



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





MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO





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

PROMOTOR:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



SERVICIO:

ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS

DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

María José Rodríguez Pérez

Vicente Sancho-Tello Valls

EMPRESA CONSULTORA:

ECOYDROS 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 electropesca en Ciurana

Superior derecha: Ejemplar de barbo de Graellsii (*Luciobarbus graellsii*) en Ciurana

Inferior izquierda: Equipos accediendo al embalse de Ciurana

Inferior derecha: Vista panorámica del embalse de Ciurana

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2020) Sondeo hidroacústico en embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro: Embalse de Ciurana. 65 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 CIURANA. AÑO 2021

El objeto de este informe es la evaluación de la abundancia y biomasa de la biocenosis de peces del embalse de Ciurana. 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.*

*Los resultados determinaron que la asociación está claramente dominada en densidad por el alburno (*Alburnus alburnus*), que representa el 44% seguido de la asociación de black bass (*Micropterus salmoides*) con un 12%. En lo que respecta a la biomasa, la carpa común (*Cyprinus carpio*) domina la asociación con un 74%, seguida por la lucioperca (*Sander lucioperca*) (10%) y el bagre (*Squalius laietanus*) (8%).*

La densidad estimada fue de $1,64 \pm 0,5$ ind/dam³ y la biomasa de $2,11 \pm 0,63$ g/m², es decir, unos 21,1 kg/ha, que pueden considerarse valores moderadamente bajos de biomasa.

*No se ha detectado la presencia de trucha común (*Salmo trutta*) ni de anguila (*Anguilla anguilla*) mediante la prospección con la técnica de mayor sensibilidad conocida (eDNA).*



HYDROACOUSTIC SOUNDING IN RESERVOIRS OF THE EBRO RIVER BASIN DISTRICT: CIURANA RESERVOIR. YEAR 2021

This report refers to the assessment of the abundance and biomass of the fish biocenosis of the Ciurana reservoir. For this purpose, in October 2021 a quantitative sampling of fish in the reservoir was carried out using a combination of techniques: direct sampling by means of scientific gillnets (CEN-EN 14.757/2006) and boat electrofishing; and indirect sounding using hydroacoustic techniques.

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

*The results determined that the association is dominated in density by the bleak (*Rutilus rutilus*) which represents 44%, followed by the black bass association (12%). In terms of biomass, common carp (*Cyprinus carpio*) dominates the association with 74%, followed by pikeperch (*Sander lucioperca*) (1%) and “bagre” (*Squalius laietanus*) (8%).*

The estimated density was 1.64 ± 0.5 ind/dam³ and the biomass was 2.11 ± 0.63 g/m², i.e. about 21.1 kg/ha, which can be considered low biomass values.

Regarding brown trout and eel detection by environmental DNA analysis, the results have been negative (absence) for both species.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	12
1.1. PRESTACIONES DE LAS TÉCNICAS APLICADAS	15
1.2. INTERÉS DEL ESTUDIO CUANTITATIVO DE LA FAUNA ÍCTICA EN MASAS DE AGUA NO VADEABLES.....	14
2. ÁMBITO DE ESTUDIO	15
2.1. SITUACIÓN.....	15
2.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA	16
2.3. RÉGIMEN HIDROLÓGICO	18
2.4. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EMBALSE. PERFILES VERTICALES	19
2.5. POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO	21
3. METODOLOGÍA.....	22
3.1. DISEÑO DEL MUESTREO.....	23
3.2. MUESTREOS REMOTOS: HIDROACÚSTICA	23
3.2.1. Prospección hidroacústica.....	23
3.2.2. Procesado de datos acústicos.....	25
3.3. MUESTREOS DIRECTOS DE PESCA.....	26
3.3.1. Redes agalleras multipaño	26
3.3.2. Pesca eléctrica desde embarcación.....	27
3.4. INTERPOLACIÓN ESPACIAL Y ESTIMACIONES GLOBALES	28
3.5. EVALUACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE BIÓTICO QFBI.....	29
3.6. DETECCIÓN DE TRUCHA COMÚN Y ANGIULA EUROPEA MEDIANTE ADN AMBIENTAL.....	31
3.6.1. Muestreo de ADN ambiental (eDNA)	31
3.6.2. Obtención de ADN ambiental de trucha común y de anguila en muestras de agua	32
3.6.3. Detección específica de trucha común.....	32
3.6.4. Detección específica de anguila europea	33
3.6.5. Estimaciones de biomasa.....	33
4. RESULTADOS	34
4.1. SONDEO HIDROACÚSTICO: DENSIDADES.....	34
4.1.1. Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro.....	40
4.2. MUESTREOS DIRECTOS: COMPOSICIÓN Y BIOMASA ESPECÍFICA.....	41



4.2.1.	<i>Especies presentes en el embalse</i>	42
4.2.2.	<i>Composición y distribución de especies</i>	42
4.3.	<i>BIOMASA</i>	47
4.3.1.	<i>Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro</i>	52
4.4.	<i>DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES</i>	53
4.5.	<i>MUESTREOS INDIRECTOS: ADN AMBIENTAL</i>	54
4.5.1.	<i>Muestras ambientales de agua</i>	54
4.5.2.	<i>Detección de trucha común mediante qPCR y estimaciones de biomasa</i>	54
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	59
7.	GLOSARIO Y ACRÓNIMOS	61
8.	BIBLIOGRAFÍA	63

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. Cubicación de los estratos considerados en el embalse de Ciurana	18
Tabla 2. Descripción de las redes de muestreo empleadas.	26
Tabla 3. Métricas y coeficientes para el cálculo del QFBI	30
Tabla 4. Valores de corte del QFBI empleados para la clasificación del potencial ecológico	31
Tabla 5. Densidad de peces (ind/dam ³) por estratos, estimada mediante acústica (los casos se refieren a celdas de análisis)	35
Tabla 6. Especies presentes en el embalse.....	42
Tabla 7. Redes científicas utilizadas durante los muestreos directos en el embalse de Ciurana	42
Tabla 8. Resultados de las pescas con red por especies	43
Tabla 9. Tracks de pesca eléctrica realizados durante los muestreos directos en el embalse de Ciurana	45
Tabla 10. Resultados de la pesca eléctrica por especies	45
Tabla 11. Biomasa de peces por estratos (g/m ²) estimada mediante acústica	48
Tabla 12. Densidades (ind/dam ³) y biomásas (g/m ²) por especie	53
Tabla 13. Datos de las rectas patrón obtenidas para la cuantificación de muestras ambientales de trucha común	54
Tabla 14. Datos de las rectas patrón obtenidas para la cuantificación de muestras ambientales de anguila europea.....	56
Tabla 15. Resultados del QFBI obtenidos para el embalse de Ciurana	58

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Embarcación de hidroacústica accediendo al embalse de Ciurana	14
Figura 2. Situación del embalse de Ciurana	15
Figura 3. Índice NDWI aplicado a la imagen de satélite para identificar la lámina de agua	17
Figura 4. Relieve del embalse de Ciurana a partir del MDT topobatimétrico	18
Figura 5 Evolución del volumen embalsado en el embalse de Ciurana durante el ciclo hidrológico 2020/21 (elaboración propia).....	19



Figura 6. Perfiles físico-químicos realizados en el embalse de Ciurana (CUR21_E1PRO1)	20
Figura 7. Esquema del método de censado de poblaciones ícticas en un embalse	22
Figura 8. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico	24
Figura 9. Ubicación de redes bentónicas en el embalse de Ciurana	27
Figura 10. Equipo de electropesca en embarcación preparado para el muestreo en el embalse de Ciurana	28
Figura 11. Ejemplo de ajuste de curva al semivariograma para el interpolado espacial	29
Figura 12. Ubicación de las estaciones de muestreo directo de diferente tipo en el embalse de Ciurana .	31
Figura 13. Recorridos de sondeo hidroacústico en el embalse de Ciurana	34
Figura 14. Ejemplo de un ecograma obtenido con el haz horizontal en el embalse de Ciurana	35
Figura 15. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato superior (UOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud.	37
Figura 16. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato intermedio (MOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud.....	38
Figura 17. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato inferior (LOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud.....	39
Figura 18. Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro	40
Figura 19. Fotografías de las actuaciones realizadas durante los muestreos directos en el embalse de Ciurana	41
Figura 20. Composición de la asociación obtenida mediante redes en el embalse de Ciurana	43
Figura 21. Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm.....	44
Figura 22. Composición de la asociación obtenida mediante pesca eléctrica del embalse de Ciurana	46
Figura 23. Ejemplares de las especies capturadas en el embalse de Ciurana	47
Figura 24. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato superior (UOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud	49
Figura 25. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato intermedio (MOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud.....	50
Figura 26. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato inferior (LOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud.....	51
Figura 27. Comparación de la biomasa con otros embalses de la cuenca del Ebro	52



Figura 28. 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) corresponde a las réplicas de laboratorio realizadas 55

Figura 29. 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) corresponde a las réplicas de laboratorio realizadas 56



1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El presente documento constituye el informe final de los trabajos realizados en el embalse de Ciurana (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 presentan los trabajos realizados en la evaluación de las poblaciones de peces del embalse de Ciurana, al tiempo que se somete a contraste el rendimiento de las técnicas hidroacústicas combinadas con muestreos directos de verificación y con métodos de detección de alta sensibilidad (eDNA), como futura metodología de aplicación en las masas de aguas no vadeables para evaluar la biomasa de peces en estos ecosistemas.

El informe recoge la descripción de los métodos aplicados, así como los resultados obtenidos. Consta de una Memoria con sus respectivos ANEXOS, en los que se facilitan *in extenso* los datos que dan lugar las estimaciones sintéticas, tanto en forma de fichas y tablas alfanuméricas como en forma de mapas, según proceda. Se acompaña además de un CD en el que se facilitan los documentos y datos en formato electrónico.



1.1. PRESTACIONES DE LAS TÉCNICAS APLICADAS

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

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

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

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

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

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

2. ÁMBITO DE ESTUDIO

2.1. SITUACIÓN

El embalse de Ciurana (MAS 73) se localiza en el término municipal de Cornudella de Montsant en la provincia de Tarragona, regulando las aguas del río Siurana.

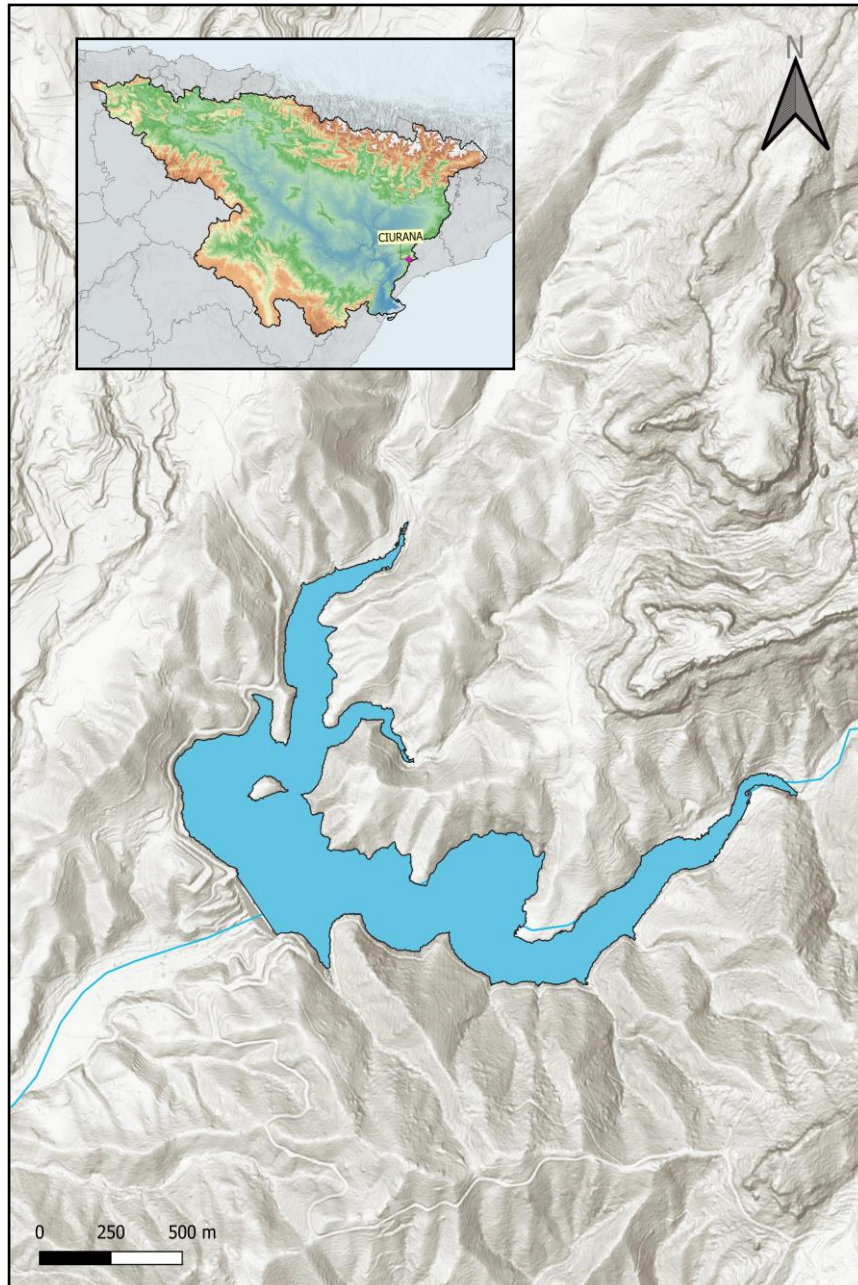


Figura 2. Situación del embalse de Ciurana



El agua del embalse está destinada principalmente al abastecimiento de la población, riego y usos recreativos tales como los deportes náuticos de remo o piragüismo. El embalse de Ciurana forma parte del Registro de Zonas Protegidas elaborado por la Confederación Hidrográfica del Ebro según el artículo 6 de la Directiva Marco del Agua, en la categoría de zonas de uso recreativo (zona de baño “Cornudella de Montsant”) y la zona suroccidental, presenta figuras de protección establecidas en la Red Natura 2000, como punto LIC y ZEPA (“Muntanyes del Prades, ES5140008).

2.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

Según el inventario nacional de presas y embalses, el embalse de Ciurana tiene una capacidad máxima de 12,43 hm³ y ocupa en su nivel máximo normal (NMN) una superficie de 85 ha, lo que supone una profundidad media de 17,2 m y máxima de 42,8 m.

Habitualmente el sondeo hidroacústico se utiliza también para obtener una batimetría aproximada que se emplea para cubicar los diferentes estratos y ponderar las densidades y biomásas obtenidas por capa. Sin embargo, en este caso se dispone de un modelo digital del terreno realizado mediante ecosondeo multihaz (cobertura completa) durante el año 2021 y facilitado por la propia CHE. En la Figura 4 se representa en planta el mencionado modelo batimétrico digital.

El embalse presentó durante el muestreo (15 - 16 de octubre de 2021) una profundidad media de 12,1 m y máxima de 30 m; la cota durante esas fechas estaba en el entorno de 456,7 msnm, que según la hipsometría generada corresponde a un volumen de 4,81 hm³ (40% 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 Ciurana (Figura 3) y de la que se extrae el polígono del contorno del embalse durante el muestreo. Usualmente se aplica posteriormente como frontera en las interpolaciones espaciales, pero en este caso se ha utilizado el que proporciona el MDT de la batimetría multihaz mencionada anteriormente. La superficie del embalse en las fechas del muestreo es de 40 ha.

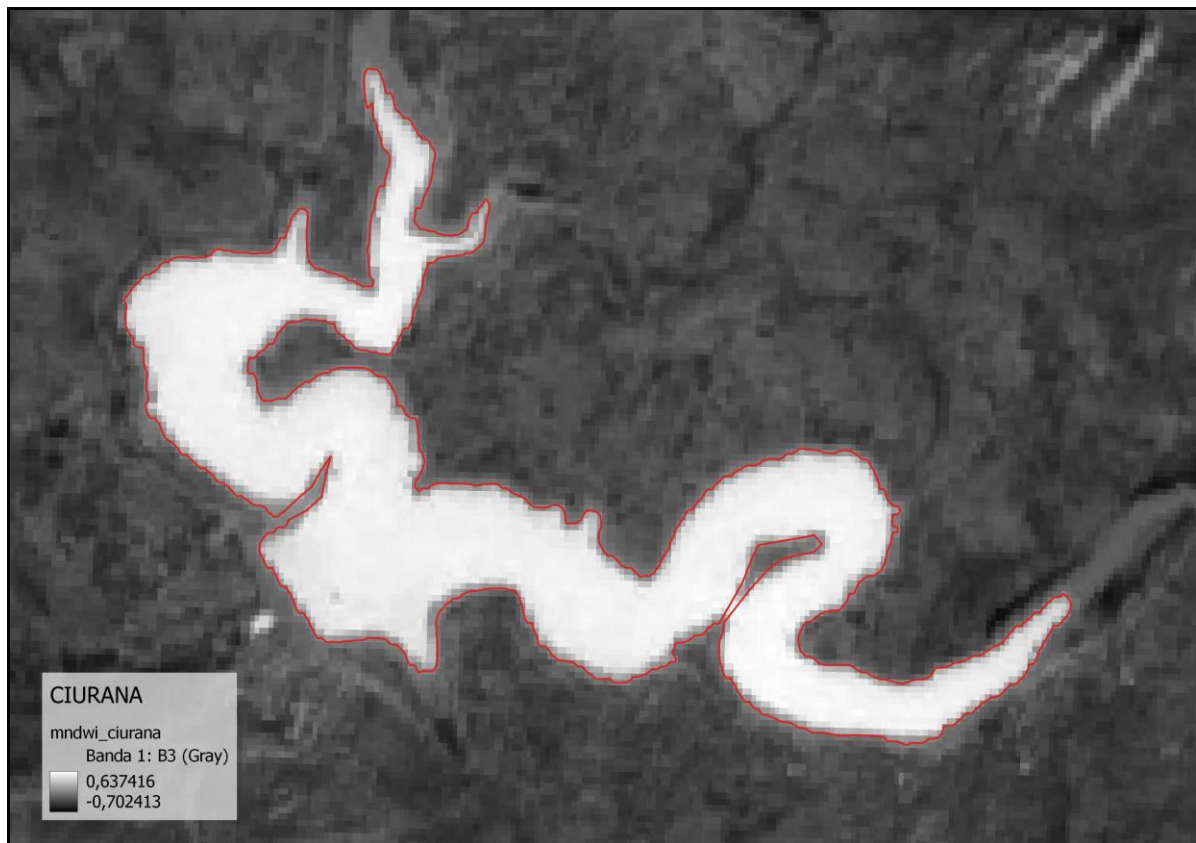


Figura 3. Índice NDWI aplicado a la imagen de satélite para identificar la lámina de agua

