumando las biomasa de cada uno de los estratos y refiriéndolo a la superficie del embalse. De esta manera se obtiene una biomasa media de $12,98 \pm 1,28 \text{ g/m}^2$, o lo que es lo mismo 130 kg/ha . Constituye un valor alto de biomasa de peces, indicador de una masa de agua altamente productiva.

En los mapas de las figuras que se muestran a continuación se sitúan geográficamente las celdas de análisis para cada uno de los estratos y se representa mediante símbolos graduados la biomasa de cada celda de análisis. 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.

El patrón espacial observado en la densidad se reproduce con la biomasa. Los valores más altos se observan en el estrato profundo (L2) de la zona de presa, con valores muy elevados que superan los 250 g/m^2 . En el estrato superficial (L1) se observa de nuevo una llamativa escasez de peces en la zona central del embalse, y en la cola se vuelven a presentar valores altos de biomasa, con máximos cercanos a 100 g/m^2 .

Se deduce que, en este caso, los valores altos de biomasa responden a la presencia de siluros, porque es la única especie de las presentes que puede alcanzar grandes tallas y pesos. La presencia de bancos de alburnos puede también contribuir a este efecto, pero los valores de biomasa en relación a los de densidad no alcanzan máximos tan altos en ese caso.

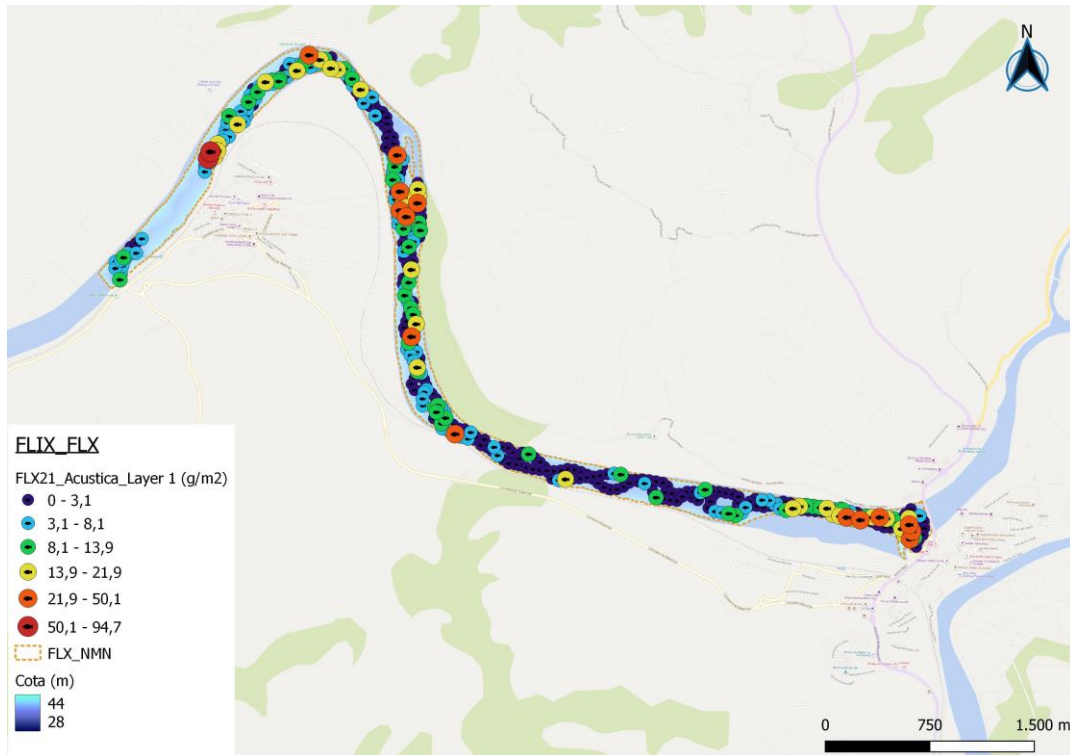


Figura 23. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato superior (L1).

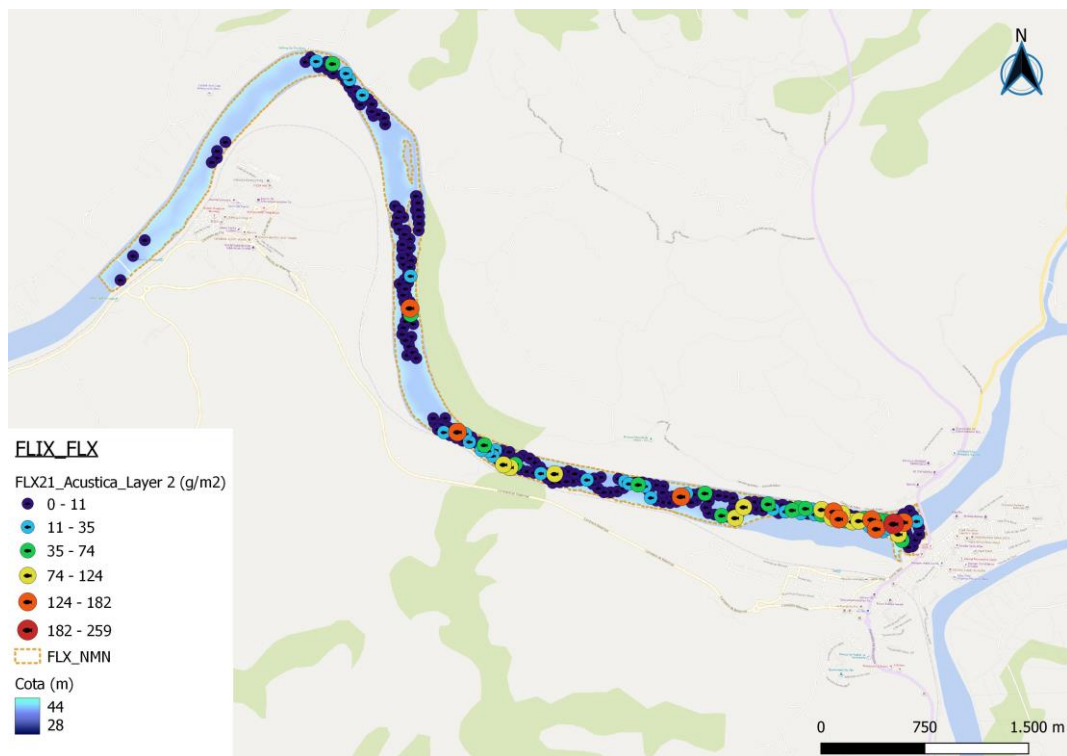


Figura 24. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato inferior (L2).

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 Flix, en comparación con otros embalses de la cuenca del Ebro cuyas poblaciones de peces se han evaluado con técnicas hidroacústicas y se dispone de datos cuantitativos de densidad y biomasa. La línea roja representa el valor promedio de los embalses considerados.

Como puede apreciarse, la biomasa de peces del embalse de Flix está claramente por encima de la media en el contexto de los embalses estudiados en la cuenca del Ebro y se puede considerar alta, si bien su posición relativa en esa comparación (percentil 86) está dos peldaños más abajo que con la densidad.

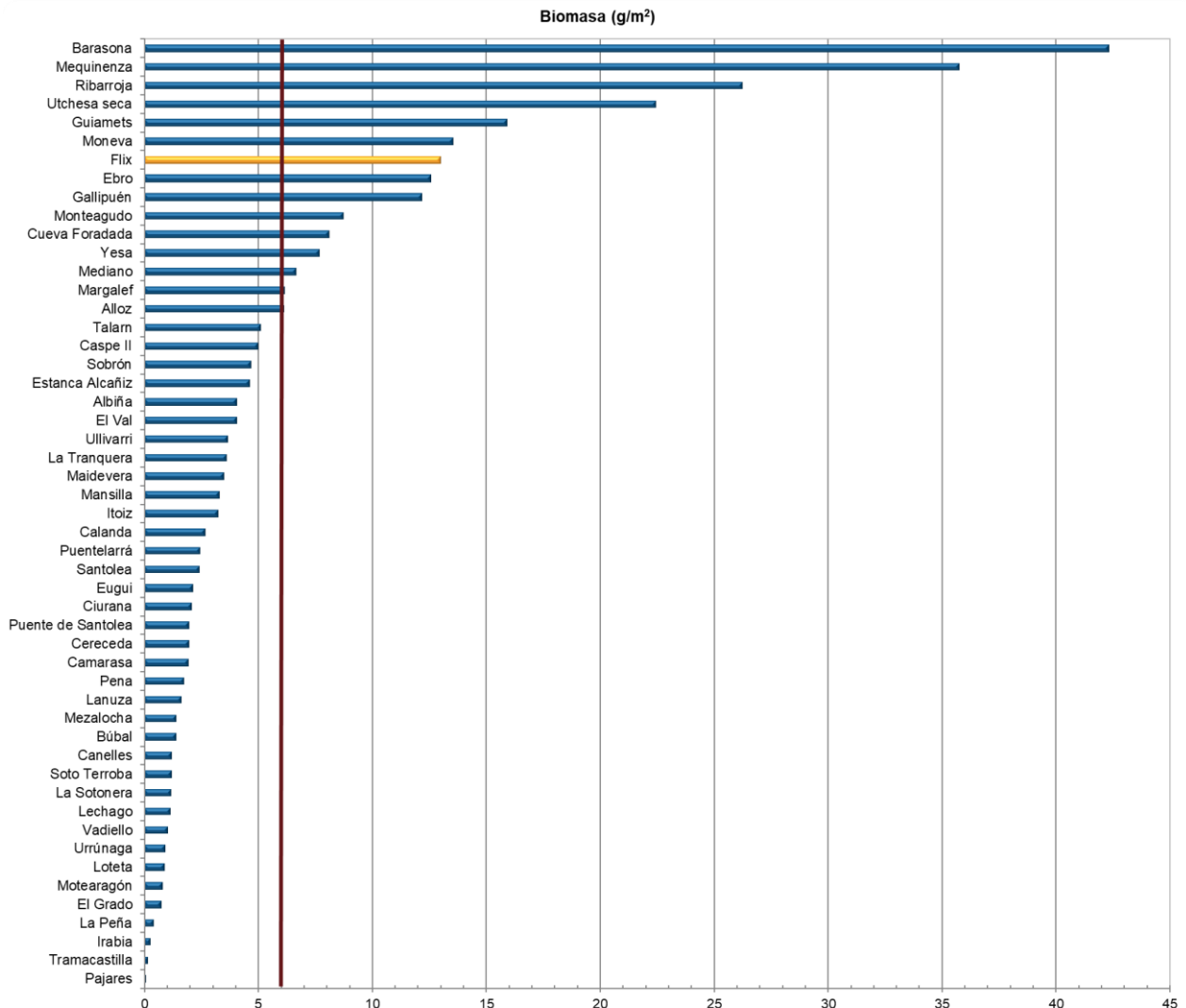


Figura 25. Comparación de la biomasa de peces con otros embalses de la cuenca del Ebro

4.4. DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES

Para obtener una estimación de las densidades y biomásas por especies se ha aplicado la distribución de especies capturadas mediante los muestreos directos a las densidades y biomásas obtenidas mediante acústica.

En la Tabla 10 se presenta el resultado para la densidad y biomasa relativas por especie, para el conjunto del embalse, referidas a volumen (dam³) y superficie (m²) respectivamente.

