



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







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

PROMOTOR:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



SERVICIO:

ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS

DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

María José Rodríguez Pérez
Vicente Sancho-Tello Valls

EMPRESA CONSULTORA:

ECOHYDROS S.L.



EQUIPO DE TRABAJO:

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

PRESUPUESTO DE LA ADJUDICACIÓN:

114.425,25 Euros

CONTENIDO:

MEMORIA/ANEJOS/CARTOGRAFÍA/CD

AÑO DE EJECUCIÓN:

2021

FECHA ENTREGA:

DICIEMBRE 2021



REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

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

Superior derecha: Ejemplar de carpín (*Carassius gibelio*) del embalse de Guiamets

Inferior izquierda: Ejemplar de perca americana (*Micropterus salmoides*) del embalse de Guiamets

Inferior derecha: Vista del acceso al embalse de Guiamets

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2021) Sondeo hidroacústico en embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro: Embalse de Guiamets. 68 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 GUIAMETS. AÑO 2021

El objeto de este informe es la evaluación de la abundancia y biomasa de la biocenosis de peces del embalse de Guiamets. Para ello, en octubre de 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 rutilo (*Rutilus rutilus*), que representa el 53,2%. En lo que respecta a la biomasa, la carpa común (*Cyprinus carpio*) domina la asociación con un 33,1% que, junto al carpín (*Carassius gibelio*) (30,1%) y rutilo (*Rutilus rutilus*) (27,1%), suman el 90% de la biomasa de peces del embalse. Junto a las citadas especies se presentan dos autóctonas: Barbo de Graells (*Luciobarbus graellsii*) y madrilla (*Parachondostroma miegii*) y otras cuatro exóticas e invasoras: alburno (*Alburnus alburnus*), black bass (*Micropterus salmoides*), perca sol (*Lepomis gibbosus*) y pez gato negro (*Ameiurus melas*).*

La densidad estimada fue de $5,27 \pm 0,69$ ind/dam³ y la biomasa de $15,92 \pm 2,08$ g/m², es decir, 159 kg/ha, que es un valor alto de biomasa de peces.

*En el caso de la trucha común (*Salmo trutta*) y anguila (*Anguilla anguilla*), la prospección mediante la técnica de mayor sensibilidad conocida (eDNA) ha ofrecido resultados negativos (ausencia) en ambos casos.*

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

The purpose of this report is to assess the abundance and biomass of the fish biocenosis of the Guiamets reservoir. In October 2021 a quantitative sampling of fish in the reservoir was carried out using a combination of techniques: direct sampling using scientific gillnets (CEN-EN 14.757/2006) and boat electrofishing; and indirect sampling 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. These were the brown trout (*Salmo trutta*) and the European eel (*Anguilla anguilla*), two native species in decline in the reservoirs of this area.*

*The results determined that the association is clearly dominated in density by the roach (*Rutilus rutilus*), which represents 53.2%. In terms of biomass, the common carp (*Cyprinus carpio*) dominates the association with 33.1% which, together with the common carp (*Carassius gibelio*) (30.1%) and roach (*Rutilus rutilus*) (27.1%), account for 90% of the fish biomass in the reservoir. Together with the aforementioned species, there are two autochthonous species: Graells barbel (*Luciobarbus graellsii*) and madrilla (*Parachondostroma miegii*) and another four exotic and invasive species: bleak (*Alburnus alburnus*), black bass (*Micropterus salmoides*), pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) and black bullhead catfish (*Ameiurus melas*).*

The estimated density was $5,27 \pm 0,69$ ind/dam³ and the biomass was $15,92 \pm 2,08$ g/m², i.e., 159 kg/ha, which is a high value for fish biomass.

*In the case of brown trout (*Salmo trutta*) and eel (*Anguilla anguilla*), the survey using the most sensitive technique known (eDNA) gave negative results (absence) for both cases.*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	12
1.1. <i>PRESTACIONES DE LAS TÉCNICAS APLICADAS</i>	12
1.2. <i>INTERÉS DEL ESTUDIO CUANTITATIVO DE LA FAUNA ÍCTICA EN MASAS DE AGUA NO VADEABLES</i>	13
2. ÁMBITO DE ESTUDIO	15
2.1. <i>SITUACIÓN</i>	15
2.2. <i>CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA</i>	16
2.3. <i>RÉGIMEN HIDROLÓGICO</i>	19
2.4. <i>CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EMBALSE. PERFILES VERTICALES</i>	20
2.5. <i>POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO</i>	22
3. METODOLOGÍA.....	23
3.1. <i>DISEÑO DEL MUESTREO</i>	24
3.2. <i>MUESTREOS REMOTOS: HIDROACÚSTICA</i>	24
3.2.1. <i>Prospección hidroacústica</i>	24
3.2.2. <i>Procesado de datos acústicos</i>	26
3.3. <i>MUESTREOS DIRECTOS DE PESCA</i>	26
3.3.1. <i>Redes agalleras multipaño</i>	26
3.3.2. <i>Pesca eléctrica desde embarcación</i>	28
3.4. <i>INTERPOLACIÓN ESPACIAL Y ESTIMACIONES GLOBALES</i>	29
3.5. <i>EVALUACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE BIÓTICO QFBI</i>	31
3.6. <i>DETECCIÓN DE TRUCHA COMÚN Y ANGIULA EUROPEA MEDIANTE ADN AMBIENTAL</i>	32
3.6.1. <i>Muestreo de ADN ambiental (eDNA)</i>	32
3.6.2. <i>Obtención de ADN ambiental de trucha común y de anguila en muestras de agua</i>	33
3.6.3. <i>Detección específica de trucha común</i>	34
3.6.4. <i>Detección específica de anguila europea</i>	34
3.6.5. <i>Estimaciones de biomasa</i>	35
4. RESULTADOS	35
4.1. <i>SONDEO HIDROACÚSTICO: DENSIDADES</i>	35
4.1.1. <i>Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro</i>	42

4.2. MUESTREOS DIRECTOS: COMPOSICIÓN Y BIOMASA ESPECÍFICA.....	43
4.2.1. Especies presentes en el embalse.....	44
4.2.2. Composición y distribución de especies.....	45
4.3. BIOMASA	51
4.3.1. Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro	55
4.4. DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES	56
4.5. MUESTREOS INDIRECTOS: ADN AMBIENTAL.....	57
4.5.1. Muestras ambientales de agua	57
4.5.2. Detección de trucha común mediante qPCR y estimaciones de biomasa.....	57
4.5.3. Detección de anguila europea mediante qPCR y estimaciones de biomasa.....	59
5. VALORACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE QFBI	61
6. CONCLUSIONES.....	62
7. GLOSARIO Y ACRÓNIMOS.....	64
8. BIBLIOGRAFÍA.....	66

ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1. Especies presentes

Anexo 2. Resultados de las pescas

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

Anexo 4. Boletines de ensayo eDNA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estratos considerados en el embalse de Guiamets	19
Tabla 2. Descripción de las redes de muestreo empleadas.	27
Tabla 3. Métricas y coeficientes para el cálculo del QFBI	31
Tabla 4. Valores de corte del QFBI empleados para la clasificación del potencial ecológico	32
Tabla 5. Densidad de peces (ind/dam ³) por estratos, estimada mediante acústica	37
Tabla 6. Especies presentes en el embalse.....	44
Tabla 7. Redes científicas utilizadas durante los muestreos directos en el embalse de Guiamets	45
Tabla 8. Resultados de las pescas con red por especies	46
Tabla 9. Lances (<i>tracks</i>) de pesca eléctrica realizados durante los muestreos directos en el embalse de Guiamets	48
Tabla 10. Resultados de la pesca eléctrica por especies	48
Tabla 11. Biomasa de peces por estratos (g/m ²) estimada mediante acústica	51
Tabla 12. Densidades (ind/dam ³) y biomásas (g/m ²) por especie	56
Tabla 15. Datos de las rectas patrón obtenidas para la cuantificación de muestras ambientales de anguila europea.....	59
Tabla 16. Resultados del QFBI obtenidos para el embalse de Guiamets	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Embarcación de hidroacústica en el embalse de Guiamets	14
Figura 2. Situación del embalse de Guiamets.....	15
Figura 3. Índice NDWI aplicado a la imagen satélite para identificar la lámina de agua	17
Figura 4. Batimetría del embalse de Guiamets	18
Figura 5. Evolución del volumen acumulado en el embalse de Guiamets durante el ciclo hidrológico 2020/21 (elaboración propia).....	19
Figura 6. Perfiles físico-químicos realizados en el embalse de Guiamets (GUI21_E1PRO1)	21
Figura 7. Esquema del método de censado de poblaciones ícticas en un embalse	23
Figura 8. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico	25
Figura 9. Ubicación de redes pelágicas en embalse de Guiamets	28
Figura 10. Equipo de electropesca desde embarcación preparado para el muestreo en el embalse de Guiamets	29
Figura 11. Ejemplo de ajuste de curva al semivariograma para el interpolado espacial	30
Figura 12. Ubicación de las estaciones de muestreo directo de diferente tipo en el embalse de Guiamets	33
Figura 13. Recorridos del sondeo hidroacústico en el embalse de Guiamets	36
Figura 14. Ejemplo de un ecograma obtenido con el haz vertical en el embalse de Guiamets	37
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	39
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.....	40
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.....	41
Figura 18. Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro	42
Figura 19. Fotografías de las labores de muestreo en el embalse de Guiamets	43
Figura 20. Izq: ejemplar parcialmente degradado de medusa de agua dulce capturado en el Embalse de Guiamets observada bajo lupa. Fuente: Elaboración propia. / Dcha: Medusa de agua dulce (<i>Craspedacusta sowerbii</i>). Fuente: Dawid Sawicke, Poland.....	45

Figura 21. Composición de la asociación obtenida mediante redes	46
Figura 22. Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm.....	47
Figura 23. Composición de la asociación obtenida mediante pesca eléctrica.....	49
Figura 24. Ejemplares de las especies capturadas en el embalse de Guiamets	50
Figura 25. 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.....	52
Figura 26. 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.....	53
Figura 27. 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	54
Figura 28. Comparación de la biomasa con otros embalses de la cuenca del Ebro	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) corresponden a las réplicas de laboratorio realizadas	58
Figura 30. Rectas patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Cf) frente a la cantidad de ADN detectada (Quantity). Cada una de las rectas (A y B) corresponden a las réplicas de laboratorio realizadas	60

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

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

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

1.1. PRESTACIONES DE LAS TÉCNICAS APLICADAS

Las técnicas hidroacústicas constituyen actualmente la técnica remota por excelencia para cartografiar hábitats y elementos biológicos, tanto los relacionados con los fondos (bentónicos),



como con la columna de agua. Los gestores de los ecosistemas acuáticos necesitan identificar y cartografiar los elementos naturales a través de múltiples escalas espaciales, y, en este sentido, los sistemas acústicos resultan óptimos por su enorme rango dinámico, que permite medir propiedades de los objetos desde escalas de centímetros a kilómetros.

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

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

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

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

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

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

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

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



Figura 1. Embarcación de hidroacústica en el embalse de Guiamets

2. ÁMBITO DE ESTUDIO

2.1. SITUACIÓN

El embalse de Guiamets (MAS 79) se localiza en el término municipal de Els Guiamets, en la provincia de Tarragona, regulando las aguas del río Asmat. El agua del embalse está destinada principalmente para regadíos de la comarca.

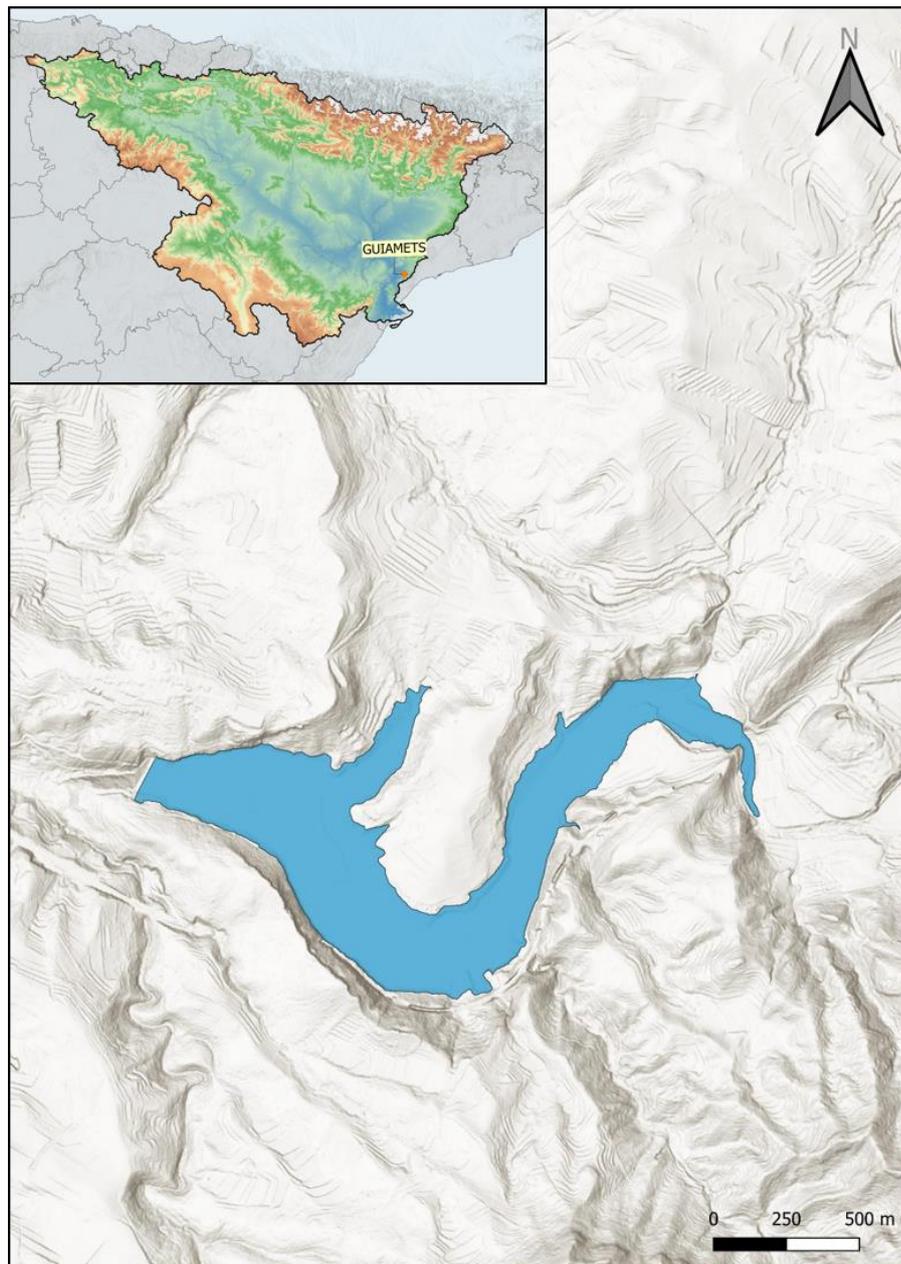


Figura 2. Situación del embalse de Guiamets

2.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

El embalse de Guiamets tiene una capacidad máxima de 10,8 hm³ y ocupa en su nivel máximo normal (NMN) una superficie de 76,1 ha, lo que supone una profundidad media de 14,5 m y máxima de 39,4 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 (19 - 20 de octubre de 2021) una profundidad media de 6,25 m y máxima de 27,5 m; la cota durante esas fechas estaba en el entorno de 163,3 msnm, que según la hipsometría generada corresponde a un volumen de 4,01 hm³ (38,3% 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 Guiamets (Figura 4) y de la que se extrae el polígono del contorno del embalse durante el muestreo, que posteriormente se aplica como frontera en las interpolaciones espaciales. Su superficie en las fechas del muestreo es de 41 ha.



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

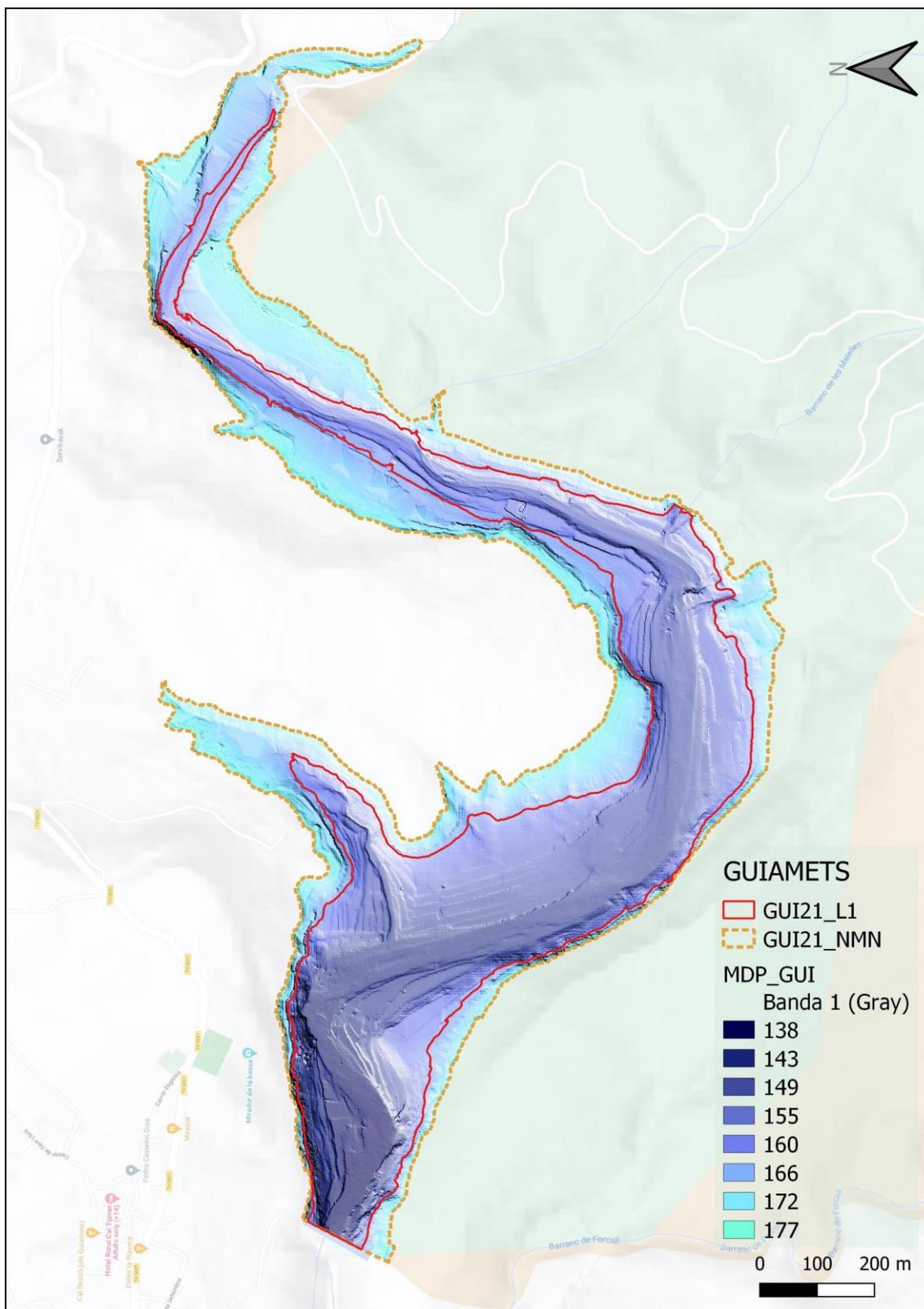


Figura 4. Batimetría del embalse de Guiamets

En la Tabla 1 se presentan los volúmenes y superficies de cada uno de los estratos de profundidad considerados en este caso, obtenidos a partir de la batimetría anterior. Los volúmenes de cada estrato pueden presentar ciertas desviaciones con respecto a los volúmenes reales, los motivos de esta desviación son múltiples (efecto del procedimiento de interpolación espacial, resolución de la batimetría, acumulación de sedimentos, nivel del embalse, etc.).

Tabla 1. Estratos considerados en el embalse de Guiamets

Embalse	Sector	Estrato	Profundidad (m)	Volumen (hm ³)	Superficie (ha)
GUI21	1	1	0 a 5	1,659	41,0
GUI21		2	5 a 15	1,879	30,0
GUI21		3	15 a 27,5	0,47	10,0

2.3. RÉGIMEN HIDROLÓGICO

El embalse de Guiamets presenta una tendencia decreciente de la reserva hídrica a lo largo del año hidrológico y en el periodo sucesivo, con una leve recuperación de volumen durante los meses de invierno. En la fecha de muestreo (20/10/2021), marcada con una línea roja en la Figura 4, el embalse se encontraba con 4,01hm³, estando al 38,3% de su capacidad.