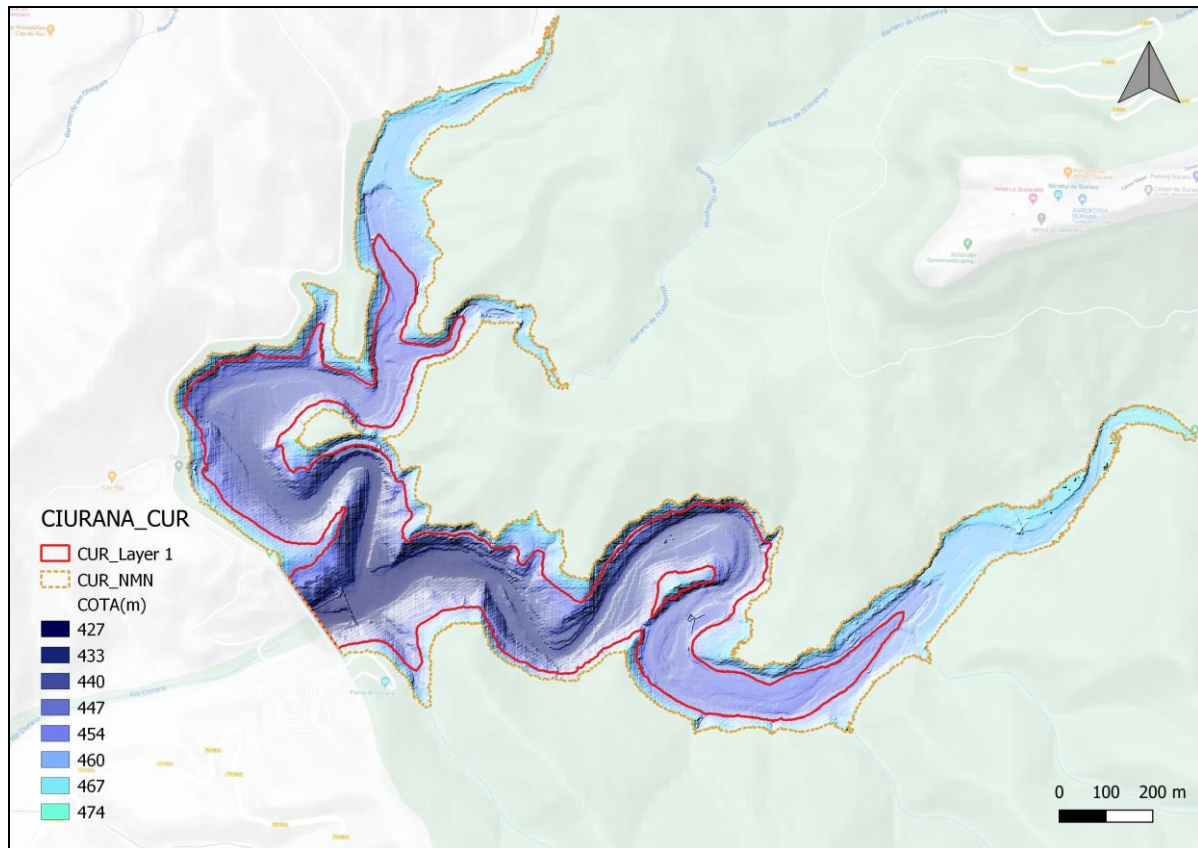


Figura 4. Relieve del embalse de Ciurana a partir del MDT topobatimétrico

En la Tabla 1 se presentan los volúmenes y superficies de cada uno de los 3 estratos de profundidad considerados en este caso, obtenidos a partir de la batimetría anterior.

Tabla 1. Cubicación de los estratos considerados en el embalse de Ciurana

Embalse	Sector	Estrato	Profundidad (m)	Volumen (hm ³)	Superficie (ha)
CUR21	1	1	0 a 5	1,883	40,0
CUR21		2	5 a 15	2,093	30,5
CUR21		3	15 a 30	0,830	14,2

2.3. RÉGIMEN HIDROLÓGICO

El embalse de Ciurana presenta un importante descenso del volumen hídrico almacenado que coincide con el desembalse realizado durante la época de regadío del año 2021 (entre mayo y octubre), llegando a una reserva de 3,67 hm³ (31% de su capacidad) en el mes de

marzo de 2022. En la fecha de muestreo (15/10/2021), el volumen del embalse se situaba en $4,81\text{hm}^3$ (40% de su capacidad) representado con una línea roja en la Figura 5.

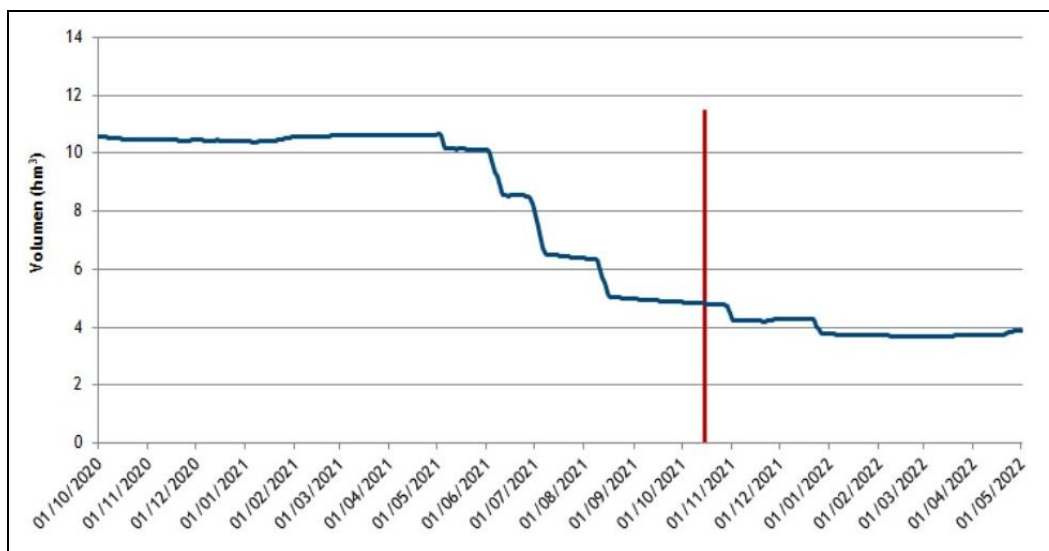


Figura 5 Evolución del volumen embalsado en el embalse de Ciurana durante el ciclo hidrológico 2020/21 (elaboración propia).

2.4. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EMBALSE. PERFILES VERTICALES

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

En la Figura 6 se facilita una ficha con los parámetros resumen y la representación gráfica de los perfiles realizados en la estación "CUR21_E1PRO1", que es la más cercana a la presa.

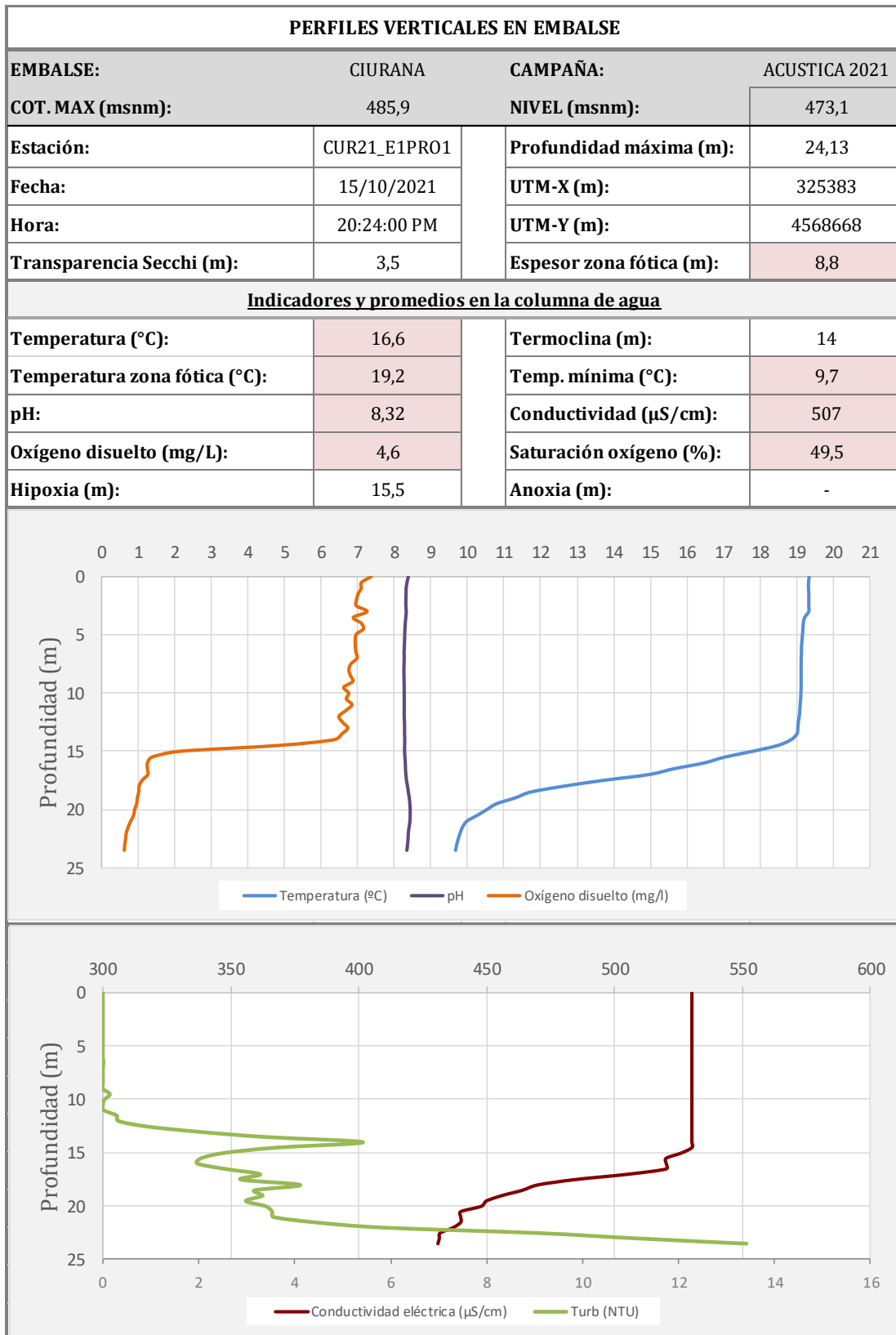


Figura 6. Perfiles físico-químicos realizados en el embalse de Ciurana (CUR21_E1PRO1)



De dichos perfiles se extraen las siguientes apreciaciones:

- La profundidad máxima en el momento del muestreo alcanza aproximadamente los 24 metros.
- La temperatura del agua oscila entre los 9,7 °C en fondo y los 19,4°C registrados en superficie. En el momento del muestreo la termoclina se sitúa a 14 metros de profundidad y el metalimnion se extiende hasta los 20 m.
- El pH del embalse es ligeramente básico y más o menos regular en toda la columna de agua, alcanzando valores máximos de 8,43 ud de pH a los 20 metros.
- La transparencia del agua estimada mediante el disco Secchi es de 3,5 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica aproximada de 8,8 m. El valor promedio de la turbidez es de 2,1 NTUs que se alcanza en torno a los 15 m de profundidad. Las medidas observadas en relación con la turbidez en la zona fótica muestran una relación negativa con la transparencia medida en campo.
- La conductividad eléctrica es de 530 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en superficie y de 431 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el fondo.
- Las condiciones de oxigenación son buenas en el epilimnion (concentración máxima de 7,4 mg O_2/L), pero por debajo de los 15 m se transita rápidamente a condiciones de anoxia (<2 mg O_2/L) en el hipolimnion.

2.5. POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO

El embalse de Ciurana se cataloga en el ecotipo 10 (Monomítico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a tramos de cabecera y tramos altos). Este embalse está incluido en la red de control de vigilancia y en la red de control operativo, y ha sido catalogado como oligotrófico y potencial ecológico “bueno o superior”, según el informe final de Seguimiento de Embalses 2017 de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE, 2017).

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). El modelo batimétrico digital sirve para ubicar adecuadamente las estimaciones poblacionales en cada macrohábitat.

Metodología de censo de peces

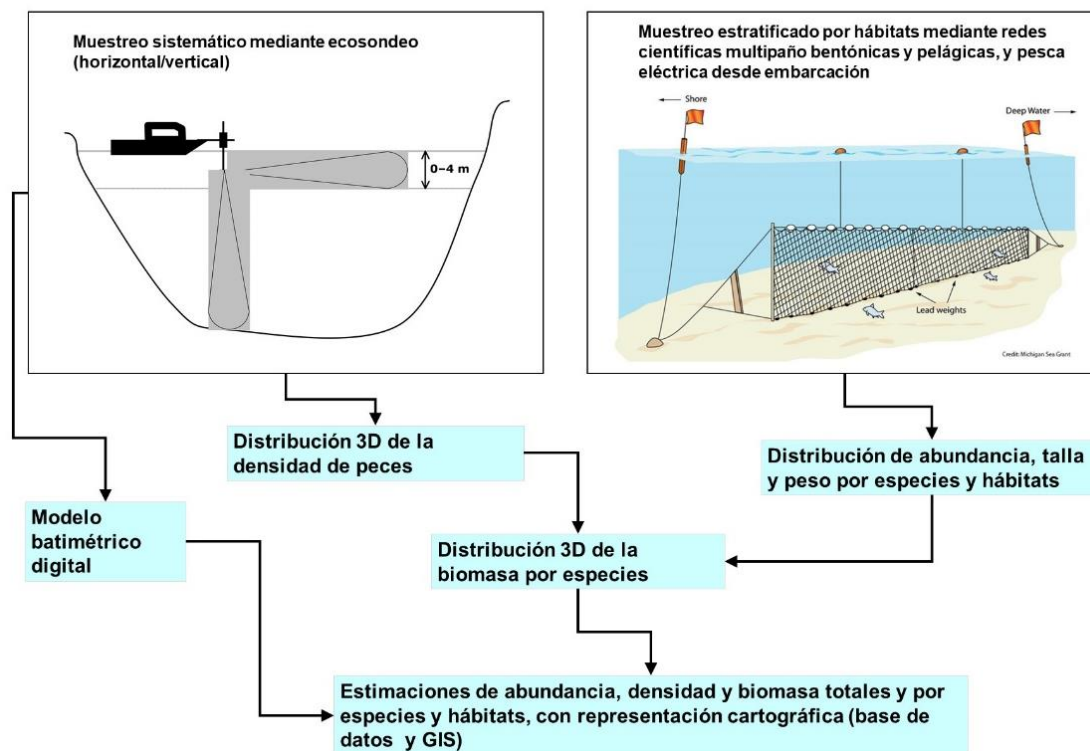


Figura 7. Esquema del método de censo de poblaciones ícticas en un embalse



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 15 y 16 de octubre de 2020.

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.

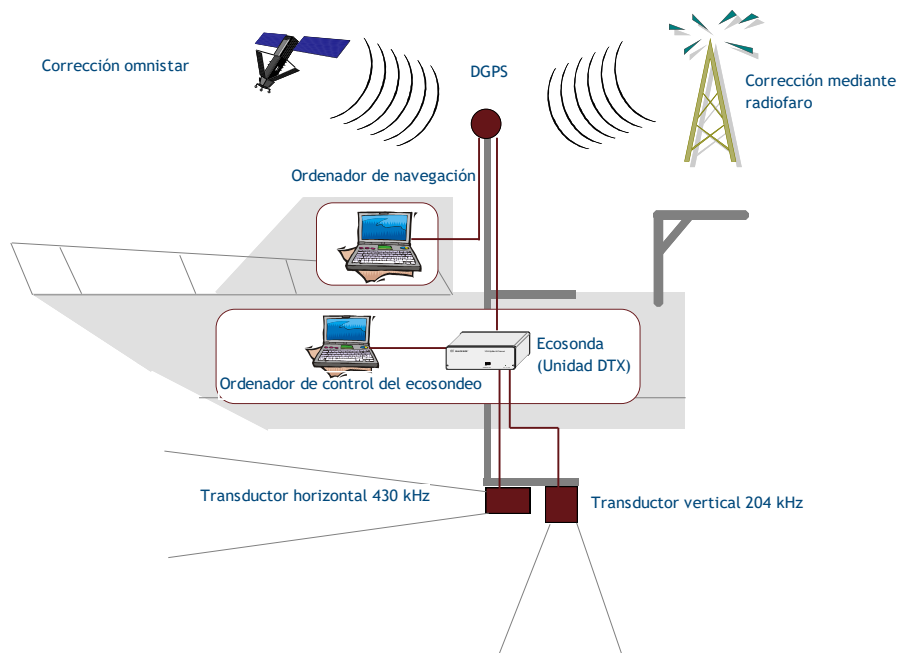


Figura 8. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico

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

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

En este embalse se ha aplicado la técnica de conteo de rastros para estimar la abundancia en los estratos profundos, sondeados con orientación vertical del haz acústico, dado que la moderada densidad de peces y el ruido por otros factores (burbujas, etc) lo permiten. Los ecos que componen el rastro se compensan con la distancia al eje del haz acústico.

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

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

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

3.3. MUESTREOS DIRECTOS DE PESCA

3.3.1. *Redes agalleras multipaño*

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

Constan estas redes de 12 paños agalleros de luz creciente, que va desde 5 hasta 55 mm, en una longitud total de 10m, 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 el embalse de Ciurana

3.3.2. Pesca eléctrica desde embarcación

En las zonas litorales someras (hasta 2 metros), especialmente en la zona de la cola del embalse, se realizó un muestreo complementario mediante electropesca 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 en embarcación preparado para el muestreo en el embalse de Ciurana

3.4. INTERPOLACIÓN ESPACIAL Y ESTIMACIONES GLOBALES

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

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

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

Para ello en primer lugar se ha ajustado una curva al semivariograma (ver ejemplo en la Figura 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.

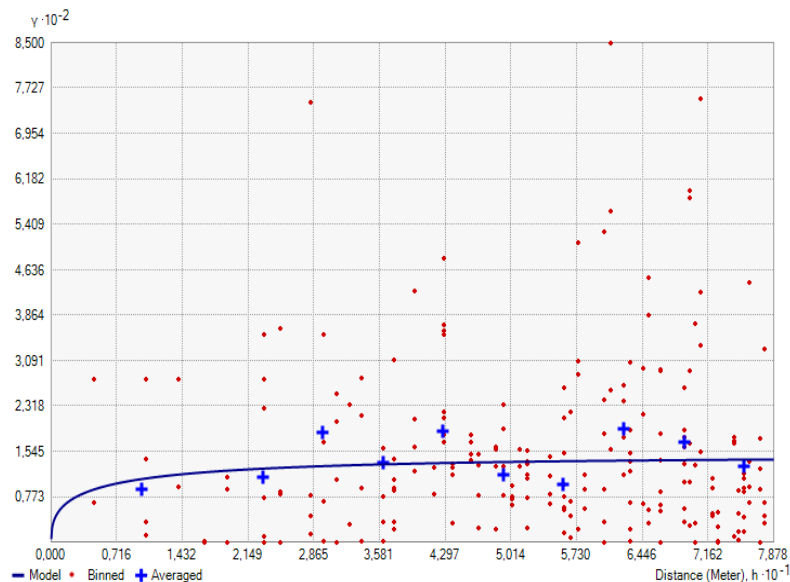


Figura 11. Ejemplo de ajuste de curva al semivariograma para el interpolado espacial

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

Puesto que no es preceptiva su aplicación, no existe en la actualidad un método oficial de evaluación del potencial ecológico de los embalses basado en el bioindicador peces. No



obstante, se dispone de un índice biótico de calidad desarrollado previamente dentro del proyecto de I+D+i del MARM “Investigación de la respuesta hidroacústica específica y desarrollo de métodos para la evaluación cuantitativa de las comunidades de peces y del potencial ecológico en embalses” (Expte.: 082/RN08/01.1), coordinado por Ecohydros. Su cálculo puede tener interés su cálculo a efectos de comparar sintéticamente la calidad entre los diferentes embalses según la composición y biomasa de las biocenosis de peces.