Tabla 10. Densidades (ind/dam³) y biomásas (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>	1,11	4,9%	11.860	0,12	0,9%	374
<i>Rutilus rutilus</i>	9,99	43,9%	106.703	3,32	25,6%	10.266
<i>Lepomis gibbosus</i>	0,15	0,6%	1.566	0,04	0,3%	137
<i>Perca fluviatilis</i>	5,57	24,5%	59.500	5,89	45,4%	18.209
<i>Silurus glanis</i>	0,03	0,1%	348	0,99	7,6%	3.050
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0,43	1,9%	4.583	0,10	0,8%	306
<i>Squalius laietanus</i>	0,03	0,1%	348	0,15	1,2%	468
<i>Gambusia holbrooki</i>	0,10	0,4%	1.044	0,00	0,0%	1
<i>Blicca bjoerkna</i>	5,30	23,3%	56.650	2,37	18,3%	7.329
<i>Salaria fluviatilis</i>	0,05	0,2%	482	0,00	0,0%	1
Total	22,81	100,0%	243.084	12,98	100,0%	40.143
Intervalo de Confianza (I.C)	±2,25	-	±19.517	±1,28	-	±3.964

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 unos 243.000 ± 19.500 peces, que proporcionan una biomasa de 40 ± 4 toneladas en peso fresco. 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 Flix pasaron los controles de calidad, amplificando con éxito el marcador universal, es decir, se confirmó 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 obtuvieron dos rectas patrón con un alto grado de ajuste ($R^2_A=0,997$ y $R^2_B=0,991$). Ambas rectas patrón corresponden a las réplicas de laboratorio realizadas independientemente para confirmar los resultados obtenidos en los análisis realizados.

Tabla 11. Datos de las rectas patrón obtenidas para la cuantificación de muestras ambientales de trucha común

	Recta patrón A	Recta patrón B
Pendiente	-4,111	-3,925
Intercepto	-2,673	-1,267
R2	0,997	0,991

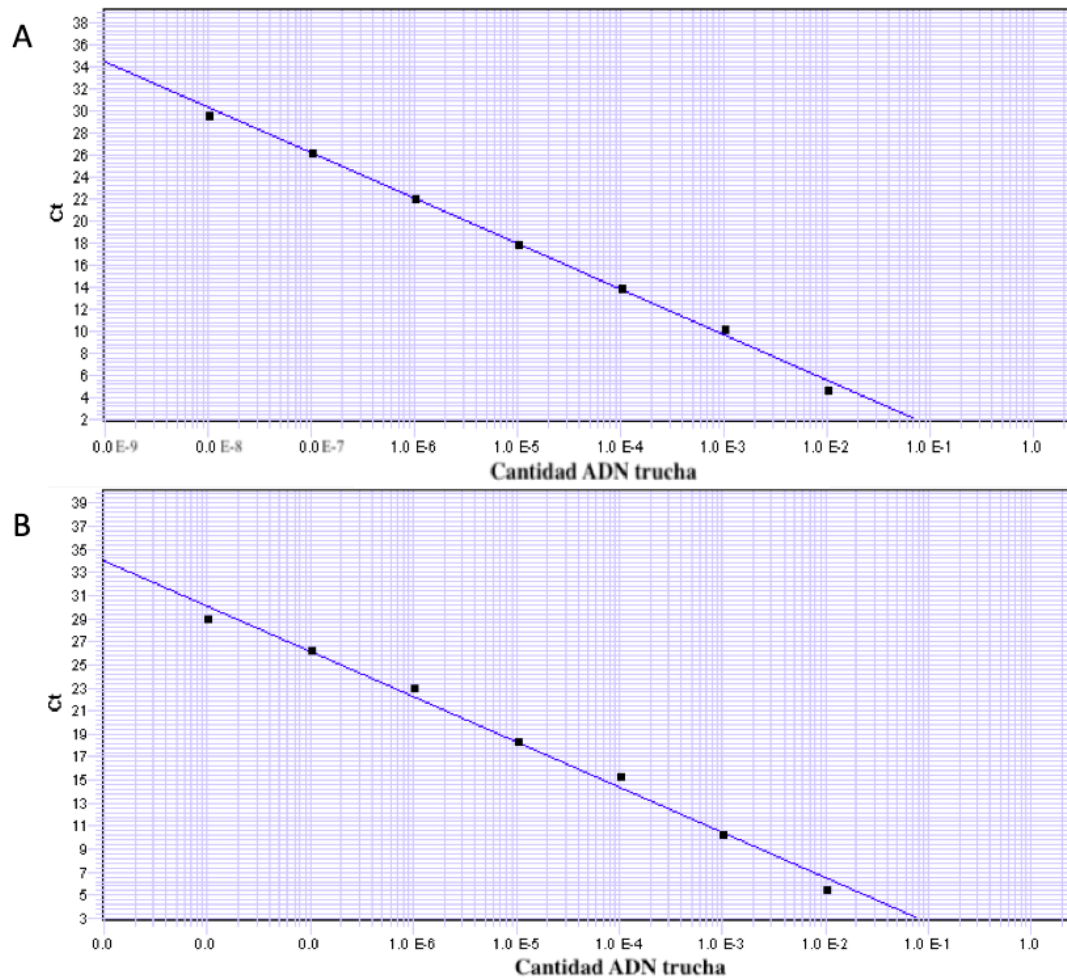


Figura 26. Rectas patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN detectada (Quantity). Cada una de las rectas (A y B) corresponden a las réplicas de laboratorio realizadas

La metodología empleada en estos análisis ha permitido optimizar la detección de trucha en muestras de agua con un límite de detección extremadamente sensible, correspondiente una concentración mínima de ADN detectada de 0,05 fg/L o 99 moléculas de ADN de trucha común por litro analizado.

A pesar de haber utilizado un método específico de alta resolución basado en la detección genética mediante ADN ambiental de moléculas de ADN de trucha en agua, no se ha detectado ADN de trucha común en las muestras ambientales del embalse de Flix.

Los resultados se encuentran en concordancia con los resultados obtenidos en los muestreos directos, puesto que en ellos tampoco se capturó ningún ejemplar de esta especie.

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

Se obtuvieron dos rectas patrón con un alto grado de ajuste ($R^2_A=0,995$ y $R^2_B=0,990$), correspondientes a las réplicas de laboratorio independientes de los análisis realizados para confirmar los resultados obtenidos.

Tabla 12. Datos de las rectas patrón obtenidas para la cuantificación de muestras ambientales de anguila europea

	Recta patrón A	Recta patrón B
<i>Pendiente</i>	-3,686	-3,575
<i>Intercepto</i>	-0,888	-0,352
R^2	0,995	0,990

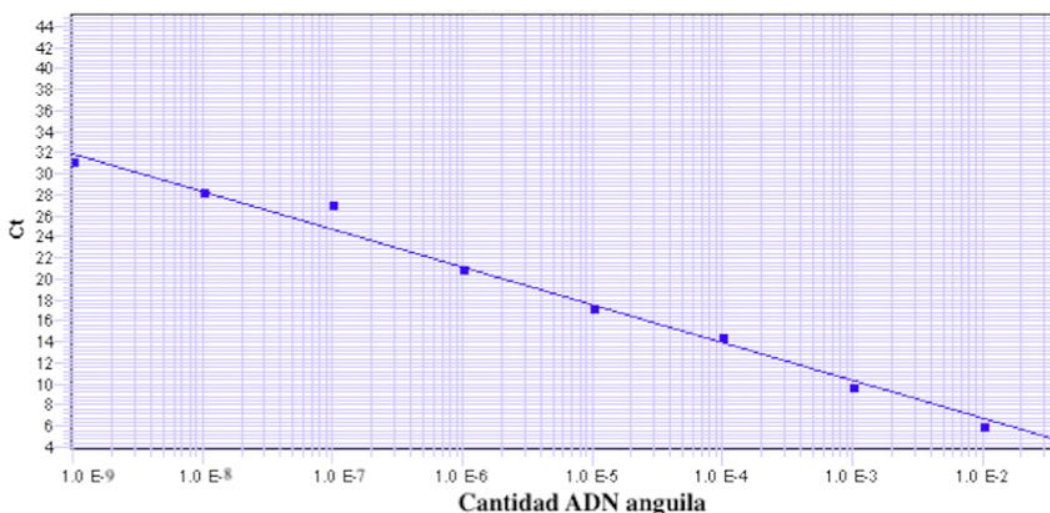
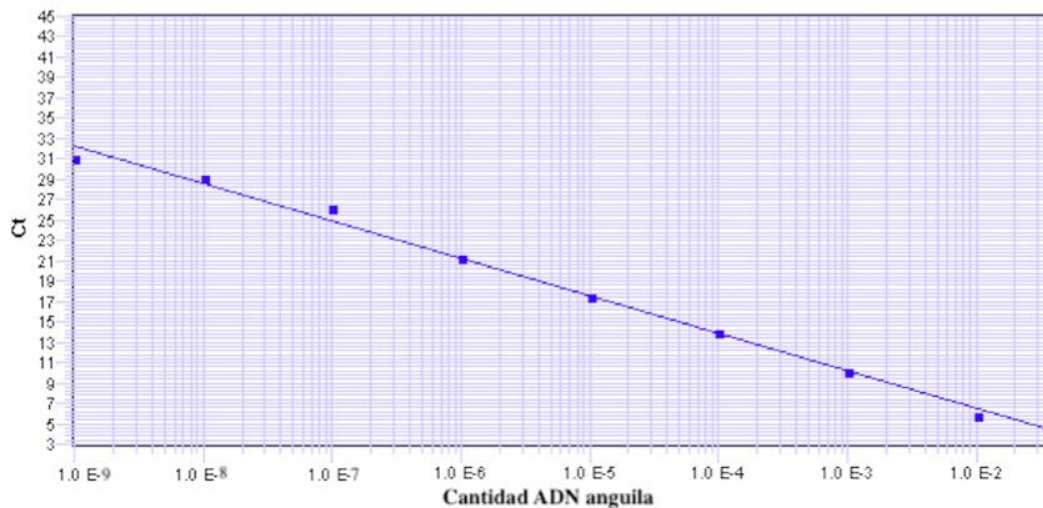


Figura 27. Rectas patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN detectada (Quantity). Cada una de las rectas (A y B) corresponden a las réplicas de laboratorio realizadas



La metodología empleada en estos análisis ha permitido optimizar la detección de anguila europea en muestras de agua con un límite de detección extremadamente sensible, correspondiente a una concentración mínima de ADN detectada de 10^{-2} fg/L o 50 moléculas de ADN de anguila europea por litro de muestra analizado.

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 Flix, confirmando en este caso los resultados obtenidos en los muestreos directos. Esto implica que, con alta probabilidad, la anguila no habita 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.

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 Moderada. En la Tabla 13 se presentan los resultados de las diferentes métricas, así como del QFBI, obtenidos para el embalse de Flix.

Tabla 13. Resultados del QFBI obtenidos para el embalse de Flix

Métrica	FLX21
LOG_BIO	5,11
LOG_BIO_native	0,74
LOG_%_BIO_PISC_Exotic	0,18
LOG_BIO_PISC_Exotic	4,84
LOG_BIO_ciprin_native	0,00
QFBI	3,92
Calidad	Mala

Este valor del índice se explica por la presencia prácticamente exclusiva de especies exóticas e invasoras, especialmente de las piscívoras, en combinación con la alta biomasa de peces obtenida.



6. CONCLUSIONES

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

De las 10 especies de peces capturadas en los muestreos realizados en el embalse de Flix solamente dos son autóctonas y de una de ellas, blenio de río o pez fraile (*Salaria fluviatilis*), ha aparecido un único ejemplar en las redes agalleras. La otra es el bagre (*Squalius laietanus*), un endemismo ibérico y francés que en España se distribuye desde el Ebro hasta Port Bou. El resto de las especies constituyen una biocenosis completamente alóctona de especies centroeuropeas y dos norteamericanas: percasol (*Lepomis gibbosus*) y gambusia (*Gambusia holbrooki*). Hay también dos especies depredadoras/piscívoras: Siluro (*Silurus glanis*) y perca (*Perca fluviatilis*). Además, se ha confirmado la ausencia de trucha común (*Salmo trutta*) y anguila (*Anguilla anguilla*), mediante la técnica de mayor sensibilidad conocida (eDNA).

La asociación de peces está dominada en términos de densidad por el rutilo (*Rutilus rutilus*), la brema blanca (*Blicca bjoerkna*) y perca (*Perca fluviatilis*). Los dos primeros son ciprínidos de mediana talla y suman el 67% de los efectivos. La perca es un depredador también de moderada talla, que alcanza el 25% de las capturas. Sin embargo, la perca representa el 45% de la biomasa total, superando a la suma de las otras dos especies. El siluro (*Silurus glanis*) que es la otra especie depredadora de la biocenosis, supone el 8% de la biomasa, aunque podría quedar infrarrepresentado en los muestreos.