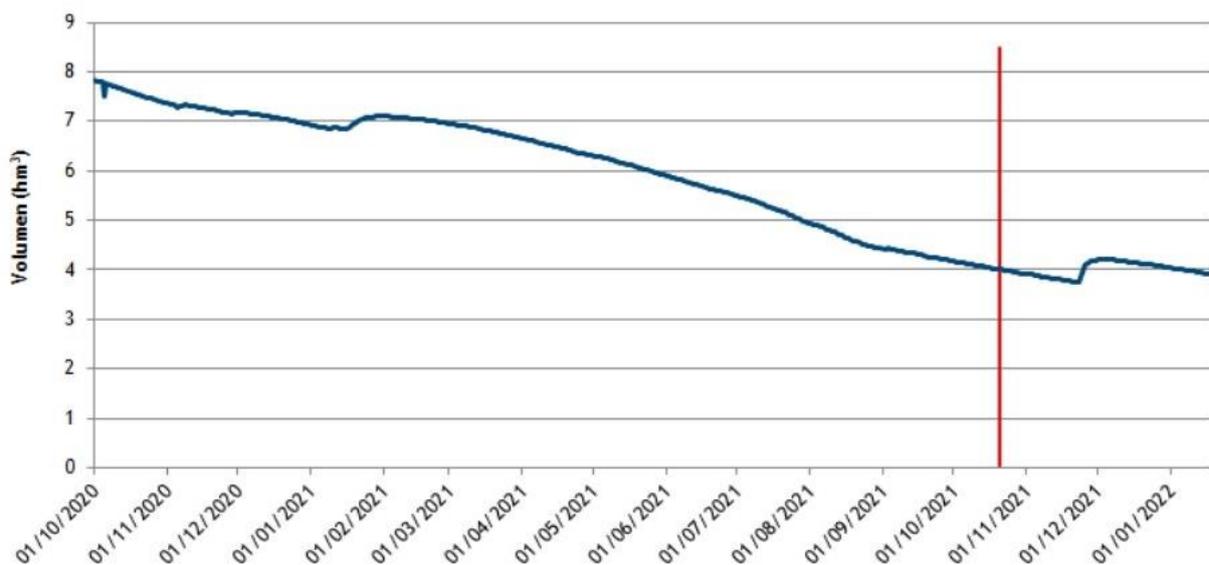


Figura 5. Evolución del volumen acumulado en el embalse de Guiamets durante el ciclo hidrológico 2020/21 (elaboración propia)



2.4. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EMBALSE. PERFILES VERTICALES

Para facilitar 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 ha realizado un perfil físico químico en el vaso principal del embalse, en la zona más profunda frente a la presa. En la Figura 6 se recogen los parámetros resumen del perfil vertical y la representación gráfica del mismo.

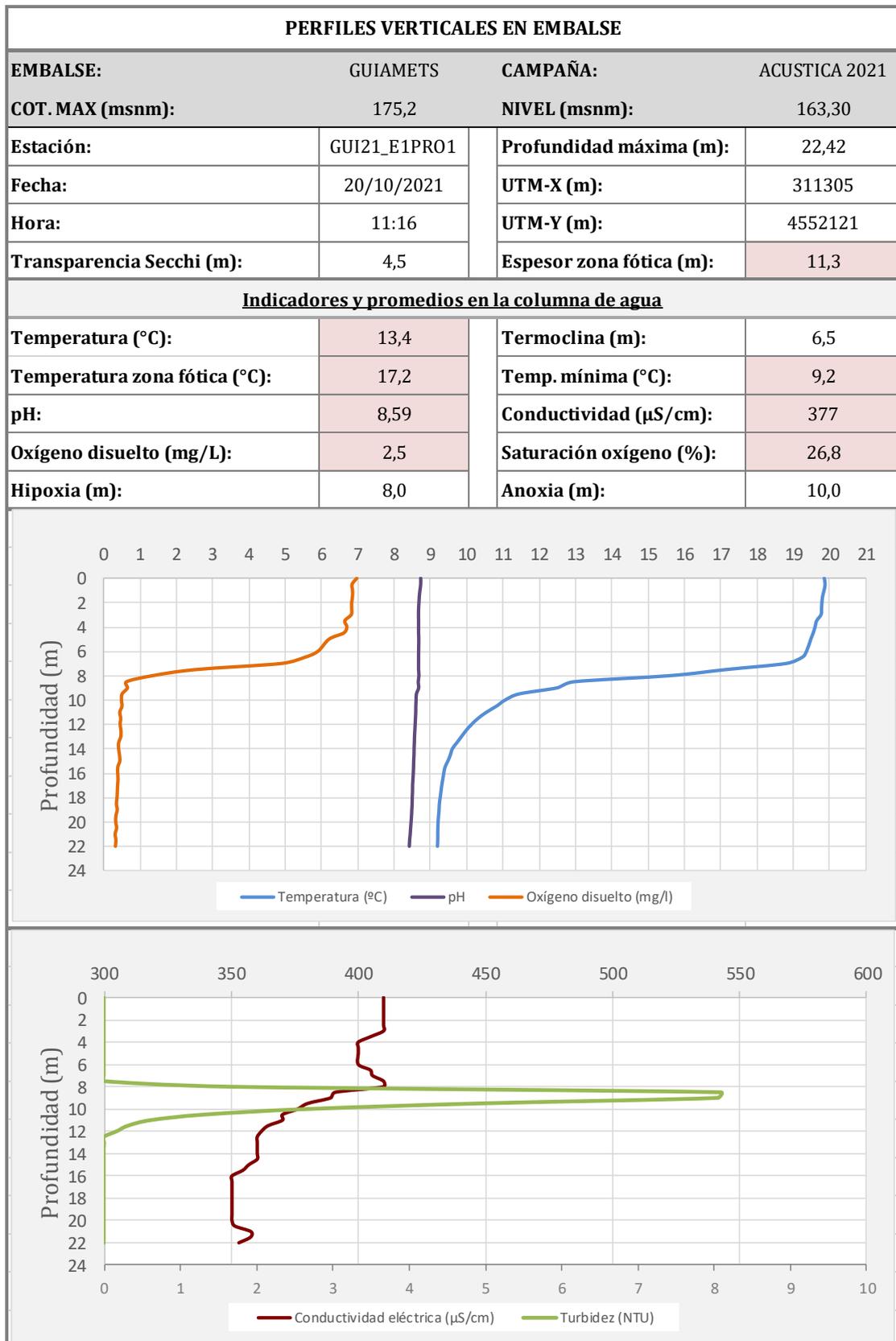


Figura 6. Perfiles físico-químicos realizados en el embalse de Guiamets (GUI21_E1PRO1)

Del perfil obtenido en la estación “GUI21_E1PRO1” se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La profundidad máxima en el momento del muestreo alcanza 22,4 metros. Se observa un amplio metalimnion que transcurre desde los 6 m hasta los 12 m de profundidad y en el que la temperatura desciende 9°C.
- La transparencia del agua registrada mediante disco de Secchi es de 4,5 m lo que supone una profundidad de la capa fótica de 11,3 m. Este espesor de la capa fótica es congruente con los valores observados de turbidez que presentan su pico máximo a los 9 m de profundidad alcanzando los 8 NTUs, mientras que en superficie y en fondo no se registran valores por encima del límite de detección de este parámetro.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en el epilimnion están en niveles cercanos a la saturación, con una concentración media de 6,7 mg O₂/L, mientras que en el metalimnion la concentración de oxígeno cae bruscamente, creando una fuerte oxiclina hasta alcanzar condiciones de anoxia en el hipolimnion (<0,5 mg O₂/L). En consecuencia, a partir de los 8 metros de profundidad las concentraciones de oxígeno detectadas podría ser limitantes para la vida de los peces.
- La conductividad eléctrica es de 410 µS/cm en superficie y 353 µS/cm en fondo, fluctuando a lo largo de la columna de agua, pero sin grandes variaciones.
- El valor promedio de pH en la columna de agua es de 8,59 y se mantiene constante con la profundidad, lo que indica que la producción primaria no es muy intensa en la zona fótica.

2.5. POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO

El embalse de Guiamets se cataloga en el ecotipo 10 (Masa de agua muy modificada y artificial asimilable a lago: monomítico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos). Este embalse está incluido en la red de control de vigilancia y red de control operativo, y ha sido catalogado como “mesotrófico” y potencial ecológico “moderado”, según el informe final de Seguimiento de Embalses 2020 de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE, 2020).

3. METODOLOGÍA

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

El procedimiento general empleado, que se plasma en la Figura 7, establece diferentes técnicas de muestreo en función de los macrohábitats diferenciados. Como se puede observar en la citada figura, el procedimiento de trabajo se basa en la combinación optimizada de diferentes técnicas prospectivas y de análisis.

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

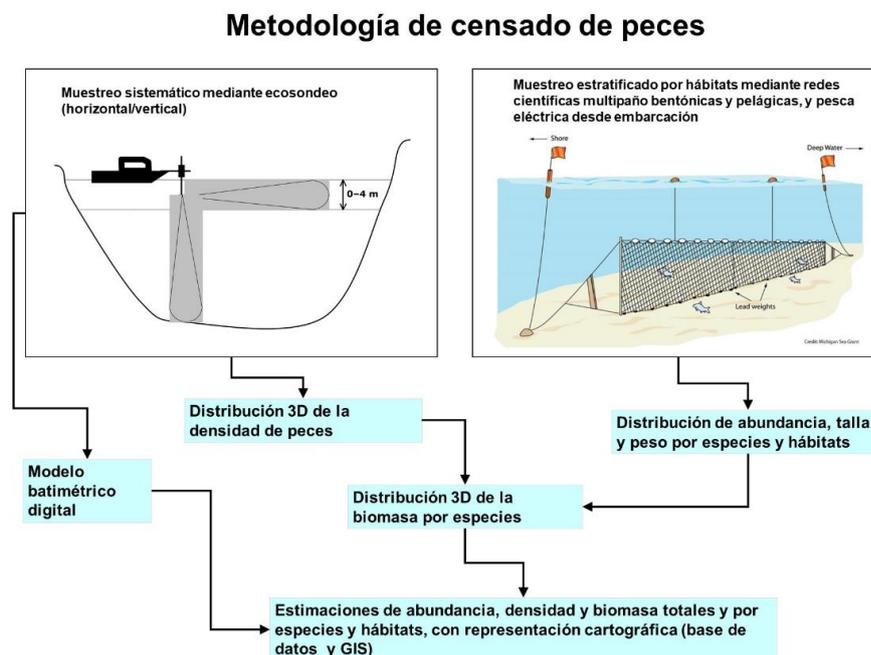


Figura 7. Esquema del método de censo de poblaciones ícticas en un embalse

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.

Se han realizado recorridos periféricos adicionales proyectando el haz horizontal hacia las riberas, es decir, perpendicularmente a la línea de costa, en aquellos lugares en los que el desarrollo del hábitat litoral 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 se realizaron además 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 19 y 20 de octubre de 2021.

3.2. MUESTREOS REMOTOS: HIDROACÚSTICA

3.2.1. *Prospección hidroacústica*

El equipo utilizado es una ecosonda científica BioSonics DTX, con un transductor elíptico digital de haz dividido y frecuencia de 430 kHz, orientado horizontalmente, y un transductor digital de haz dividido y frecuencia de 200 kHz, orientado verticalmente. Estos sistemas ofrecen un rango dinámico muy superior a los analógicos. El transductor utilizado en orientación vertical tiene un ángulo de apertura de 10º, 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.

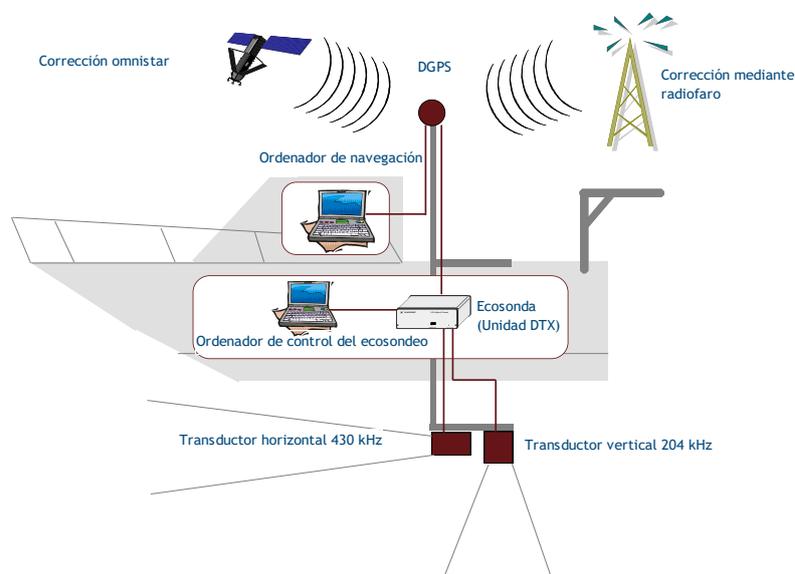


Figura 8. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico

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 contempla 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 ecointegración para estimar la abundancia en los estratos profundos, sondeados con orientación vertical del haz acústico, dado que la densidad de peces y el ruido por otros factores (burbujas, etc) son elevados.

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 el caso de la ecointegración en el sondeo horizontal, 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). En el caso del sondeo vertical, la distribución de tallas aplicadas en el proceso de ecointegración deriva de la intensidad de los propios ecos (SED), en lugar de la de las capturas.

3.3. MUESTREOS DIRECTOS DE PESCA

3.3.1. Redes agalleras multipaño

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

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

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

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

Tabla 2. Descripción de las redes de muestreo disponibles.

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 pelágicas en embalse de Guiamets

3.3.2. Pesca eléctrica desde embarcación

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

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

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

estándar de esfuerzo que se aplica es de 100 metros de orilla. Los muestreos de pesca eléctrica se realizan preferentemente en horas crepusculares.



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

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 30. Todos los mapas e ilustraciones que se incluyen en el presente Estudio se han representado en este sistema de referencia.

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

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

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

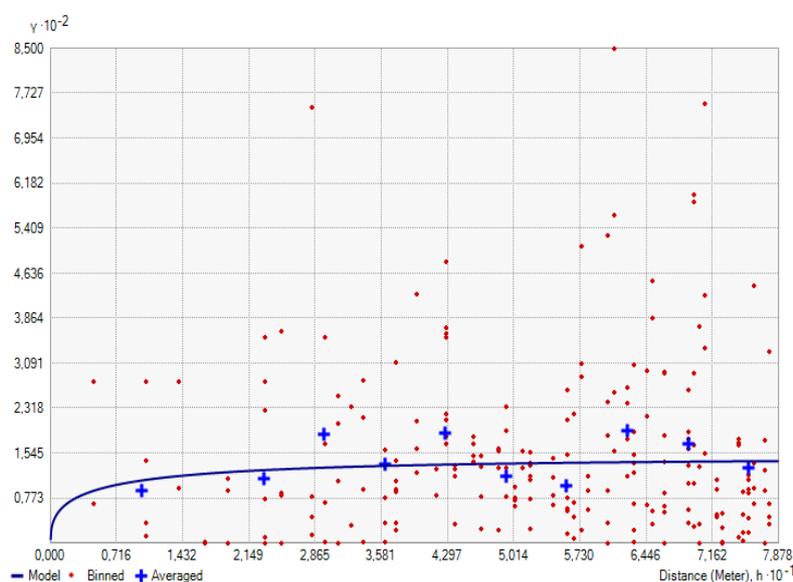


Figura 11. Ejemplo de ajuste de curva al semivariograma para el interpolado espacial

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

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

Esta aproximación a un índice de calidad basado en los peces se denominó QFBI (*Quantitative Fish Biotic Index*).

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

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

Tabla 3. Métricas y coeficientes para el cálculo del QFBI

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

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

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

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

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

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

3.6. DETECCIÓN DE TRUCHA COMÚN Y 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), bentónico (4 m) y pelágico (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.

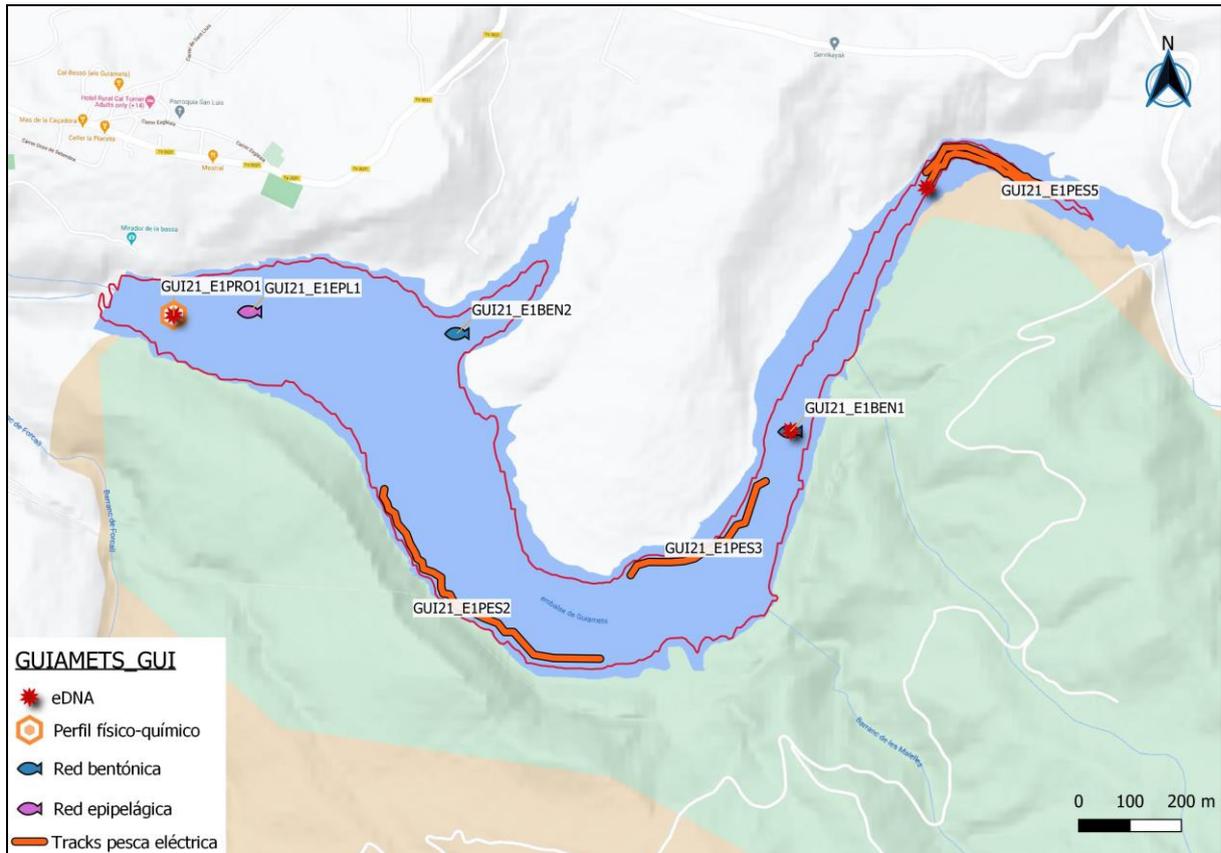


Figura 12. Ubicación de las estaciones de muestreo directo de diferente tipo en el embalse de Guiamets

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 el de otros organismos.

3.6.5. Estimaciones de biomasa

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

Se calculó una recta patrón de diluciones seriadas 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 8,5 km (con dos transductores), lo que supone un valor del índice de cobertura efectiva (Da) de 13. Los recorridos completos sobre el mapa batimétrico se presentan en la Figura 13.

Obsérvese que los recorridos realizados se circunscriben al contorno del agua (rojo) establecido a partir del análisis de imágenes de satélite en fechas cercanas al muestreo y la batimetría realizada y proporcionada por la confederación hidrográfica del Ebro.