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

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

Tabla 3. Métricas y coeficientes para el cálculo del QFBI

Métrica	Variable	Descripción	Coefficiente
		Término independiente	-2,313
M1	LOG_BIO	Logaritmo de la biomasa total del embalse expresada en g/ha	0,943
M2	LOG_BIO_native	Logaritmo de la biomasa de especies autóctonas del embalse expresada en g/ha	-1,492
M3	LOG_%_BIO_PISC_Exotic	Logaritmo del porcentaje en biomasa de especies exóticas piscívoras	6,497
M4	LOG_BIO_PISC_Exotic	Logaritmo de la biomasa de especies exóticas piscívoras expresada en g/ha	0,273
M5	LOG_BIO_ciprin_native	Logaritmo de la biomasa de ciprínidos autóctonos expresada en g/ha	0,789

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

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

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

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

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

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

3.6.1. Muestreo de ADN ambiental (eDNA)

Para la detección de trucha común (*Salmo trutta*) y de anguila (*Anguilla anguilla*) se tomaron muestras de 1L de agua en 3 puntos del embalse a 3 niveles de profundidad en cada punto: superficial (1 m), pelágico (4 m) y bentónico (15 m).

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.

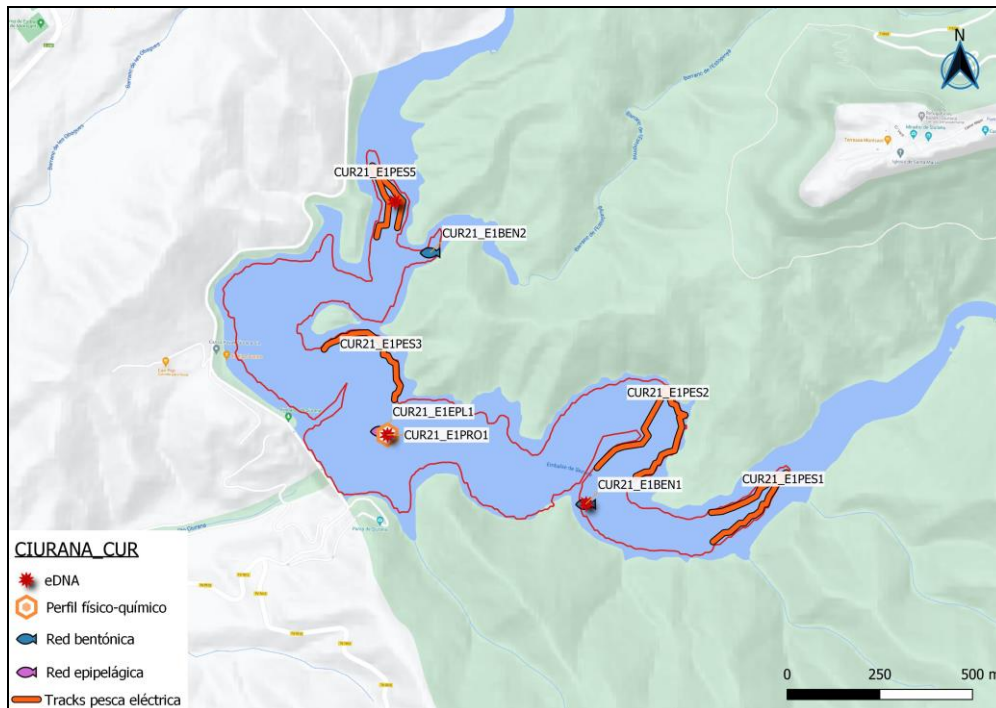


Figura 12. Ubicación de las estaciones de muestreo directo de diferente tipo en el embalse de Ciurana

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 y validado por Ecohydros tanto *in vitro* como *in situ*. 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

Los recorridos móviles de ecosondeo han cubierto una longitud total de 9,9 km (con dos transductores), lo que supone un valor del índice de cobertura (Da) de 15,6. 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 de la batimetría.

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.

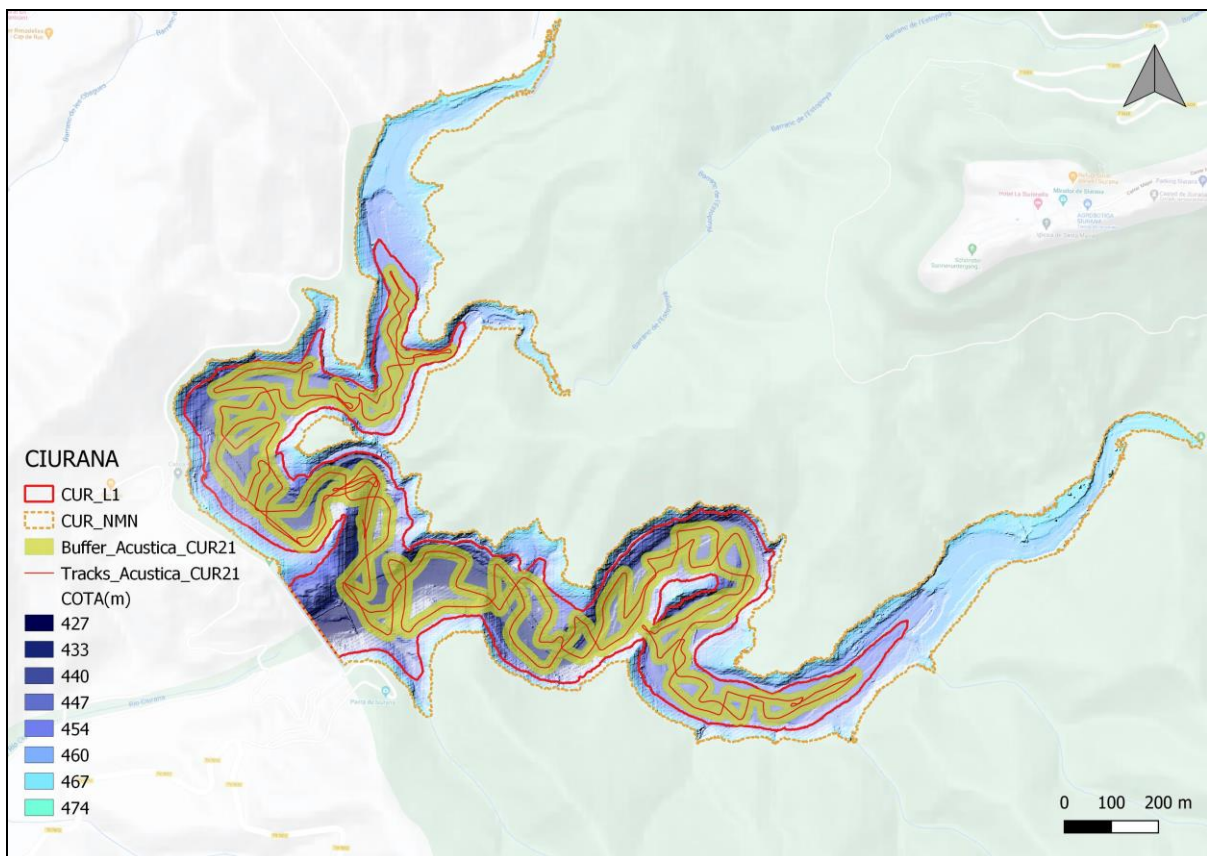


Figura 13. Recorridos de sondeo hidroacústico en el embalse de Ciurana

En la Figura 14 se muestra un ejemplo de ecograma durante el muestreo acústico en el embalse de Ciurana realizado con haz horizontal y asociado a una distancia de la embarcación de 30 metros. La orilla, en amarillo, está a una distancia de unos 19 metros en la primera parte del ecograma, donde pueden observarse señales de peces de diferentes tallas, algunas asociadas a la orilla y otras en medio. En la segunda parte del ecograma, la orilla está a unos 5 metros, y aquí se observa vegetación en orilla.

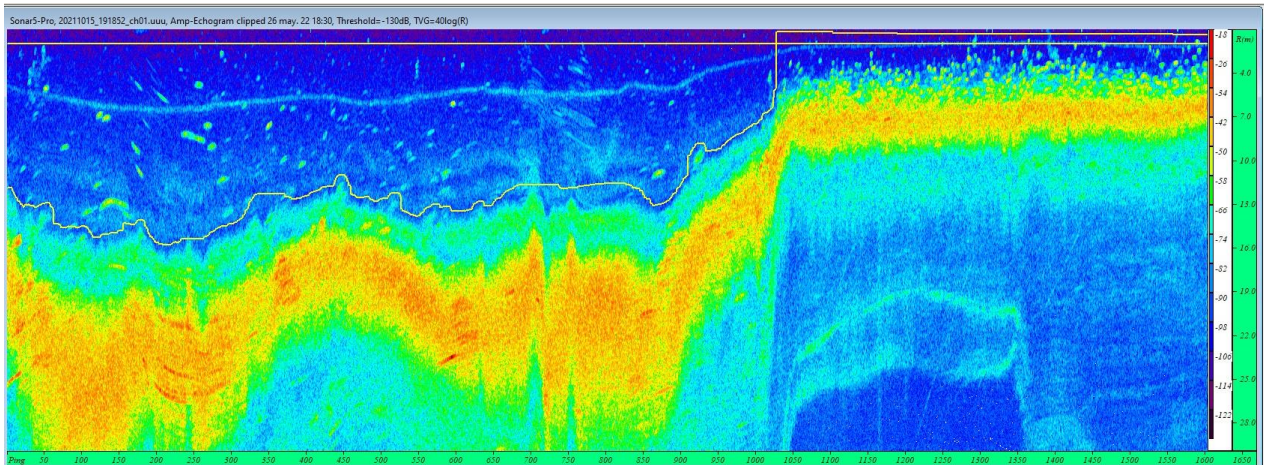


Figura 14. Ejemplo de un ecograma obtenido con el haz horizontal en el embalse de Ciurana

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/dam^3) por estratos, estimada mediante acústica (los casos se refieren a celdas de análisis)

Embalse	Sector	Estrato	Densidad media ($\text{ind}/1000\text{m}^3$)	Densidad máxima ($\text{ind}/1000\text{m}^3$)	Número de casos	Número de casos con valor 0	Desviación típica
CUR21	1	1	1,38	89	198	48	6,9
CUR21		2	2,35	200	166	140	16,8
CUR21		3	0,43	8	81	69	1,3



Estos valores medios se han ponderado con el volumen de cada estrato y sector (Tabla 1), para obtener una densidad total del embalse de $1,64 \pm 0,5$ ind/dam³. Se trata de un valor bajo, propio de sistemas poco productivos y de embalses con carácter oligotrófico.

El mayor número de detecciones se ha producido en el estrato intermedio (MOW), es decir entre los 5 y los 15 metros de profundidad. En el estrato inferior (LOW) no hay apenas detecciones, debido a las condiciones de anoxia en el estrato profundo (15 a 30 m de profundidad).

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

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

Los peces tienden a concentrarse en la cola del embalse, así como en las zonas litorales del noroeste, excepto lógicamente en el estrato inferior (LOW) que se encuentra en la zona del vaso principal y que además apenas presenta detecciones.

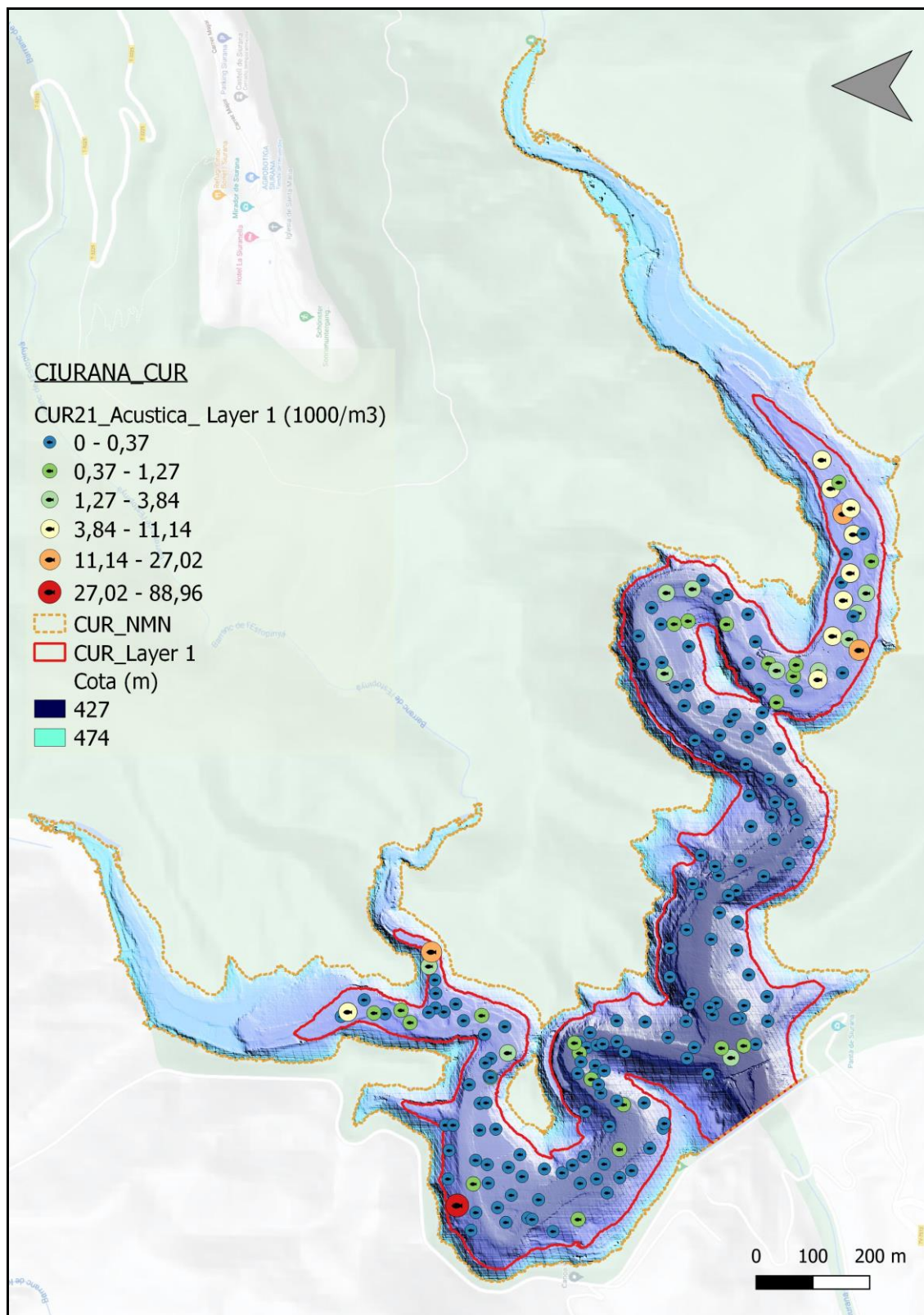


Figura 15. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato superior (UOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud.

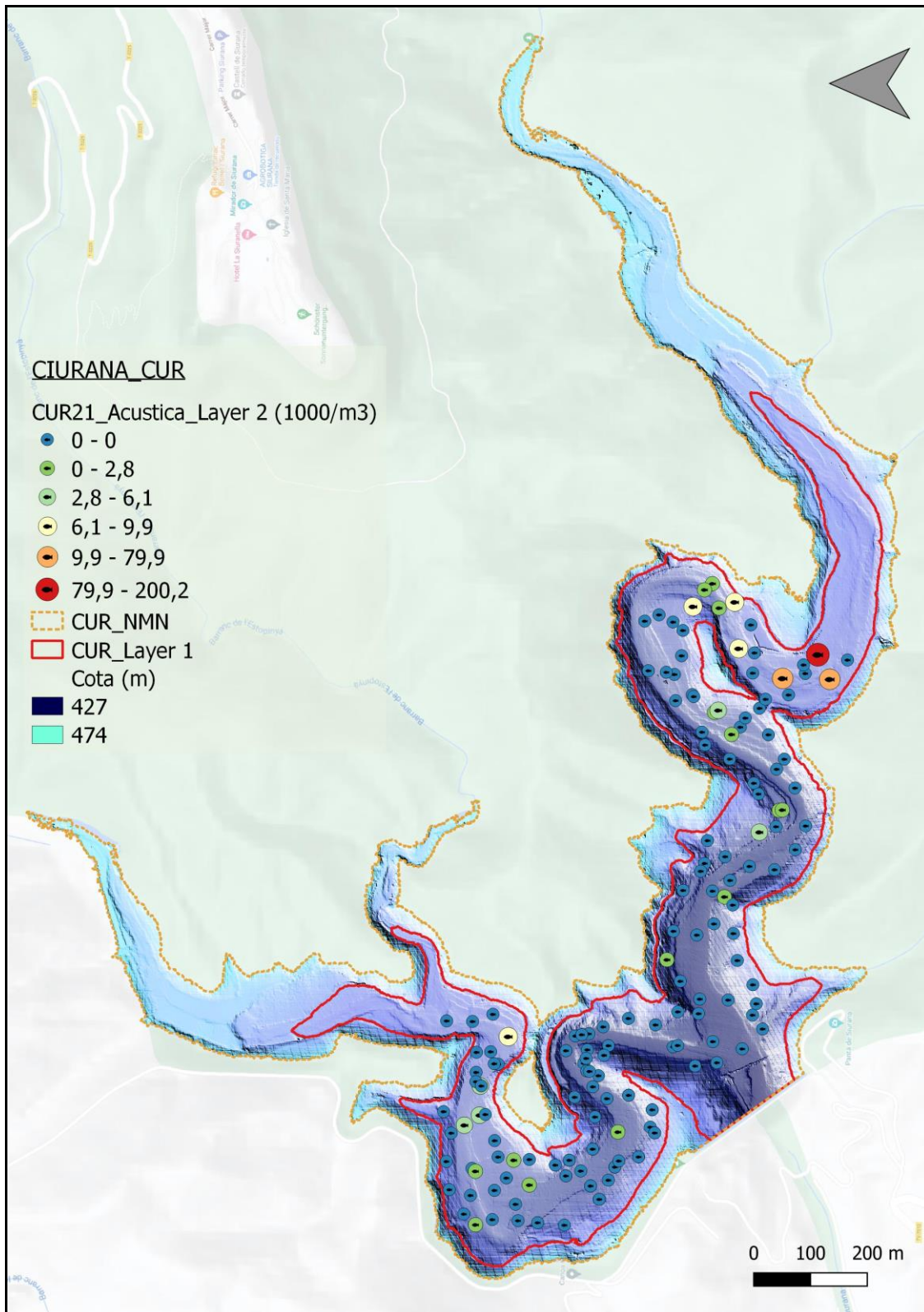


Figura 16. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato intermedio (MOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud.