La densidad media de peces, a partir de la interpolación en celdas de 50 m, es de $22,81 \pm 2,25$ ind/dam³, que representa un valor alto. La biomasa de peces obtenida en el embalse es de $12,98 \pm 1,28$ g/m², o lo que es lo mismo 130 kg/ha, que es también un valor alto de biomasa.

El índice de calidad basado en la biomasa de los diferentes tipos de ictiofauna del embalse (QFBI) arroja un valor “Malo” debido a una biomasa excesiva de especies alóctonas, especialmente de las piscívoras.



El embalse de Flix es una masa de agua con una productividad moderadamente alta, que presenta una estabilidad del nivel del agua suficiente para que las especies exóticas e invasoras que dominan su ictiofauna completen su ciclo vital y proliferen. A ello contribuye también el hábitat propicio que generan las abundantes masas de macrófitos sumergidos. Como resultado, se ha estructurado y asentado una red trófica propia de ecosistemas lénticos de la Europa del Este y Central.

Dada su posición en el eje del Ebro, aguas abajo de grandes embalses dominados por algunas de estas especies exóticas e invasoras, no resulta viable actualmente la reversión de esta ictiocenosis hacia la original de este tramo del Ebro. La única forma de paliar algunos de sus efectos negativos en materia de biodiversidad sería realizar labores reiteradas de control selectivo en tramos fluviales intermedios y aguas abajo de la presa, en los que se presenten hábitats imprescindibles para la reproducción y la supervivencia de las especies autóctonas.

Para ello, sería necesario planificar, en coordinación con los diferentes organismos competentes, campañas de extracción selectiva de especies dañinas en tramos preseleccionados y en momentos críticos en los que se puedan mantener niveles mínimos de caudal/nivel del agua, ayudándose de técnicas de electropesca combinadas con corrales trampa y sistemas de barrera y guiado eléctricos.



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.

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 que ecosondas estándar pesqueras, y conlleva una considerable diferencia en sofisticación, que no se percibe en su justa medida en una apreciación puramente visual de un ecograma.

8. BIBLIOGRAFÍA

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

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

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

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

CHE. 2015. Red de Seguimiento de Lagos 2015.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

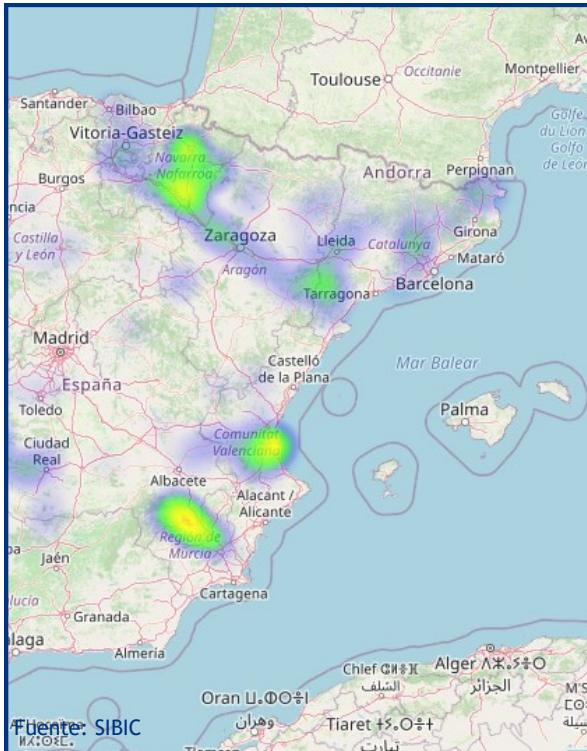
ANEXOS

ANEXO 1. ESPECIES PRESENTES

Embalse de Flix

Alburno

Alburnus alburnus



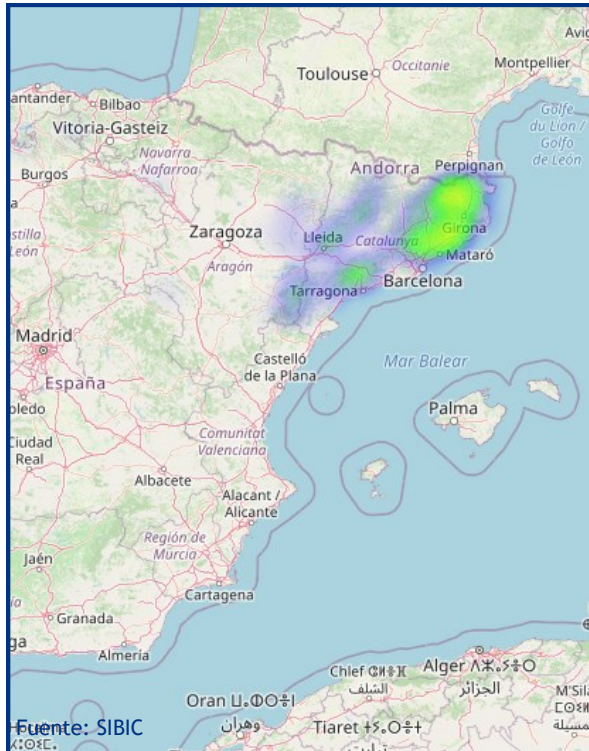
Pez de talla media que no suele superar los 100 cm de longitud total y 20 kg de peso, aunque en España raramente alcanza los 60 cm y 10 kg de peso. Su morfología y coloración son variables, la cabeza es grande, las escamas son muy pequeñas (110-125 en la línea lateral) y presenta normalmente, manchas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



Embalse de Flix

Bagre

Squalius laietanus



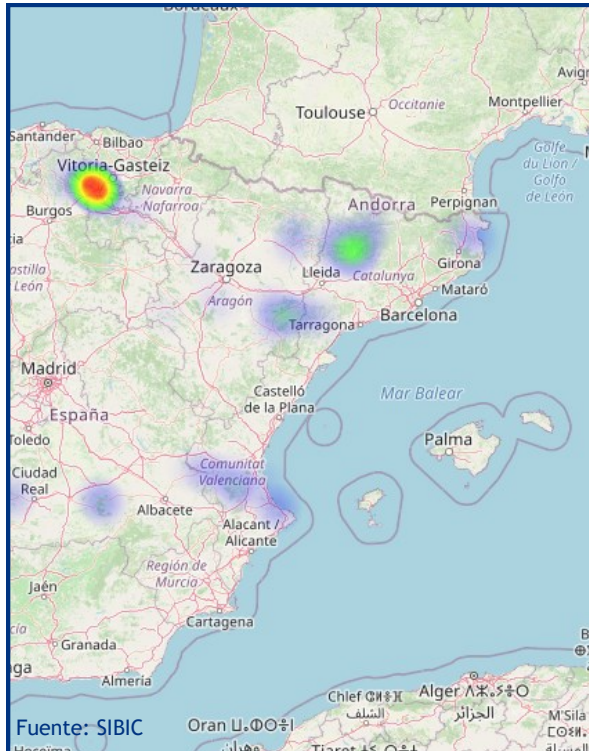
Es un ciprínido de mayor tamaño que otras especies del género *Squalius* presentes en la Península Ibérica. Los ejemplares adultos alcanzan tallas de hasta 60 cm de longitud total y 8 kg de peso. Las poblaciones españolas están emparentadas genéticamente a las del nordeste de Grecia y deben ser consideradas como un taxón independiente. En España el bagre prefiere aguas claras y zonas de pozas y tablas. Vive en la columna de agua. Los machos alcanzan la madurez sexual a los dos años y las hembras a los tres. La puesta suele ocurrir entre abril y mayo. En cuanto a su distribución, se extiende por la mayor parte de Europa. En España las mayores poblaciones se localizan en Cataluña, en los cauces de los ríos Port Bou, Daró, Francolí, Gaia, Muga, Ter, ordena, Besós, Fluviá, Llobregat, Ebro y en el Lago de Bañolas.



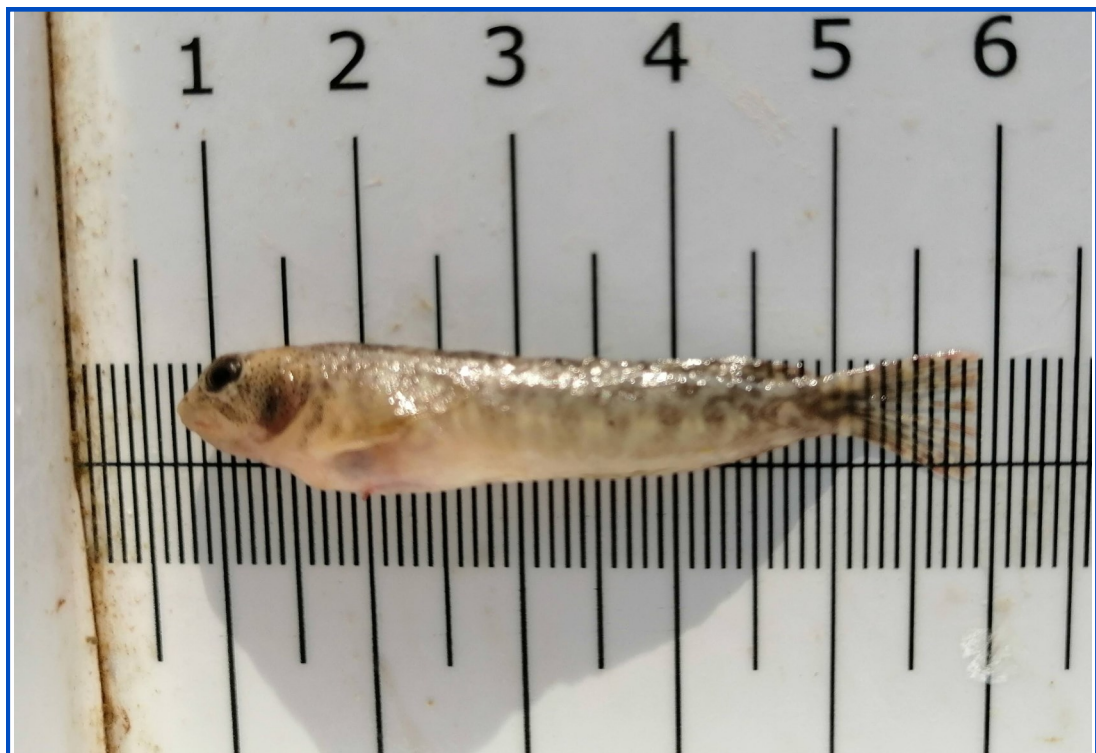
Embalse de Flix

Fraile

Salaria fluviatilis



Pez perciforme de agua dulce. Mide unos 15 cm, su cuerpo carece de escamas, con abundante mucosidad. Es alargado y comprimido lateralmente. Las aletas dorsal y anal de bases muy largas. La cabeza se eleva hacia atrás formando una cresta, más desarrollada en los machos adultos y especialmente en la época reproductiva. Boca con labios carnosos. El color es verdoso, variable con manchas y bandas transversales oscuras y dibujos sinuosos. Habita en arroyos con poca profundidad, con fondo de piedra suelta, que aprovecha para desovar. Los huevos son adhesivos y son guardados por el macho. La freza tiene lugar desde abril a junio y pueden poner alrededor de 300-600 huevos por temporada. De un buen estado de las poblaciones de pez fraile depende de la náyade auriculada (*Margaretifera auricularia*), que necesita al pez en una fase de su reproducción. La extracción de gravas del lecho de los ríos representa una grave amenaza para la especie.