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

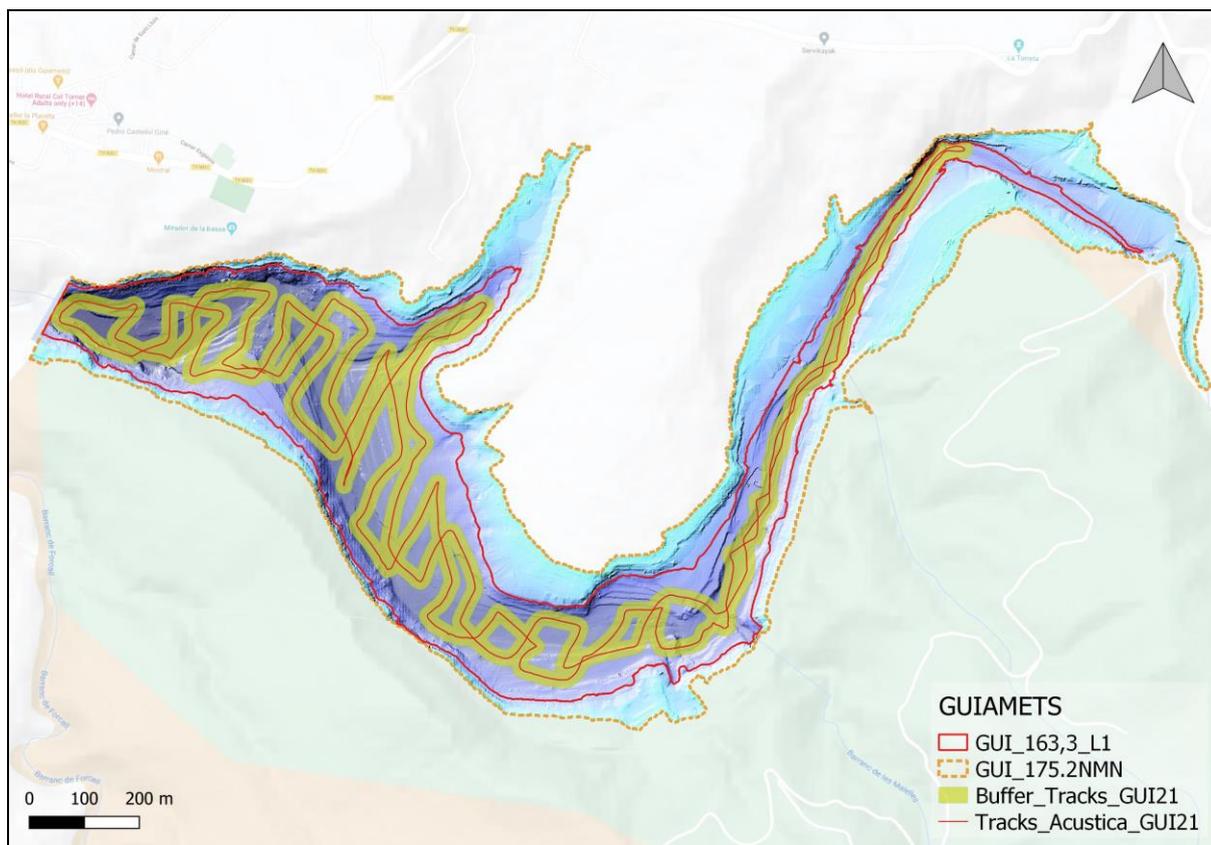


Figura 13. Recorridos del sondeo hidroacústico en el embalse de Guiamets

En la Figura 12 se muestra un ejemplo de ecograma durante el muestreo acústico en el embalse de Guiamets realizado con haz vertical. El fondo, representado con una línea amarilla, oscila en el ejemplo de ecograma entre los 5 -12 metros de profundidad. Se pueden observar pequeñas señales aisladas en color amarillo-verdoso en la parte más profunda (7m), que corresponden a peces. También se pueden observar señales de vegetación sumergida enraizada en el lecho del embalse a unos 5 metros de profundidad.

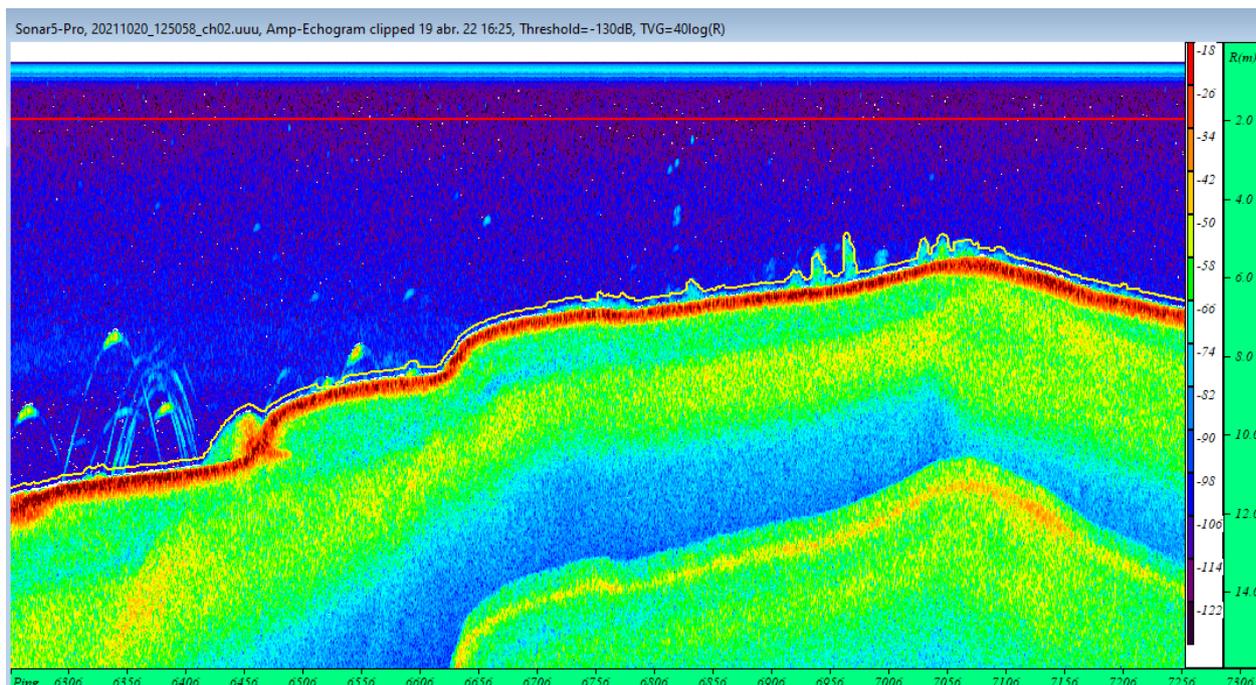


Figura 14. Ejemplo de un ecograma obtenido con el haz vertical en el embalse de Guiamets

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

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
GUI21	1	1	4,05	267	170	41	24,4
GUI21		2	7,67	166	140	101	24,1
GUI21		3	0,01	0	45	44	0,1

Estos valores medios se han ponderado con el volumen de cada estrato y sector (Tabla 1), para obtener una densidad total del embalse de $5,27 \pm 0,69 \text{ ind}/\text{dam}^3$, que representa un valor intermedio, propio de sistemas no excesivamente productivos y de embalses con carácter mesotrófico.

La ausencia de detecciones en el estrato 3 (LOW) se debe principalmente al cambio de las características físico – químicas del agua, dado que a los 8 metros de profundidad la columna de agua entra en anoxia, imposibilitando la vida de la ictiofauna. En todo caso, este estrato profundo representa únicamente la cuarta parte de la superficie y volumen del estrato superficial (UOW).

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

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

Se aprecia (Figura 15) que en el estrato superior (UOW) los peces se distribuyen preferentemente en la zona de la cola del embalse, así como en las orillas de la zona central. En el estrato intermedio (MOW) las poblaciones de peces se distribuyen más homogéneamente, encontrando elevadas densidades cerca de la orilla suroeste de la zona central del embalse (Figura 16); por último, en el estrato inferior (LOW) no se aprecian apenas detecciones (Figura 17).

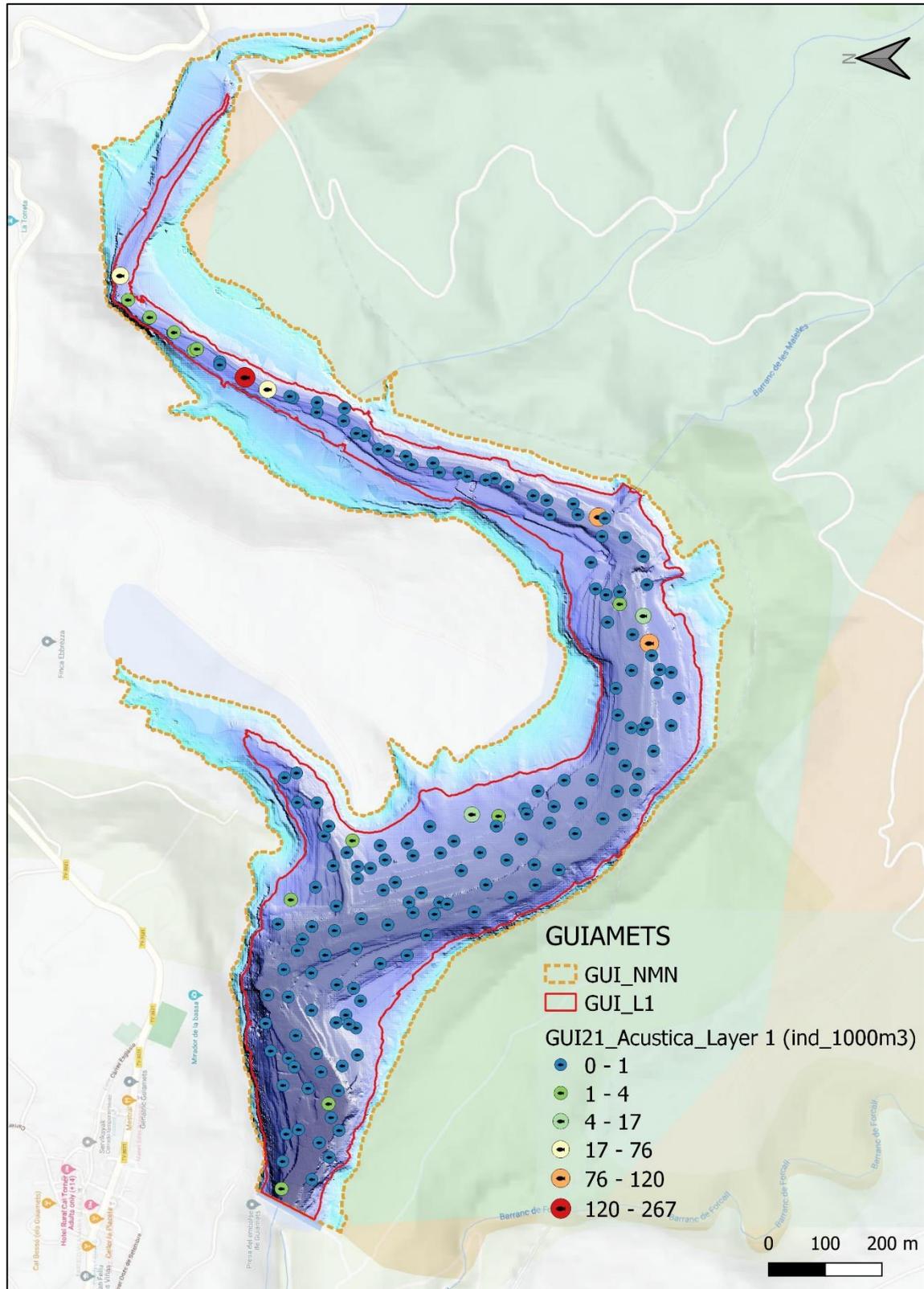


Figura 15. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato superior (UOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud

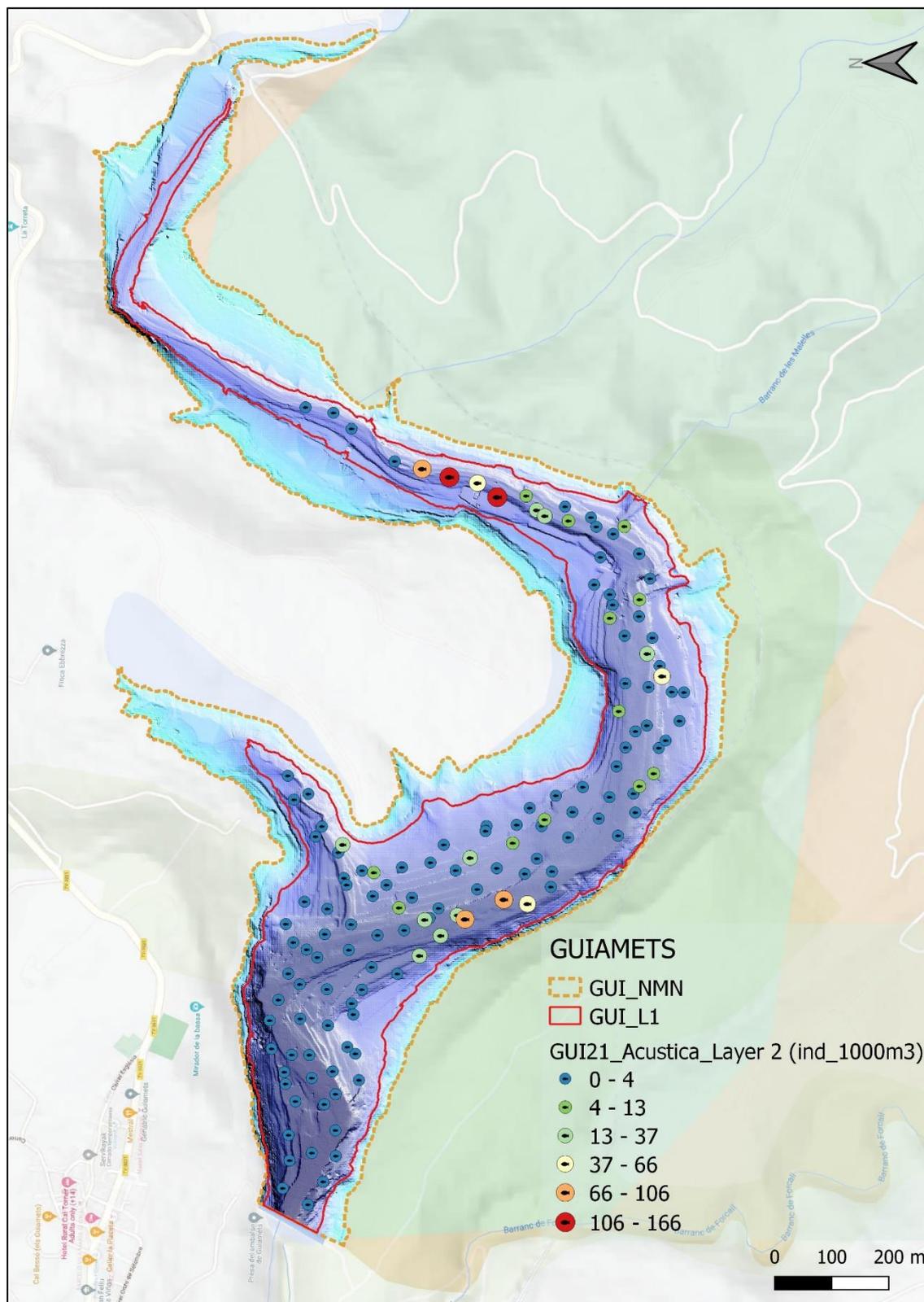


Figura 16. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato intermedio (MOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud

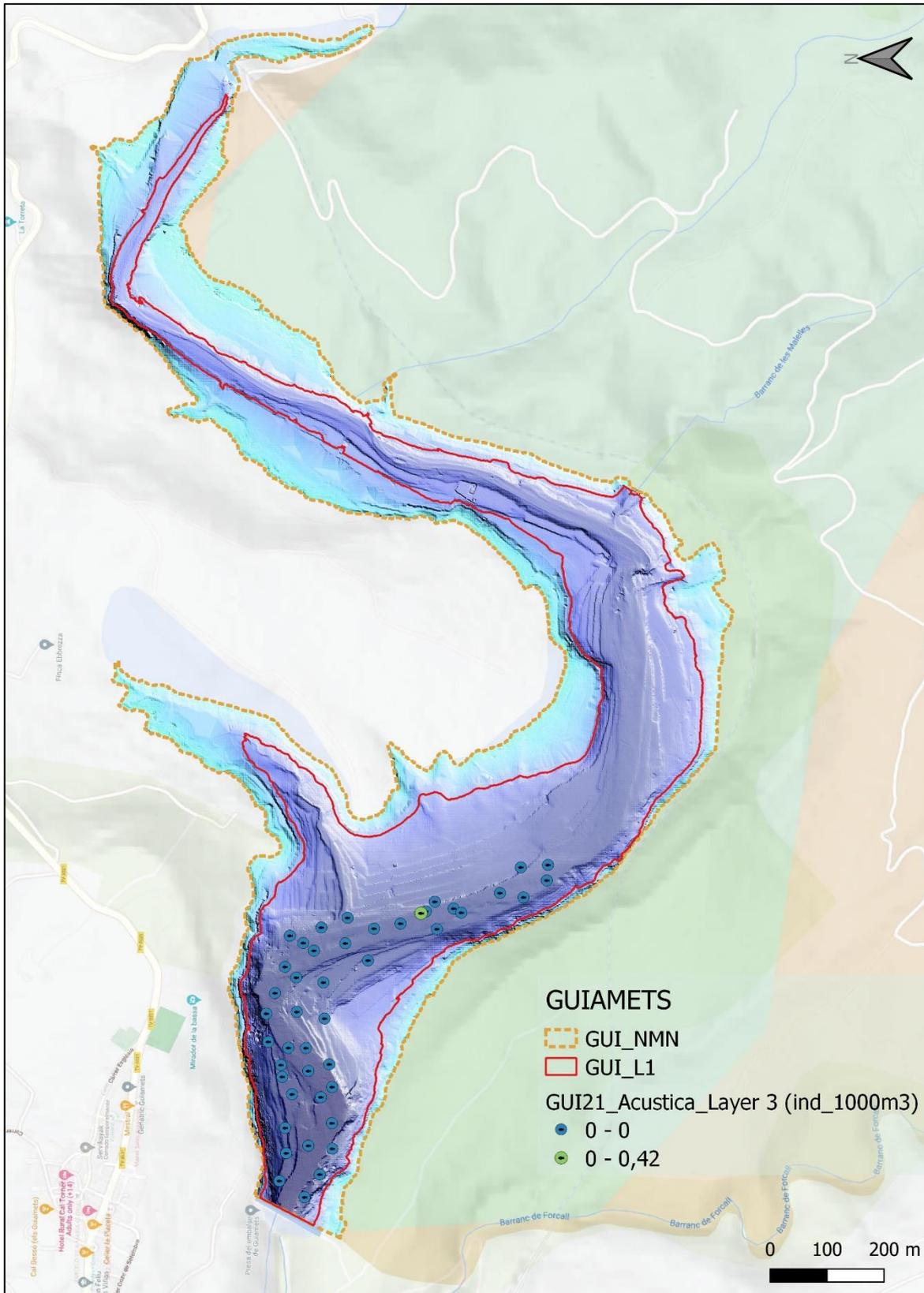


Figura 17. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato inferior (LOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud

4.1.1. Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro

En el diagrama de barras siguiente se presentan los resultados de densidad obtenidos en el embalse de Guiamets, en comparación con otros embalses de la cuenca del Ebro en los que se ha trabajado con técnicas hidroacústicas y se dispone de datos cuantitativos. La línea roja representa el valor promedio de los embalses considerados, en la que los embalses de Moneva y Ribarroja constituyen extremos, muy separados del resto por el lado superior de la distribución.