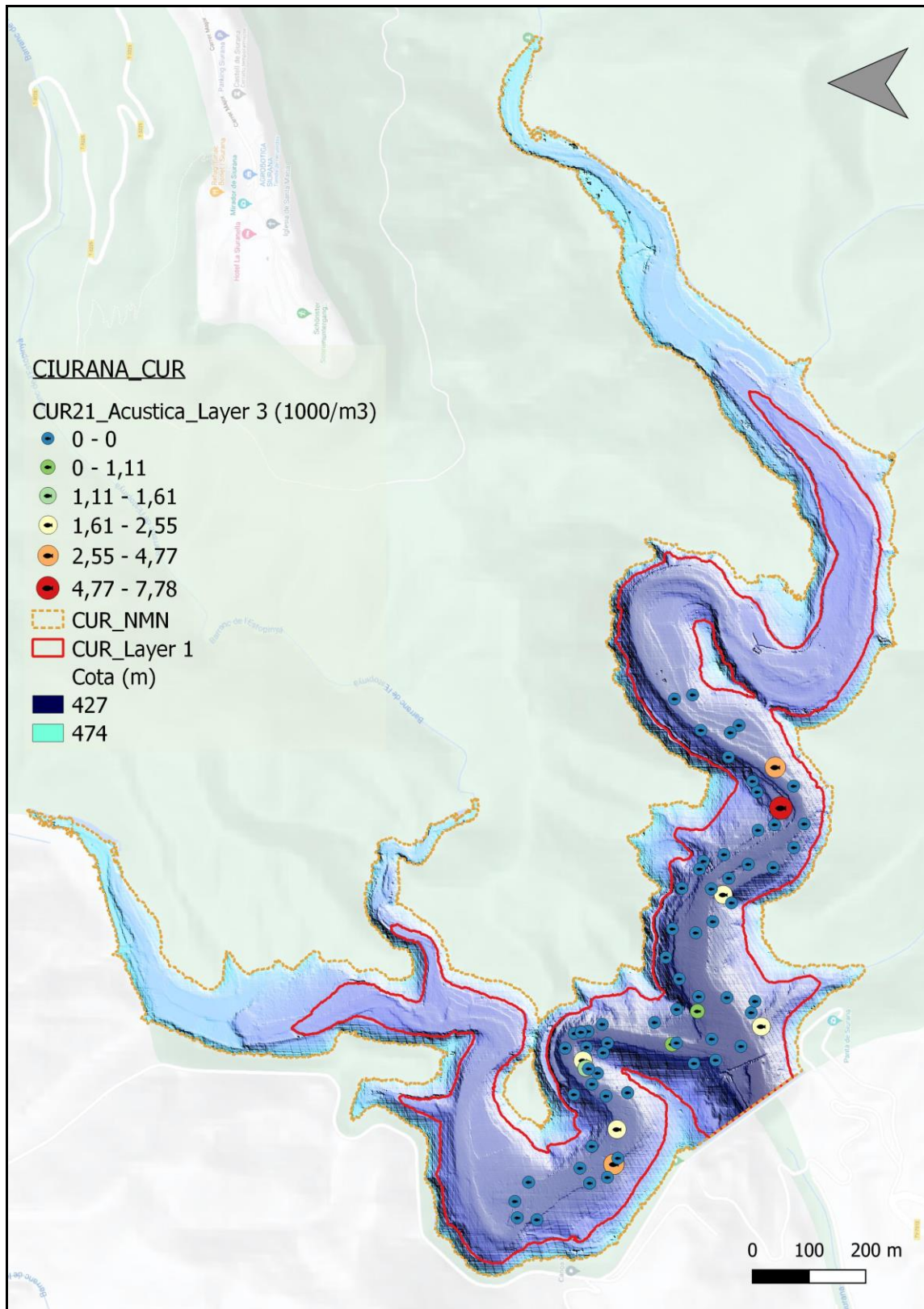


Figura 17. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato inferior (LOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud.

4.1.1. Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro

En el diagrama de barras siguiente (Figura 18) se presentan los resultados de densidad obtenidos en el embalse de Ciurana, en comparación con otros embalses de la cuenca del Ebro donde se ha trabajado con técnicas hidroacústicas y se dispone de datos cuantitativos. La línea roja representa el valor promedio de los embalses considerados, en la que los embalses de Moneva y Maidevera constituyen extremos, muy separados del resto por el lado superior de la distribución. El embalse de Ciurana se encuentra en la cola inferior de las densidades de peces en el contexto de la cuenca del Ebro y la estimación realizada está en un rango bajo.

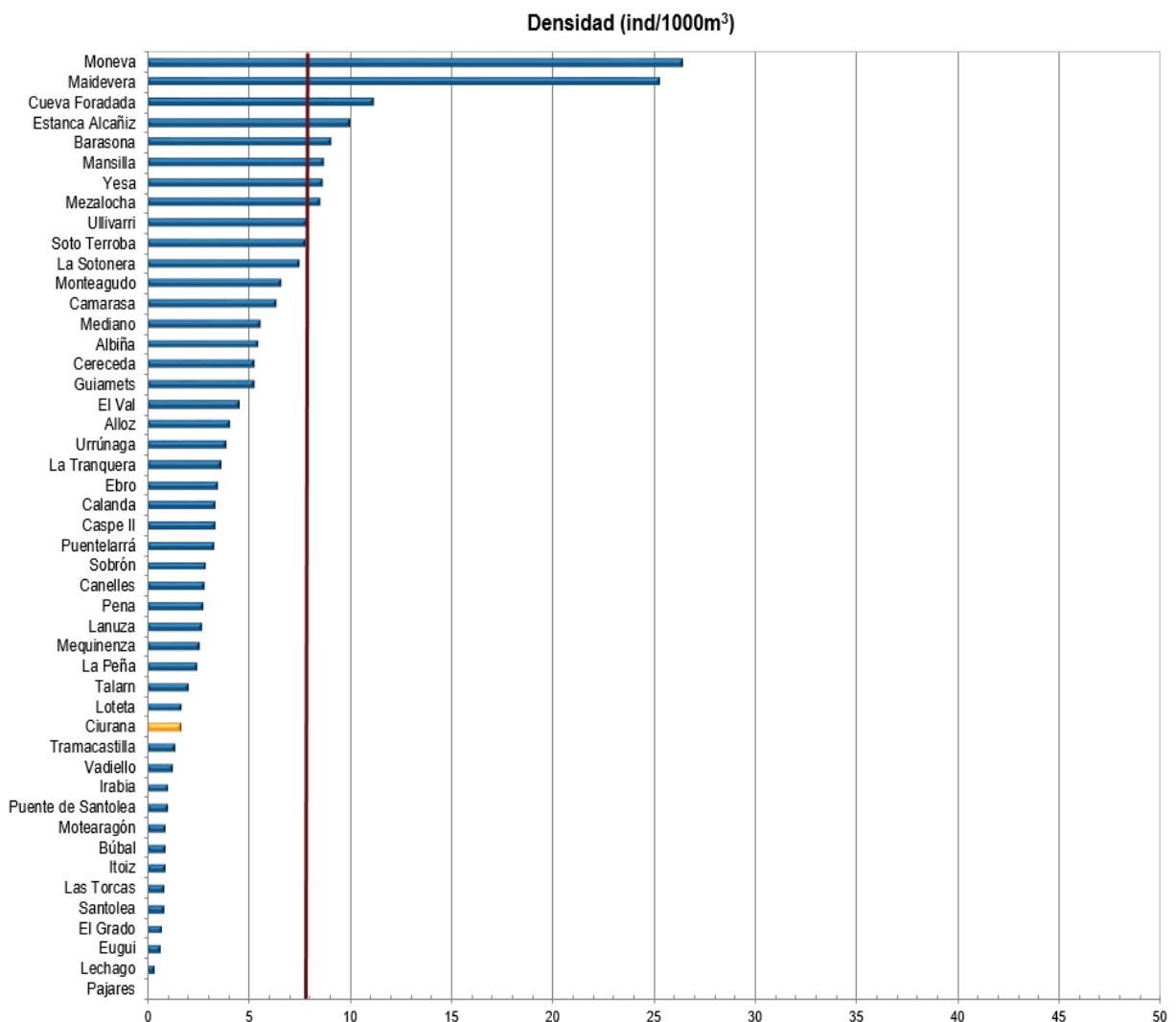


Figura 18. Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro

4.2. MUESTREOS DIRECTOS: COMPOSICIÓN Y BIOMASA ESPECÍFICA

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



Embarcación y equipo hidroacústica



Ubicación de redes agalleras embalse Ciurana



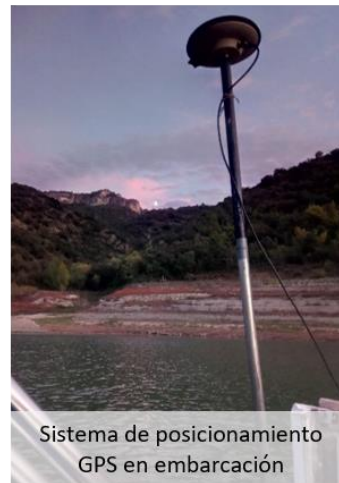
Colocación de redes bentónicas



Embarcación y equipo de electropesca



Sonda multiparamétrica para realizar el perfil físico-químico



Sistema de posicionamiento GPS en embarcación

Figura 19. Fotografías de las actuaciones realizadas durante los muestreos directos en el embalse de Ciurana

4.2.1. Especies presentes en el embalse

De las seis (6) especies detectadas en los muestreos de diferente tipo realizados en el embalse de Ciurana, solo se detectan dos especies autóctonas: el barbo de Graells (*Luciobarbus graellsii*) 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>Micropterus salmoides</i>	Perca americana/Black bass	Alóctono
<i>Sander lucioperca</i>	Lucioperca	Alóctono
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa común	Alóctono
<i>Squalius laietanus</i>	Bagre	Autóctono
<i>Luciobarbus graellsii</i>	Barbo de Graells	Autóctono

Se trata de una biocenosis altamente afectada en su composición por especies exóticas invasoras, que incluyen alburno, perca americana, lucioperca y carpa.

4.2.2. Composición y distribución de especies

Capturas con redes

El total de capturas con redes agalleras fue de 20 ejemplares, con un peso total de 5,5 kg, lo que supone 5 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 3 kg de biomasa por unidad de esfuerzo. Se emplearon un total de 3 redes con una media de 16,8 horas de pesca (10,8 unidades de esfuerzo). En la Figura 12 se representa la ubicación de las redes de muestreo y los recorridos de pesca eléctrica.

Tabla 7. Redes científicas utilizadas durante los muestreos directos en el embalse de Ciurana

Tipo de lance	Código	Número de paños	Longitud (m)	Altura (m)	Esfuerzo
Red bentónica	CUR21_E1BEN1	16	40	1,5	1,83 45m ² /12h
Red bentónica	CUR21_E1BEN2	16	40	1,5	1,76 45m ² /12h
Red epipelágica	CUR21_E1EPL1	16	40	6	7,19 45m ² /12h

En la Tabla 8 y en la Figura 20, se facilitan los resultados obtenidos de las redes, agregados por especies y para cada uno de los estratos del embalse. Los términos empleados para describir la asociación de peces del embalse se describen en el glosario al final del documento.

Tabla 8. Resultados de las pescas con red por especies

	Capturas	CPUE (ind/ud. esf.)	CPUE (%)	Biomasa (g)	BPUE (g/ud. esf.)	BPUE (%)	Long. Furcal media (mm)	Peso medio (g)
<i>Alburnus alburnus</i>	14	1,9	36,7	176	25	0,8	111	13
<i>Cyprinus carpio</i>	2	1,1	21,0	4157	2308	76,2	494	2079
<i>Micropterus salmoides</i>	1	0,54	10,3	0	21	0,7	145	0
<i>Sander lucioperca</i>	2	1,13	21,36	656	371	12	331	328
<i>Squalius laietanus</i>	1	0,56	11	537	304	10	334	537
Total	20	5,3	100,0	5526	3029	100,0	197	276

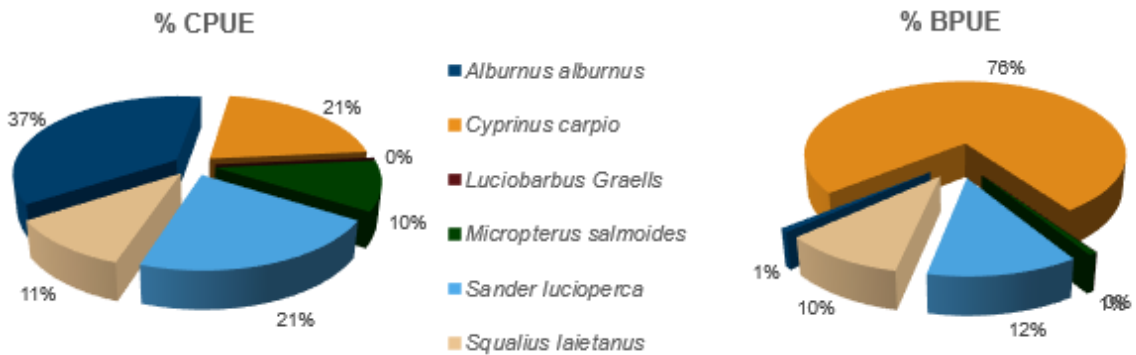


Figura 20. Composición de la asociación obtenida mediante redes en el embalse de Ciurana

Se observa que la asociación está dominada (37%) en términos de abundancia por el alburno (*Alburnus alburnus*), seguida con un porcentaje inferior (21%) por la lucioperca (*Sander lucioperca*) y por la carpa común (*Cyprinus carpio*). Sin embargo, es la carpa común (*Cyprinus carpio*) la asociación dominante en términos de biomasa (76%) y representa el 21% en términos de abundancia. Es relevante destacar que se captura tan sólo un (1) ejemplar de

bagre (*Squalius laietanus*) y otro ejemplar (1) de barbo de Graells (*Luciobarbus graellsii*), únicas especies autóctonas detectadas mediante estas técnicas de muestreo.

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.

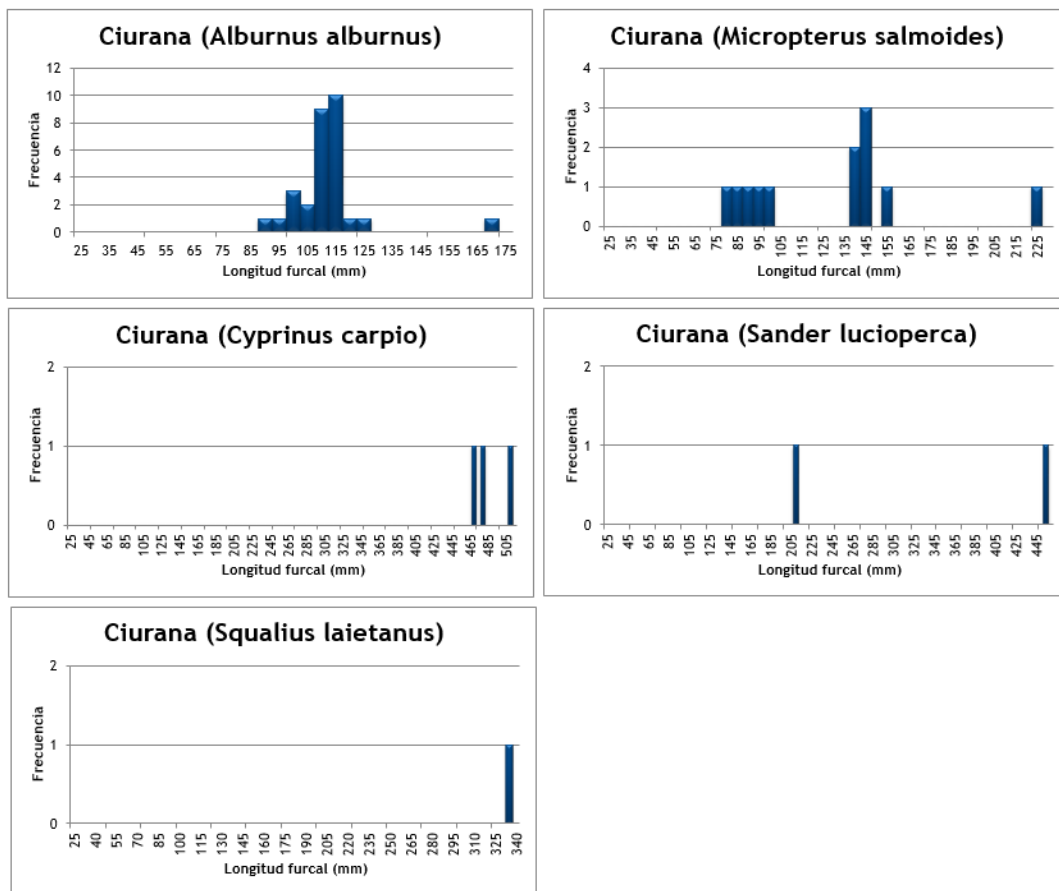


Figura 21. Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm

Las únicas poblaciones que tenemos bien representadas durante los muestreos directos son la del alburno y la del black bass, en las cuales encontramos individuos de las diferentes clases de edad, observando que hay reproducción, ya que aparecen ejemplares juveniles y adultos.



Resultados de la pesca eléctrica

El rendimiento de la pesca eléctrica fue superior al de las redes, con una captura total de 27 peces con un peso total de 2,4 kilos, lo que supone 5,3 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 0,54 kg de BPUE. Se realizaron un total de cuatro transectos que cubrieron 1,97 km de orilla.

Tabla 9. Tracks de pesca eléctrica realizados durante los muestreos directos en el embalse de Ciurana

Tipo de lance	Código	Esfuerzo
Pesca eléctrica	CUR21_E1PES1	528 m
Pesca eléctrica	CUR21_E1PES2	660 m
Pesca eléctrica	CUR21_E1PES3	363 m
Pesca eléctrica	CUR21_E1PES5	424 m

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 presentan, además, la ubicación de las redes.

En la Tabla 10 se facilitan los resultados obtenidos, agregados por especies. Se capturaron un total de tres (3) especies diferentes de las seis (6) detectadas en el embalse.