Embalse de Flix

Brema blanca

Blicca bjoerkna



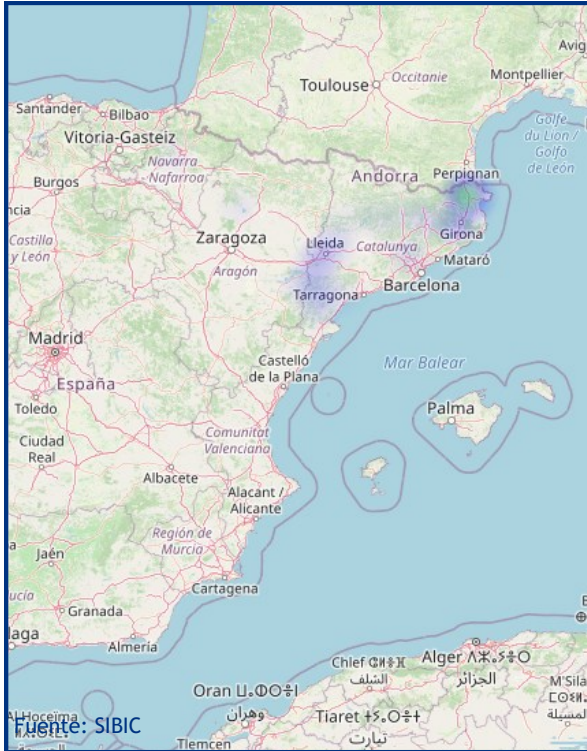
Ciprínido de hasta unos 25 cm de longitud total. Presenta un color corporal verdoso más oscuro en la parte dorsal y más blanca o plateada en la ventral. Cuerpo corto, relativamente alto y comprimido lateralmente. La aleta dorsal es muy alta normalmente con 8 radios blandos y la anal larga con 19 a 22 radios blandos. Los dientes faríngeos se disponen en dos filas (2 – 5). Presenta ojos grandes y la cabeza es proporcionalmente corta con respecto al tamaño del cuerpo. Posee una línea lateral bien definida, situada en el centro del flanco con 44-45 grandes escamas. Desova en bancos entra la vegetación cercana a la orilla cuando la temperatura del agua supera los 17 grados. Es una especie gregaria que frecuenta aguas estancadas de lagos y embalses, ríos y canales con aguas tranquilas, donde se alimenta de pequeños invertebrados bénticos, larvas de insectos y plantas



Embalse de Flix

Escardino

Scardinius erythrophthalmus



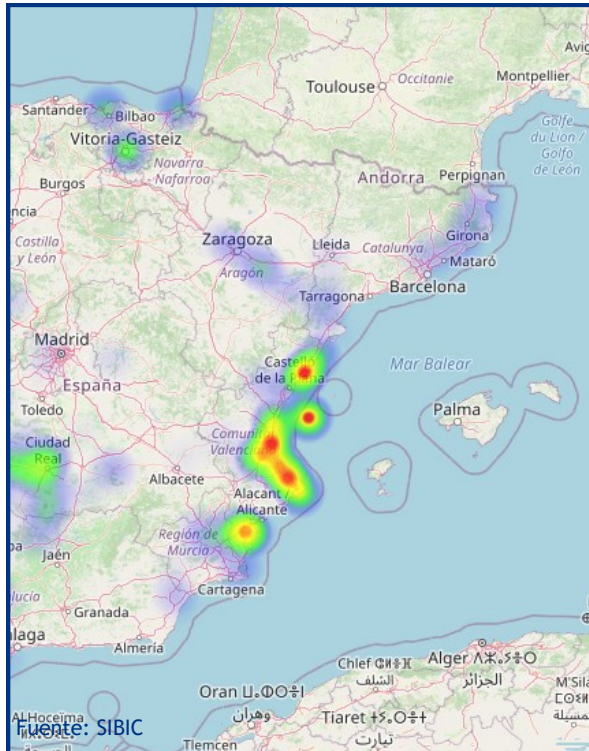
Ciprínido que habitualmente mide unos 20 – 30 cm de longitud, aunque puede medir hasta los 62 cm de longitud total y pesar hasta 3 kg. Tiene un cuerpo alto de color plateado con tonos amarillentos en el dorso y más claro en el vientre. Las aletas rojizas y contorno de ojos anaranjado. El cuerpo es fusiforme alto y alargado, comprimido lateralmente con pedúnculo caudal estrecho. La línea lateral está formada por 40-45 escamas. Es abundante en aguas tranquilas con poca corriente, como ríos y afluentes de curso lento y lagos o embalses de tamaño pequeño. Estos suelen ser poco profundos y con abundante vegetación. Es una especie omnívora que experimente cambios en la dieta durante los diferentes estadios de vida del pez.



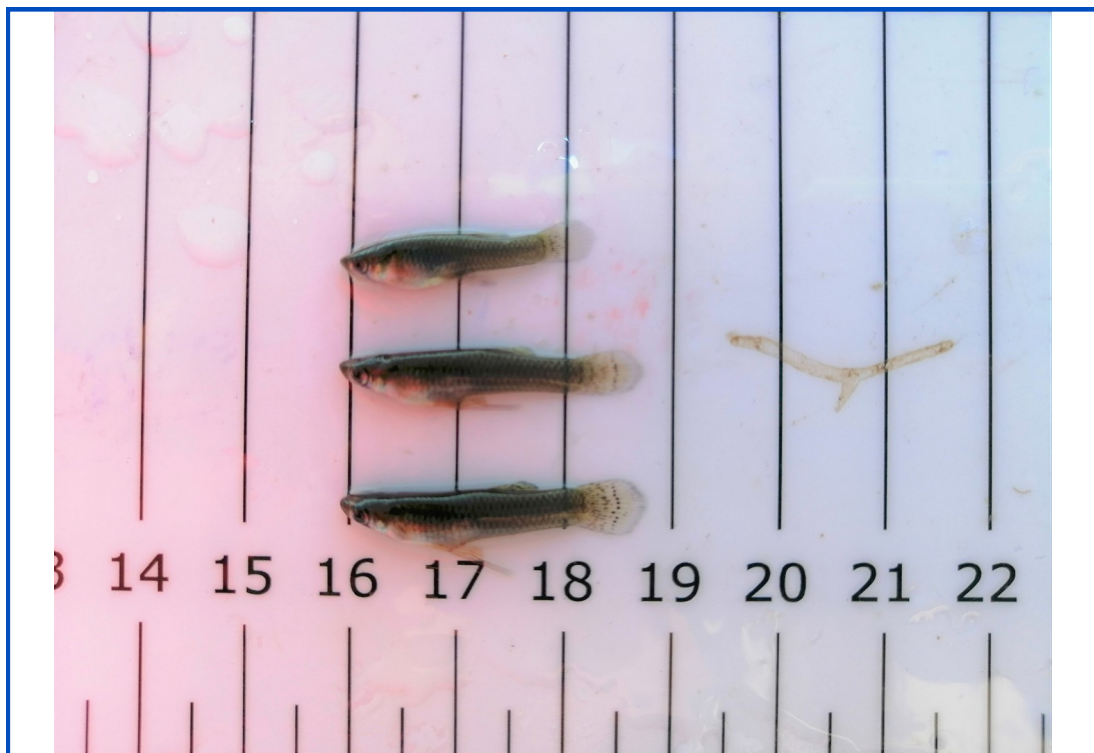
Embalse de Flix

Gambusia

Gambusia holbrooki



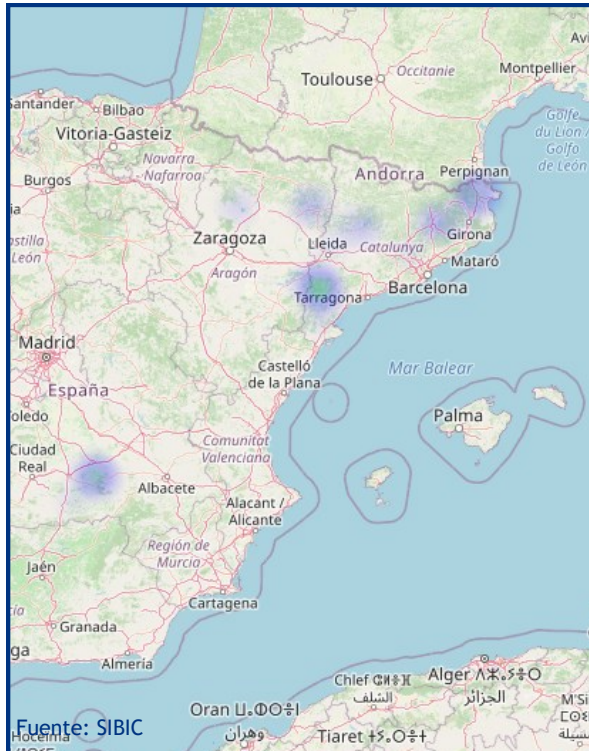
Poecílido de pequeño tamaño con dimorfismo sexual, machos de 3,5cm de longitud mientras que las hembras pueden alcanzar los 6,0cm y pesar hasta 6 gramos, con el vientre más dilatado que los machos. Las hembras en época de reproducción exhiben una mancha negra en el lateral del vientre. Cabeza ancha y aplanada con boca oblicua y súpera. Maduran a las 5 o 6 semanas y se reproducen por fecundación interna. Para ello, los machos tienen la aleta ventral modificada en un órgano copulador. Las hembras incuban los huevos en su interior pariendo posteriormente alevines. Se introdujo en España en el 1921 para combatir el paludismo, para la depredación sobre los mosquitos que las transmiten, aunque se ha comprobado que el control es poco efectivo. Se considera una amenaza para las poblaciones de salinete (*Aphanius baeticus*) y el fartet (*Aphanius iberus*), debido a su voracidad, que también afecta a las puesta e incluso a renacuajos de especies autóctonas y endémicas de anfibios.



Embalse de Flix

Rutilo

Rutilus rutilus



Es una especie de talla media que no suele sobrepasar lo 40 cm de longitud total aunque se conocen individuos que han alcanzado los 50 cm de longitud y cerca de los 2 kg de peso. Las poblaciones son pequeñas y se desconoce su evolución actual. Vive en ríos, lagos y embalses prefiriendo aguas tranquilas. Pueden vivir tanto en aguas contaminadas como en aguas salobres. Existen algunas poblaciones anádromas.

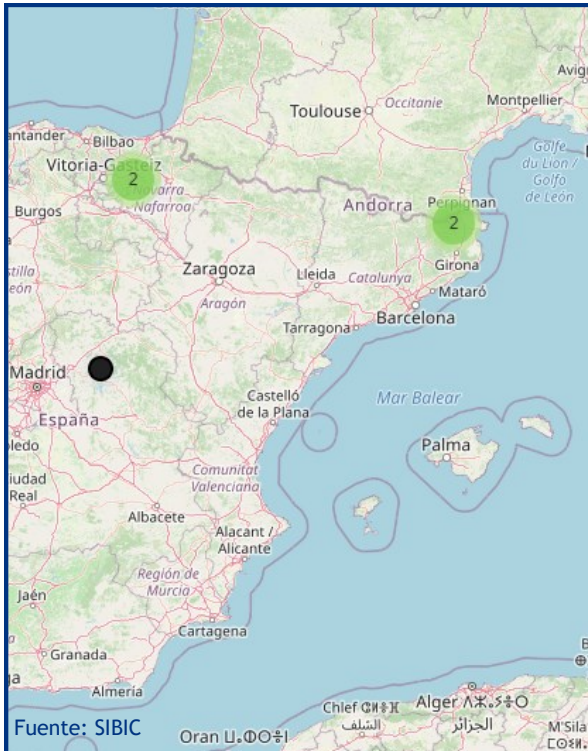
Es una especie omnívora que se alimenta tanto de insectos como de crustáceos y plantas. Aunque los adultos tienen preferencia por las plantas. La reproducción se da entre los meses de abril y junio cuando la temperatura del agua ronda los 10-14°C. En la actualidad se distribuye por toda Europa excepto por las penínsulas meridionales e Irlanda. En España se localiza en el río Llobregat y en la cuenca del Ebro. Parece tener un impacto considerable sobre la vegetación acuática y por tanto sobre el hábitat.