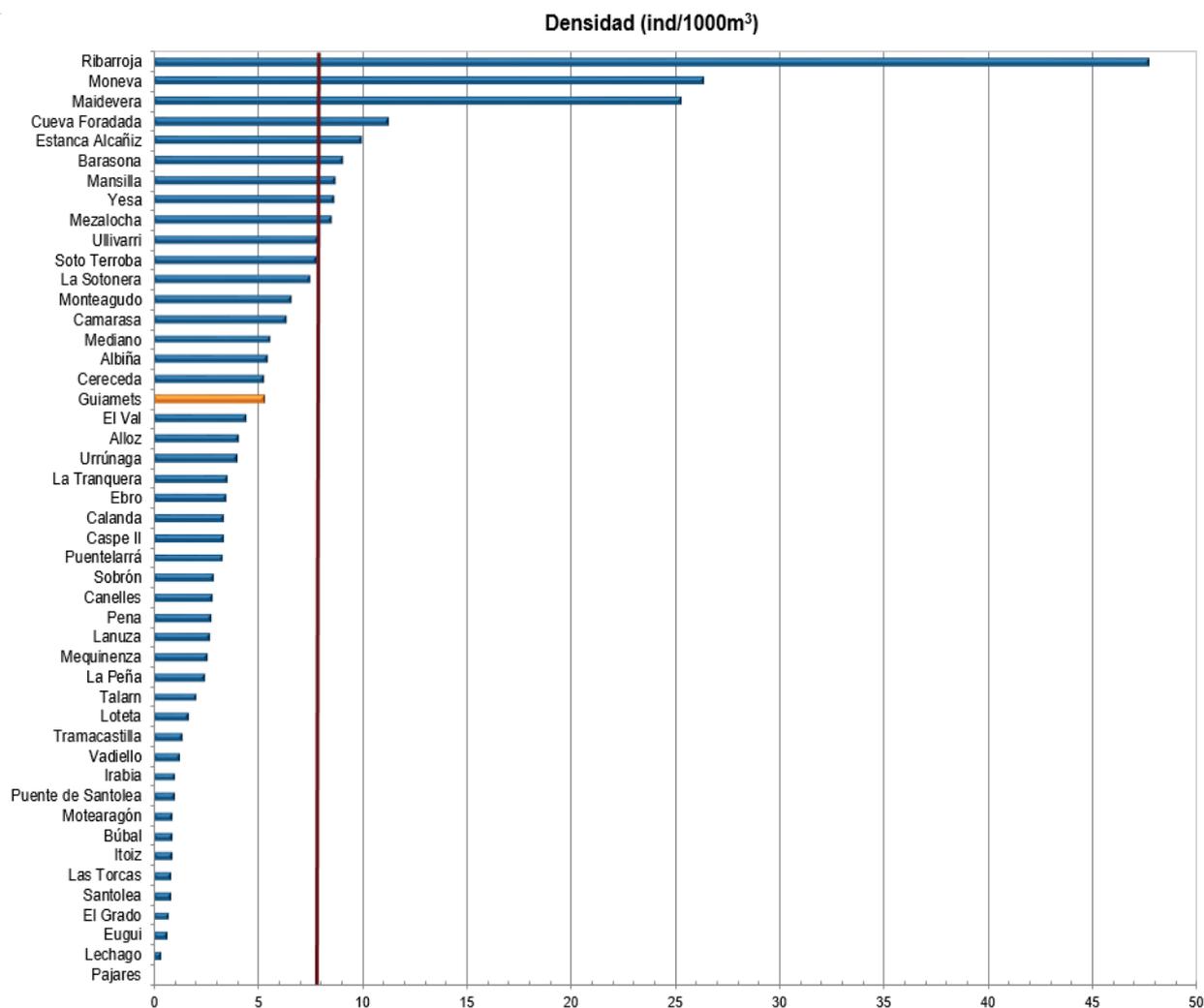


Figura 18. Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro

El valor de densidad obtenido para el embalse de Guiamets queda en el tramo intermedio del conjunto de embalses estudiados en la cuenca del Ebro, y se puede considerar moderado en el contexto de la demarcación hidrográfica del Ebro.

4.2. MUESTREOS DIRECTOS: COMPOSICIÓN Y BIOMASA ESPECÍFICA

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



Figura 19. Fotografías de las labores de muestreo en el embalse de Guiamets

4.2.1. Especies presentes en el embalse

De las nueve (9) especies detectadas en los muestreos de diferente tipo realizados en el embalse de Guiamets, solo se han detectado dos especies autóctonas: el barbo de Graells (*Luciobarbus graellsii*) y la madrilla (*Parachondrostoma miegii*).

Tabla 6. Especies presentes en el embalse

Nombre científico	Nombre común	Autóctono/alóctono
<i>Alburnus alburnus</i>	Alburno	Alóctono
<i>Lepomis gibbosus</i>	Perca sol	Alóctono
<i>Carassius gibelio</i>	Carpín	Alóctono
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa común	Alóctono
<i>Rutilus rutilus</i>	Rutilo	Alóctono
<i>Ameiurus melas</i>	Pez gato negro	Alóctono
<i>Parachondrostoma miegii</i>	Madrilla	Autóctono
<i>Micropterus salmoides</i>	Black bass	Alóctono
<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 sol, pez gato negro, carpa común, black bass, rutilo y carpín. El pez gato negro presenta hábitos oportunistas y una gran resistencia frente a condiciones ambientales extremas (alta temperatura, turbidez y contaminación), lo que supone una presión adicional muy alta sobre las especies autóctonas de peces (Leunda et al., 2008).

En este embalse se hallaron individuos de rutilo (*Rutilus rutilus*), pertenecientes a la familia de ciprínidos (*F.Cyprinidae*), con afección interna por el plerocercario del cestodo *Ligula intestinalis*. Dicho parásito es ingerido por el pez en forma de procercoide en el interior de un copépodo, donde se desarrolla y genera atrofias en el hígado y las gónadas, inhibiendo la actividad reproductora de la especie (castración parasitaria). Estas alteraciones provocan modificaciones en la natación y la flotabilidad del individuo, convirtiéndolo en objetivo fácil para las aves acuáticas (hospedadoras finales de la *Ligula intestinalis*).

También se encontraron, tanto en flotación como adheridos a las redes de pesca, ejemplares de un cnidario hidrozoo catalogado como especie exótica invasora en las aguas de la península ibérica, la medusa de agua dulce (*Craspedacusta sowerbii*). No se trata de una especie altamente

dañina, pero conviene tener controladas sus poblaciones, dado que son importantes depredadoras de zooplancton. Además, pueden contribuir al déficit de oxígeno disuelto en el embalse debido a su estrategia reproductora, que conlleva crecimientos explosivos de sus poblaciones.



Figura 20. Izq: ejemplar parcialmente degradado de medusa de agua dulce capturado en el Embalse de Guiamets observada bajo lupa. Fuente: Elaboración propia. / Dcha: Medusa de agua dulce (*Craspedacusta sowerbii*). Fuente: Dawid Sawicke, Poland.

4.2.2. Composición y distribución de especies

Capturas con redes

El total de capturas con redes agalleras fue de 98 ejemplares, con un peso total de 11,93 kg, lo que supone 60 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 7,2 kg de biomasa por unidad de esfuerzo. Se emplearon un total de 3 redes en 14,5 horas de pesca (5,45 unidades de esfuerzo). En la Figura 12 se representa la ubicación de las redes de muestreo y de los recorridos (*tracks*) de pesca eléctrica.

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

Tipo de lance	Código	Número de paños	Longitud (m)	Altura (m)	Esfuerzo
Red bentónica	GUI21_E1BEN1	16	40	1,5	1,62 45m ² /12h
Red bentónica	GUI21_E1BEN2	16	40	1,5	1,61 45m ² /12h
Red epipelágica	GUI21_E1EPL1	16	40	6	2,22 45m ² /12h

En la Tabla 8 y en la Figura 21 se facilitan los resultados obtenidos con los lances de red agallera, agregados por especies y para cada uno de los estratos del embalse.

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

Tabla 8. Resultados de las pescas con red por especies

	Capturas	CPUE (ind/ud. esf.)	CPUE (%)	Biomasa (g)	BPUE (g/ud. esf.)	BPUE (%)	Longitud furcal media (mm)	Peso medio (g)
<i>Alburnus alburnus</i>	14	9	14,4	581	359	5,0	149	42
<i>Rutilus rutilus</i>	35	22	36,0	1 819	1 127	15,6	150	52
<i>Carassius gibelio</i>	13	8	12,5	4 563	2 567	35,6	247	351
<i>Cyprinus carpio</i>	20	12	20,6	4 229	2 693	37,4	205	211
<i>Lepomis gibbosus</i>	8	5	8,2	159	99	1,4	94	20
<i>Luciobarbus graellsii</i>	1	1	1,0	73	45	0,6	179	73
<i>Micropterus salmoides</i>	2	1	2,1	68	42	0,6	136	34
<i>Parachondrostoma miegii</i>	3	2	3,1	358	222	3,1	200	119
<i>Ameiurus melas</i>	2	1	2,1	84	52	0,7	142	42
Total	98	60	100,0	11.934	7 206	100,0	171	122

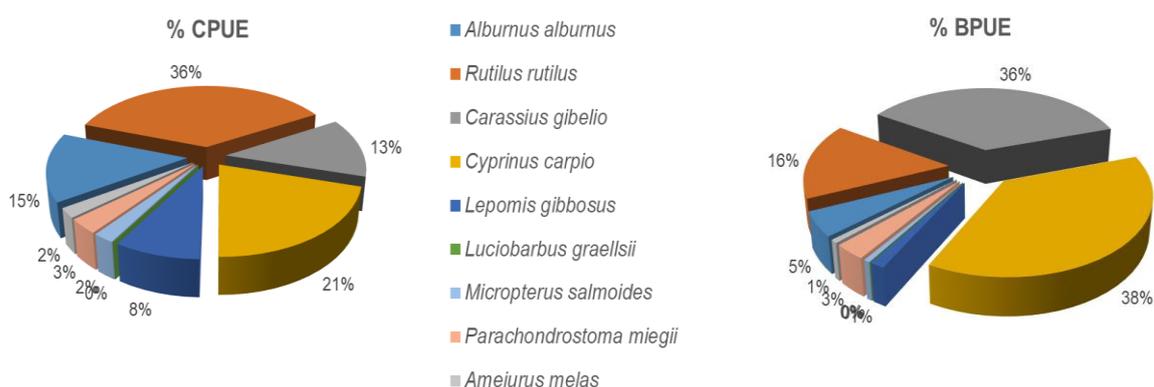


Figura 21. Composición de la asociación obtenida mediante redes

Se observa que la asociación está dominada (36%) en términos de abundancia por el rutilo (*Rutilus rutilus*), seguida con un porcentaje inferior (21%) por la carpa común (*Cyprinus carpio*). Sin embargo, es la carpa común (*Cyprinus carpio*) la especie dominante en términos de biomasa

(37%), seguida por el carpín (*Carassius gibelio*) que presenta un valor similar (36%), a pesar de su menor abundancia relativa (13%). Solamente se ha capturado un (1) ejemplar de barbo de Graells (*Luciobarbus graellsii*) y (3) tres ejemplares de madrilla (*Parachondostroma miegii*), que son las dos especies autóctonas detectadas en el muestreo.

En la Figura 22 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.

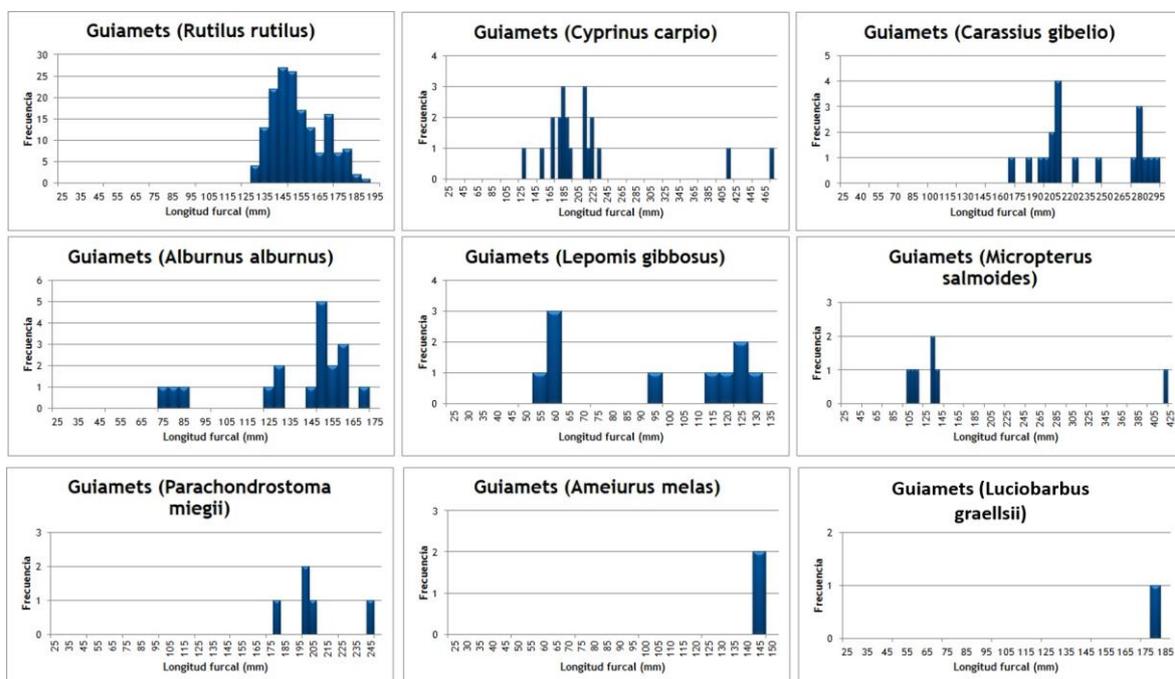


Figura 22. Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm

Las poblaciones de las tres especies más abundantes (rutilo, carpa común y carpín) presentan una cierta estructura, con representación de diferentes clases de edad y presencia de ejemplares jóvenes que indica que las especies son capaces de reproducirse en el embalse. En el caso del rutilo se aprecia un déficit de ejemplares adultos que podría explicarse por una menor longevidad asociada a la afectación parasitaria del cestodo *Ligula intestinalis*.

Resultados de la pesca eléctrica

El rendimiento de la pesca eléctrica fue inferior al de las redes, con una captura total de 149 peces con un peso total de 10,46 kilos, lo que supone 29,6 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 2,1 kg de BPUE. Se realizaron un total de tres transectos que cubrieron 1,6 km de orilla.

La ubicación de los transectos de muestreo de electropesca se puede observar en el mapa de la Figura 12 y en el boletín de campo del Anexo I, donde se presenta además la ubicación de las redes.

Tabla 9. Lances (*tracks*) de pesca eléctrica realizados durante los muestreos directos en el embalse de Guiamets

Tipo de lance	Código	Esfuerzo
Pesca eléctrica	GUI21_E1PES2	609 m
Pesca eléctrica	GUI21_E1PES3	360 m
Pesca eléctrica	GUI21_E1PES4	597 m

En la tabla 10 se facilitan los resultados obtenidos, agregados por especies. Se capturaron un total de 7 especies, dos menos que las obtenidas mediante redes agalleras, aunque el número de individuos capturados fue mayor.

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>	4	0,7	2,3	45	7,6	0,4	90	11
<i>Rutilus rutilus</i>	129	26,1	88,0	6 641	1 342,8	63,5	162	51
<i>Carassius gibelio</i>	6	1,0	3,4	1 011	169,3	8,0	203	168
<i>Cyprinus carpio</i>	1	0,3	0,9	1 150	319,4	15,1	415	1 150
<i>Lepomis gibbosus</i>	2	0,3	1,1	39	6,5	0,3	89	19
<i>Micropterus salmoides</i>	5	0,9	3,2	1 338	227,9	10,8	175	268
<i>Parachondrostoma miegii</i>	2	0,3	1,1	240	40,3	1,9	209	120
Total	149	29,6	100,0	10.464	2 113,8	100,0	163	70

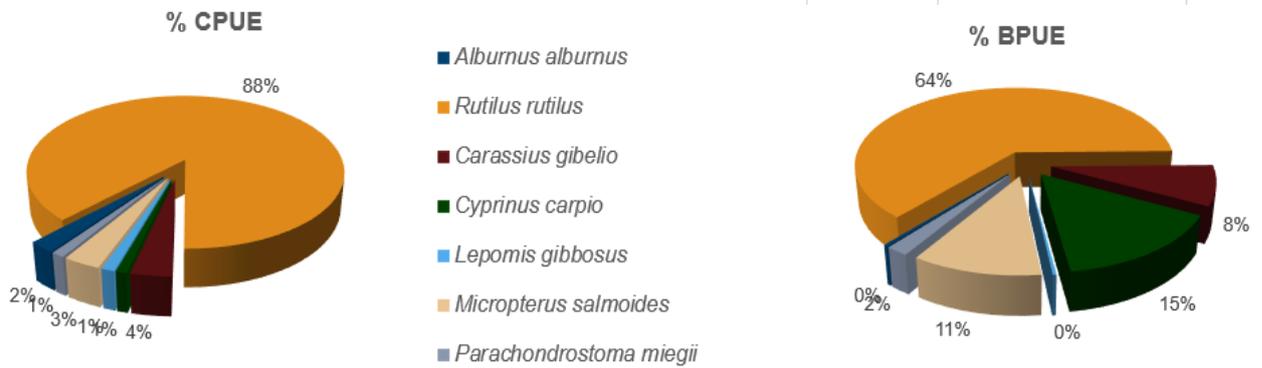


Figura 23. Composición de la asociación obtenida mediante pesca eléctrica

Al igual que ocurre en los muestreos realizados con redes agalleras, la asociación detectada con la técnica de electropesca desde embarcación está dominada en términos de abundancia por el rutilo (*Rutilus rutilus*) (88%), seguido del carpín (*Carassius gibelio*) (4%). En términos de biomasa, la especie dominante también es el rutilo (64%), seguida de la carpa común (*Cyprinus carpio*) (15%) y del black bass (*Micropterus salmoides*) (11%).



Figura 24. Ejemplares de las especies capturadas en el embalse de Guiamets

4.3. BIOMASA

Los resultados obtenidos mediante las dos técnicas de prospección (hidroacústica y muestreo directo) se integran para obtener 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
GUI21	1	1	1,87	123	170	52	11,27
GUI21		2	19,21	1499	140	102	130,20
GUI21		3	0,00	0	45	45	0,00

La biomasa media del embalse se calcula sumando las biomasa de cada uno de los estratos y refiriéndolo a la superficie del embalse. De esta manera se obtiene una biomasa media de $15,92 \pm 2,08 g/m^2$, o lo que es lo mismo unos 160 kg/ha. Se trata de un valor alto de biomasa, propio de un embalse muy productivo.

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 Guiamets son elevados y se concentran en el estrato superior (UOW) y en el estrato medio (MOW) en la zona litoral suroeste. En el estrato inferior la biomasa es nula, debido a las condiciones anóxicas en el hipolimnion.

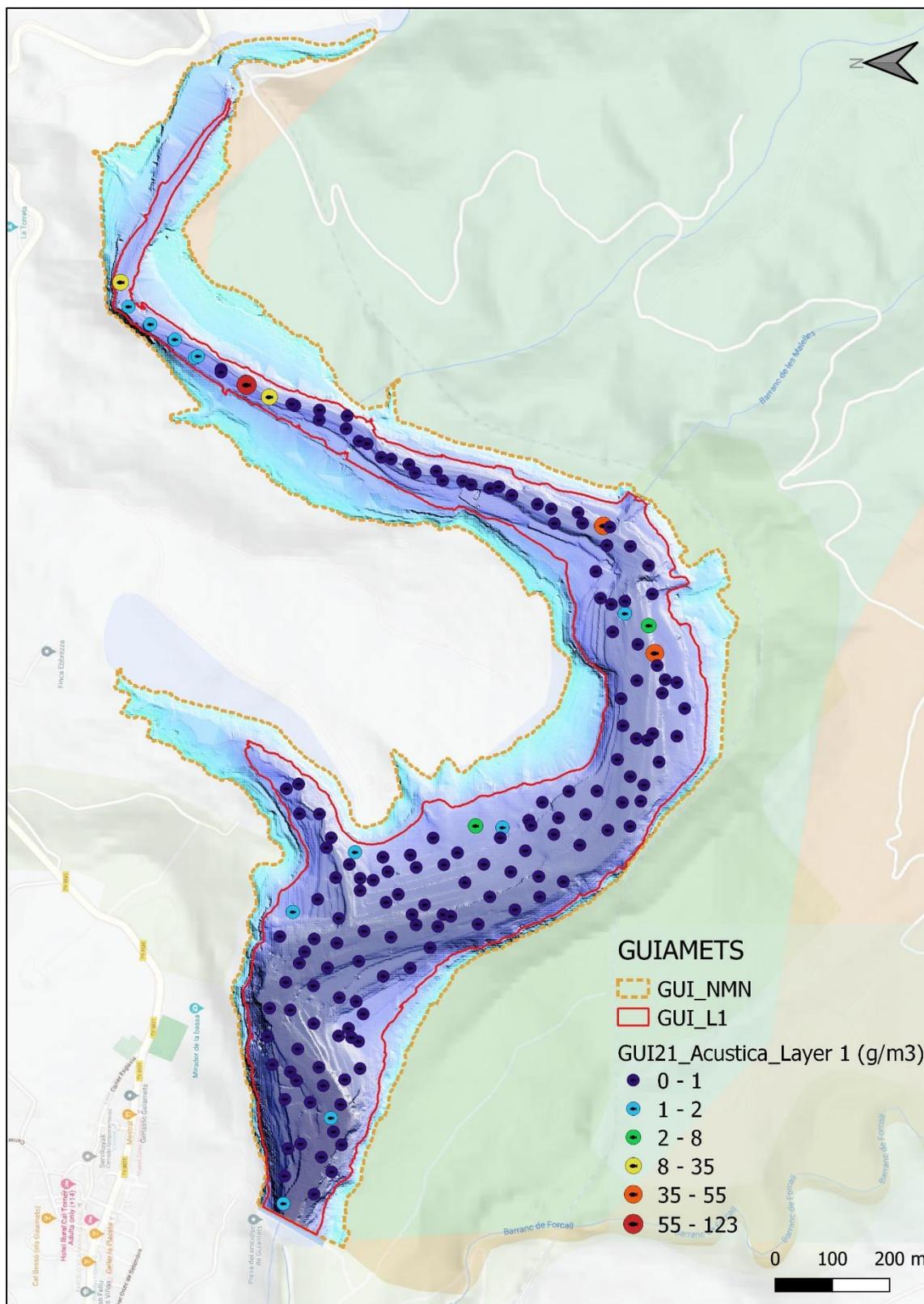


Figura 25. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato superior (UOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud

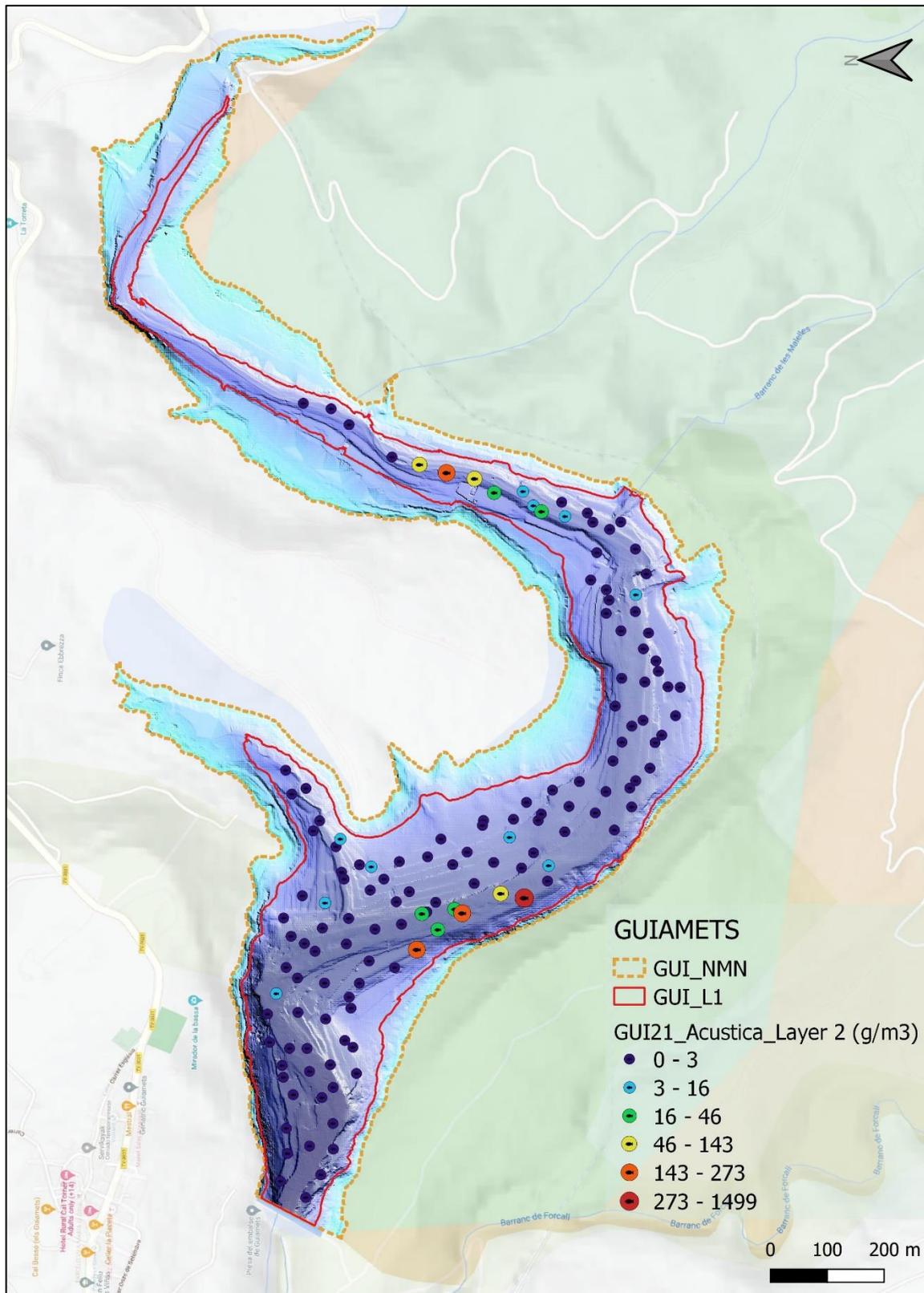


Figura 26. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato intermedio (MOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud.

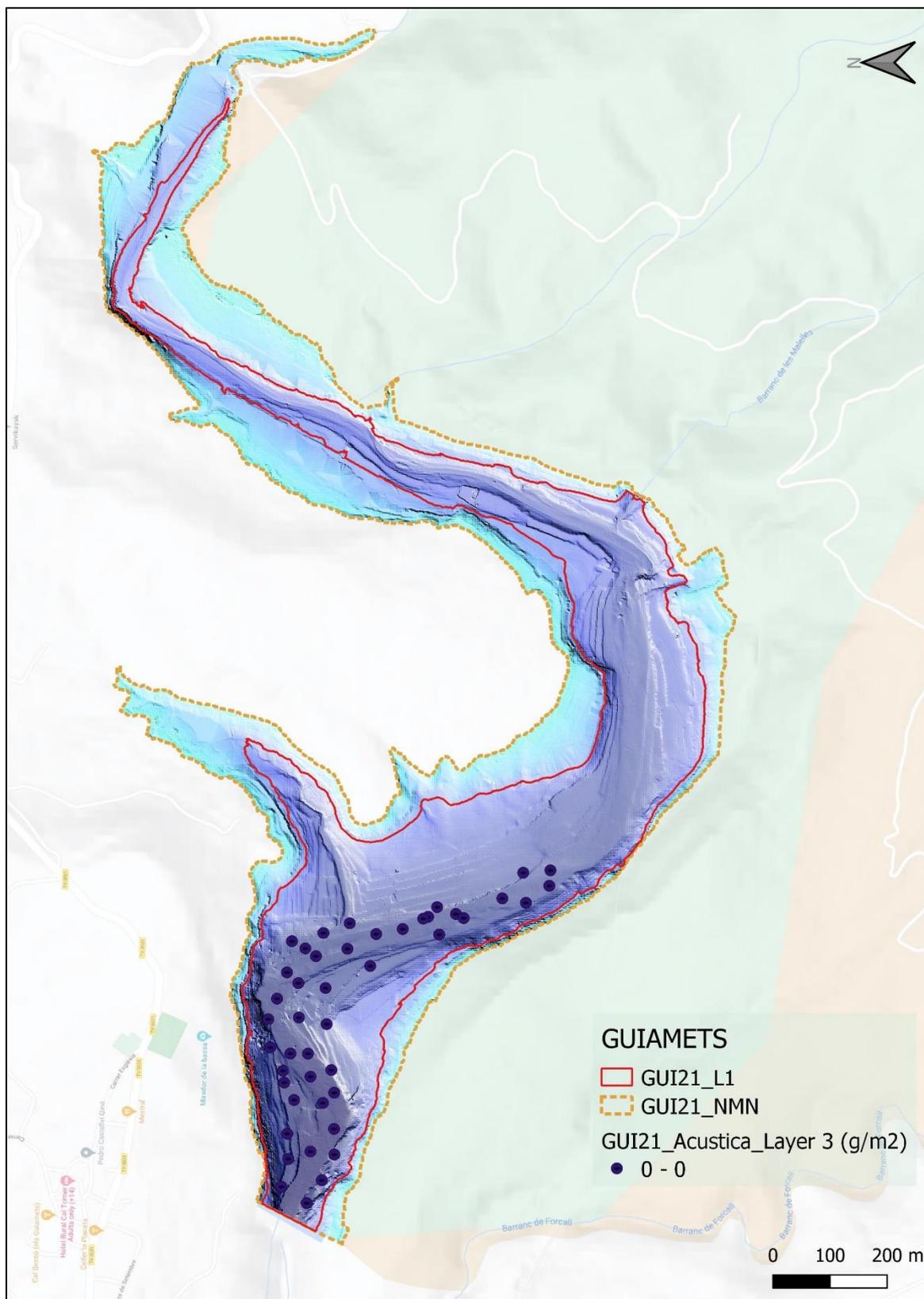


Figura 27. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato inferior (LOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud

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 Guiamets, en comparación con otros embalses de la cuenca del Ebro cuyas poblaciones de peces se han evaluado con técnicas hidroacústicas y se dispone de datos cuantitativos de densidad y biomasa. La línea roja representa el valor promedio de los embalses considerados. Como puede apreciarse, la biomasa del embalse de Guiamets es de las más altas en el contexto de los embalses estudiados en la cuenca del Ebro.

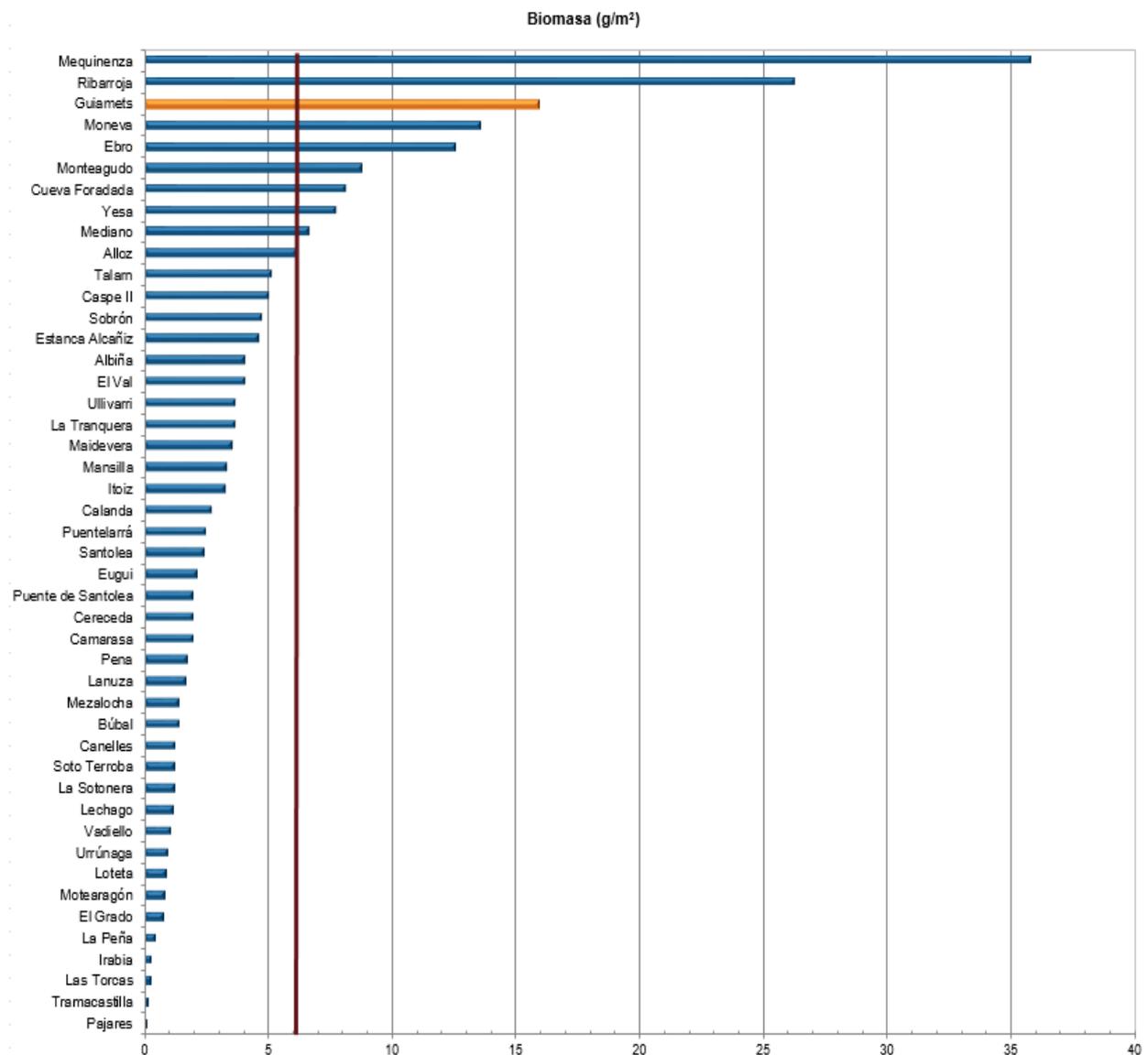


Figura 28. Comparación de la biomasa con otros embalses de la cuenca del Ebro

4.4. DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES

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

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

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

	Densidad media (ind/dam ³)	Abundancia (%)	Biomasa media (g/m ²)	Biomasa (%)	Abundancia total (ind)	Peso total (kg)
<i>Alburnus alburnus</i>	0,56	10,4%	0,64	4,0%	2 246	263
<i>Carassius gibelio</i>	0,51	9,5%	4,79	30,1%	2.060	1 963
<i>Cyprinus carpio</i>	0,76	14,1%	5,27	33,1%	3.051	2 160
<i>Micropterus salmoides</i>	0,13	2,4%	0,09	0,6%	526	38
<i>Parachondrostoma miegii</i>	0,13	2,5%	0,46	2,9%	530	188
<i>Rutilus rutilus</i>	2,87	53,2%	4,32	27,1%	11.504	1 771
<i>Lepomis gibbosus</i>	0,32	5,9%	0,18	1,2%	1.272	75
<i>Luciobarbus graellsii</i>	0,04	0,7%	0,08	0,5%	149	33
<i>Ameiurus melas</i>	0,07	1,4%	0,09	0,6%	296	37
Total	5,27	100%	15,92	100,0%	21.141	6 527
Intervalo de Confianza (I.C)	0,69	-	2,08	-	2.762	852

En este cuadro se resumen las estimaciones ya expuestas en cuanto a la densidad y biomasa de las especies, así como su importancia relativa en la asociación de peces del embalse. En términos absolutos se estima una población de unos 21.100 ± 2.800 peces con una biomasa de

aproximadamente 6.500 ± 850 kilogramos. Estos valores absolutos deben usarse con cautela. Es más apropiado trabajar con los valores de densidad y biomasa por unidad de volumen y superficie (respectivamente), que permiten comparar diferentes sistemas.

4.5. MUESTREOS INDIRECTOS: ADN AMBIENTAL

4.5.1. Muestras ambientales de agua

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

Todas las muestras ambientales del agua del embalse de Guiamets 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 Guiamets.

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>	-4,111	-3,925
<i>Intercepto</i>	-2,673	-1,267
R^2	0,997	0,991

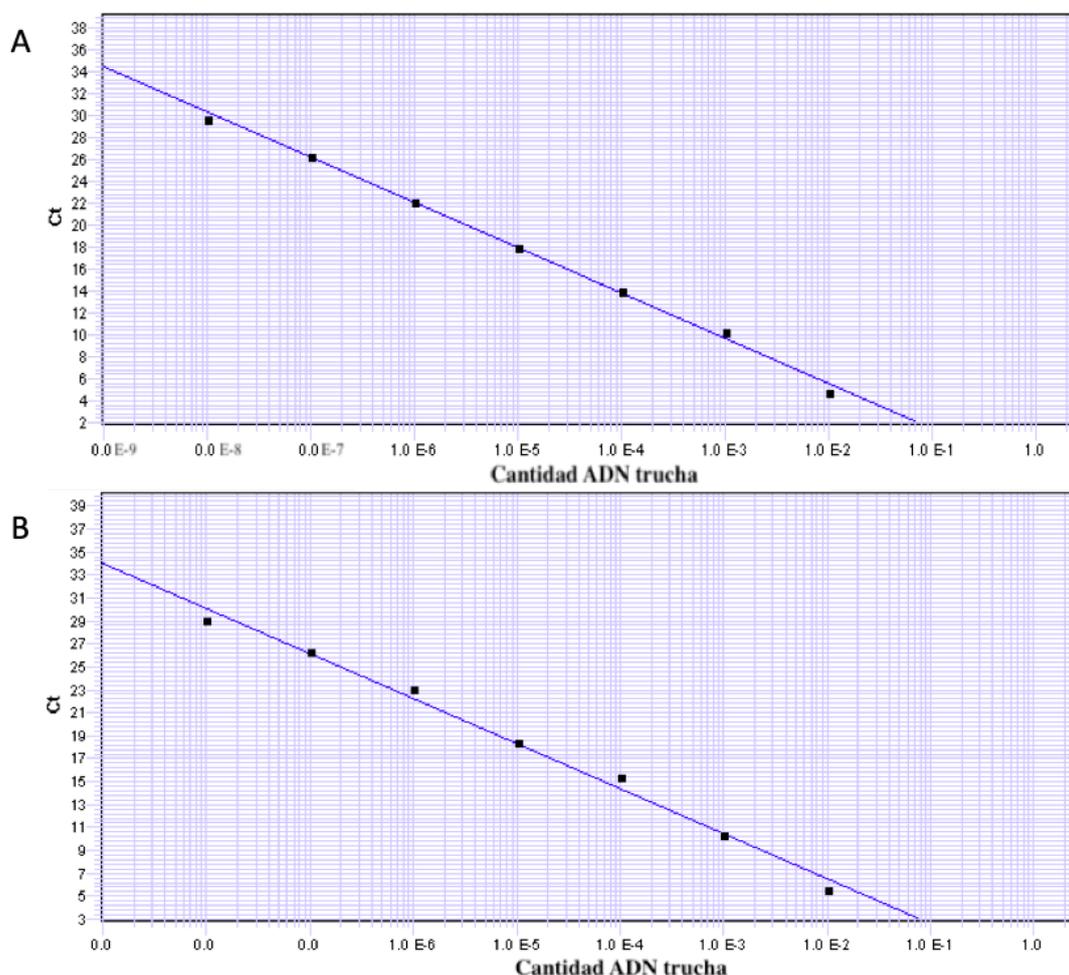


Figura 29. Rectas patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN detectada (Quantity). Cada una de las rectas (A y B) corresponden a las réplicas de laboratorio realizadas

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

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 verificar la presencia de trucha común en el embalse de Guiamets. En esta ocasión, el resultado coincide con el obtenido en los muestreos directos, en los que tampoco se obtuvo ningún ejemplar de trucha común. Se deduce de estos resultados que esta especie no habita 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 Guiamets.

Se obtuvieron dos rectas patrón con un alto grado de ajuste ($R^2=0,997$, $R^3=0,991$), correspondientes a las réplicas de laboratorio independientes de los análisis realizados para confirmar los resultados obtenidos.

Tabla 13. Datos de las rectas patrón obtenidas para la cuantificación de muestras ambientales de anguila europea

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

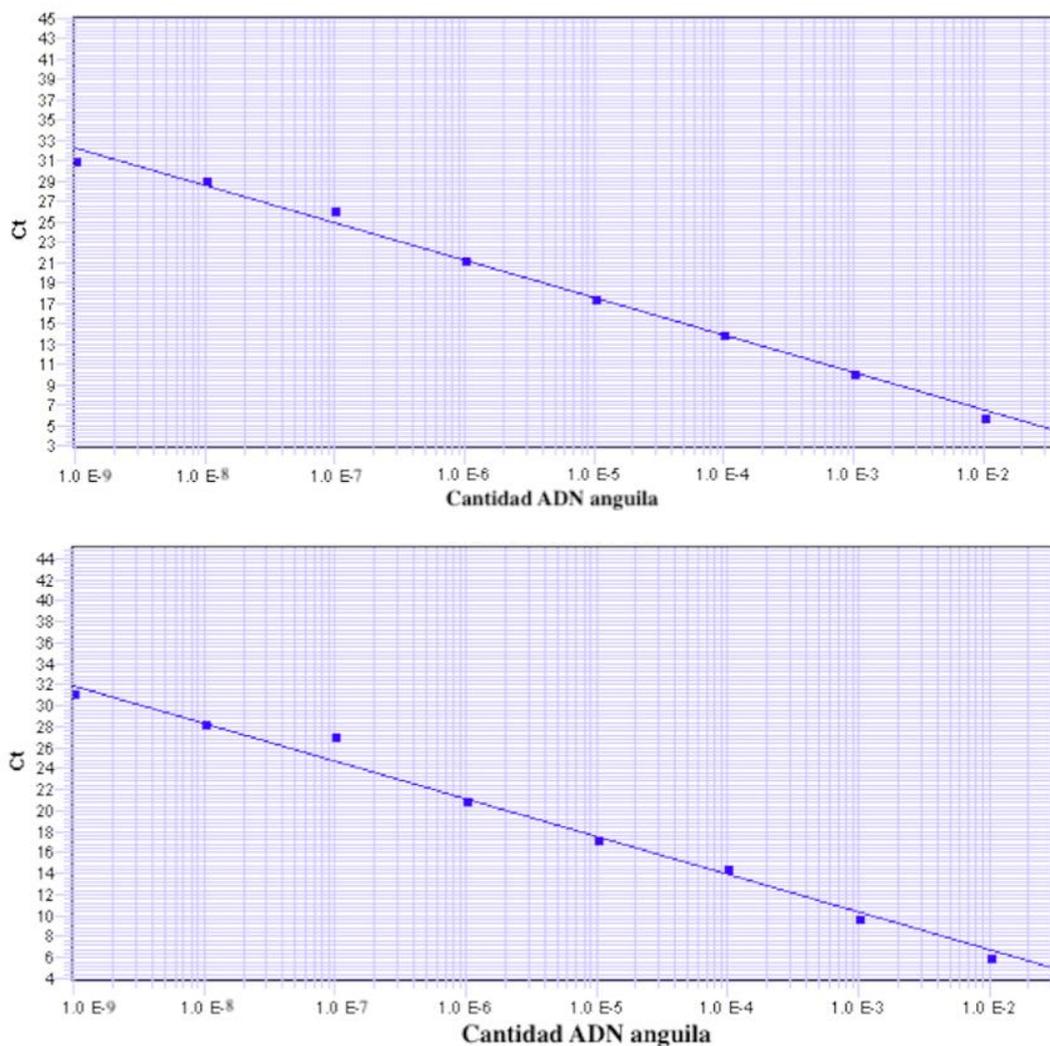


Figura 30. Rectas patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Ct) frente a la cantidad de ADN detectada (Quantity). Cada una de las rectas (A y B) corresponden a las réplicas de laboratorio realizadas

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

A pesar de haber utilizado un método específico de alta sensibilidad basado en la detección genética mediante ADN ambiental, no se ha podido detectar la presencia de anguila en el

embalse de Guiamets, confirmando en este caso los resultados obtenidos en los muestreos directos. Esto implica que, con muy alta probabilidad, la anguila no habita esta masa de agua.

5. VALORACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE QFBI

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

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

Como se ha apuntado en el apartado de metodología, se ha aplicado el QFBI (*Quantitative Fish Biotic Index*) en una versión todavía experimental. Según esta metodología, la calidad del embalse según los peces sería Moderada. En la Tabla 14 se presentan los resultados de las diferentes métricas, así como del QFBI, obtenidos para el embalse de Guiamets.

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

Métrica	Embalse
	GUI21
LOG_BIO	5,20
LOG_BIO_native	3,73
LOG_%_BIO_PISC_Exotic	0,00
LOG_BIO_PISC_Exotic	3,26
LOG_BIO_ciprin_native	3,73
QFBI	0,89
Calidad	Moderada

El valor del índice desciende debido a la alta biomasa de tres de las siete especies alóctonas (rutilo, carpa común y carpín) y a la baja biomasa de las dos especies autóctonas (madrilla y barbo).

6. CONCLUSIONES

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

De las nueve especies detectadas en los muestreos realizados en el embalse de Guiamets mediante pescas directas, dos de ellas son autóctonas: Barbo de Graells (*Luciobarbus graellsii*) y madrilla (*Parachondostroma miegii*). Las siete restantes son especies exóticas invasoras: alburno (*Alburnus alburnus*), carpa común (*Cyprinus carpio*), carpín (*Carassius gibelio*), black bass (*Micropterus salmoides*), rutilo (*Rutilus rutilus*), perca sol (*Lepomis gibbosus*) y pez gato negro (*Ameiurus melas*). En el caso de la trucha común (*Salmo trutta*) y anguila (*Anguilla anguilla*), la prospección mediante la técnica de mayor sensibilidad conocida (eDNA) ha ofrecido resultados negativos (ausencia). Se concluye entonces que en este embalse habitan actualmente nueve (9) especies de peces.

La asociación de peces está dominada en términos de densidad por el rutilo que representa el 53,2 % seguido de la carpa común (14,1 %) y del alburno (10,4 %). La carpa común es la especie con mayor importancia en cuanto a biomasa con un 33,1 %, pero el carpín y rutilo presentan cifras similares (30,1 % y 27,1 %, respectivamente).

La densidad media de peces, estimada en celdas de 50 m, es de $5,27 \pm 0,69$ ind/dam³, que corresponde a un valor intermedio. Sin embargo, se estima una biomasa total de peces en el embalse de $15,92 \pm 2,08$ g/m² o 159 kg/ha, que representa un valor alto de biomasa.

Este embalse tiene poblaciones pobremente estructuradas y de bajos efectivos de las especies autóctonas que aún perviven (barbo de Graells y madrilla) y además hay tres especies exóticas e invasoras que concentran el 90% de la biomasa total (carpa común, carpín y rutilo). Aunque con bajos efectivos (0,6% de la biomasa), el pez gato negro constituye un problema añadido desde la perspectiva de la biodiversidad.

A pesar de ello, el índice de calidad de la ictiofauna del embalse (QFBI) adquiere en el embalse de Guiamets un valor “Moderado”.



Es muy recomendable adoptar una estrategia de gestión activa de la ictiofauna del embalse, acometiendo labores de control de las poblaciones de ciprínidos alóctonos (carpa común, carpín y rutilo) mediante programas de descaste dirigidos a retirar biomasa de estas especies y mantener sus poblaciones en niveles vestigiales. Esto contribuiría a moderar el estado trófico del embalse y a contener la colonización de especies exóticas. Evidentemente, desde el punto de vista de la biodiversidad, y aprovechando esas acciones, esta recomendación es extensible a la extracción de cualquiera de las otras especies exóticas e invasoras del embalse.

Debido a la amenaza que añade la presencia del pez gato negro, se recomienda avanzar en el conocimiento detallado de la distribución y uso del hábitat de sus poblaciones, para definir un programa de medidas específicas que permita su control. Las técnicas sobre las que basar una actuación de este tipo son la electropesca y la pesca con redes de cerco en determinados hábitats y momentos (p.e. Sikora, 2022), pero para establecer su configuración óptima es necesario disponer de un estudio previo de 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.

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

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

Capturas: Número de individuos pescados.

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

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

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

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

L. furcal: Longitud furcal media en milímetros.

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

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

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

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

Peso medio: expresado en g.

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

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

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

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

Transductor: Elemento primordial del sistema acústico, que convierte el impulso eléctrico en mecánico (sonido) y viceversa. Son piezas que van sumergidas y de cuyo diseño depende la arquitectura del haz acústico. Mediante la actuación de numerosos elementos piezo-eléctricos se consigue generar un haz tipo pistón, con un lóbulo central prominente y lóbulos laterales pequeños, de lo que depende la ratio señal/ruido de una ecosonda. Este es uno de los aspectos en los que se diferencian las ecosondas científicas de las 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.
- Leunda, P.M., Oscoz, J., Elvira, B., Agorreta, A., Perea, S. and Miranda, R. 2008. Feeding habits of the exotic black bullhead *Ameiurus melas* (Rafinesque) in the Iberian Peninsula: first evidence of direct predation on native fish species. *Journal of Fish Biology*, 73: 96-114. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.01908.x>.
- 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.
- Sikora, L. W. (2022). *Bullhead Life History and the Effects of Removals in Northern Wisconsin* (Doctoral dissertation, University of Wisconsin-Stevens Point).

ANEXOS

ANEXO 1. ESPECIES PRESENTES

Embalse de Guiamets

Carpín

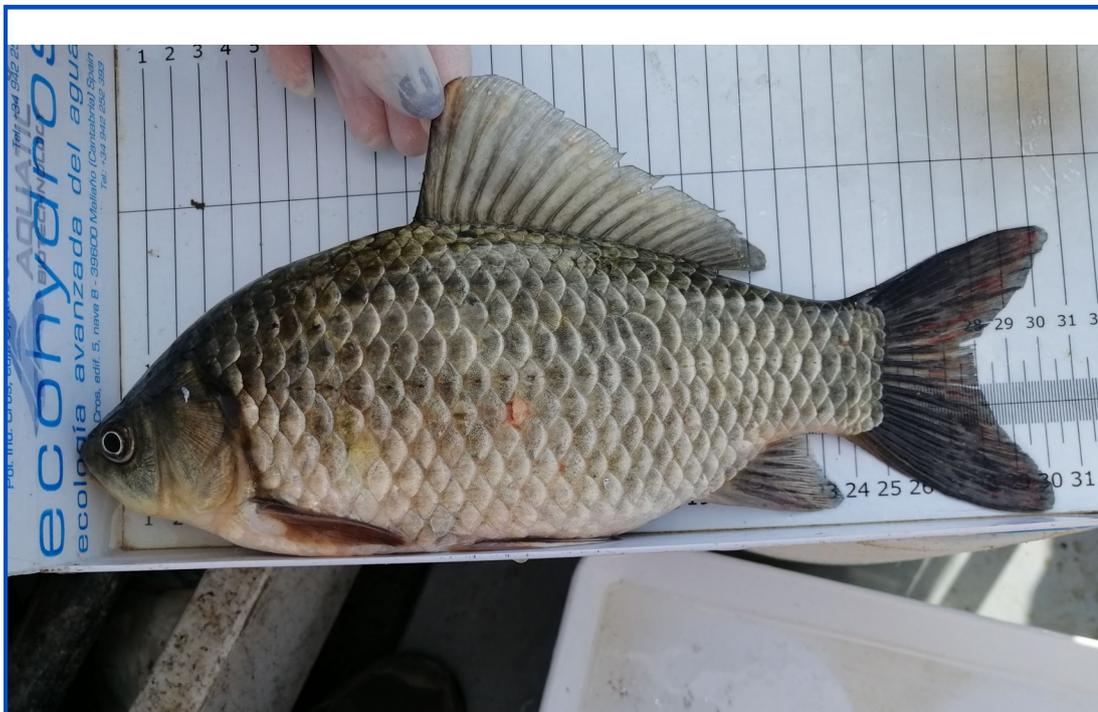
Carassius gibelio



Fuente: SIBIC

Ciprinido que raramente supera los 30 cm de longitud. La talla máxima conocida es de 45 cm de longitud total y 2 kg de peso y la edad máxima de 30 años. Prefiere aguas poco profundas de lagunas y rios de corriente lenta, con abundante vegetación y fondos blandos, encontrándose generalmente en las orillas. Es un pez resistente que puede subsistir en condiciones muy desfavorables como contaminación de aguas, falta de oxígeno y fríos invernales, que no pueden soportar otras especies. Durante el invierno, al igual que otras variedades de carpas, permanecen casi completamente enterrados en el barro, limitando mucho su actividad hasta que llega la primavera. Su alimentación es diversa, abarcando desde algas a invertebrados bentónicos.

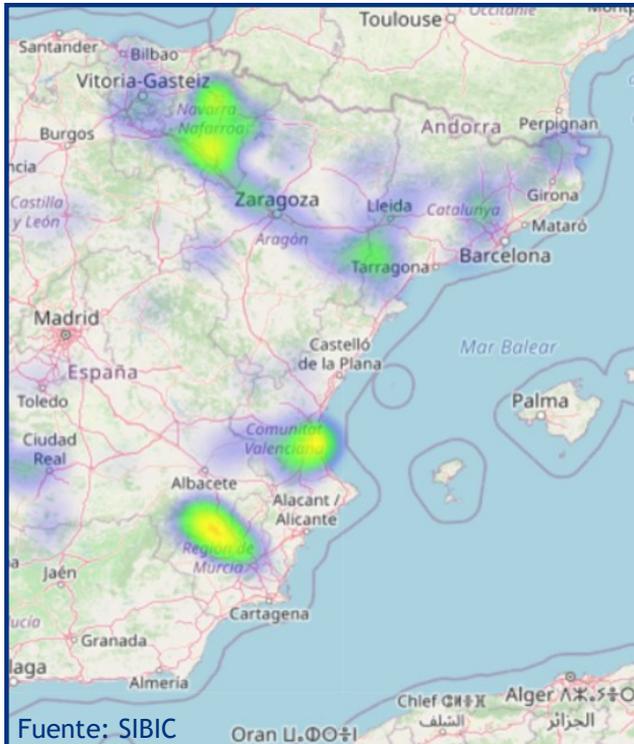
La freza se produce en aguas con densa vegetación sumergida en mayo-junio. Se conocen poblaciones de solo hembras. En estas poblaciones la reproducción se realiza por pinnogénesis, es decir, que los huevos necesitan para su desarrollo sólo el estímulo del esperma de un macho de otra especie. Los individuos que nacen son por tanto clones de sus madres. En España se distribuye prácticamente por todas las cuencas.



Embalse de Guiamets

Alburno

Alburnus alburnus

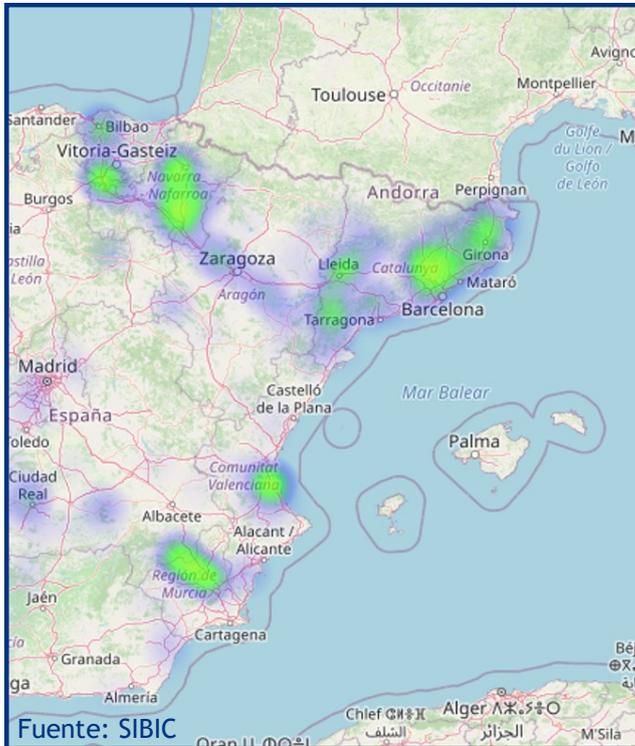


Pez de talla media que no suele superar los 100 cm de longitud total y 20 kg de peso, aunque en España raramente alcanza los 60 cm y 10 kg de peso. Su morfología y coloración son variables, la cabeza es grande, las escamas son muy pequeñas (110-125 en la línea lateral) y presenta normalmente, manchas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

Carpa comú *Cyprinus carpio*



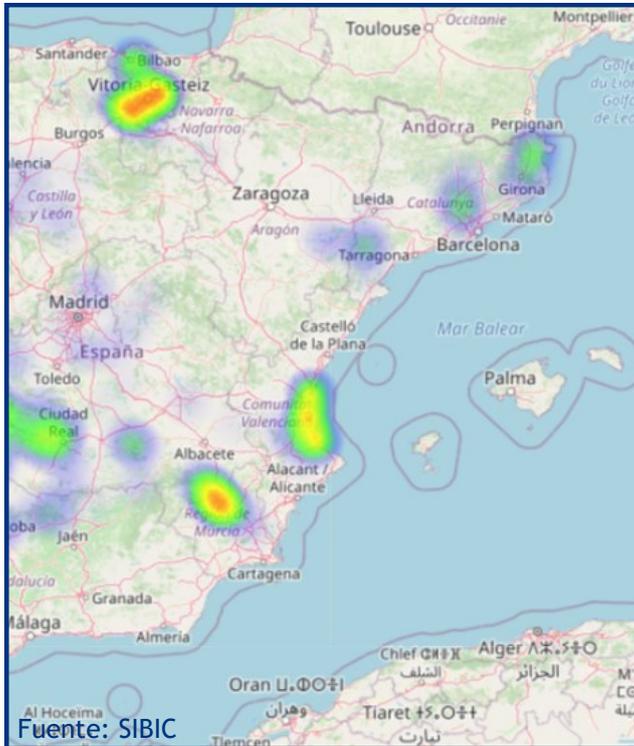
Es la especie íctica introducida de mayor difusión en la península Ibérica. Puede alcanzar considerables dimensiones de hasta 1 m de longitud y más de 20 kg de peso. Los machos alcanzan la madurez sexual a la edad de 1 o 2 años mientras que las hembras lo hacen más tarde. Aquellos individuos que habitan 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 Guiamets

Perca sol

Lepomis gibbosus



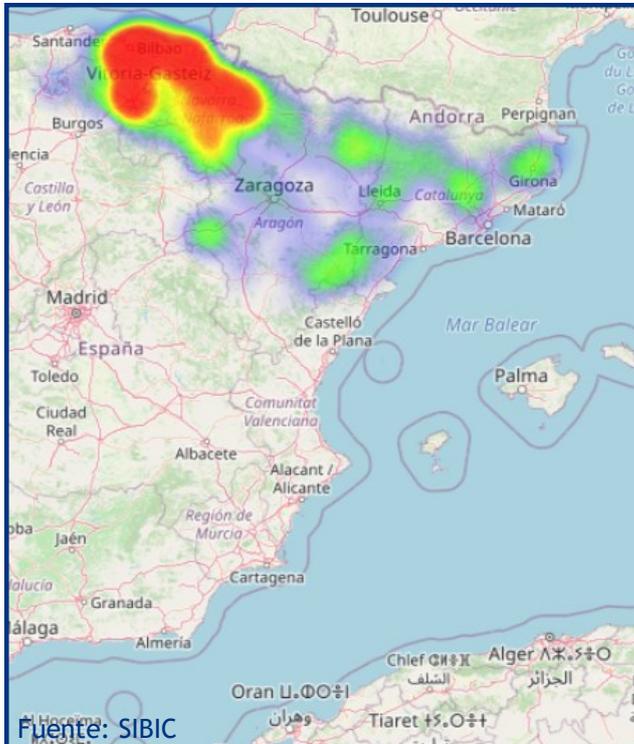
Pez de tamaño pequeño que no suele sobrepasar los 25 cm de longitud, aunque se conocen ejemplares de 40 cm y 630 g de peso. El cuerpo es aplanado lateralmente y con un colorido muy vistoso. Sus poblaciones se encuentran en expansión. Habita lagunas y tramos de ríos con escasa profundidad, corriente lenta y densa vegetación acuática. Soporta bien la falta de oxígeno y las altas temperaturas. Son voraces depredadores de invertebrados, huevos y pequeños peces. Sin embargo, los ejemplares de menos de 10 cm suelen presentar una alimentación exclusivamente entomofaga. Frezan entre mayo y julio, en pequeños hoyos excavados en zonas de fondo arenoso o gravilla. Los machos vigilan la puesta (600-5.000 huevos por hembra) y los alevines. Nativo de Norteamérica. En España se cree que fue introducido a principios del siglo XX desde EEUU, pero en localidades muy controladas no siendo hasta la década de los 80 cuando se empiezan a introducir de forma indiscriminada. En la actualidad se extiende por casi todas las cuencas fluviales.



Embalse de Guiamets

Barbo de

Luciobarbus graellsii



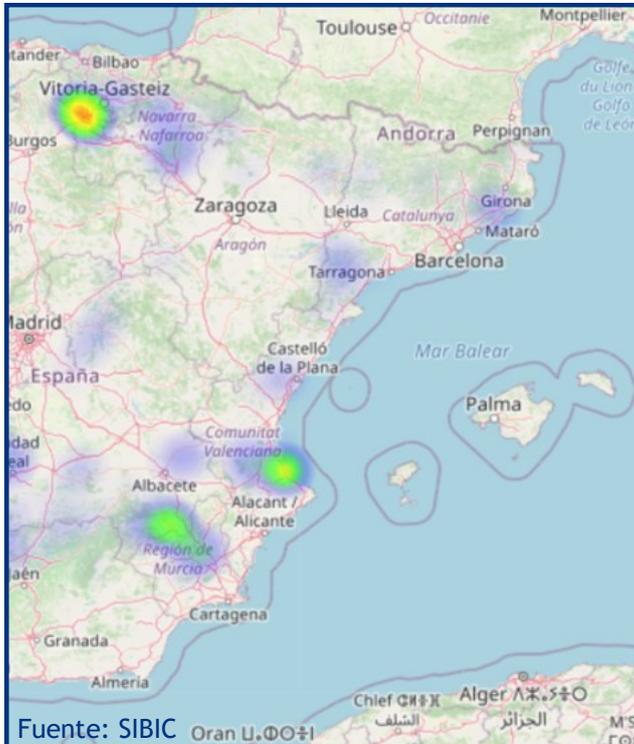
Ciprínido de gran tamaño, que puede alcanzar tallas máximas de hasta 800 mm de longitud total, aunque la mayoría no suele superar los 350 mm. El color del cuerpo es pardo verdoso y moteado en juveniles. *Barbus graellsii* es una especie que puede colonizar todo tipo de medios, aunque prefiere los cursos 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 Guiamets

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 Guiamets

Madrilla

Parachondrostoma miegii



La Loina o Madrilla es un ciprinido de tamaño medio que no suele sobrepasar los 300 mm de longitud total. Cuerpo alargado con la cabeza relativamente pequeña y boca situada en su parte inferior. El labio inferior es grueso y presenta una lámina córnea de forma arqueada, a diferencia de la boga del Duero, cuya lámina córnea es recta. Pedúnculo caudal largo y estrecho.