Tabla 10. Resultados de la pesca eléctrica por especies

	Capturas	CPUE (ind/ud. esf.)	% CPUE	Biomasa (g)	BPUE (g/ud. esf.)	% BPUE	Longitud furcal media (mm)	Peso medio (g)
<i>Alburnus alburnus</i>	15	2,9	55,4	185	36,0	6,7	110	12
<i>Cyprinus carpio</i>	1	0,2	4,4	1835	432,8	80,2	470	1835
<i>Micropterus salmoides</i>	11	2,1	40,1	365	70,6	13,1	125	33
Total	27	5,3	100	2385	539,4	100	129	88



Figura 22. Composición de la asociación obtenida mediante pesca eléctrica del embalse de Ciurana

Al igual que ocurre en los muestreos realizados con redes agalleras, la asociación descrita con la técnica de electropesca desde embarcación está dominada en términos de abundancia por el alburno (*Alburnus alburnus*) (55%), seguido de la perca americana (*Micropterus salmoides*) (40%), ambas especies con poca representación en términos de biomasa, en los que la asociación está claramente dominada por la carpa común (*Cyprinus carpio*) (80%).



Figura 23. Ejemplares de las especies capturadas en el embalse de Ciurana

4.3. BIOMASA

Una vez presentados los datos obtenidos mediante las dos técnicas de prospección (hidroacústica y muestreo directo), se integran los resultados para obtener unas estimaciones de densidad y biomasa por especies para el conjunto del sistema.

En la Tabla 11 se presentan los resultados del análisis de biomasa por celdas.



Tabla 11. Biomasa de peces por estratos (g/m^2) estimada mediante acústica

Embalse	Sector	Estrato	Biomasa media (g/m^2)	Biomasa máxima (g/m^2)	Número de casos	Número de casos con valor 0	Desviación típica
CUR21	1	1	1,09	70	198	49	5,43
CUR21		2	1,25	72	166	139	6,78
CUR21		3	0,18	14	81	70	1,59

La biomasa media del embalse se calcula sumando las biomاسas de cada uno de los estratos y refiriéndolo a la superficie del embalse. De esta manera se obtiene una biomasa media de $2,11 \pm 0,63 \text{ g/m}^2$, o lo que es lo mismo $21,1 \text{ kg/ha}$. Se trata de un valor bajo de biomasa, que se podría explicar debido al posible carácter oligotrófico del embalse.

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.

En general, los valores de biomasa de peces en el embalse de Ciurana son bajos, concentrándose en el estrato superior (UOW) en la cola del embalse y en las zonas litorales del noreste.

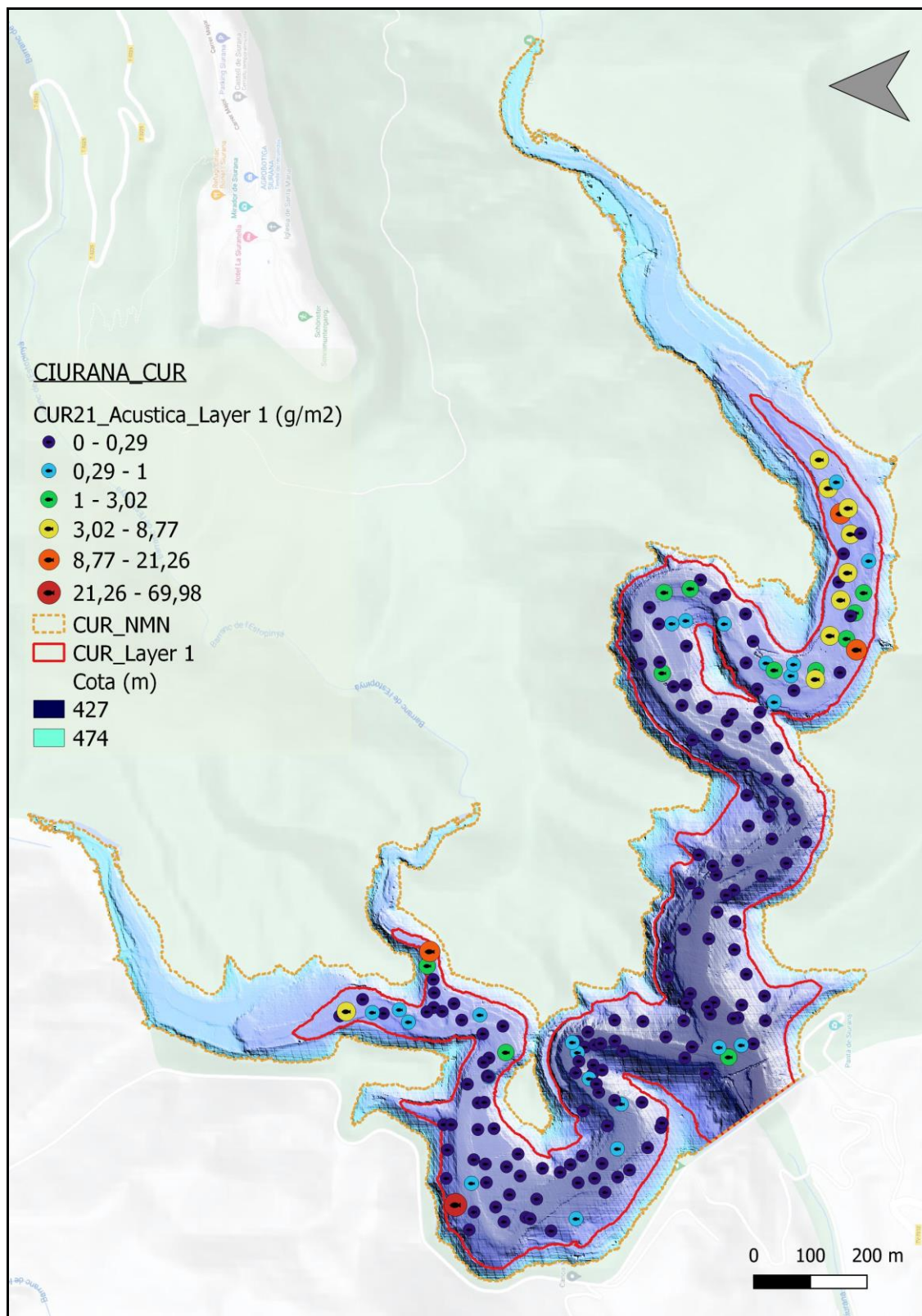


Figura 24. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato superior (UOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud

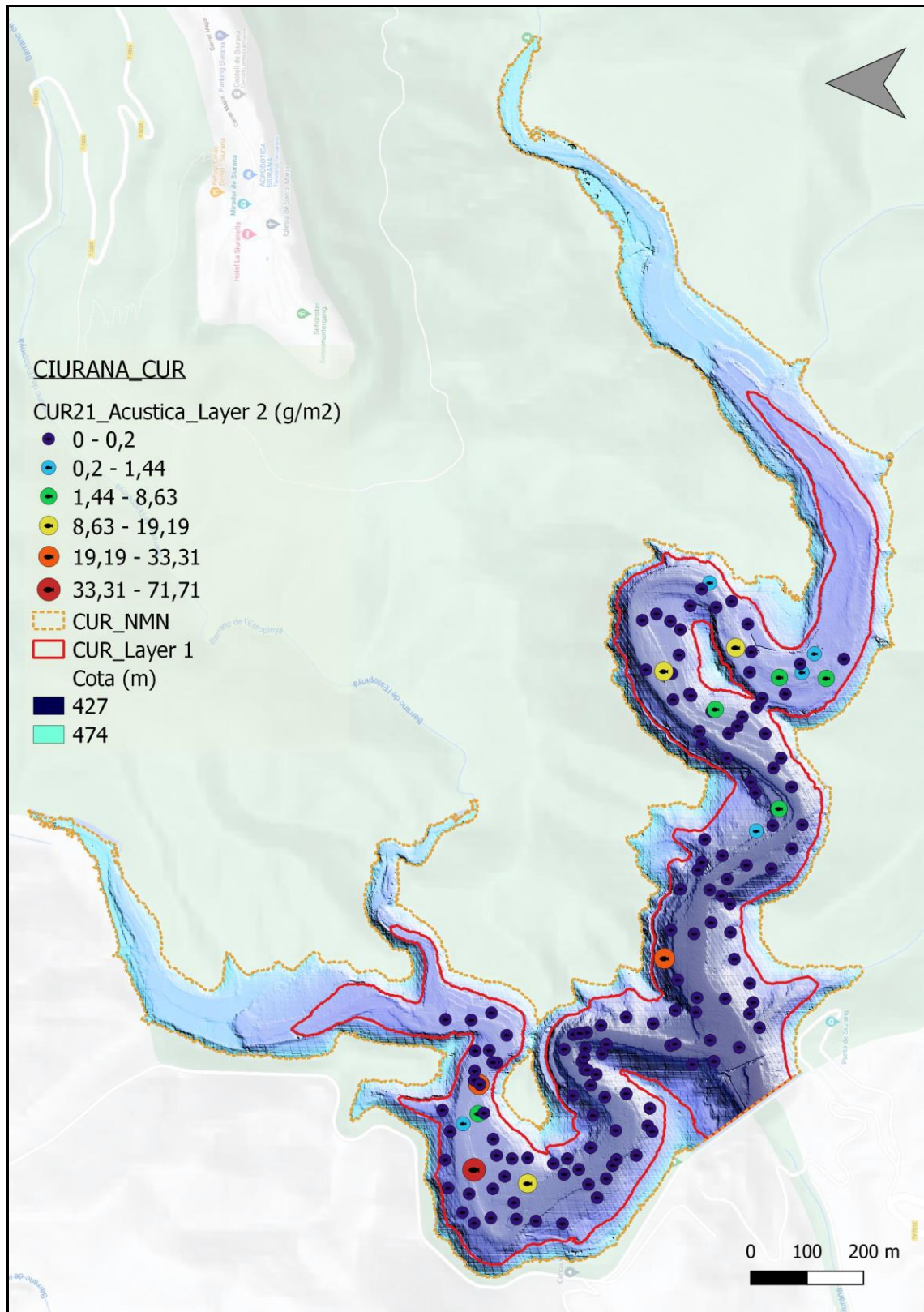


Figura 25. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato intermedio (MOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud

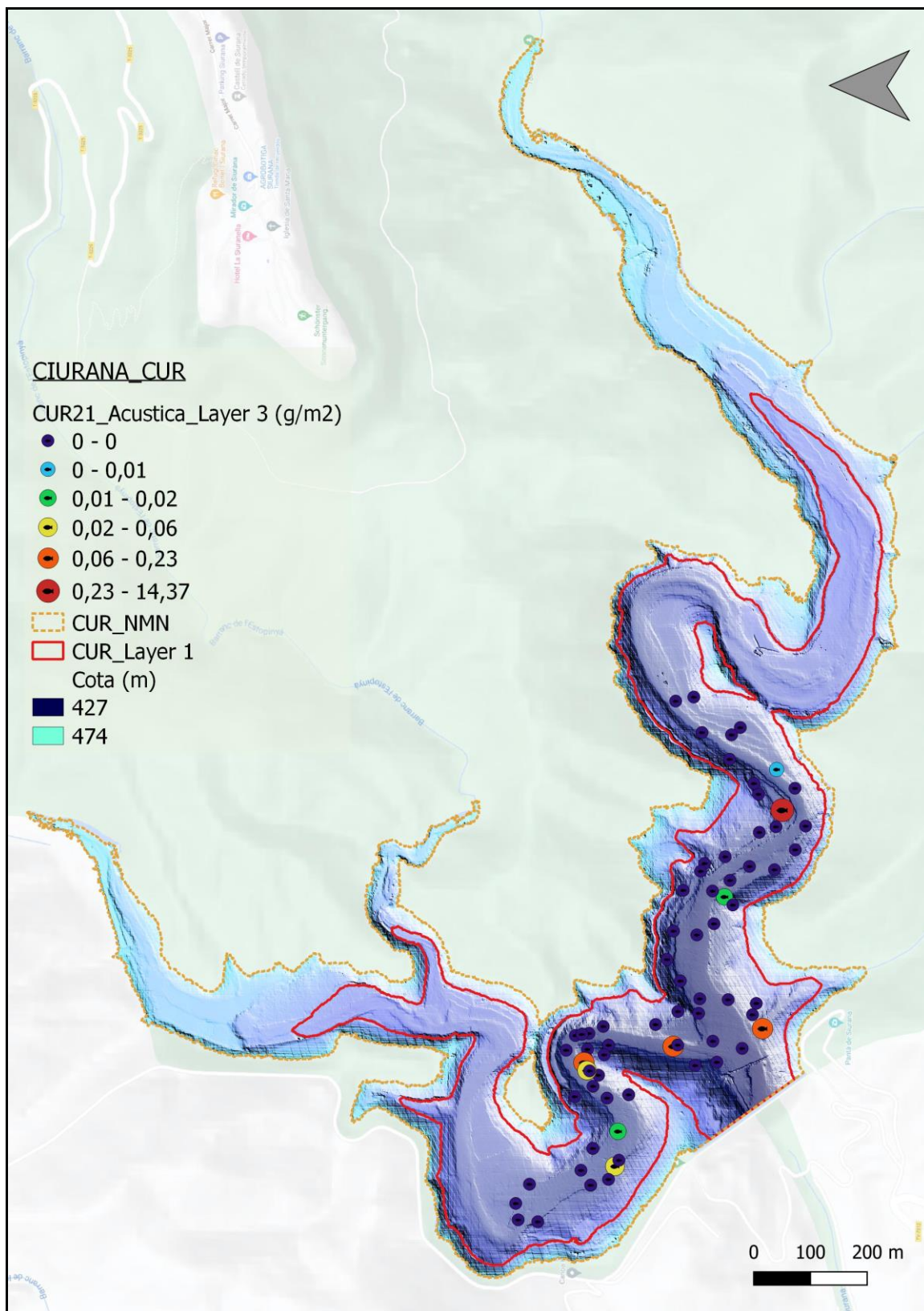


Figura 26. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato inferior (LOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud

4.3.1. 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 Ciurana, 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 se puede apreciar, la biomasa de peces del embalse de Ciurana está en un percentil inferior al 50 en el contexto de los embalses estudiados en la cuenca del Ebro, por lo que se puede considerar un valor moderadamente bajo.

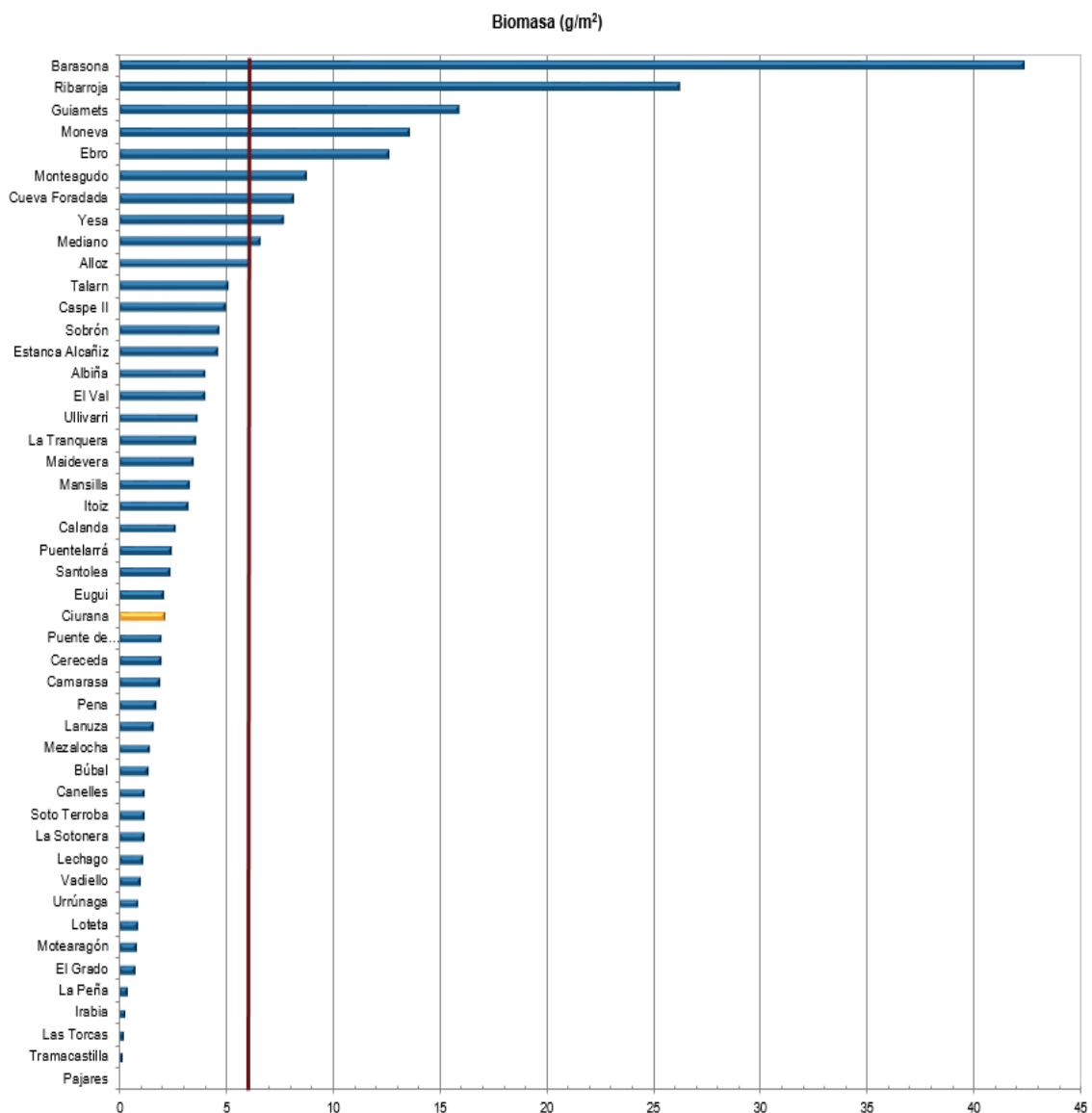


Figura 27. Comparación de la biomasa con otros embalses de la cuenca del Ebro

4.4. DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES

Para alcanzar una estimación de las densidades y biomاسas por especies, se aplica la distribución de especies obtenidas mediante el muestreo directo a las densidades y biomاسas obtenidas mediante el sondeo hidroacústico.

En la Tabla 12 se ha calculado la densidad y biomasa por especie para el conjunto del embalse, referidas a volumen (dam^3) y superficie (m^2) respectivamente.

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

	Densidad media (ind/dam^3)	Abundancia (%)	Biomasa media (g/m^2)	Biomasa (%)	Abundancia Total (ind)	Peso total (kg)
<i>Alburnus alburnus</i>	0,72	44,0%	0,04	4,0%	3.595	17
<i>Luciobargus graelsii</i>	0,08	5,0%	0,08	4,0%	409	34
<i>Cyprinus carpio</i>	0,20	12,0%	1,56	74,0%	981	624
<i>Micropterus salmoides</i>	0,39	24,0%	0,04	2,0%	1.961	17
<i>Sander lucioperca</i>	0,16	10,0%	0,21	10,0%	817	84
<i>Squalius laietanus</i>	0,08	5,0%	0,17	8,0%	409	67
Total	1,64	100 %	2,11	100 %	8.171	844
Intervalo de Confianza (I.C)	0,489	–	0,63	–	2.434	251

En términos absolutos se estima una población de 8.171 ± 2.434 peces con una biomasa de 844 ± 251 kilogramos. Estos valores absolutos deben usarse con cautela pues pueden quedar algunos enclaves concretos fuera del alcance de las técnicas aplicadas. 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 Ciurana pasaron los controles de calidad, amplificando con éxito el marcador universal, es decir, confirmando la existencia de ADN ambiental en las muestras y la ausencia de inhibidores de la PCR.