Embalse de Flix

Perca de río

Perca fluviatilis



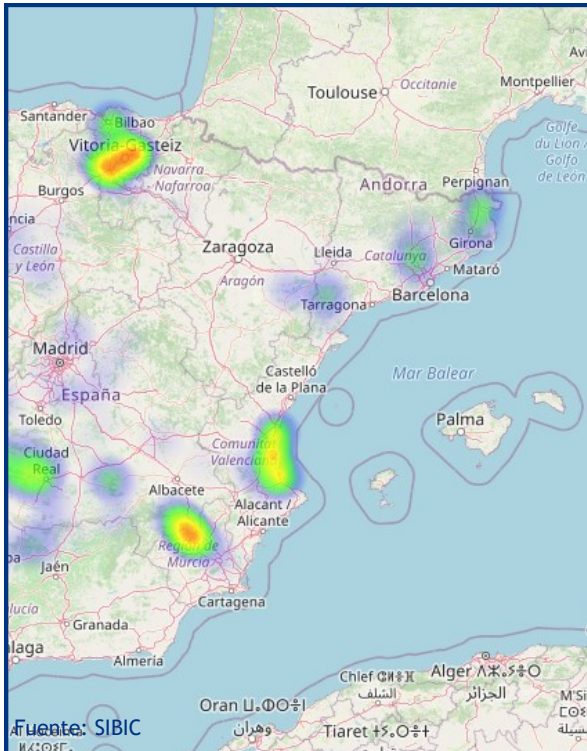
Pérido de tamaño medio con una longitud total de 20 – 30 cm, aunque puede medir hasta 60cm. Presenta una morfología fusiforme y una pequeña curvatura en la parte posterior de la cabeza. Presenta dos aletas dorsales unidas por la base de una aleta caudal emarginada. La coloración corporal es verdosa con varias franjas negras en la parte lateral. El color de las aletas pélvicas, anal y caudal es anaranjado. No presenta dimorfismo sexual, pero después de la maduración de las hembras suele tener un tamaño corporal más grande que los machos. Los adultos suelen habitar en zonas pelágicas y aguas claras para capturar con más facilidad a sus presas. Se reproduce entre los meses de marzo y mayo. Su comportamiento sexual se basa en la poliandria donde una hembra puede emparejarse con dos o más machos. Puede tener una alta depredación sobre especies autóctonas y endémicas de la península Ibérica sobre sus huevos, larvas e individuos adultos.



Embalse de Flix

Perca sol

Lepomis gibbosus



Pez de tamaño pequeño que no suele sobrepasar los 25 cm de longitud, aunque se conocen ejemplares de 40 cm y 630 g de peso. El cuerpo es aplanado lateralmente y con un colorido muy vistoso. Sus poblaciones se encuentran en expansión. Habita lagunas y tramos de ríos con escasa profundidad, corriente lenta y densa vegetación acuática. Soporta bien la falta de oxígeno y las altas temperaturas. Son voraces depredadores de invertebrados, huevos y pequeños peces. Sin embargo, los ejemplares de menos de 10 cm suelen presentar una alimentación exclusivamente entomófaga. Frezan entre mayo y julio, en pequeños hoyos excavados en zonas de fondo arenoso o gravilla. Los machos vigilan la puesta (600-5.000 huevos por hembra) y los alevines.

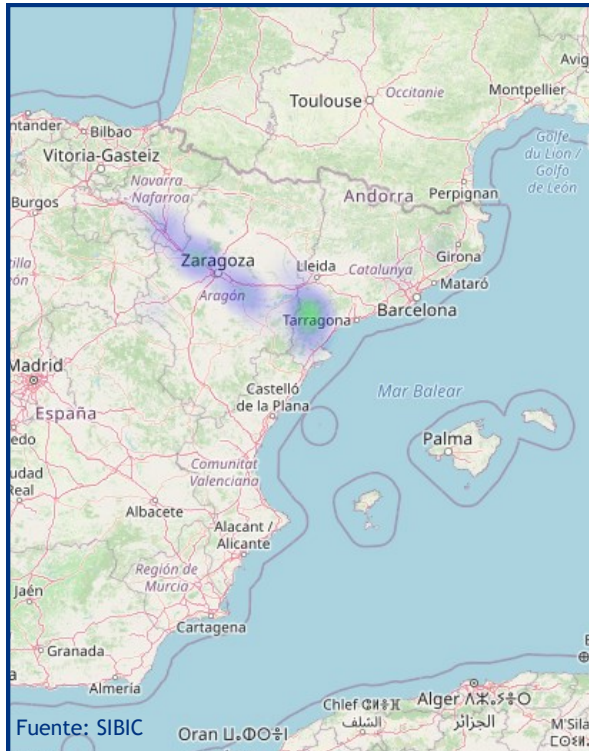
Nativo de Norteamérica. En España se cree que fue introducido a principios del siglo XX desde EEUU, pero en localidades muy controladas no siendo hasta la década de los 80 cuando se empiezan a introducir de forma indiscriminada. En la actualidad se extiende por casi todas las cuencas fluviales.



Embalse de Flix

Siluro

Silurus glanis



Pez de gran talla que suele alcanzar los 2,5 m de longitud total y más de 100 kg de peso. Las tallas máximas conocidas superan los 5 m de longitud y 300 kg de peso. Poblaciones en incremento debido a su interés deportivo y porque los ejemplares capturados se suelen retornar al agua. Vive en aguas tranquilas y profundas. Es frecuente en grandes embalses. Los ejemplares adultos se alimentan por la noche de pequeños vertebrados acuáticos. La puesta tiene lugar entre mayo y junio. Es una especie originaria del Este de Europa, Asia Central y Asia menor. En España fue introducido en la cuenca del Ebro en 1974, embalses de Mequinenza y Ribarroja. Debido a sus hábitos depredadores y gran tamaño constituye un serio peligro para las poblaciones de peces autóctonos y otros vertebrados.



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Flix	CÓDIGO DE RED	FLX21_E1BEN2			
UTM-X	290858	UTM-Y	4568494			
TIPO DE RED	Bentónica (16x1.5) 40m	SISTEMA DE REFERENCIA	UTM ETRS89 H31			
INICIO	9-10-21 19:40	FIN	10-10-21 10:15			
PROFUNDIDAD	5,5	PROFUNDIDAD DE LA RED	4			
RIQUEZA ESPECIES	5	ESFUERZO APLICADO	1,6			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno	14	8,64	18%	154	95,29	7%
Brema blanca	28	17,28	36%	1091	673,43	46%
Gambusia		0,00	0%		0,00	0%
Perca Sol	1	0,62	1%	17	10,61	1%
Perca	8	4,94	10%	387	238,59	16%
Rutilo	26	16,05	34%	722	445,39	30%
Blenio de río-Fraile		0,00	0%		0,00	0%
Gardí		0,00	0%		0,00	0%
Siluro		0,00	0%		0,00	0%
Bagre		0,00	0%		0,00	0%
Total	77	47,52	100%	2371	1.463,31	100%

CPUE

BPUE

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	127	24,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	113	13,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	75	5,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	107	6,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	104	7,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	104	7,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	97	10,5	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	106	12,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	105	11,5	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	98	12,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	95	8,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	102	10,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	99	8,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	112	17,6	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	130	35,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	139	44,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	121	29,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	124	27,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	175	108,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	142	48,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	133	41,6	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	105	16,2	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	116	27,4	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	141	50,4	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	113	24,2	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	127	38,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	119	28,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	162	80,6	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	111	24,2	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	124	34,2	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	118	29,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	130	39,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	134	41,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	132	40,8	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	149	49,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	132	43,4	1

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	110	25,8	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	123	33,6	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	128	36,6	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	115	29,8	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	120	30,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	131	37,4	1
Perca Sol	<i>Lepomis gibbosus</i>	93	17,2	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	250	265,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	116	19,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	104	16,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	114	18,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	115	20,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	113	23,2	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	101	12,8	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	101	12,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	101	9,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	103	11,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	140	37,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	160	65,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	153	63,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	220	199,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	152	49,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	124	30,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	103	12,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	87	10,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	110	16,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	126	28,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	134	29,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	97	13,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	112	18,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	85	8,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	80	9,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	102	16,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	78	6,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	123	25,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	77	6,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	85	9,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	78	5,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	111	24,1	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	82	7,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	83	7,8	1

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Flix	CÓDIGO DE RED	FLX21_E1BEN1			
UTM-X	288999	UTM-Y	4569729			
TIPO DE RED	Bentónica (16x1.5) 40m	SISTEMA DE REFERENCIA	UTM ETRS89 H31			
INICIO	10-10-21 18:55	FIN	11-10-21 11:30			
PROFUNDIDAD	2,5	PROFUNDIDAD DE LA RED	1			
RIQUEZA ESPECIES	3	ESFUERZO APLICADO	1,8			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno		0,00	0%		0,00	0%
Brema blanca	20	10,85	77%	880	477,37	62%
Gambusia		0,00	0%		0,00	0%
Perca Sol		0,00	0%		0,00	0%
Perca	1	0,54	4%	274	148,70	19%
Rutilo	5	2,71	19%	264	143,06	19%
Blenio de río-Fraile		0,00	0%		0,00	0%
Gardí		0,00	0%		0,00	0%
Siluro		0,00	0%		0,00	0%
Bagre		0,00	0%		0,00	0%
Total	26	14,11	100%	1417	769,13	100%

CPUE

BPUE

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	182	126,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	148	38,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	176	107,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	114	26,4	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	120	30,2	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	137	46,2	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	142	49,4	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	138	44,4	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	113	25,6	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	126	37,2	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	125	26,2	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	124	25,2	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	140	57,2	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	117	28,4	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	124	32,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	135	42,6	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	131	40,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	133	43,8	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	114	23,8	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	127	30,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	253	274,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	194	125,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	117	23,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	142	44,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	134	37,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	125	33,0	1

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Flix	CÓDIGO DE RED	FLX21_E1BEN4			
UTM-X	292243	UTM-Y	4567821			
TIPO DE RED	Bentónica (16x1.5) 40m	SISTEMA DE REFERENCIA	UTM ETRS89 H31			
INICIO	10-10-21 11:00	FIN	10-10-21 18:00			
PROFUNDIDAD	6,5	PROFUNDIDAD DE LA RED	5			
RIQUEZA ESPECIES	3	ESFUERZO APLICADO	0,8			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno		0,00	0%		0,00	0%
Brema blanca	6	7,71	19%	303	389,31	14%
Gambusia		0,00	0%		0,00	0%
Perca Sol		0,00	0%		0,00	0%
Perca	10	12,86	31%	1333	1.714,37	63%
Rutilo	16	20,57	50%	465	597,99	22%
Blenio de río-Fraile		0,00	0%		0,00	0%
Gardí		0,00	0%		0,00	0%
Siluro		0,00	0%		0,00	0%
Bagre		0,00	0%		0,00	0%
Total	32	41,14	100%	2101	2.701,67	100%

CPUE		BPUE	

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	128	34,6	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	169	102,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	149	55,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	126	38,4	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	127	39,2	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	122	33,6	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	265	317,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	251	263,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	265	387,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	245	257,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	136	35,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	102	14,6	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	97	11,8	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	106	16,2	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	102	17,2	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	104	14,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	120	23,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	143	48,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	118	23,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	121	24,7	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	136	37,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	100	15,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	111	18,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	128	32,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	133	39,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	123	29,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	117	26,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	111	22,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	124	29,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	133	38,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	129	33,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	114	24,4	1

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Flix	CÓDIGO DE RED	FLX21_E1EPL1			
UTM-X	290439	UTM-Y	4570574			
TIPO DE RED	Epipelágica (16x6) 40m	SISTEMA DE REFERENCIA	UTM ETRS89 H31			
INICIO	9-10-21 20:00	FIN	10-10-21 10:45			
PROFUNDIDAD	4,5	PROFUNDIDAD DE LA RED	3			
RIQUEZA ESPECIES	5	ESFUERZO APLICADO	1,6			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno		0,00	0%		0,00	0%
Brema blanca	2	1,22	18%	90	54,92	20%
Gambusia		0,00	0%		0,00	0%
Perca Sol	1	0,61	9%	38	23,19	9%
Perca	6	3,66	55%	285	173,90	64%
Rutilo	1	0,61	9%	28	17,08	6%
Blenio de río-Fraile	1	0,61	9%	1	0,61	0%
Gardí		0,00	0%		0,00	0%
Siluro		0,00	0%		0,00	0%
Bagre		0,00	0%		0,00	0%
Total	11	6,71	100%	442	269,69	100%