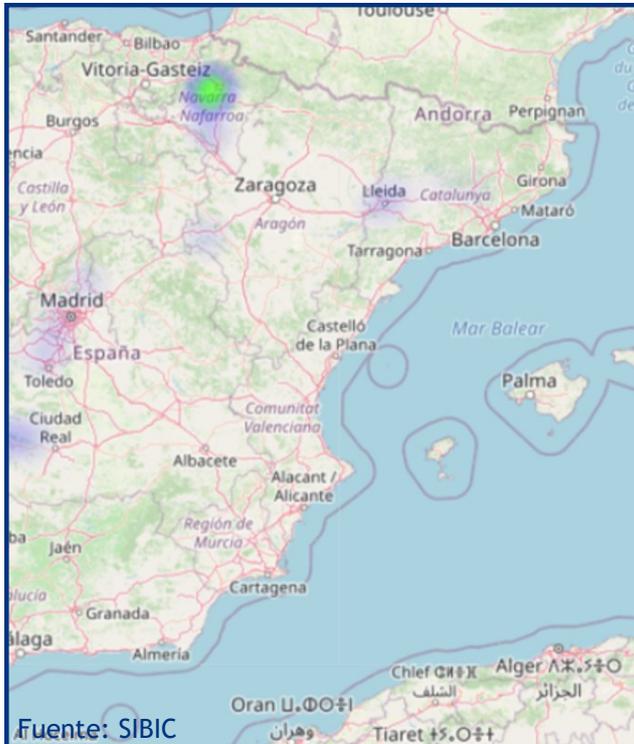
Es una especie típicamente reófila que vive en aguas corrientes pero que pueden sobrevivir en aguas remansadas e incluso en embalses siempre que puedan salir río arriba en la época reproductiva. Su alimentación es detritívora y complementariamente bentófaga. Remontan los ríos hacia los tramos altos para realizar la freza. Esta tiene lugar entre los meses de abril y junio en aguas someras con fondos de piedra o grava. La madurez sexual se alcanza a los dos o tres años de edad. Las hembras ponen entre 600 y 15.000 huevos. Los machos pueden vivir hasta cinco años y las hembras hasta siete. Especie endémica de España, que se distribuye por los ríos de la vertiente cantábrica oriental: Urumea, Oría, Urola, Deba, Artibay, Oca, Butrón, Nervión, Agüera, Asón y Pas, y de la vertiente mediterránea: Llobregat, Ebro (incluido el Esera) y Cenja.



Embalse de Guiamets

Pez gato

Ameiurus melas

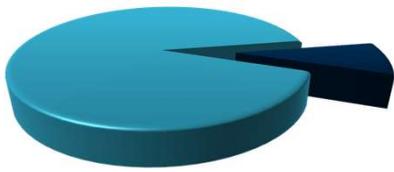
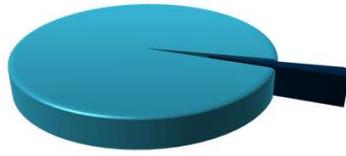


Se distingue de otras peces por tener cuerpo desprovisto de escamas, presenta dos aletas dorsales de las cuales una es adiposa, tiene una espina pectoral de 30-50mm no aserrada, cuatro pares de barbillas bucales y la zona ventral blanquecina. Presenta radios espinosos en las aletas pectorales y dorsales, que se extienden y bloquean mediante un sistema de anclaje para defenderse de los depredadores. Prefiere lugares de corriente lenta en tramos medios de ríos y fondo blancos, aunque muestra preferencia por zonas con vegetación, aguas turbias y limosas y sustratos fangosos. Soporta bien la contaminación, la escasez de oxígeno y altas temperaturas. De hábitos nocturnos y alimentación omnívora, es una especie generalista y oportunista, se alimenta de insectos, especialmente de quironómidos, material vegetal e incluso de otros peces tanto autóctonos como exóticos. Se reproduce a finales de la primavera y principios de verano.



ANEXO 2. RESULTADOS DE LAS PESCAS

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Guamets	CÓDIGO	GUIZ1_E1PES2			
UMT-X	311.735	UTM-Y	4.551.732			
RIQUEZA ESPECIES	2	Distancia (m)	609,0			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Carpín prusiano		0,00	0%		0,00	0%
Alburno		0,00	0%		0,00	0%
Carpa común		0,00	0%		0,00	0%
Percal sol		0,00	0%		0,00	0%
Rutilo	22	0,04	92%	1187	1,95	98%
Barbo de montaña		0,00	0%		0,00	0%
Black bass	2	0,00	8%	29	0,05	2%
Madrilla		0,00	0%		0,00	0%
Pez gato negro		0,00	0%		0,00	0%
Total	24	0,04	100%	1216	2,00	100%

CPUE		BPUE	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Carpín prusiano ■ Alburno ■ Carpa común ■ Percal sol ■ Rutilo ■ Barbo de montaña ■ Black bass ■ Madrilla ■ Pez gato negro 			

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	103	13,2	1
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	113	16,0	1
Perca sol	<i>Lepomis gibbosus</i>	60	4,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	165	62,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	145	37,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	164	61,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	151	46,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	157	67,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	136	38,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	190	88,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	173	62,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	182	83,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	158	61,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	136	38,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	133	36,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	142	37,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	168	65,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	141	46,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	143	42,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	168	70,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	166	63,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	151	44,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	150	48,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	140	42,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	145	42,6	1

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Guiamets	CÓDIGO	GUIZ1_E1PES3			
UMT-X	312.207	UMT-Y	4.551.630			
RIQUEZA ESPECIES	3	Distancia (m)	360,0			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Carpín prusiano		0,00	0%		0,00	0%
Alburno		0,00	0%		0,00	0%
Carpa común	1	0,00	2%	1150	3,19	36%
Percal sol		0,00	0%		0,00	0%
Rutilo	41	0,11	95%	2000	5,55	63%
Barbo de montaña		0,00	0%		0,00	0%
Black bass	1	0,00	2%	36	0,10	1%
Madrilla		0,00	0%		0,00	0%
Pez gato negro		0,00	0%		0,00	0%
Total	43	0,12	100%	3186	8,85	100%

CPUE		BPUE	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Carpín prusiano ■ Alburno ■ Carpa común ■ Percal sol ■ Rutilo ■ Barbo de montaña ■ Black bass ■ Madrilla ■ Pez gato negro 			

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	415	1150,0	1
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	135	36,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	148	50,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	170	59,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	130	28,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	127	34,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	147	44,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	142	37,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	153	51,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	180	81,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	171	50,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	151		1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	153	57,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	138	40,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	142	42,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	158	51,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	169	62,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	142	40,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	160	63,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	179	75,5	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	143	40,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	149	51,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	160	52,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	147	54,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	145	45,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	147	45,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	136	38,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	155	66,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	145	46,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	156	57,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	153	55,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	154	54,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	146	48,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	175	82,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	152	52,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	140	38,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	166	61,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	155	54,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	134	32,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	133	34,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	143	44,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	138	41,6	1

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	134	31,4	1

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Guamets	CÓDIGO	GUIZ1_E1PES4			
UMT-X	312.771	UMT-Y	4.552.371			
RIQUEZA ESPECIES	5	Distancia (m)	597,0			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Carpín prusiano	6	0,01	8%	1011	1,69	17%
Alburno	4	0,01	5%	45	0,08	1%
Carpa común		0,00	0%		0,00	0%
Percal sol		0,00	0%		0,00	0%
Rutilo	66	0,11	83%	3454	5,79	57%
Barbo de montaña		0,00	0%		0,00	0%
Black bass	2	0,00	3%	1272	2,13	21%
Madrilla	2	0,00	3%	240	0,40	4%
Pez gato negro		0,00	0%		0,00	0%
Total	80	0,13	100%	6023	10,09	100%

CPUE		BPUE	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Carpín prusiano ■ Alburno ■ Carpa común ■ Percal sol ■ Rutilo ■ Barbo de montaña ■ Black bass ■ Madrilla ■ Pez gato negro 			

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	126	23,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	77	7,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	73	7,0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	82	7,8	1
Carpín prusiano	<i>Carassius gibelio</i>	224	183,6	1
Carpín prusiano	<i>Carassius gibelio</i>	167	92,4	1
Carpín prusiano	<i>Carassius gibelio</i>	204	181,2	1
Carpín prusiano	<i>Carassius gibelio</i>	208	188,0	1
Carpín prusiano	<i>Carassius gibelio</i>	205	187,6	1
Carpín prusiano	<i>Carassius gibelio</i>	208	178,0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	241	161,8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	177	78,6	1
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	418	1255,0	1
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	108	17,2	1
Perca sol	<i>Lepomis gibbosus</i>	118	34,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	179	88,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	180	87,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	166	64,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	173	64,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	160	55,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	162	64,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	168	65,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	141	40,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	1378	37,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	160	67,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	153	57,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	172	64,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	142	37,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	177	78,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	156	53,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	134	34,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	147	42,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	168	63,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	170	69,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	138	35,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	146	51,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	170	69,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	135	42,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	150	58,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	147	55,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	140	45,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	175	67,8	1

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	148	45,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	146	48,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	145	41,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	140	45,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	145	47,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	141	45,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	170	81,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	172	79,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	158	54,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	132	31,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	144	43,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	155	51,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	148	51,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	140	38,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	132	29,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	166	63,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	145	47,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	145	41,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	138	39,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	177	77,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	170	65,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	162	59,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	140	41,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	145	48,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	130	33,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	154	55,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	140	35,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	145	47,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	139	37,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	167	59,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	148	46,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	134	34,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	135	39,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	144	48,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	165	61,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	152	52,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	146	46,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	135	30,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	156	49,6	1

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Guiamets		CÓDIGO DE RED	GUI21_E1BEN1		
UTM-X	312506		UTM-Y	4551894		
TIPO DE RED	Bentónica (16x1.5) 40m		SISTEMA DE REFERENCIA	UTM ETRS89 H31		
INICIO	19-10-21 20:40		FIN	20-10-21 11:15		
PROFUNDIDAD	5		PROFUNDIDAD DE LA RED	4		
RIQUEZA ESPECIES	7		ESFUERZO APLICADO	1,6		
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno	11	6,88	24%	301	188,06	9%
Barbo de Graells		0,00	0%		0,00	0%
Carpa común	9	5,63	20%	961	600,75	28%
Carpín prusiano	4	2,50	9%	440	274,88	13%
Madrilla		0,00	0%		0,00	0%
Black bass	1	0,63	2%	149	92,81	4%
Perca sol	4	2,50	9%	969	605,38	28%
Pez gato negro	2	1,25	4%	59	37,13	2%
Rutilo	14	8,75	31%	607	379,13	17%
Total	45	28,13	100%	3485	2.178,13	100%

CPUE		BPUE	
■ Alburno		■ Alburno	
■ Barbo de Graells			
■ Carpa común			
■ Carpín prusiano			
■ Madrilla			
■ Black bass			
■ Perca sol			
■ Pez gato negro			
■ Rutilo			

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	153	42,2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	147	42,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	124	24,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	157	51,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	148	42,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	166	56,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	150	40,7	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	143	34,6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	156	41,8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	147	30,4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	150	43,0	1
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	211	161,6	1
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	221	201,6	1
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	190	131,0	1
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	178	99,2	1
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	233	218,0	1
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	212	173,2	1
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	154	74,2	1
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	166	79,4	1
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	185	113,0	1
Carpín prusiano	<i>Carassius gibelio</i>	185	148,5	1
Carpín prusiano	<i>Carassius gibelio</i>	279	540,6	1
Carpín prusiano	<i>Carassius gibelio</i>	242	243,0	1
Carpín prusiano	<i>Carassius gibelio</i>	192	155,0	1
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	135	30,0	1
Perca sol	<i>Lepomis gibbosus</i>	113	23,6	1
Perca sol	<i>Lepomis gibbosus</i>	128	35,8	1
Perca sol	<i>Lepomis gibbosus</i>	125	35,0	1
Perca sol	<i>Lepomis gibbosus</i>	59	11,0	1
Pez gato negro	<i>Ameiurus melas</i>	142	41,8	1
Pez gato negro	<i>Ameiurus melas</i>	142	41,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	142	36,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	150	45,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	136	37,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	154	56,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	138	37,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	146	50,2	1

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	157	59,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	150	46,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	149	53,2	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	160	53,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	136	39,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	142	46,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	154	57,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	155	52,2	1

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Guiamets		CÓDIGO DE RED	GUI21_E1BENZ		
UTM-X	311857		UTM-Y	4552086		
TIPO DE RED	Bentónica (16x1.5) 40m		SISTEMA DE REFERENCIA	UTM ETRS89 H31		
INICIO	19-10-21 20:00		FIN	20-10-21 10:30		
PROFUNDIDAD	6		PROFUNDIDAD DE LA RED	5		
RIQUEZA ESPECIES	8		ESFUERZO APLICADO	1,6		
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno	3	1,88	6%	0	0,00	0%
Barbo de Graells	1	0,63	2%	0	0,00	0%
Carpa común	11	6,88	22%	2750	1.718,75	50%
Carpín prusiano	6	3,75	12%	1587	991,75	29%
Madrilla	3	1,88	6%	595	372,13	11%
Black bass	1	0,63	2%	197	123,13	4%
Perca sol	4	2,50	8%	397	247,88	7%
Pez gato negro		0,00	0%		0,00	0%
Rutilo	21	13,13	42%	985	615,75	18%
Total	50	31,25	100%	5526	3.453,63	100%

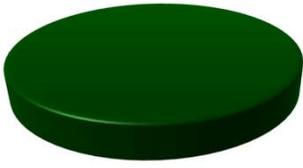
CPUE

BPUE

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA					
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind	
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	127	29,4	1	
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	155	50,0	1	
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	160	51,0	1	
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	179	72,6	1	
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	472	1850,0	1	
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	214	165,0	1	
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	183	116,0	1	
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	187		1	
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	185	110,0	1	
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	180	112,2	1	
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	221	193,8	1	
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	218	190,0	1	
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	191	120,0	1	
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	170	87,4	1	
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	130	33,4	1	
Carpín prusiano	<i>Carassius gibelio</i>	290	603,0	1	
Carpín prusiano	<i>Carassius gibelio</i>	277	553,0	1	
Carpín prusiano	<i>Carassius gibelio</i>	210	221,0	1	
Carpín prusiano	<i>Carassius gibelio</i>	295	192,6	1	
Carpín prusiano	<i>Carassius gibelio</i>	199	181,8	1	
Carpín prusiano	<i>Carassius gibelio</i>	210	197,0	1	
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	197	102,2	1	
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	204	137,0	1	
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	200	119,0	1	
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	137	38,4	1	
Perca sol	<i>Lepomis gibbosus</i>	60	4,0	1	
Perca sol	<i>Lepomis gibbosus</i>	122	34,0	1	
Perca sol	<i>Lepomis gibbosus</i>	94	14,0	1	
Perca sol	<i>Lepomis gibbosus</i>	53	2,0	1	
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	178	72,2	1	
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	184	101,4	1	
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	147	51,0	1	
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	163	64,0	1	
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	128	29,8	1	
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	150	56,0	1	
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	140	45,0	1	
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	136	37,0	1	

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	135	29,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	147	44,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	145	47,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	138	41,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	149	56,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	170	77,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	140	48,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	176	84,4	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	143	46,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	150	54,6	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	150	54,0	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	165	62,8	1
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	135	44,2	1

FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Guiamets	CÓDIGO DE RED	GUI21_E1EPL1			
UTM-X	311453	UTM-Y	4552129			
TIPO DE RED	Epipelágica (16x6) 40m	SISTEMA DE REFERENCIA	UTM ETRS89 H31			
INICIO	19-10-21 9:30	FIN	19-10-21 14:30			
PROFUNDIDAD	19	PROFUNDIDAD DE LA RED	0			
RIQUEZA ESPECIES	1	ESFUERZO APLICADO	2,2			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno		0,00	0%		0,00	#1DIV/0!
Barbo de Graells		0,00	0%		0,00	#1DIV/0!
Carpa común		0,00	0%		0,00	#1DIV/0!
Carpín prusiano	3	1,36	100%	0	0,00	#1DIV/0!
Madrilla		0,00	0%		0,00	#1DIV/0!
Black bass		0,00	0%		0,00	#1DIV/0!
Perca sol		0,00	0%		0,00	#1DIV/0!
Pez gato negro		0,00	0%		0,00	#1DIV/0!
Rutilo		0,00	0%		0,00	#1DIV/0!
Total	3	1,36	100%	0	0,00	#1DIV/0!
<ul style="list-style-type: none"> ■ Alburno ■ Barbo de Graells ■ Carpa común ■ Carpín prusiano ■ Madrilla ■ Black bass ■ Perca sol ■ Pez gato negro ■ Rutilo 			<h3>CPUE</h3> 		<h3>BPUE</h3>	
RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA						
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind		
Carpín prusiano	<i>Carassius gibelio</i>	285	556,0	1		
Carpín prusiano	<i>Carassius gibelio</i>	277	478,0	1		
Carpín prusiano	<i>Carassius gibelio</i>	273	493,0	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	311533,31	4552049,39	0,10	0,05
1	2	311580,47	4552035,89	0,01	0,00
1	3	311639,96	4552086,06	0,00	0,00
1	4	311668,28	4552126,01	0,00	0,00
1	5	311695,22	4552169,39	0,13	0,06
1	6	311738,38	4552146,67	1,77	0,82
1	7	311760,72	4552103,29	0,07	0,03
1	8	311727,19	4552066,44	0,00	0,00
1	9	311704,50	4552022,10	0,00	0,00
1	10	311693,81	4551975,33	0,39	0,18
1	11	311715,64	4551931,12	0,00	0,00
1	12	311733,93	4551884,02	0,11	0,05
1	13	311716,76	4551822,59	0,00	0,00
1	14	311730,61	4551870,55	0,34	0,16
1	15	311751,00	4551916,22	0,11	0,05
1	16	311769,47	4551962,36	0,00	0,00
1	17	311794,46	4552006,22	0,03	0,01
1	18	311822,26	4552047,88	0,09	0,04
1	19	311851,68	4552087,81	0,16	0,08
1	20	311911,57	4552135,01	0,01	0,00
1	21	311955,51	4552158,03	1,19	0,55
1	22	311963,83	4552136,63	0,43	0,20
1	23	311911,12	4552100,27	0,11	0,05
1	24	311869,31	4552079,74	0,11	0,05
1	25	311843,65	4552038,01	1,95	0,90
1	26	311834,97	4551989,08	0,00	0,00
1	27	311838,88	4551941,08	0,12	0,05
1	28	311868,76	4551901,33	0,00	0,00
1	29	311842,65	4551858,77	0,00	0,00
1	30	311822,36	4551812,68	0,00	0,00
1	31	311809,12	4551765,55	0,00	0,00
1	32	311800,83	4551716,60	0,00	0,00
1	33	311856,21	4551644,83	0,03	0,01
1	34	311875,10	4551690,11	0,04	0,02
1	35	311900,21	4551733,97	0,68	0,31
1	36	311931,73	4551710,27	0,06	0,03
1	37	311951,10	4551664,00	0,09	0,04
1	38	311951,54	4551614,83	0,40	0,19
1	39	311931,55	4551570,41	0,06	0,03
1	40	311962,16	4551532,77	0,00	0,00
1	41	312002,76	4551506,29	0,01	0,00
1	42	312041,11	4551526,49	0,06	0,03
1	43	312066,83	4551569,48	0,03	0,01
1	44	312114,41	4551572,93	0,02	0,01