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

No se ha detectado ADN de trucha común en las muestras ambientales del embalse de Ciurana.

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

	Recta patrón A	Recta patrón B
<i>Pendiente</i>	-4,110	-3,925
<i>Intercepto</i>	-2,673	-1,266
R^2	0,997	0,991

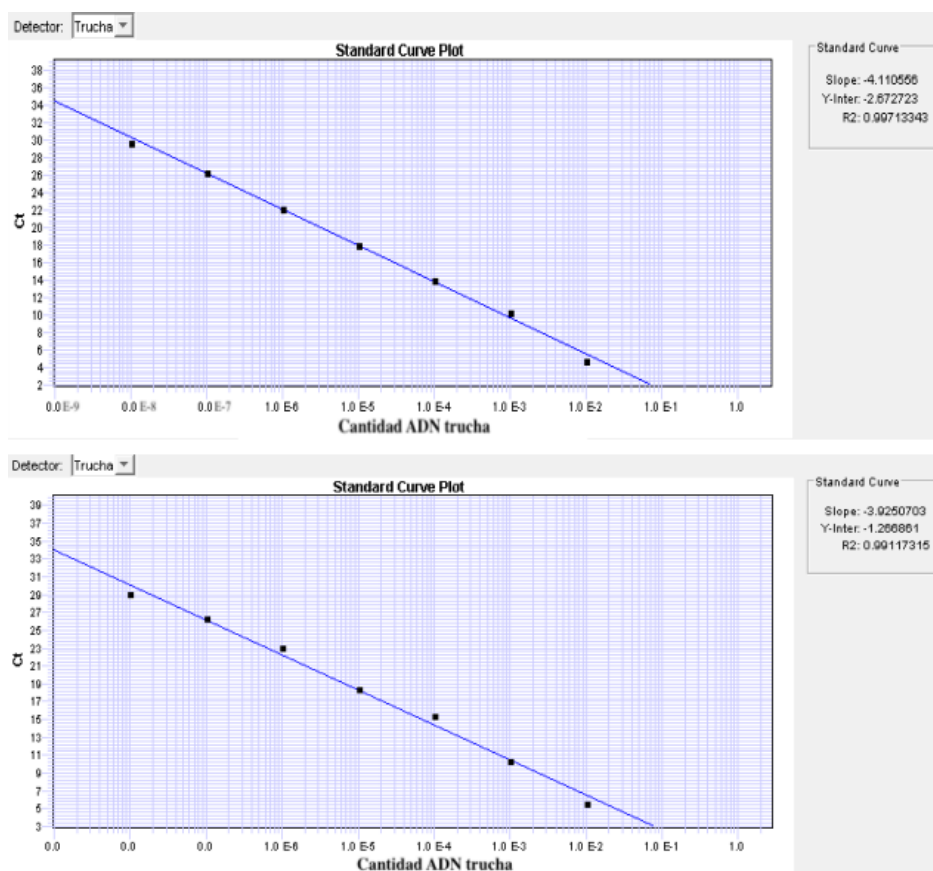


Figura 28. Rectas patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Cf) frente a la cantidad de ADN detectada (Quantity). Cada una de las rectas (A y B) corresponde a las réplicas de laboratorio realizadas

Se ha utilizado un método específico de alta sensibilidad basado en la detección genética mediante ADN ambiental de moléculas de ADN de trucha en agua, con el cual no se ha podido confirmar la presencia de trucha común en el embalse de Ciurana, en este caso, los resultados obtenidos se encuentran en concordancia con los resultados obtenidos en los muestreos directos, ya que en éstos tampoco se sacó ningún ejemplar de trucha común. Esto implica, que probablemente, esta especie no habite actualmente en las aguas del embalse.

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

Tras los análisis, ninguna muestra de ADN ambiental resultó positiva en ADN ambiental de anguila europea en el agua del embalse de Ciurana.

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

Tabla 14. Datos de las rectas patrón obtenidas para la cuantificación de muestras ambientales de anguila europea

	Recta patrón A	Recta patrón B
<i>Pendiente</i>	-3,575	-3,686
<i>Intercepto</i>	-0,35	-0,888
R^2	0,990	0,995

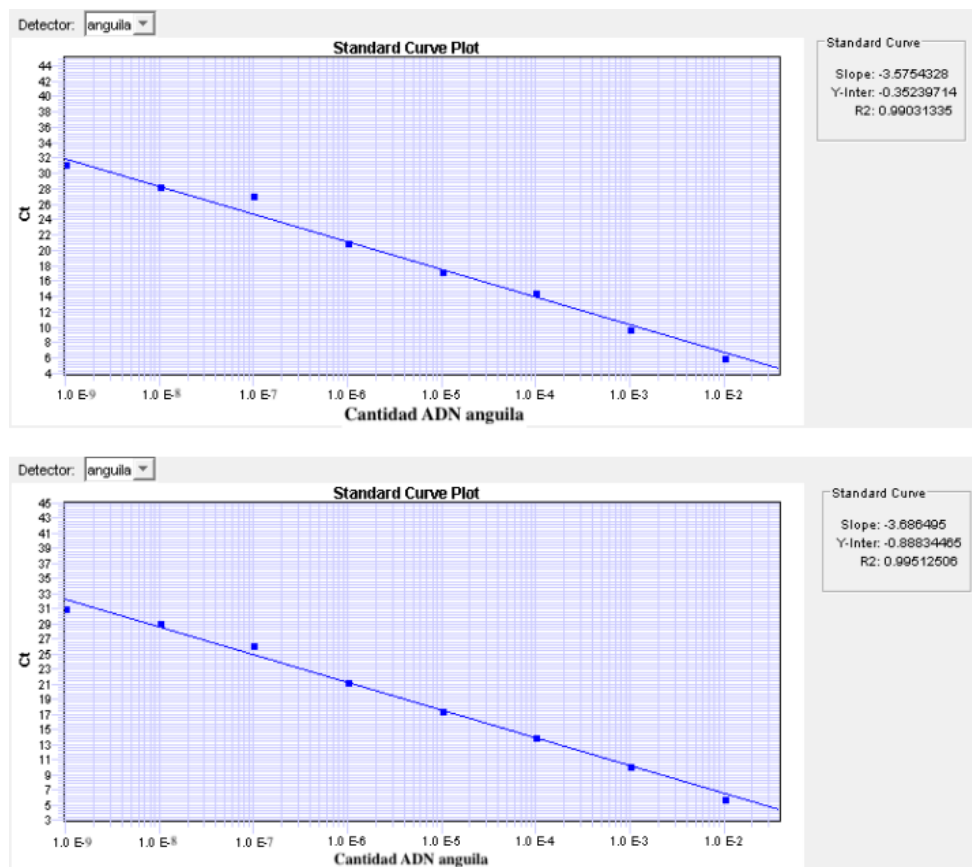


Figura 29. Rectas patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Cf) frente a la cantidad de ADN detectada (Quantity). Cada una de las rectas (A y B) corresponde a las réplicas de laboratorio realizadas



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 sensibilidad basado en la detección genética mediante ADN ambiental, no se ha podido detectar la presencia de anguila en el embalse de Ciurana, 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.

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

Concretamente en el embalse de Ciurana se destacan las siguientes características:

- Densidad y biomasa moderadamente bajas, propias de sistemas poco productivos.

- Biocenosis dominada por especies exóticas invasoras. En términos de densidad, la asociación está claramente dominada por el alburno que representa el 44 %. Sin embargo, la carpa común es la especie dominante en cuanto a biomasa (74 %).
- La trucha común y la anguila no aparecen con las técnicas directas de muestreo, y a su vez, han resultado indetectables mediante las técnicas de eDNA.

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 156 se presentan los resultados de las diferentes métricas, así como del QFBI, obtenidos para el embalse de Ciurana:

Tabla 15. Resultados del QFBI obtenidos para el embalse de Ciurana

Métrica	Embalse
	CUR21
LOG_BIO	4,32
LOG_BIO_native	2,90
LOG_%_BIO_PISC_Exotic	0,05
LOG_BIO_PISC_Exotic	3,40
LOG_BIO_ciprin_native	2,90
QFBI	0,97
Potencial	Moderado

A pesar de la dominancia de las especies exóticas invasoras, los valores moderados de biomasa y la incidencia significativa de dos especies de ciprínidos autóctonos evitan que el resultado sea deficiente o malo.



6. CONCLUSIONES

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

Las seis especies detectadas en los muestreos realizados en el embalse de Ciurana mediante pescas directas, dos de ellas son autóctonas: Barbo de Graells (*Luciobarbus graellsii*) y el bagre (*Squalius laietanus*). La prospección mediante la técnica de mayor sensibilidad conocida (eDNA) ha ofrecido resultados negativos (ausencia) de la trucha común (*Salmo trutta*) y anguila (*Anguilla anguilla*). Se concluye entonces que la ictiocenosis de este embalse está compuesta por seis (6) especies de peces, dos (2) autóctonas y cuatro (4) alóctonas.

La asociación de peces está dominada en términos de densidad por el alburno que representa el 44 % seguido del black bass (24 %) y de la carpa común (12 %). En términos de biomasa, la carpa común es la especie con mayor importancia con un 74 %, seguida de la lucioperca (10%) y el bagre (8%).

La densidad media de peces, a partir de la interpolación en celdas de 50 m, es de $1,6 \pm 0,5$ ind/dam³, que corresponde a un valor bajo. La biomasa de peces obtenida en el embalse es de $2,11 \pm 0,63$ g/m², o lo que es lo mismo 21,1 kg/ha, que representa un valor moderadamente bajo de biomasa.

Si bien no se dispone todavía de un sistema aprobado de evaluación del potencial ecológico basado en el indicador peces, se ha aplicado como primera aproximación el QFBI, que tiene un carácter experimental, con el que se obtendría en el embalse de Ciurana un Potencial Ecológico “Moderado” según el indicador peces.

El embalse de Ciurana es un ecosistema oligotrófico y desde el punto de vista hidromorfológico es más bien encajado, características que no favorecen una alta productividad potencial de peces y los resultados obtenidos son compatibles con esta condición.



La cúspide de la cadena trófica está ocupada por dos especies exóticas invasoras (black bass y lucioperca) que son las que tienen capacidad de regular las poblaciones de alburno. Si las poblaciones de alburno se dispararan, se incrementaría su presión sobre el zooplancton, lo que contribuiría a un mayor desarrollo del fitoplancton en el caso en el que no hubiera una limitación por nutrientes (nitrógeno y fósforo disueltos). Es por ello muy recomendable que cualquier acción de manejo de las especies de peces, o de otro tipo que contribuya a modificar los balances tróficos, se deba estudiar y planificar en detalle.



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.

Amplición: 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 el 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.

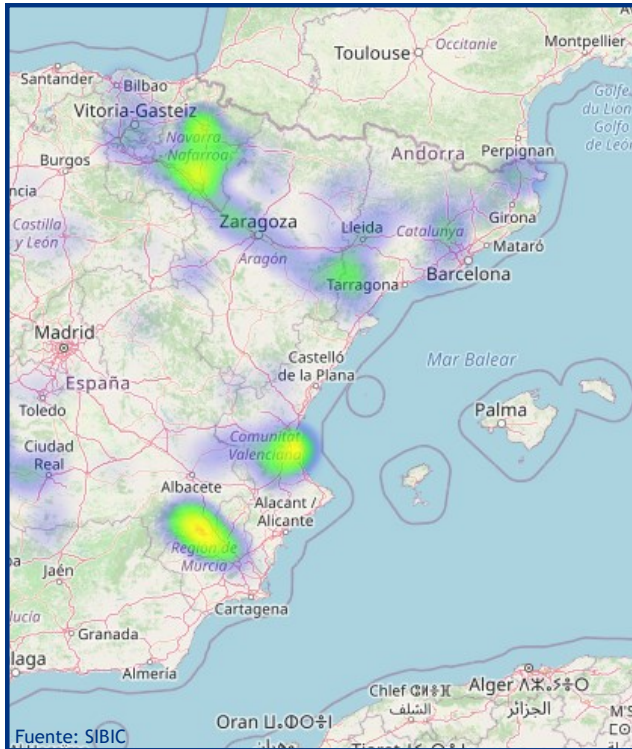
ANEXOS

ANEXO 1. ESPECIES PRESENTES

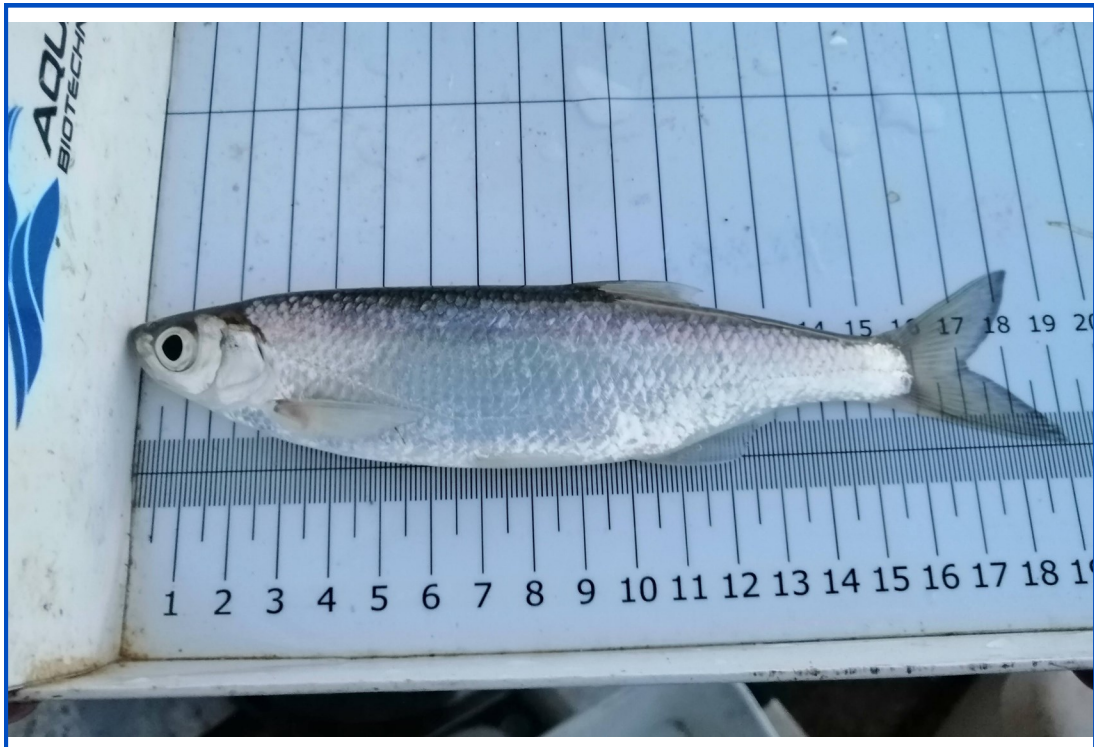
Embalse de Ciurana

Alburno

Alburnus alburnus



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



Embalse de Ciurana

Black bass

Micropterus salmoides

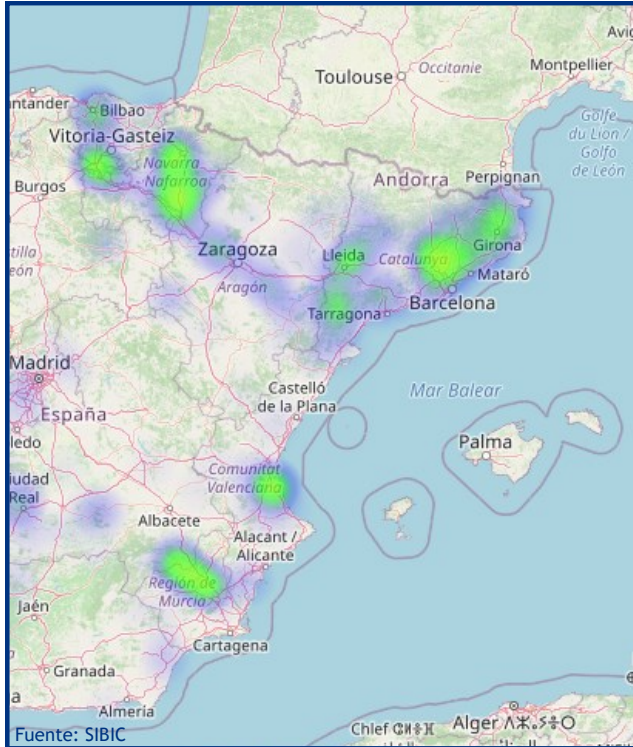


Especie introducida en 1955 para la pesca deportiva, procedente del este y sur de los Estados Unidos y norte de Méjico. Se ha aclimatado bien en los embalses españoles. Alcanza los 400 mm de longitud total. Es un activo depredador de hábitos sedentarios que se alimenta de invertebrados, anfibios y peces. Selecciona con preferencia las zonas de poca corriente y vegetación densa. La puesta es abundante (entre 10.000 y 11.000 huevos) y se realiza a finales de la primavera en fondos arenosos, en agujeros excavados por el macho y que vigila hasta después de la eclosión. Los individuos que viven en los embalses no realizan migraciones para reproducirse fuera del mismo sino que buscan zonas apropiadas dentro de sus límites y no se alimentan durante el periodo reproductivo. Su dieta es más ictiófaga a medida que alcanza tamaños mayores. Se le asigna un papel de presión sobre las poblaciones de ciprinidos autóctonos. Se ha observado que en algunos embalses, como en el de Orellana (Badajoz) (Ecohydros, 2003), tiene en el cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*) un recurso trófico alternativo. Esta relación depredador-presa ha sido encontrada además por otros autores en lagos donde ambas especies eran introducidas (P. Hickley 2007).