CPUE		BPUE	

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	140	39,0	1
Brema blanca	<i>Blicca bjoerkna</i>	150	51,0	1
Perca Sol	<i>Lepomis gibbosus</i>	125	38,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	191	136,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	115	22,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	141	37,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	118	23,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	161	58,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	98	9,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	126	28,0	1
Blenio de río-Fraile	<i>Salaria fluviatilis</i>	50	1,0	1

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Flix	CÓDIGO DE RED		FLX21_E1BEN3		
UTM-X	293143	UTM-Y		4567551		
TIPO DE RED	Bentónica (16x1.5) 40m	SISTEMA DE REFERENCIA		UTM ETRS89 H31		
INICIO	10-10-21 17:40	FIN		11-10-21 10:00		
PROFUNDIDAD	8	PROFUNDIDAD DE LA RED		0		
RIQUEZA ESPECIES	2	ESFUERZO APLICADO		7,3		
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno		0,00	0%		0,00	0%
Brema blanca		0,00	0%		0,00	0%
Gambusia		0,00	0%		0,00	0%
Perca Sol		0,00	0%		0,00	0%
Perca	11	1,52	42%	863	118,94	56%
Rutilo	15	2,07	58%	689	94,97	44%
Blenio de río-Fraile		0,00	0%		0,00	0%
Gardí		0,00	0%		0,00	0%
Siluro		0,00	0%		0,00	0%
Bagre		0,00	0%		0,00	0%
Total	26	3,58	100%	1553	213,91	100%

CPUE		BPUE	

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	255	251,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	239	230,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	127	30,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	121	25,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	120	24,4	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	98	17,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	120	22,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	122	24,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	95	12,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	238	215,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	100	13,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	150	55,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	174	90,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	139	47,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	134	37,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	128	33,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	143	50,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	124	29,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	158	60,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	126	32,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	140	46,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	137	41,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	146	49,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	141	44,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	163	73,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	69	3,4	1

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Flix	CÓDIGO	FLX21_E1PES1			
UMT-X	293.807	UTM-Y	4.567.575			
RIQUEZA ESPECIES	4	Distancia (m)	390,0			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno	1	0,00	11%	0	0,00	0%
Brema blanca		0,00	0%		0,00	0%
Gambusia	3	0,01	33%	1	0,00	2%
Perca Sol	1	0,00	11%	46	0,12	65%
Perca		0,00	0%		0,00	0%
Rutilo	4	0,01	44%	23	0,06	33%
Blenio de río-Fraile		0,00	0%		0,00	0%
Gardí		0,00	0%		0,00	0%
Siluro		0,00	0%		0,00	0%
Bagre		0,00	0%		0,00	0%
Total	9	0,02	100%	71	0,18	100%

CPUE		BPUE	

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	33	0,3	1
Gambusia	<i>Gambusia holbrooki</i>	27	0,5	1
Gambusia	<i>Gambusia holbrooki</i>	26	0,5	1
Gambusia	<i>Gambusia holbrooki</i>	22	0,5	1
Perca Sol	<i>Lepomis gibbosus</i>	127	46,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	80	8,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	71	4,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	76	5,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	77	6,0	1

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Flix		CÓDIGO	FLX21_E1PES4		
UMT-X	290.759		UTM-Y	4.570.183		
RIQUEZA ESPECIES	4		Distancia (m)	859,0		
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno	1	0,00	2%	11	0,01	1%
Brema blanca		0,00	0%		0,00	0%
Gambusia		0,00	0%		0,00	0%
Perca Sol		0,00	0%		0,00	0%
Perca	1	0,00	2%	17	0,02	1%
Rutilo	41	0,05	67%	740	0,86	62%
Blenio de río-Fraile		0,00	0%		0,00	0%
Gardí	18	0,02	30%	435	0,51	36%
Siluro		0,00	0%		0,00	0%
Bagre		0,00	0%		0,00	0%
Total	61	0,07	100%	1203	1,40	100%

CPUE		BPUE	
■ Alburno		■ Brema blanca	
■ Gambusia			
■ Perca Sol			
■ Perca			
■ Rutilo			
■ Blenio de río-Fraile			
■ Gardí			
■ Siluro			
■ Bagre			
■ Bagre			

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	108	11,0	1
Perca	<i>Perca fluviatilis</i>	108	17,1	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	120	20,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	120	21,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	121	22,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	117	25,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	114	23,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	120	30,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	118	18,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	118	17,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	110	16,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	127	25,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	120	23,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	113	18,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	123	23,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	103	14,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	104	17,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	94	10,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	135	32,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	133	30,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	122	20,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	102	16,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	93	13,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	104	15,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	97	8,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	108	17,5	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	91	10,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	115	21,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	106	16,5	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	108	17,5	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	92	10,3	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	106	16,5	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	92	10,3	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	102	14,5	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	105	16,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	98	12,7	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	132	34,1	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	83	7,3	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	104	15,5	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	102	14,5	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	93	10,7	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	122	26,3	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	97	12,3	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	220	208,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	123	30,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	90	10,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	106	14,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	82	8,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	85	9,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	108	20,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	87	9,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	90	9,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	118	28,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	108	13,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	102	10,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	95	9,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	120	26,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	85	7,6	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	90	9,3	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	82	6,7	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	87	8,2	1

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Flix	CÓDIGO	FLX21_E1PESS			
UMT-X	289.314	UMT-Y	4.570.089			
RIQUEZA ESPECIES	4	Distancia (m)	390,0			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno	3	0,01	30%	36	0,09	1%
Brema blanca		0,00	0%		0,00	0%
Gambusia		0,00	0%		0,00	0%
Perca Sol		0,00	0%		0,00	0%
Perca		0,00	0%		0,00	0%
Rutilo		0,00	0%		0,00	0%
Blenio de río-Fraile		0,00	0%		0,00	0%
Gardí	5	0,01	50%	104	0,27	3%
Siluro	1	0,00	10%	3000	7,69	83%
Bagre	1	0,00	10%	460	1,18	13%
Total	10	0,03	100%	3600	9,23	100%

CPUE		BPUE	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Alburno ■ Brema blanca ■ Gambusia ■ Perca Sol ■ Perca ■ Rutilo ■ Blenio de río-Fraile ■ Gardí ■ Siluro ■ Bagre 			

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	113	19,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	102	6,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	107	11,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	140	45,0	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	103	14,4	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	46	0,9	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	133	41,6	1
Gardí	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	56	1,8	1
Siluro	<i>Silurus glanis</i>	700	3000,0	1
Bagre	<i>Squalius laietanus</i>	323	460,0	1

ANEXO 2. RESULTADOS DE LAS PESCAS

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
1	1	294295,85	4567514,90	0,074	0,026
1	2	294298,60	4567469,05	0,449	0,156
1	3	294318,55	4567423,13	0,255	0,088
1	4	294337,61	4567375,96	0,063	0,022
1	5	294305,33	4567365,85	0,165	0,057
1	6	294266,56	4567395,35	0,138	0,048
1	7	294244,17	4567440,06	0,133	0,046
1	8	294219,82	4567481,86	0,056	0,019
1	9	294184,39	4567510,84	0,181	0,063
1	10	294135,39	4567513,50	0,107	0,037
1	11	294087,54	4567522,90	0,301	0,104
1	12	294037,26	4567523,48	0,303	0,105
1	13	293990,94	4567529,46	0,103	0,036
1	14	293948,19	4567503,53	0,198	0,069
1	15	293898,93	4567513,41	0,104	0,036
1	16	293849,97	4567522,43	0,170	0,059
1	17	293800,71	4567531,02	0,152	0,053
1	18	293752,70	4567545,53	0,269	0,093
1	19	293721,14	4567584,57	0,203	0,070
1	20	290300,02	4570680,91	0,023	0,008
1	21	290277,80	4570725,21	0,019	0,007
1	22	290244,63	4570753,71	0,012	0,004
1	23	290195,07	4570747,94	0,023	0,008
1	24	290146,82	4570756,53	0,033	0,011
1	25	290111,53	4570791,47	0,033	0,011
1	26	290068,90	4570817,71	0,049	0,017
1	27	290028,45	4570847,28	0,030	0,010
1	28	289990,59	4570852,19	0,081	0,028
1	29	289968,81	4570815,09	0,026	0,009
1	30	289938,46	4570775,69	0,022	0,007
1	31	289903,06	4570739,84	0,038	0,013
1	32	289828,04	4570694,95	0,012	0,004
1	33	289780,37	4570680,64	0,018	0,006
1	34	288632,33	4569234,52	0,049	0,017
1	35	288639,73	4569283,90	0,016	0,005
1	36	288651,53	4569332,30	0,010	0,004
1	37	288667,47	4569379,74	0,006	0,002
1	38	288688,47	4569424,91	0,004	0,001
1	39	288709,11	4569470,94	0,000	0,000
1	40	288750,52	4569499,41	0,001	0,000
1	41	288790,63	4569529,61	0,000	0,000
1	42	289828,04	4570694,95	0,012	0,004
1	43	289780,37	4570680,64	0,018	0,006
1	44	293806,43	4567580,88	0,110	0,038

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
1	45	293758,96	4567582,65	0,101	0,035
1	46	293709,09	4567586,61	0,285	0,099
1	47	293659,45	4567593,53	0,218	0,075
1	48	293609,92	4567600,43	0,098	0,034
1	49	293560,26	4567606,93	0,157	0,054
1	50	293511,87	4567600,68	0,111	0,039
1	51	293464,07	4567585,92	0,091	0,031
1	52	293415,52	4567573,73	0,028	0,010
1	53	293369,03	4567583,95	0,058	0,020
1	54	293331,78	4567617,65	0,022	0,008
1	55	293292,83	4567645,04	0,026	0,009
1	56	293242,90	4567647,30	0,049	0,017
1	57	293193,77	4567656,33	0,014	0,005
1	58	293152,45	4567635,46	0,024	0,008
1	59	293124,40	4567593,87	0,073	0,025
1	60	293095,31	4567553,16	0,054	0,019
1	61	293051,63	4567536,60	0,061	0,021
1	62	293003,11	4567549,42	0,058	0,020
1	63	292953,62	4567555,48	0,029	0,010
1	64	292904,18	4567564,95	0,024	0,008
1	65	290808,03	4568326,40	0,022	0,008
1	66	290804,97	4568376,52	0,021	0,007
1	67	290818,19	4568424,46	0,017	0,006
1	68	290831,66	4568472,81	0,006	0,002
1	69	290816,32	4568516,07	0,004	0,001
1	70	290795,00	4568560,34	0,023	0,008
1	71	290766,95	4568602,27	0,050	0,017
1	72	290743,35	4568646,61	0,026	0,009
1	73	290719,50	4568689,69	0,028	0,010
1	74	290693,44	4568732,82	0,027	0,009
1	75	290704,44	4568778,71	0,055	0,019
1	76	290725,47	4568823,88	0,150	0,052
1	77	290744,42	4568869,96	0,015	0,005
1	78	290759,38	4568914,89	0,077	0,027
1	79	290737,38	4568983,78	0,062	0,022
1	80	290720,88	4569030,45	0,066	0,023
1	81	290699,30	4569075,58	0,025	0,009
1	82	290677,44	4569120,72	0,042	0,014
1	83	290681,99	4569170,18	0,047	0,016
1	84	290705,77	4569214,00	0,111	0,038
1	85	290720,46	4569261,48	0,052	0,018
1	86	290724,97	4569306,28	0,156	0,054
1	87	290694,60	4569345,31	0,007	0,002
1	88	290672,45	4569390,45	0,007	0,002

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
1	89	290671,02	4569437,97	0,038	0,013
1	90	290707,31	4569471,69	0,035	0,012
1	91	290740,41	4569508,89	0,016	0,006
1	92	290771,94	4569547,39	0,006	0,002
1	93	290772,34	4569595,71	0,013	0,004
1	94	290778,20	4569644,71	0,039	0,013
1	95	290789,92	4569689,31	0,004	0,002
1	96	290772,94	4569736,43	0,000	0,000
1	97	290768,66	4569786,14	0,094	0,033
1	98	290773,96	4569835,58	0,039	0,014
1	99	290770,64	4569885,28	0,066	0,023
1	100	290770,24	4569932,76	0,005	0,002
1	101	290770,13	4569886,56	0,038	0,013
1	102	290777,89	4569838,01	0,062	0,022
1	103	290789,26	4569788,94	0,000	0,000
1	104	290791,17	4569739,29	0,002	0,001
1	105	290795,33	4569689,16	0,002	0,001
1	106	290792,72	4569639,20	0,006	0,002
1	107	290788,90	4569589,72	0,034	0,012
1	108	290782,02	4569539,48	0,002	0,001
1	109	290742,42	4569534,26	0,020	0,007
1	110	290704,95	4569567,56	0,012	0,004
1	111	290668,08	4569601,25	0,027	0,009
1	112	290631,84	4569636,21	0,011	0,004
1	113	290632,12	4569684,53	0,020	0,007
1	114	290641,23	4569733,86	0,121	0,042
1	115	290655,56	4569781,77	0,027	0,009
1	116	290669,59	4569828,42	0,062	0,021
1	117	290642,50	4569869,47	0,093	0,032
1	118	290617,84	4569912,99	0,017	0,006
1	119	290590,63	4569954,47	0,025	0,009
1	120	290589,00	4570001,56	0,008	0,003
1	121	290604,83	4570048,15	0,017	0,006
1	122	290607,16	4570065,04	0,007	0,002
1	123	290602,14	4570115,21	0,024	0,008
1	124	290601,36	4570165,25	0,005	0,002
1	125	290599,88	4570214,89	0,007	0,002
1	126	290592,68	4570263,42	0,002	0,001
1	127	290558,98	4570299,15	0,001	0,000
1	128	290531,34	4570340,64	0,002	0,001
1	129	290496,87	4570376,81	0,003	0,001
1	130	290465,53	4570415,44	0,012	0,004
1	131	289725,81	4570670,77	0,022	0,008
1	132	289677,68	4570657,75	0,010	0,003

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
1	133	289642,33	4570632,49	0,008	0,003
1	134	289621,86	4570586,88	0,017	0,006
1	135	289606,59	4570539,43	0,004	0,002
1	136	289588,07	4570492,91	0,001	0,000
1	137	289547,55	4570463,56	0,013	0,004
1	138	289499,84	4570447,57	0,008	0,003
1	139	288749,78	4569426,09	0,045	0,016
1	140	288702,85	4569417,71	0,022	0,008
1	141	288659,06	4569393,97	0,022	0,008
1	142	288639,45	4569372,49	0,004	0,002
1	143	288600,63	4569363,03	0,005	0,002
1	144	288599,96	4569315,57	0,024	0,008
1	145	290542,75	4570187,71	0,002	0,001
1	146	290578,19	4570152,77	0,004	0,001
1	147	290623,38	4570131,13	0,083	0,029
1	148	290664,02	4570100,29	0,012	0,004
1	149	290657,67	4570051,30	0,004	0,001
1	150	290644,91	4570003,76	0,003	0,001
1	151	290630,54	4569955,86	0,021	0,007
1	152	290612,81	4569909,31	0,034	0,012
1	153	290606,37	4569860,33	0,012	0,004
1	154	290607,32	4569811,98	0,022	0,008
1	155	290634,35	4569770,50	0,010	0,004
1	156	290667,56	4569732,68	0,006	0,002
1	157	290688,34	4569687,14	0,076	0,026
1	158	290700,45	4569638,89	0,013	0,004
1	159	290692,87	4569589,09	0,011	0,004
1	160	290682,89	4569540,21	0,002	0,001
1	161	290664,90	4569497,91	0,003	0,001
1	162	290689,86	4569457,35	0,014	0,005
1	163	290721,85	4569419,12	0,010	0,004
1	164	290733,53	4569372,58	0,016	0,005
1	165	290722,91	4569323,72	0,048	0,017
1	166	290705,62	4569276,75	0,033	0,011
1	167	290668,53	4569243,05	0,007	0,003
1	168	290662,41	4569205,08	0,003	0,001
1	169	290687,07	4569161,98	0,021	0,007
1	170	290715,71	4569121,31	0,000	0,000
1	171	290734,91	4569074,55	0,013	0,005
1	172	290716,03	4569028,89	0,012	0,004
1	173	290703,70	4568980,92	0,013	0,005
1	174	290688,12	4568933,48	0,025	0,009
1	175	290671,68	4568886,47	0,006	0,002
1	176	290683,34	4568842,47	0,015	0,005

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
1	177	290709,89	4568799,75	0,013	0,005
1	178	290735,12	4568757,06	0,004	0,001
1	179	290760,82	4568714,35	0,020	0,007
1	180	290784,68	4568669,58	0,006	0,002
1	181	290785,09	4568619,55	0,011	0,004
1	182	290769,44	4568571,25	0,060	0,021
1	183	290748,36	4568526,08	0,003	0,001
1	184	290727,05	4568482,61	0,000	0,000
1	185	290748,15	4568438,77	0,009	0,003
1	186	290784,77	4568431,36	0,002	0,001
1	187	290834,14	4568443,07	0,019	0,006
1	188	290870,68	4568414,48	0,011	0,004
1	189	290902,55	4568375,84	0,010	0,003
1	190	290915,00	4568329,28	0,033	0,011
1	191	290904,88	4568280,38	0,053	0,018
1	192	290887,21	4568234,69	0,002	0,001
1	193	290928,89	4568219,94	0,009	0,003
1	194	290975,86	4568202,90	0,019	0,007
1	195	291024,45	4568190,91	0,028	0,010
1	196	291226,99	4568041,82	0,010	0,004
1	197	291269,61	4568026,61	0,006	0,002
1	198	291319,25	4568028,15	0,045	0,016
1	199	291369,54	4568028,83	0,009	0,003
1	200	291419,40	4568022,32	0,011	0,004
1	201	291447,44	4567991,42	0,008	0,003
1	202	291436,43	4567942,57	0,008	0,003
1	203	291454,76	4567910,25	0,003	0,001
1	204	291502,05	4567895,33	0,002	0,001
1	205	291549,45	4567879,98	0,001	0,000
1	206	291598,38	4567870,10	0,004	0,001
1	207	291647,69	4567862,34	0,003	0,001
1	208	291697,67	4567859,63	0,034	0,012
1	209	291747,50	4567856,09	0,006	0,002
1	210	291797,02	4567860,61	0,005	0,002
1	211	291845,71	4567872,35	0,004	0,001
1	212	291894,06	4567866,31	0,002	0,001
1	213	291941,53	4567850,12	0,000	0,000
1	214	291987,30	4567829,73	0,004	0,001
1	215	292027,19	4567799,35	0,003	0,001
1	216	292065,95	4567767,72	0,006	0,002
1	217	292107,01	4567739,00	0,001	0,000
1	218	292150,69	4567723,34	0,001	0,000
1	219	292200,68	4567724,88	0,003	0,001
1	220	292246,85	4567741,78	0,003	0,001

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
1	221	292287,62	4567770,29	0,044	0,015
1	222	292331,96	4567793,19	0,002	0,001
1	223	292382,25	4567795,99	0,002	0,001
1	224	292431,89	4567790,34	0,003	0,001
1	225	292481,16	4567782,15	0,002	0,001
1	226	292530,24	4567772,27	0,001	0,000
1	227	292561,55	4567746,80	0,001	0,000
1	228	292550,51	4567702,60	0,001	0,000
1	229	292599,43	4567696,97	0,003	0,001
1	230	292649,14	4567693,01	0,005	0,002
1	231	292699,45	4567695,39	0,004	0,001
1	232	292741,41	4567667,49	0,000	0,000
1	233	292782,88	4567645,97	0,002	0,001
1	234	292802,40	4567689,93	0,009	0,003
1	235	292834,12	4567722,50	0,078	0,027
1	236	292883,10	4567711,37	0,016	0,005
1	237	292932,86	4567706,56	0,003	0,001
1	238	292982,19	4567697,95	0,002	0,001
1	239	293031,51	4567688,49	0,004	0,001
1	240	293074,80	4567670,73	0,010	0,003
1	241	293069,32	4567620,87	0,000	0,000
1	242	293057,31	4567580,52	0,001	0,000
1	243	293103,66	4567598,70	0,000	0,000
1	244	293153,59	4567604,06	0,001	0,000
1	245	293203,91	4567604,33	0,000	0,000
1	246	293253,34	4567594,87	0,001	0,000
1	247	293299,71	4567603,73	0,000	0,000
1	248	293347,03	4567620,19	0,038	0,013
1	249	293394,63	4567636,64	0,014	0,005
1	250	293443,69	4567626,35	0,001	0,000
1	251	293489,59	4567606,39	0,007	0,002
1	252	293526,61	4567574,83	0,004	0,002
1	253	293575,99	4567570,46	0,057	0,020
1	254	293625,95	4567566,08	0,031	0,011
1	255	293675,90	4567562,54	0,001	0,000
1	256	293724,97	4567568,35	0,008	0,003
1	257	293774,39	4567576,28	0,015	0,005
1	258	293824,41	4567575,71	0,031	0,011
1	259	293873,57	4567565,42	0,008	0,003
1	260	293923,01	4567557,24	0,004	0,001
1	261	293970,15	4567539,37	0,024	0,008
1	262	292228,50	4567830,90	0,145	0,038
1	263	292179,81	4567838,23	0,052	0,014
1	264	292130,05	4567833,71	0,007	0,002

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
1	265	292081,04	4567824,09	0,007	0,002
1	266	292031,47	4567816,60	0,006	0,002
1	267	291981,72	4567809,55	0,015	0,004
1	268	291931,85	4567802,49	0,029	0,008
1	269	291881,68	4567799,68	0,046	0,012
1	270	291831,89	4567796,87	0,225	0,059
1	271	291782,31	4567789,81	0,023	0,006
1	272	291734,56	4567801,36	0,032	0,009
1	273	291709,81	4567844,45	0,005	0,001
1	274	291681,69	4567884,68	0,005	0,001
1	275	291647,35	4567920,42	0,023	0,006
1	276	291608,86	4567952,46	0,006	0,002
1	277	291566,41	4567977,84	0,030	0,008

ANEXO 4. BOLETINES DE ENSAYO eDNA

TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
ESPECIE:	<i>Anguilla anguilla y Salmo trutta</i>	
INFORME DE ENSAYO N°:	21015	
Procedencia:	Embalse de Flix	
Código de proyecto:	EC20012	

Recepción de muestras en el laboratorio

Fecha:	13/12/21
Técnico:	Laura Miralles
Nº Muestras:	9
Estado de las muestras:	Congelación
Almacenaje:	Congelación

Código de muestra	Chequeo
FLX21_E1PRO1_1	<input checked="" type="checkbox"/>
FLX21_E1PRO1_2	<input checked="" type="checkbox"/>
FLX21_E1PRO1_3	<input checked="" type="checkbox"/>
FLX21_E1BEN1_1	<input checked="" type="checkbox"/>
FLX21_E1BEN1_2	<input checked="" type="checkbox"/>
FLX21_E1BEN1_3	<input checked="" type="checkbox"/>
FLX21_E1PES5_1	<input checked="" type="checkbox"/>
FLX21_E1PES5_2	<input checked="" type="checkbox"/>
FLX21_E1PES5_3	<input checked="" type="checkbox"/>

TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
ESPECIE:	<i>Anguilla anguilla y Salmo trutta</i>	
INFORME DE ENSAYO Nº:	21015	
Procedencia:	Embalse de Flix	
Código de proyecto:	EC20012	