Embalse de Ciurana

Carpa comú *Cyprinus carpio*



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



Embalse de Ciurana

Barbo de

Luciobarbus graellsii



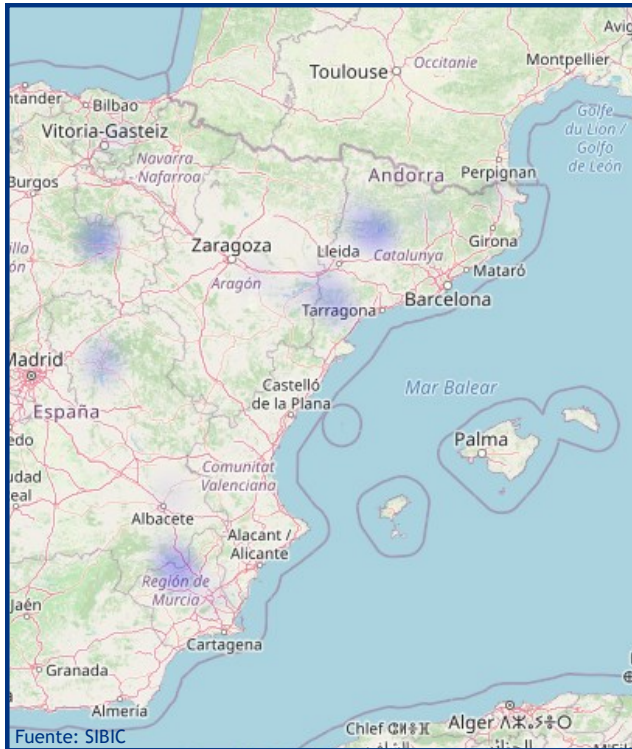
Ciprínido de gran tamaño, que puede alcanzar tallas máximas de hasta 800 mm de longitud total, aunque la mayoría no suele superar los 350 mm. El color del cuerpo es pardo verdoso y moteado en juveniles. *Barbus graellsii* es una especie que puede colonizar todo tipo de medios, aunque prefiere los cursos medios y bajos de los ríos. Se la encuentra en los tramos altos únicamente en la época de reproducción, buscando zonas de arena y grava donde realizar la puesta. Como ocurre en otras especies del género *Barbus*, prefiere zonas tranquilas con vegetación y raíces de árboles donde encuentra refugios. Tiene hábitos gregarios, por lo que suele formar agrupaciones, incluso con otras especies de ciprínidos, de los géneros *Squalius* y *Parachondrostoma*. Presentan una alimentación variada, según la disponibilidad de recursos del medio. La época de reproducción dura desde mayo hasta agosto. La introducción de especies exóticas, la mayoría de ellas piscívoras, es la mayor de sus amenazas aunque también la construcción de infraestructuras hidráulicas se considera una amenaza importante. Se distribuye principalmente en la cuenca del Ebro pero llega hasta el río Asón en el Cantábrico y el río Ter en Cataluña.



Embalse de Ciurana

Lucioperca

Sander Lucioperca



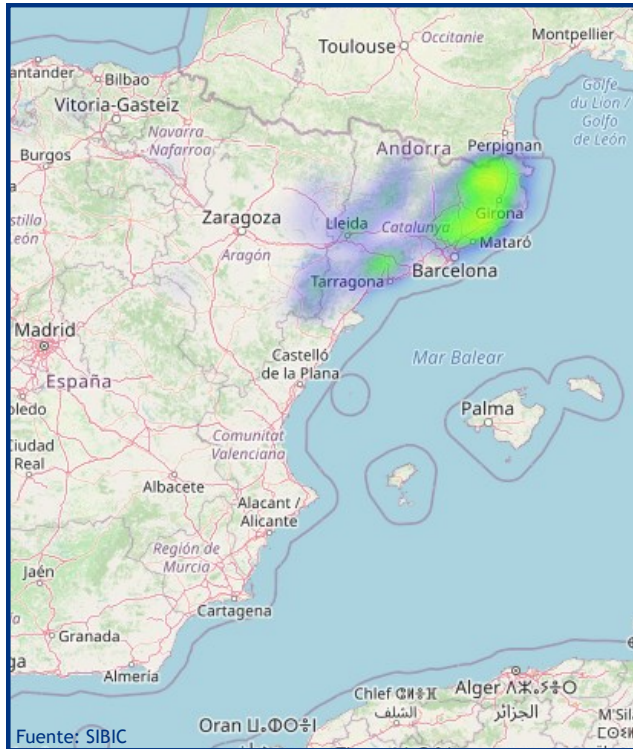
Es un pez de tamaño grande cuyos ejemplares adultos suelen medir entre 40 y 70 cm con un peso de 1-2 Kg, conociéndose ejemplares de hasta 1,3 m de longitud total y 12-15 Kg de peso. Cuerpo alargado con cabeza grande armada de fuertes dientes y maxilar largo. Presenta dos aletas dorsales la primera con 13-15 radios espinosos y la segunda con 19-23 radios blandos. La aleta anal es larga con 11-13 radios blandos. Introducida recientemente es una de las especies de moda entre los pescadores encontrándose en plena expansión. Vive en aguas profundas y tranquilas, con fondos rocosos y aguas turbias. Se distribuye desde el centro y este de Europa hasta el oeste de Asia, estando presente también en Suecia y Finlandia. Ha sido introducida en al menos 14 países de África, Asia y Norte América. En España lo fue en los años 90 de forma ilegal para pesca deportiva.



Embalse de Ciurana

Bagre

Squalius laietanus



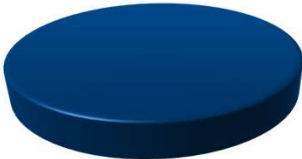
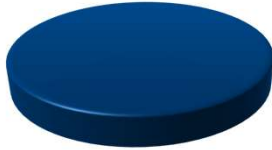
Es un ciprínido de mayor tamaño que otras especies del género *Squalius* presentes en la Península Ibérica. Los ejemplares adultos alcanzan tallas de hasta 60 cm de longitud total y 8 kg de peso. Las poblaciones españolas están emparentadas genéticamente a las del nordeste de Grecia y deben ser consideradas 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, ordera, Besós, Fluviá, Llobregat, Ebro y en el Lago de Bañolas.



ANEXO 2. RESULTADOS DE LAS PESCAS

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Ciurana	CÓDIGO	CUR21_E1PES1			
UMT-X	326.449	UTM-Y	4.568.568			
RIQUEZA ESPECIES	1	Distancia (m)	528,0			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno	21	0,04	100%	283	0,54	100%
Bagre		0,00	0%		0,00	0%
Barbo de Graells		0,00	0%		0,00	0%
Carpa común		0,00	0%		0,00	0%
Lucioperca		0,00	0%		0,00	0%
Black bass		0,00	0%		0,00	0%
Total	21	0,04	100%	283	0,54	100%

CPUE		BPUE	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Alburno ■ Bagre ■ Barbo de Graells ■ Carpa común ■ Lucioperca ■ Black bass 			



RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	106	11,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	114	12,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	110	11,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	114	13,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	109	13,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	113	12,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	111	13,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	99	8,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	107	11,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	108	11,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	116	13,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	115	14,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	121	15,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	113	13,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	170	46,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	115	10,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	97	6,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	100	6,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	113	14,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	115	13,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	110	9,4	1

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Ciurana	CÓDIGO	CUR21_E1PES5			
UMT-X	325.345	UTM-Y	4.569.392			
RIQUEZA ESPECIES	1	Distancia (m)	424,0			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno	5	0,01	100%	49	0,12	100%
Bagre		0,00	0%		0,00	0%
Barbo de Graells		0,00	0%		0,00	0%
Carpa común		0,00	0%		0,00	0%
Lucioperca		0,00	0%		0,00	0%
Black bass		0,00	0%		0,00	0%
Total	5	0,01	100%	49	0,12	100%

CPUE		BPUE	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Alburno ■ Bagre ■ Barbo de Graells ■ Carpa común ■ Lucioperca ■ Black bass 			

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	108	12,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	112	11,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	87	5,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	108	10,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	92	10,0	1

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Ciurana	CÓDIGO DE RED		CUR21_E1BEN1		
UTM-X	325910	UTM-Y		4568483		
TIPO DE RED	Bentónica (16x1.5) 40m	SISTEMA DE REFERENCIA		UTM ETRS89 H31		
INICIO	15-10-21 19:00	FIN		16-10-21 11:30		
PROFUNDIDAD	4	PROFUNDIDAD DE LA RED		5		
RIQUEZA ESPECIES	1	ESFUERZO APLICADO		1,8		
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno		0,00	0%		0,00	0%
Bagre		0,00	0%		0,00	0%
Barbo de Graells		0,00	0%		0,00	0%
Carpa común		0,00	0%		0,00	0%
Lucioperca		0,00	0%		0,00	0%
Black bass	2	1,09	100%	41	22,40	100%
Total	2	1,09	100%	41	22,40	100%

CPUE		BPUE	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Alburno ■ Bagre ■ Barbo de Graells ■ Carpa común ■ Lucioperca ■ Black bass 			

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	87	9,0	1
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	137	32,0	1

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Ciurana	CÓDIGO DE RED	CUR21_E1EPL1			
UTM-X	325373	UTM-Y	4568670			
TIPO DE RED	Epipelágica (12x6)	SISTEMA DE REFERENCIA	UTM ETRS89 H31			
INICIO	15-10-21 18:40	FIN	16-10-21 10:50			
PROFUNDIDAD	26	PROFUNDIDAD DE LA RED	0			
RIQUEZA ESPECIES	3	ESFUERZO APLICADO	7,2			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno		0,00	0%		0,00	0%
Bagre		0,00	0%		0,00	0%
Barbo de Graells		0,00	0%		0,00	0%
Carpa común	2	0,28	14%	3735	519,47	79%
Lucioperca	2	0,28	14%	656	91,18	14%
Black bass	10	1,39	71%	361	50,27	8%
Total	14	1,95	100%	4752	660,92	100%

CPUE		BPUE	
■ Alburno			
■ Bagre			
■ Barbo de Graells			
■ Carpa común			
■ Lucioperca			
■ Black bass			

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	480	1900,0	1
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	470	1835,0	1
Lucioperca	<i>Sander lucioperca</i>	455	595,0	1
Lucioperca	<i>Sander lucioperca</i>	206	60,6	1
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	145	37,6	1
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	223	139,6	1
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	155	45,0	1
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	136	30,6	1
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	145	37,0	1
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	144	35,4	1
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	100	14,2	1
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	93	8,4	1
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	82	7,2	1
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	77	6,4	1

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Ciurana	CÓDIGO DE RED		CUR21_E1BEN2		
UTM-X	325499	UTM-Y		4569161		
TIPO DE RED	Bentónica (16x1.5) 40m	SISTEMA DE REFERENCIA		UTM ETRS89 H31		
INICIO	15-10-21 18:27	FIN		16-10-21 10:20		
PROFUNDIDAD	2	PROFUNDIDAD DE LA RED		3		
RIQUEZA ESPECIES	4	ESFUERZO APLICADO		1,8		
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno	2	1,14	40%	19	10,80	1%
Bagre	1	0,57	20%	537	305,11	18%
Barbo de Graells	1	0,57	20%	201	113,92	7%
Carpa común	1	0,57	20%	2257	1.282,39	75%
Lucioperca		0,00	0%		0,00	0%
Black bass		0,00	0%		0,00	0%
Total	5	2,84	100%	3014	1.712,22	100%

CPUE		BPUE	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Alburno ■ Bagre ■ Barbo de Graells ■ Carpa común ■ Lucioperca ■ Black bass 			

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	110	12,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	104	7,0	1
Bagre	<i>Squalius laietanus</i>	334	537,0	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	252	200,5	1
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	507	2257,0	1

ANEXO 3. CELDAS DEL MUESTREO HIDROACÚSTICO

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
1	1	325182,01	4568745,32	0,04	0,03
1	2	325223,57	4568815,09	0,42	0,33
1	3	325244,42	4568854,85	0,23	0,18
1	4	325292,23	4568864,72	0,00	0,00
1	5	325333,77	4568892,54	0,06	0,05
1	6	325323,83	4568879,64	0,04	0,03
1	7	325276,55	4568865,52	0,19	0,15
1	8	325268,17	4568871,65	0,50	0,39
1	9	325314,07	4568892,58	0,47	0,37
1	10	325350,45	4568873,91	0,13	0,10
1	11	325334,60	4568826,41	0,07	0,06
1	12	325317,00	4568812,43	0,00	0,00
1	13	325328,04	4568861,74	0,03	0,02
1	14	325331,98	4568901,48	0,74	0,58
1	15	325299,06	4568889,97	0,00	0,00
1	16	325259,06	4568859,15	0,20	0,16
1	17	325230,35	4568826,79	0,16	0,13
1	18	325226,74	4568778,57	0,00	0,00
1	19	325190,54	4568742,99	0,00	0,00
1	20	325146,85	4568768,62	0,00	0,00
1	21	325107,62	4568800,50	0,07	0,05
1	22	325119,11	4568848,96	0,01	0,01
1	23	325132,52	4568883,81	0,06	0,05
1	24	325103,68	4568923,06	0,10	0,08
1	25	325085,21	4568891,30	0,00	0,00
1	26	325068,32	4568843,82	0,01	0,01
1	27	325021,72	4568894,95	0,43	0,34
1	28	325000,65	4568939,10	0,00	0,00
1	29	325024,24	4568983,45	0,22	0,17
1	30	325064,32	4569012,58	0,01	0,00
1	31	325113,25	4569017,76	0,02	0,02
1	32	325118,15	4569054,93	0,11	0,09
1	33	325084,11	4569079,48	0,73	0,58
1	34	325033,81	4569075,18	0,15	0,12
1	35	325002,51	4569083,56	0,00	0,00
1	36	325046,28	4569107,94	88,96	69,98
1	37	325092,92	4569124,19	0,00	0,00
1	38	325143,02	4569122,14	0,00	0,00
1	39	325187,55	4569128,69	0,09	0,07
1	40	325187,56	4569115,13	0,05	0,04
1	41	325178,86	4569068,30	0,06	0,05
1	42	325225,80	4569067,60	0,14	0,11
1	43	325271,55	4569049,12	0,72	0,57
1	44	325304,69	4569048,75	0,01	0,01

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
1	45	325347,17	4569059,61	0,10	0,08
1	46	325371,40	4569096,74	0,04	0,03
1	47	325386,74	4569131,12	0,00	0,00
1	48	325419,37	4569145,59	0,12	0,10
1	49	325466,76	4569157,59	2,40	1,89
1	50	325492,07	4569153,17	18,07	14,22
1	51	325442,82	4569147,15	0,06	0,05
1	52	325393,62	4569146,21	0,03	0,02
1	53	325367,85	4569190,89	0,75	0,59
1	54	325383,17	4569235,03	0,03	0,03
1	55	325407,79	4569271,73	0,00	0,00
1	56	325378,61	4569312,26	0,13	0,10
1	57	325386,47	4569300,62	5,26	4,14
1	58	325384,65	4569254,48	1,27	1,00
1	59	325389,52	4569206,90	0,58	0,46
1	60	325385,88	4569158,26	0,06	0,04
1	61	325400,45	4569110,45	0,01	0,01
1	62	325380,23	4569064,75	0,78	0,62
1	63	325360,76	4569024,10	0,02	0,02
1	64	325314,41	4569018,86	2,17	1,71
1	65	325297,07	4569058,27	0,23	0,18
1	66	325258,65	4569086,73	0,13	0,10
1	67	325272,80	4569051,64	0,00	0,00
1	68	325271,58	4569048,70	0,00	0,00
1	69	325226,90	4569056,98	0,00	0,00
1	70	325180,45	4569039,87	0,02	0,02
1	71	325125,74	4569075,51	0,22	0,17
1	72	325085,61	4569053,17	0,06	0,05
1	73	325042,41	4569036,83	0,01	0,01
1	74	325016,57	4569022,20	0,09	0,07
1	75	325021,80	4568975,89	0,34	0,27
1	76	325056,46	4568964,46	0,05	0,04
1	77	325097,22	4568993,57	0,00	0,00
1	78	325135,70	4568997,30	0,03	0,02
1	79	325110,51	4568954,26	0,27	0,21
1	80	325117,14	4568904,94	0,13	0,10
1	81	325093,09	4568862,30	0,01	0,01
1	82	325095,14	4568821,57	0,03	0,02
1	83	325144,78	4568822,06	1,07	0,85
1	84	325185,35	4568839,74	0,02	0,02
1	85	325211,56	4568882,33	0,05	0,04
1	86	325278,58	4568895,55	0,20	0,16
1	87	325283,36	4568848,83	0,06	0,04
1	88	325330,27	4568851,51	0,04	0,03

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
1	89	325371,10	4568826,80	0,00	0,00
1	90	325369,15	4568776,85	0,00	0,00
1	91	325341,62	4568736,40	0,00	0,00
1	92	325304,88	4568702,96	0,07	0,05
1	93	325277,49	4568665,47	0,03	0,03
1	94	325306,08	4568625,38	1,82	1,43
1	95	325329,83	4568582,01	0,16	0,13
1	96	325370,24	4568560,70	0,04	0,03
1	97	325375,77	4568608,87	0,00	0,00
1	98	325381,97	4568657,89	0,05	0,04
1	99	325418,07	4568693,04	0,01	0,01
1	100	325448,22	4568733,42	0,00	0,00
1	101	325498,69	4568733,06	0,04	0,03
1	102	325531,33	4568703,46	0,00	0,00
1	103	325514,55	4568660,64	0,00	0,00
1	104	325561,33	4568645,95	0,00	0,00
1	105	325600,18	4568615,79	0,07	0,05
1	106	325626,69	4568647,35	0,11	0,09
1	107	325662,11	4568678,71	0,00	0,00
1	108	325713,07	4568590,62	0,16	0,12
1	109	325690,17	4568549,21	0,03	0,02
1	110	325729,47	4568554,63	0,03	0,02
1	111	325752,43	4568520,60	0,00	0,00
1	112	325793,52	4568521,32	0,00	0,00
1	113	325822,43	4568599,02	0,00	0,00
1	114	325836,62	4568646,56	0,00	0,00
1	115	325864,40	4568689,12	0,19	0,15
1	116	325873,18	4568645,69	0,03	0,02
1	117	325870,09	4568596,60	0,37	0,29
1	118	325897,85	4568628,14	0,00	0,00
1	119	325920,78	4568672,10	0,03	0,02
1	120	325961,05	4568701,22	0,20	0,15
1	121	325981,81	4568742,68	3,81	3,00
1	122	325998,30	4568780,84	0,34	0,27
1	123	326047,89	4568788,55	0,00	0,00
1	124	326068,44	4568749,08	0,23	0,18
1	125	326074,09	4568701,06	0,71	0,56
1	126	326145,95	4568675,19	0,03	0,02
1	127	326120,06	4568632,58	0,03	0,02
1	128	326085,97	4568595,68	0,03	0,02
1	129	326037,73	4568582,43	0,23	0,18
1	130	325999,36	4568559,62	1,14	0,89
1	131	325977,12	4568515,65	0,77	0,61
1	132	325986,08	4568471,37	3,38	2,66