Filtración de muestras de agua

Técnico:	Alexis Dorta
Almacenaje:	Congelación
Incidencias:	No

Muestras filtradas			
Código	Volumen (L)	Nº filtros	Fecha
FLX21_E1PRO1_1	1	2	16/12/21
FLX21_E1PRO1_2	1	2	16/12/21
FLX21_E1PRO1_3	1	2	16/12/21
FLX21_E1BEN1_1	1	2	16/12/21
FLX21_E1BEN1_2	1	2	16/12/21
FLX21_E1BEN1_3	1	2	16/12/21
FLX21_E1PES5_1	1	2	16/12/21
FLX21_E1PES5_2	1	2	16/12/21
FLX21_E1PES5_3	1	2	16/12/21
Control filtración	1	1	16/12/21

TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
ESPECIE:	<i>Anguilla anguilla y Salmo trutta</i>	
INFORME DE ENSAYO Nº:	21015	
Procedencia:	Embalse de Flix	
Código de proyecto:	EC20012	

Extracción de ADN

Fecha:	17-mar
Técnico:	Laura Miralles
Método de extracción:	Kit Qiagen
Número de muestras:	10
Incidencias:	No

Muestras extraídas		
Código	Volumen (mL)	Quality Check
FLX21_E1PRO1_1	100	☒
FLX21_E1PRO1_2	100	☒
FLX21_E1PRO1_3	100	☒
FLX21_E1BEN1_1	100	☒
FLX21_E1BEN1_2	100	☒
FLX21_E1BEN1_3	100	☒
FLX21_E1PES5_1	100	☒
FLX21_E1PES5_2	100	☒
FLX21_E1PES5_3	100	☒
Control filtración	100	☒

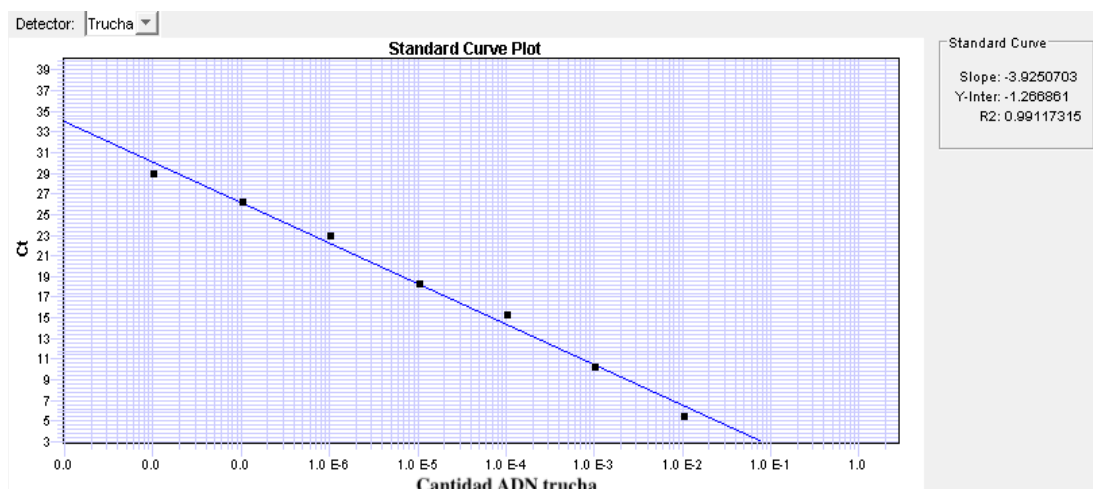
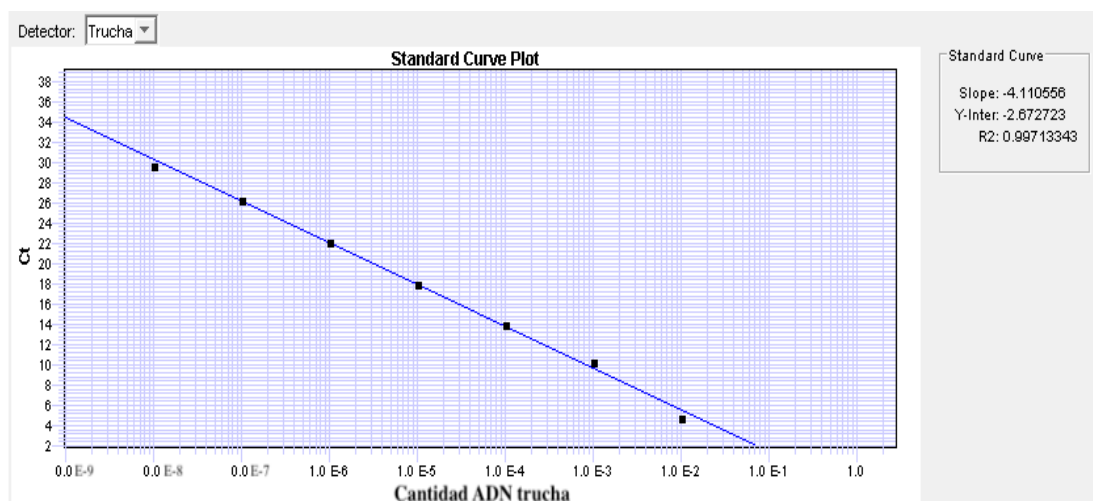
TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
ESPECIE:	<i>Anguilla anguilla</i> y <i>Salmo trutta</i>	
INFORME DE ENSAYO Nº:	21015	
Procedencia:	Embalse de Flix	
Código de proyecto:	EC20012	

Detección por PCR

Técnico:	Laura Miralles
Incidencias:	No

Salmo trutta

	1º Amplif.	2º Amplif.
Máquina PCR:	HT7900 Real Time	HT7900 Real Time
R2:	0,997	0,991
Recta - Pendiente:	-4,111	-3,925
Recta - Intercepto	-2,673	-1,267
Conservación:	congelación	congelación



TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
ESPECIE:	<i>Anguilla anguilla</i> y <i>Salmo trutta</i>	
INFORME DE ENSAYO Nº:	21015	
Procedencia:	Embalse de Flix	
Código de proyecto:	EC20012	

Resultados

Código	Detección	Detección	Detección
FLX21_E1PRO1_1	-	-	-
FLX21_E1PRO1_2	-	-	-
FLX21_E1PRO1_3	-	-	-
FLX21_E1BEN1_1	-	-	-
FLX21_E1BEN1_2	-	-	-
FLX21_E1BEN1_3	-	-	-
FLX21_E1PES5_1	-	-	-
FLX21_E1PES5_2	-	-	-
FLX21_E1PES5_3	-	-	-
Control negativo filtración	-	-	-
Cotrol negativo extracción	-	-	-
Control negativo PCR	-	-	-
Control positivo PCR	+	+	+

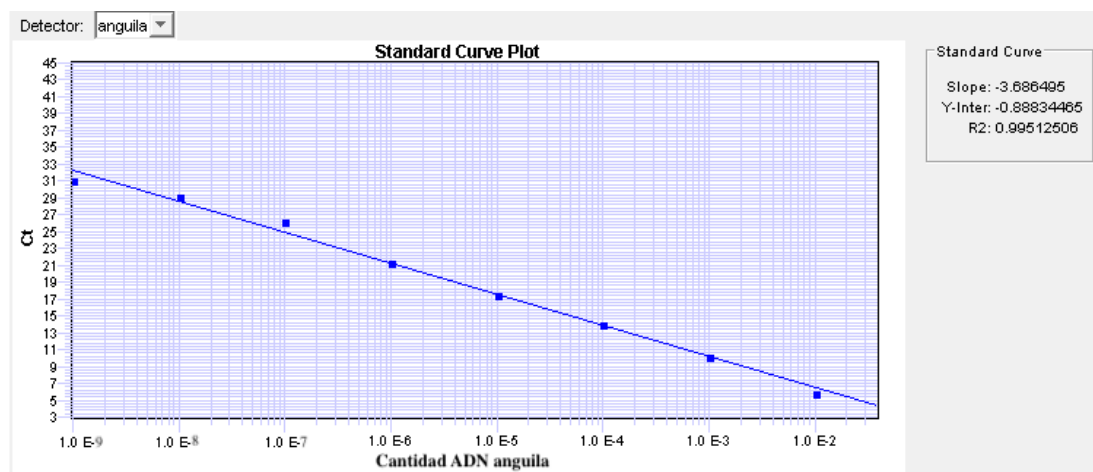
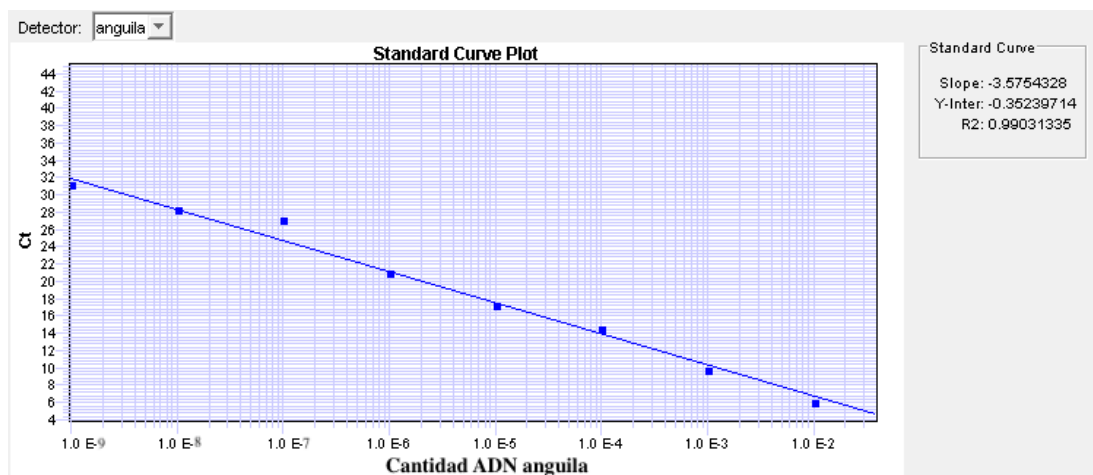
Conclusión

No se ha detectado la presencia de trucha (*Salmo trutta*) en ninguna muestra del embalse.

TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
ESPECIE:	<i>Anguilla anguilla</i> y <i>Salmo trutta</i>	
INFORME DE ENSAYO Nº:	21015	
Procedencia:	Embalse de Flix	
Código de proyecto:	EC20012	

Anguilla anguilla

	1º Amplif.	2º Amplif.
Máquina PCR:	HT7900 Real Time	HT7900 Real Time
R2:	0,99	0,995
Recta - Pendiente:	-3,575	-3,686
Recta - Intercepto	-0,353	-0,888
Conservación:	congelación	congelación



TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
ESPECIE:	<i>Anguilla anguilla</i> y <i>Salmo trutta</i>	
INFORME DE ENSAYO N°:	21015	
Procedencia:	Embalse de Flix	
Código de proyecto:	EC20012	

Resultados			
Código	Detección	Detección	Detección
FLX21_E1PRO1_1	-	-	-
FLX21_E1PRO1_2	-	-	-
FLX21_E1PRO1_3	-	-	-
FLX21_E1BEN1_1	-	-	-
FLX21_E1BEN1_2	-	-	-
FLX21_E1BEN1_3	-	-	-
FLX21_E1PES5_1	-	-	-
FLX21_E1PES5_2	-	-	-
FLX21_E1PES5_3	-	-	-
Control negativo filtración	-	-	-
Cotrol negativo extracción	-	-	-
Control negativo PCR	-	-	-
Control positivo PCR	+	+	+

Conclusión

No se ha detectado la presencia de anguila (*Anguilla anguilla*) en ninguna muestra del embalse.

TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE
ESPECIE:	<i>Anguilla anguilla y Salmo trutta</i>	CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
INFORME DE ENSAYO Nº:	21015	
Procedencia:	Embalse de Flix	
Código de proyecto:	EC20012	