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
1	133	326047,47	4568446,59	11,14	8,77
1	134	326042,23	4568417,48	1,91	1,50
1	135	326087,78	4568402,40	3,84	3,02
1	136	326122,93	4568387,16	2,01	1,58
1	137	326142,13	4568431,19	0,00	0,00
1	138	326191,92	4568422,80	0,00	0,00
1	139	326226,31	4568410,12	7,90	6,21
1	140	326262,35	4568427,90	27,02	21,26
1	141	326307,07	4568449,71	6,03	4,75
1	142	326357,30	4568465,47	7,36	5,79
1	143	326317,78	4568435,47	0,45	0,35
1	144	326271,99	4568414,53	6,54	5,14
1	145	326227,68	4568392,71	0,00	0,00
1	146	326179,19	4568378,18	0,97	0,76
1	147	326158,20	4568415,55	7,36	5,79
1	148	326110,31	4568427,72	6,27	4,93
1	149	326082,39	4568410,15	0,17	0,13
1	150	326022,82	4568399,71	15,84	12,46
1	151	325982,98	4568429,06	0,02	0,02
1	152	325970,90	4568472,57	7,53	5,92
1	153	325996,96	4568510,94	0,85	0,67
1	154	325986,92	4568545,07	3,37	2,65
1	155	325951,22	4568510,34	0,02	0,02
1	156	325930,72	4568545,15	0,58	0,45
1	157	325913,14	4568570,58	0,14	0,11
1	158	325953,99	4568575,11	0,01	0,01
1	159	325999,85	4568594,78	0,19	0,15
1	160	326068,30	4568633,40	1,21	0,95
1	161	326114,37	4568647,55	0,00	0,00
1	162	326130,32	4568693,36	2,40	1,89
1	163	326123,57	4568739,29	2,90	2,28
1	164	326097,54	4568765,34	0,33	0,26
1	165	326068,76	4568725,77	0,71	0,56
1	166	326029,51	4568700,01	0,03	0,02
1	167	326001,20	4568747,30	0,00	0,00
1	168	325958,03	4568722,91	0,00	0,00
1	169	325925,10	4568708,01	0,00	0,00
1	170	325923,23	4568665,68	0,00	0,00
1	171	325909,51	4568618,97	0,00	0,00
1	172	325885,46	4568574,63	0,02	0,02
1	173	325849,72	4568540,31	0,12	0,10
1	174	325795,92	4568558,12	0,11	0,09
1	175	325766,94	4568593,56	0,11	0,09
1	176	325755,55	4568547,64	0,00	0,00

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
1	177	325724,80	4568509,40	0,00	0,00
1	178	325684,49	4568489,60	0,00	0,00
1	179	325647,63	4568523,96	0,00	0,00
1	180	325625,18	4568567,72	0,02	0,01
1	181	325652,14	4568609,45	0,00	0,00
1	182	325642,81	4568653,74	0,01	0,01
1	183	325612,22	4568693,05	0,02	0,01
1	184	325594,49	4568679,49	0,35	0,27
1	185	325591,24	4568629,99	0,30	0,23
1	186	325544,99	4568614,14	0,00	0,00
1	187	325495,33	4568615,33	0,00	0,00
1	188	325452,03	4568594,33	0,04	0,03
1	189	325413,69	4568562,20	0,08	0,06
1	190	325398,02	4568602,40	0,02	0,01
1	191	325402,60	4568651,45	0,10	0,08
1	192	325401,29	4568699,79	0,24	0,19
1	193	325370,16	4568704,78	0,26	0,20
1	194	325394,54	4568663,09	0,24	0,19
1	195	325374,25	4568617,38	0,23	0,18
1	196	325327,08	4568603,26	0,80	0,63
1	197	325323,05	4568642,35	1,00	0,79
1	198	325324,36	4568690,20	0,03	0,02
2	1	325178,94	4568763,61	0,00	0,00
2	5	325343,08	4568871,87	0,00	0,00
2	9	325339,38	4568895,71	0,00	0,00
2	4	325315,08	4568874,44	0,00	0,00
2	8	325291,54	4568880,68	0,00	0,00
2	7	325249,94	4568864,67	0,00	0,00
2	6	325300,00	4568876,44	0,00	0,00
2	2	325229,10	4568839,94	0,00	0,00
2	3	325269,46	4568854,83	0,00	0,00
2	3	325313,49	4568912,02	0,00	0,00
2	3	325313,49	4568912,02	0,00	0,00
2	2	325341,61	4568884,17	0,00	0,00
2	2	325341,61	4568884,17	0,00	0,00
2	13	325093,21	4568912,18	0,00	0,00
2	13	325093,21	4568912,18	0,00	0,00
2	11	325140,31	4568864,97	0,00	0,00
2	11	325140,31	4568864,97	0,00	0,00
2	8	325168,80	4568755,76	0,00	0,00
2	8	325168,80	4568755,76	0,00	0,00
2	7	325209,48	4568760,03	0,00	0,00
2	7	325209,48	4568760,03	0,00	0,00
2	6	325235,01	4568801,69	0,00	0,00

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
2	6	325235,01	4568801,69	0,00	0,00
2	10	325108,79	4568825,90	0,00	0,00
2	10	325108,79	4568825,90	0,00	0,00
2	4	325277,84	4568875,32	0,00	0,00
2	4	325277,84	4568875,32	0,00	0,00
2	1	325322,34	4568837,18	0,00	0,00
2	9	325126,63	4568784,11	0,00	0,00
2	12	325120,73	4568906,24	0,00	0,00
2	14	325075,45	4568868,76	0,00	0,00
2	15	325051,93	4568853,38	0,00	0,00
2	1	325322,34	4568837,18	0,00	0,00
2	9	325126,63	4568784,11	0,00	0,00
2	12	325120,73	4568906,24	0,00	0,00
2	14	325075,45	4568868,76	0,00	0,00
2	15	325051,93	4568853,38	0,00	0,00
2	22	325118,56	4569122,74	0,00	0,00
2	28	325289,71	4569031,31	0,00	0,00
2	17	325106,37	4569077,65	0,00	0,00
2	14	325043,29	4569000,92	0,00	0,00
2	24	325206,25	4569127,65	0,00	0,00
2	13	325010,91	4568962,00	0,00	0,00
2	23	325168,50	4569114,21	0,00	0,00
2	29	325310,65	4569069,66	0,00	0,00
2	18	325058,84	4569080,33	0,00	0,00
2	12	325006,47	4568914,93	0,00	0,00
2	15	325089,45	4569017,03	0,00	0,00
2	16	325126,48	4569031,58	0,00	0,00
2	19	325007,14	4569071,39	1,87	0,01
2	20	325025,97	4569092,13	0,00	0,00
2	21	325068,93	4569117,61	0,00	0,00
2	25	325182,28	4569090,99	6,13	0,91
2	26	325199,85	4569064,47	3,89	8,63
2	27	325251,34	4569062,96	4,48	33,31
2	32	325275,38	4569070,29	0,00	0,00
2	33	325258,87	4569070,74	0,00	0,00
2	37	325155,22	4569037,67	0,00	0,00
2	13	325365,86	4569122,20	0,00	0,00
2	34	325290,52	4569038,40	0,00	0,00
2	12	325364,93	4569076,63	0,00	0,00
2	29	325377,51	4569040,73	0,00	0,00
2	35	325251,44	4569061,23	0,00	0,00
2	30	325338,14	4569013,71	8,30	0,02
2	31	325311,58	4569044,74	0,00	0,00
2	36	325201,28	4569054,12	0,00	0,00

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
2	47	325101,83	4568885,99	0,00	0,00
2	50	325170,34	4568820,54	1,15	0,05
2	49	325119,49	4568819,00	0,00	0,00
2	41	325014,34	4568996,62	0,00	0,00
2	39	325067,68	4569038,04	0,00	0,00
2	43	325077,15	4568976,66	2,63	18,22
2	48	325085,62	4568837,37	0,00	0,00
2	38	325101,28	4569071,54	1,99	71,71
2	40	325016,28	4569041,87	0,00	0,00
2	44	325120,76	4569004,16	2,00	0,14
2	45	325122,09	4568976,56	0,00	0,00
2	46	325112,18	4568930,92	0,00	0,00
2	51	325196,88	4568860,92	0,00	0,00

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°:	21013	
Procedencia:	Embalse de Ciurana	
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
CUR21_E1PRO1_1	<input checked="" type="checkbox"/>
CUR21_E1PRO1_2	<input checked="" type="checkbox"/>
CUR21_E1PRO1_3	<input checked="" type="checkbox"/>
CUR21_E1BEN1_1	<input checked="" type="checkbox"/>
CUR21_E1BEN1_2	<input checked="" type="checkbox"/>
CUR21_E1BEN1_3	<input checked="" type="checkbox"/>
CUR21_E1PES5_1	<input checked="" type="checkbox"/>
CUR21_E1PES5_2	<input checked="" type="checkbox"/>
CUR21_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:	21013	
Procedencia:	Embalse de Ciurana	
Código de proyecto:	EC20012	

Filtración de muestras de agua

Técnico:	Laura Miralles y Alexis Dorta
Almacenaje:	Congelación
Incidencias:	No

Muestras filtradas			
Código	Volumen (L)	Nº filtros	Fecha
CUR21_E1PRO1_1	1	2	14/12/21
CUR21_E1PRO1_2	1	2	14/12/21
CUR21_E1PRO1_3	1	2	14/12/21
CUR21_E1BEN1_1	1	2	14/12/21
CUR21_E1BEN1_2	1	2	14/12/21
CUR21_E1BEN1_3	1	2	14/12/21
CUR21_E1PES5_1	1	2	14/12/21
CUR21_E1PES5_2	1	2	14/12/21
CUR21_E1PES5_3	1	2	14/12/21
Control filtración	1	1	14/12/21

TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
ESPECIE:	<i>Anguilla anguilla y Salmo trutta</i>	
INFORME DE ENSAYO N°:	21013	
Procedencia:	Embalse de Ciurana	
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
CUR21_E1PRO1_1	100	<input checked="" type="checkbox"/>
CUR21_E1PRO1_2	100	<input checked="" type="checkbox"/>
CUR21_E1PRO1_3	100	<input checked="" type="checkbox"/>
CUR21_E1BEN1_1	100	<input checked="" type="checkbox"/>
CUR21_E1BEN1_2	100	<input checked="" type="checkbox"/>
CUR21_E1BEN1_3	100	<input checked="" type="checkbox"/>
CUR21_E1PES5_1	100	<input checked="" type="checkbox"/>
CUR21_E1PES5_2	100	<input checked="" type="checkbox"/>
CUR21_E1PES5_3	100	<input checked="" type="checkbox"/>
Control filtración	100	<input checked="" type="checkbox"/>

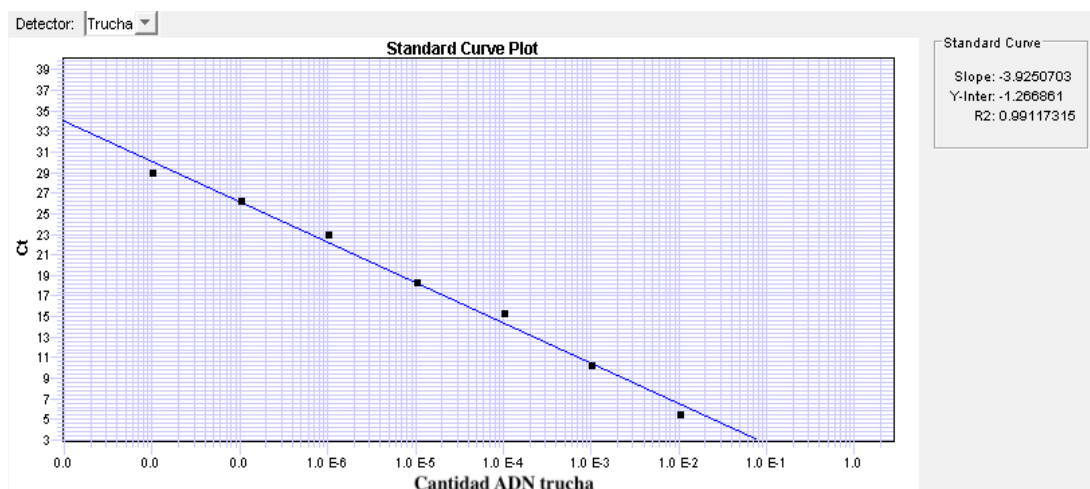
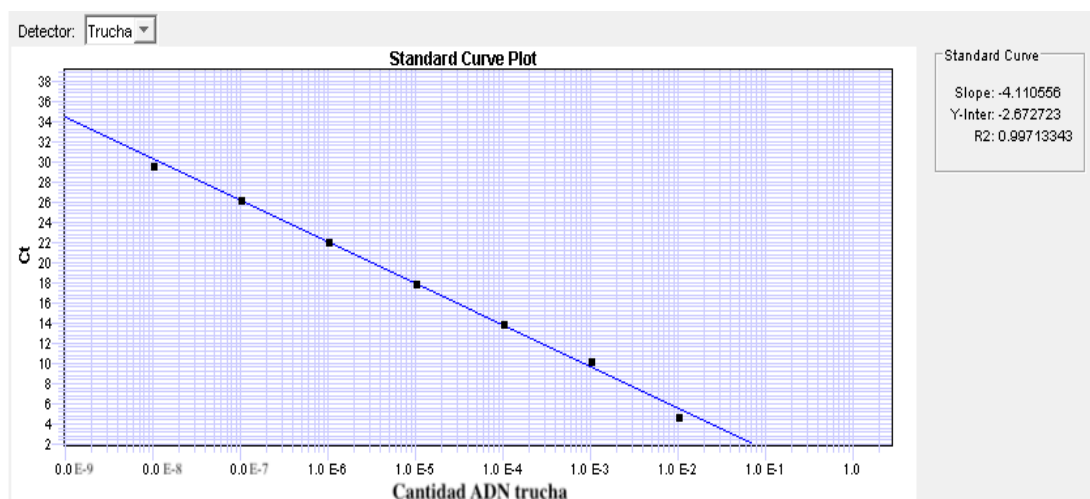
TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
ESPECIE:	<i>Anguilla anguilla</i> y <i>Salmo trutta</i>	
INFORME DE ENSAYO Nº:	21013	
Procedencia:	Embalse de Ciurana	
Código de proyecto:	EC20012	

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 N°:	21013	
Procedencia:	Embalse de Ciurana	
Código de proyecto:	EC20012	

Resultados			
Código	Detección	Detección	Detección
CUR21_E1PRO1_1	-	-	-
CUR21_E1PRO1_2	-	-	-
CUR21_E1PRO1_3	-	-	-
CUR21_E1BEN1_1	-	-	-
CUR21_E1BEN1_2	-	-	-
CUR21_E1BEN1_3	-	-	-
CUR21_E1PES5_1	-	-	-
CUR21_E1PES5_2	-	-	-
CUR21_E1PES5_3	-	-	-
Control negativo filtración	-	-	-
Cotrol negativo extracción	-	-	-
Control negativo PCR	-	-	-
Control positivo PCR	+	+	+

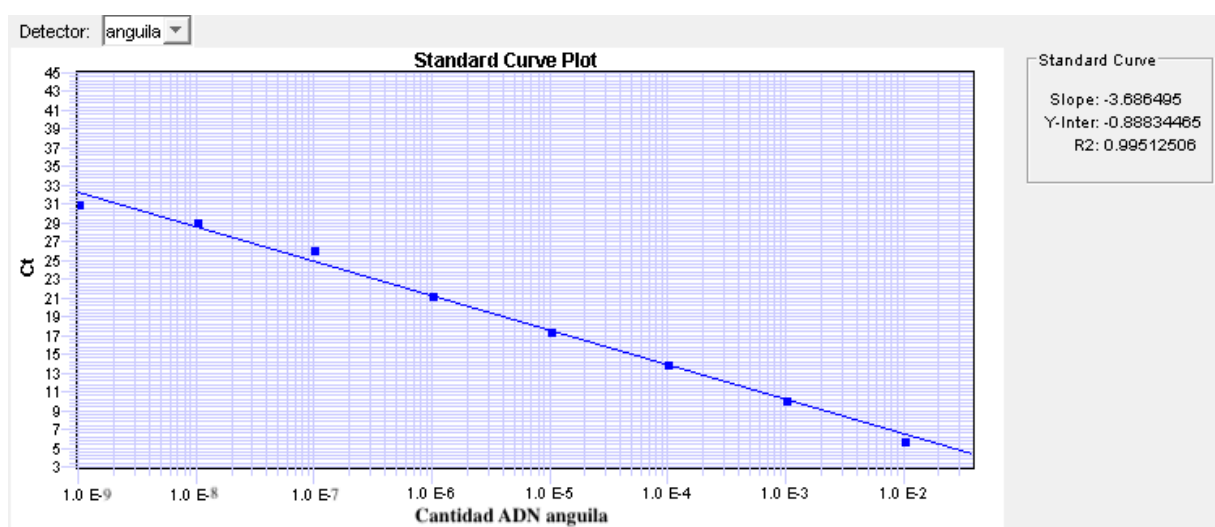
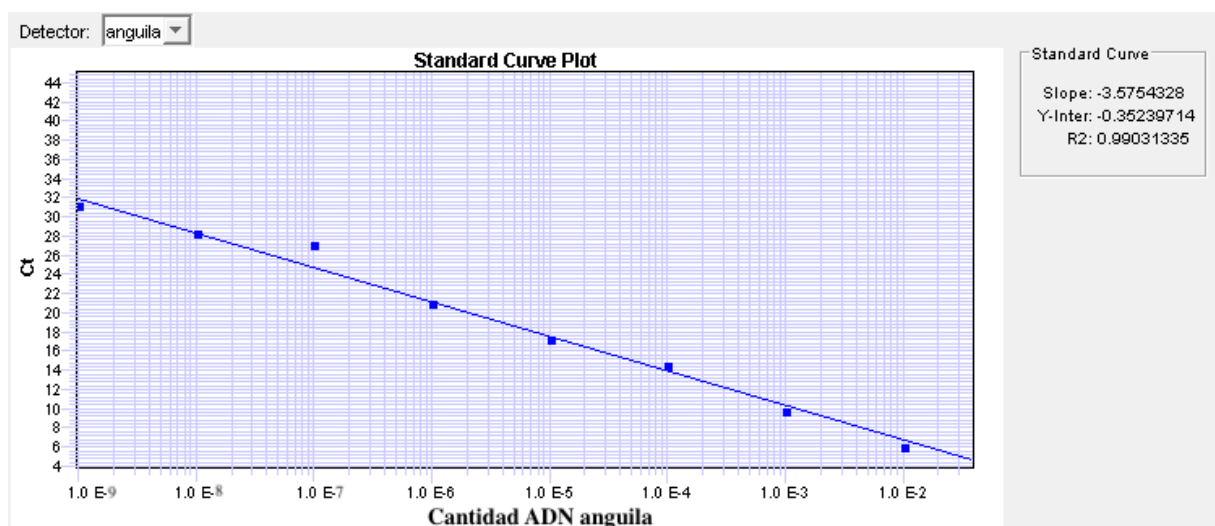
Conclusión

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:	21013	
Procedencia:	Embalse de Ciurana	
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 Nº:	21013	
Procedencia:	Embalse de Ciurana	
Código de proyecto:	EC20012	

Resultados			
Código	Detección	Detección	Detección
CUR21_E1PRO1_1	-	-	-
CUR21_E1PRO1_2	-	-	-
CUR21_E1PRO1_3	-	-	-
CUR21_E1BEN1_1	-	-	-
CUR21_E1BEN1_2	-	-	-
CUR21_E1BEN1_3	-	-	-
CUR21_E1PES5_1	-	-	-
CUR21_E1PES5_2	-	-	-
CUR21_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:	21013	
Procedencia:	Embalse de Ciurana	
Código de proyecto:	EC20012	