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
1	45	312146,40	4551544,99	0,42	0,20
1	46	312124,16	4551500,63	0,32	0,15
1	47	312147,77	4551495,36	0,00	0,00
1	48	312194,51	4551513,66	119,84	55,29
1	49	312243,13	4551524,27	16,97	7,83
1	50	312264,29	4551566,11	4,04	1,86
1	51	312291,40	4551608,65	0,27	0,12
1	52	312338,63	4551616,76	0,04	0,02
1	53	312384,77	4551597,35	0,08	0,04
1	54	312419,06	4551603,67	104,57	48,25
1	55	312442,69	4551647,99	0,06	0,03
1	56	312448,99	4551694,87	0,18	0,08
1	57	312488,07	4551786,26	0,46	0,21
1	58	312491,52	4551834,91	0,14	0,06
1	59	312498,72	4551884,74	0,37	0,17
1	60	312512,62	4551932,68	0,26	0,12
1	61	312536,73	4551974,87	0,72	0,33
1	62	312563,69	4552016,56	1,03	0,48
1	63	312590,28	4552053,60	0,01	0,01
1	64	312605,57	4552100,67	0,31	0,14
1	65	312631,10	4552143,24	0,94	0,43
1	66	312646,11	4552187,78	75,62	34,89
1	67	312673,23	4552229,47	2,39	1,10
1	68	312695,12	4552272,14	0,03	0,01
1	69	312715,46	4552317,81	3,30	1,52
1	70	312746,60	4552355,15	0,40	0,19
1	71	312771,69	4552398,58	0,00	0,00
1	72	312848,30	4552447,91	35,67	16,46
1	73	312805,42	4552434,17	2,36	1,09
1	74	312774,28	4552395,97	4,09	1,89
1	75	312747,50	4552353,01	3,11	1,44
1	76	312718,06	4552312,66	2,06	0,95
1	77	312689,90	4552272,27	0,71	0,33
1	78	312667,44	4552227,50	267,43	123,39
1	79	312633,91	4552148,68	0,20	0,09
1	80	312623,12	4552100,22	0,61	0,28
1	81	312612,85	4552051,74	0,06	0,03
1	82	312568,22	4552030,86	0,83	0,39
1	83	312539,86	4551992,17	0,15	0,07
1	84	312527,40	4551943,75	0,69	0,32
1	85	312515,41	4551895,74	0,75	0,34
1	86	312497,91	4551849,57	0,68	0,31
1	87	312485,15	4551802,44	0,13	0,06
1	88	312472,96	4551763,76	1,16	0,54

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
1	89	312457,16	4551718,82	0,02	0,01
1	90	312423,37	4551689,17	0,06	0,03
1	91	312423,52	4551640,01	0,05	0,02
1	92	312416,94	4551592,28	0,41	0,19
1	93	312383,02	4551556,29	0,06	0,03
1	94	312349,20	4551524,52	0,23	0,10
1	95	312298,93	4551518,19	0,14	0,06
1	96	312286,31	4551565,97	0,25	0,11
1	97	312280,84	4551589,84	0,04	0,02
1	98	312232,12	4551587,28	0,18	0,08
1	99	312210,20	4551543,35	0,17	0,08
1	100	312172,78	4551509,56	1,03	0,47
1	101	312142,81	4551475,14	0,04	0,02
1	102	312097,09	4551461,49	0,00	0,00
1	103	312048,15	4551475,03	0,00	0,00
1	104	312052,89	4551517,29	0,10	0,05
1	105	312044,20	4551545,91	0,31	0,14
1	106	312007,17	4551579,07	0,42	0,20
1	107	311977,00	4551556,54	0,68	0,32
1	108	311933,56	4551538,16	0,06	0,03
1	109	311889,31	4551557,09	0,28	0,13
1	110	311882,53	4551595,84	0,02	0,01
1	111	311910,11	4551634,55	0,00	0,00
1	112	311904,25	4551682,16	0,00	0,00
1	113	311890,93	4551729,96	0,07	0,03
1	114	311887,07	4551780,07	1,59	0,73
1	115	311890,04	4551827,04	8,96	4,13
1	116	311869,23	4551783,92	0,00	0,00
1	117	311846,32	4551740,02	0,00	0,00
1	118	311791,73	4551673,61	0,21	0,10
1	119	311764,83	4551714,98	0,22	0,10
1	120	311742,42	4551758,37	0,00	0,00
1	121	311765,02	4551802,28	0,01	0,00
1	122	311790,08	4551845,72	0,00	0,00
1	123	311821,62	4551882,62	0,01	0,00
1	124	311816,94	4551931,06	0,00	0,00
1	125	311809,43	4551980,41	0,00	0,00
1	126	311797,55	4552029,02	0,70	0,32
1	127	311798,91	4552071,79	0,04	0,02
1	128	311775,98	4552029,15	0,01	0,00
1	129	311755,34	4551983,49	0,03	0,01
1	130	311733,99	4551938,27	0,04	0,02
1	131	311712,73	4551893,04	0,05	0,02
1	132	311675,34	4551906,73	0,18	0,08

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
1	133	311639,38	4551941,56	0,22	0,10
1	134	311624,88	4551988,55	0,01	0,00
1	135	311651,50	4552031,51	0,00	0,00
1	136	311683,55	4552069,67	0,06	0,03
1	137	311690,74	4552109,33	0,19	0,09
1	138	311648,10	4552135,43	0,00	0,00
1	139	311614,38	4552159,19	0,00	0,00
1	140	311608,29	4552110,61	0,00	0,00
1	141	311587,23	4552065,38	0,00	0,00
1	142	311558,55	4552023,73	0,00	0,00
1	143	311510,17	4552031,77	0,05	0,02
1	144	311462,34	4552029,18	0,01	0,01
1	145	311442,84	4552055,95	0,02	0,01
1	146	311464,63	4552101,16	0,00	0,00
1	147	311496,84	4552138,05	0,00	0,00
1	148	311456,56	4552150,96	0,00	0,00
1	149	311408,15	4552160,69	0,00	0,00
1	150	311402,87	4552116,32	0,02	0,01
1	151	311375,16	4552080,16	3,80	1,75
1	152	311327,97	4552061,46	0,10	0,05
1	153	311280,16	4552078,80	0,10	0,04
1	154	311240,84	4552109,48	0,27	0,12
1	155	311224,21	4552163,31	3,75	1,73
1	156	311272,85	4552161,20	0,01	0,00
1	157	311321,47	4552154,87	0,15	0,07
1	158	311329,41	4552133,05	0,04	0,02
1	159	311306,24	4552096,77	0,09	0,04
1	160	311350,94	4552075,71	0,01	0,00
1	161	311398,90	4552063,03	0,01	0,00
1	162	311432,21	4552093,52	0,00	0,00
1	163	311441,12	4552140,34	0,00	0,00
1	164	311469,37	4552182,42	0,00	0,00
1	165	311518,47	4552191,32	0,01	0,00
1	166	311568,82	4552187,48	0,00	0,00
1	167	311565,61	4552151,12	0,00	0,00
1	168	311541,54	4552110,20	0,22	0,10
1	169	311519,87	4552066,69	0,17	0,08
1	170	311517,13	4552044,30	0,02	0,01
2	1	311554,98	4552041,30	0,00	0,00
2	2	311598,95	4552026,39	0,81	3,07
2	3	311655,75	4552104,44	0,00	0,00
2	4	311682,19	4552146,60	0,00	0,00
2	5	311714,67	4552159,67	0,00	0,00
2	6	311754,12	4552126,83	0,00	0,00

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
2	7	311741,44	4552086,87	3,58	4,45
2	8	311713,91	4552045,33	0,00	0,00
2	9	311694,84	4551998,89	0,00	0,00
2	10	311703,66	4551952,33	0,00	0,00
2	11	311725,39	4551907,75	0,00	0,00
2	12	311730,25	4551859,06	36,90	40,30
2	13	311723,03	4551845,51	105,57	181,35
2	14	311742,41	4551892,07	0,00	0,00
2	15	311761,37	4551938,63	0,00	0,00
2	16	311783,59	4551983,38	0,00	0,00
2	17	311809,02	4552026,09	0,00	0,00
2	18	311840,92	4552067,65	0,00	0,00
2	19	311869,07	4552107,58	0,00	0,00
2	20	311934,26	4552145,29	0,00	0,00
2	21	311976,53	4552156,10	0,00	0,00
2	22	311944,41	4552120,38	0,00	0,00
2	23	311887,01	4552096,35	0,00	0,00
2	24	311854,63	4552059,95	17,35	5,57
2	28	311854,62	4551882,92	0,00	0,00
2	29	311831,43	4551836,76	20,11	1,64
2	30	311813,15	4551790,07	0,00	0,00
2	31	311803,28	4551741,05	0,00	0,00
2	32	311807,49	4551693,39	1,11	15,68
2	33	311867,48	4551664,96	0,00	0,00
2	34	311887,55	4551711,70	0,00	0,00
2	35	311919,56	4551732,37	0,00	0,00
2	36	311941,31	4551686,58	0,00	0,00
2	37	311956,48	4551639,30	2,14	0,23
2	38	311938,70	4551592,54	0,00	0,00
2	39	311944,90	4551550,62	0,42	0,00
2	40	311980,34	4551515,17	4,85	1,41
2	41	312025,47	4551506,18	0,00	0,00
2	42	312054,79	4551547,07	0,00	0,00
2	43	312090,23	4551576,31	9,14	0,50
2	44	312139,51	4551564,82	0,00	0,00
2	45	312132,96	4551524,12	2,26	0,02
2	46	312124,38	4551483,48	0,00	0,00
2	47	312170,34	4551504,63	0,00	0,00
2	48	312219,87	4551517,64	0,00	0,00
2	49	312257,75	4551540,88	0,00	0,00
2	50	312278,10	4551587,07	0,00	0,00
2	51	312313,81	4551619,42	0,00	0,00
2	52	312362,24	4551608,58	0,00	0,00
2	53	312403,40	4551586,04	0,00	0,00

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
2	54	312432,52	4551625,16	0,00	0,00
2	55	312451,52	4551670,45	0,00	0,00
2	56	312445,40	4551720,28	15,49	9,20
2	57	312368,54	4551540,61	0,00	0,00
2	58	312324,49	4551521,49	0,00	0,00
2	59	312287,56	4551539,95	7,22	4,27
2	60	312296,58	4551592,05	0,00	0,00
2	61	312254,68	4551592,03	5,27	1,12
2	62	312223,62	4551566,09	0,00	0,00
2	63	312191,77	4551526,55	19,35	1,89
2	64	312152,11	4551500,39	62,53	0,78
2	65	312123,64	4551461,94	0,00	0,00
2	66	312073,17	4551470,00	0,00	0,00
2	67	312038,72	4551494,32	0,00	0,00
2	68	312065,07	4551527,26	0,00	0,00
2	69	312026,39	4551564,33	0,00	0,00
2	70	311993,02	4551580,18	0,00	0,00
2	71	311958,00	4551540,09	10,37	0,05
2	72	311911,56	4551547,31	0,00	0,00
2	73	311870,55	4551577,68	2,77	0,08
2	74	311900,95	4551611,42	0,00	0,00
2	75	311912,45	4551657,56	0,00	0,00
2	76	311899,00	4551706,36	7,55	0,52
2	77	311889,63	4551755,18	0,00	0,00
2	78	311887,64	4551807,96	0,00	0,00
2	79	311878,83	4551809,83	0,00	0,00
2	80	311857,62	4551762,18	9,82	5,67
2	81	311830,19	4551719,85	0,00	0,00
2	82	311780,15	4551695,34	0,00	0,00
2	83	311750,10	4551736,27	66,21	1498,56
2	84	311757,86	4551777,70	81,65	142,68
2	85	311775,87	4551824,38	0,00	0,00
2	86	311809,31	4551862,20	0,00	0,00
2	87	311823,10	4551906,35	0,00	0,00
2	88	311814,75	4551956,14	0,00	0,00
2	89	311805,45	4552005,44	12,89	9,59
2	90	311795,80	4552057,74	0,00	0,00
2	91	311783,64	4552053,17	0,00	0,00
2	92	311764,08	4552007,28	0,00	0,00
2	93	311743,40	4551961,46	5,24	0,02
2	94	311722,05	4551916,36	19,89	22,03
2	95	311693,97	4551888,39	25,87	25,71
2	96	311658,61	4551925,44	20,13	186,18
2	97	311626,75	4551964,32	0,00	0,00

Estrato	Segmento	X ETRS89 H31	Y ETRS89 H31	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
2	98	311638,45	4552009,39	0,00	0,00
2	99	311668,81	4552049,32	0,00	0,00
2	100	311696,71	4552091,45	0,00	0,00
2	101	311669,45	4552123,13	0,00	0,00
2	102	311627,06	4552155,31	0,00	0,00
2	103	311608,19	4552135,34	0,00	0,00
2	104	311599,51	4552087,70	0,00	0,00
2	105	311574,37	4552044,35	2,73	0,17
2	107	311485,64	4552037,79	0,00	0,00
2	108	311439,16	4552031,50	0,00	0,00
2	109	311454,56	4552077,58	0,00	0,00
2	110	311483,44	4552118,54	0,00	0,00
2	111	311483,66	4552149,27	0,00	0,00

ANEXO 4. MAPAS INTERPOLADOS DE DENSIDAD Y BIOMASA

ANEXO 5. 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°:	21017	
Procedencia:	Embalse de Guiamets	
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
GUI21_E1PRO1_1	<input checked="" type="checkbox"/>
GUI21_E1PRO1_2	<input checked="" type="checkbox"/>
GUI21_E1PRO1_3	<input checked="" type="checkbox"/>
GUI21_E1BEN1_1	<input checked="" type="checkbox"/>
GUI21_E1BEN1_2	<input checked="" type="checkbox"/>
GUI21_E1BEN1_3	<input checked="" type="checkbox"/>
GUI21_E1PES4_1	<input checked="" type="checkbox"/>
GUI21_E1PES4_2	<input checked="" type="checkbox"/>
GUI21_E1PES4_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 N°:	21017	
Procedencia:	Embalse de Guiamets	
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
GUI21_E1PRO1_1	1	2	15/12/21
GUI21_E1PRO1_2	1	2	15/12/21
GUI21_E1PRO1_3	1	2	15/12/21
GUI21_E1BEN1_1	1	2	15/12/21
GUI21_E1BEN1_2	1	2	15/12/21
GUI21_E1BEN1_3	1	2	15/12/21
GUI21_E1PES4_1	1	2	15/12/21
GUI21_E1PES4_2	1	2	15/12/21
GUI21_E1PES4_3	1	2	15/12/21
Control filtración	1	1	15/12/21

TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
ESPECIE:	<i>Anguilla anguilla y Salmo trutta</i>	
INFORME DE ENSAYO N°:	21017	
Procedencia:	Embalse de Guiamets	
Código de proyecto:	EC20012	

Extracción de ADN

Fecha:	15-mar
Técnico:	Laura Miralles
Método de extracción:	Kit Qiagen
Número de muestras:	10
Incidencias:	No

Muestras extraídas		
Código	Volumen (mL)	Quality Check
GUI21_E1PRO1_1	100	☒
GUI21_E1PRO1_2	100	☒
GUI21_E1PRO1_3	100	☒
GUI21_E1BEN1_1	100	☒
GUI21_E1BEN1_2	100	☒
GUI21_E1BEN1_3	100	☒
GUI21_E1PES4_1	100	☒
GUI21_E1PES4_2	100	☒
GUI21_E1PES4_3	100	☒
Control filtración	100	☒

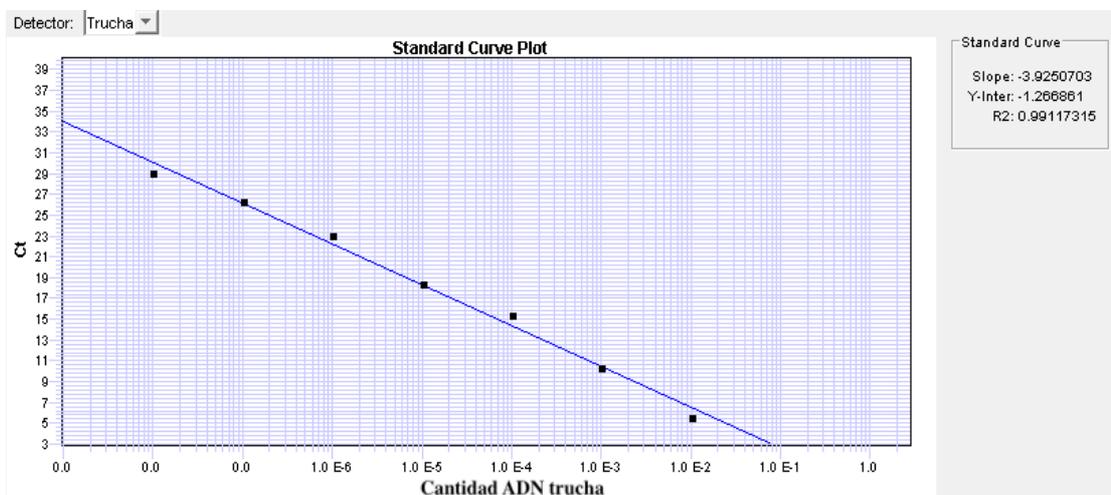
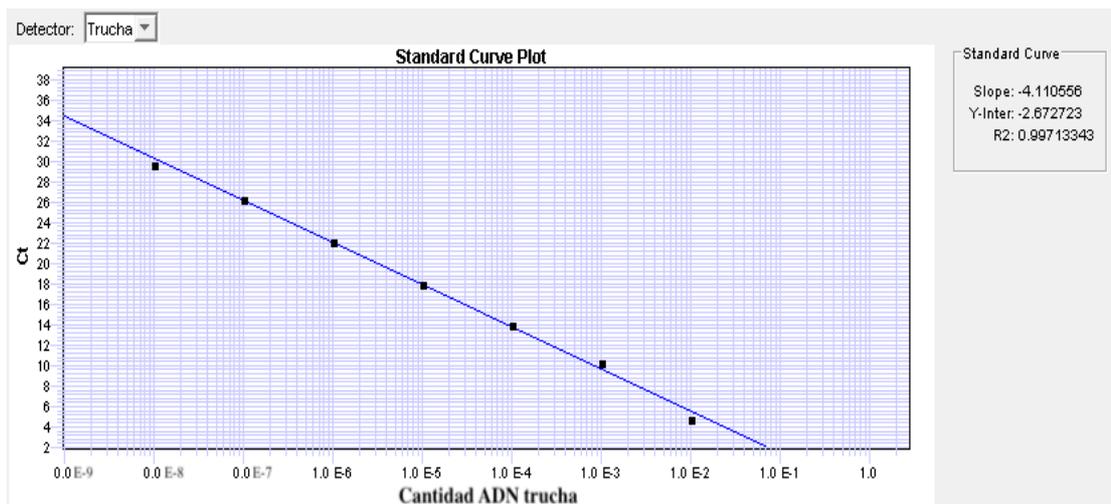
TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
ESPECIE:	<i>Anguilla anguilla</i> y <i>Salmo trutta</i>	
INFORME DE ENSAYO Nº:	21017	
Procedencia:	Embalse de Guiamets	
Código de proyecto:	EC20012	

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°:	21017	
Procedencia:	Embalse de Guiamets	
Código de proyecto:	EC20012	

Resultados			
Código	Detección	Detección	Detección
GUI21_E1PRO1_1	-	-	-
GUI21_E1PRO1_2	-	-	-
GUI21_E1PRO1_3	-	-	-
GUI21_E1BEN1_1	-	-	-
GUI21_E1BEN1_2	-	-	-
GUI21_E1BEN1_3	-	-	-
GUI21_E1PES4_1	-	-	-
GUI21_E1PES4_2	-	-	-
GUI21_E1PES4_3	-	-	-
Control negativo filtración	-	-	-
Cotrol negativo extracción	-	-	-
Control negativo PCR	-	-	-
Control positivo PCR	+	+	+

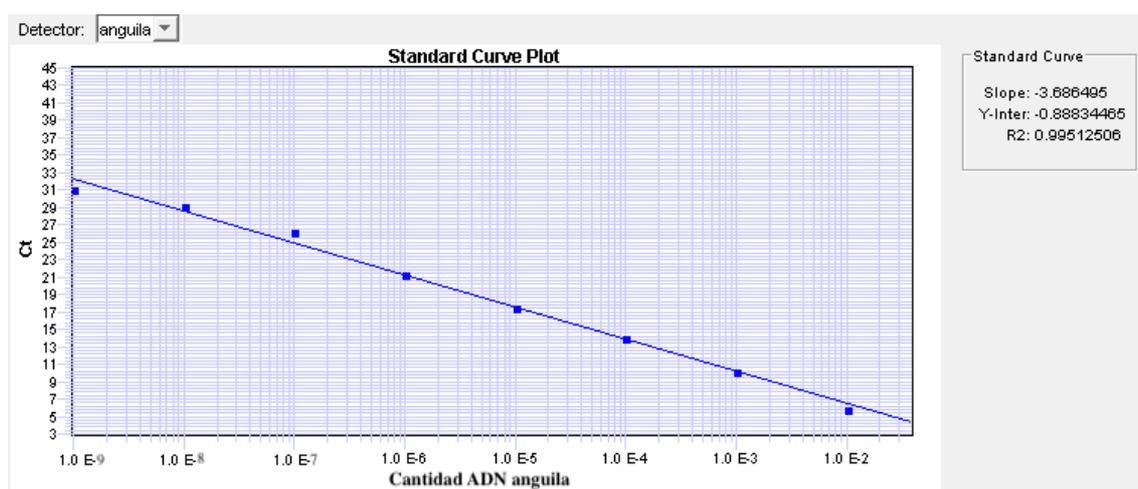
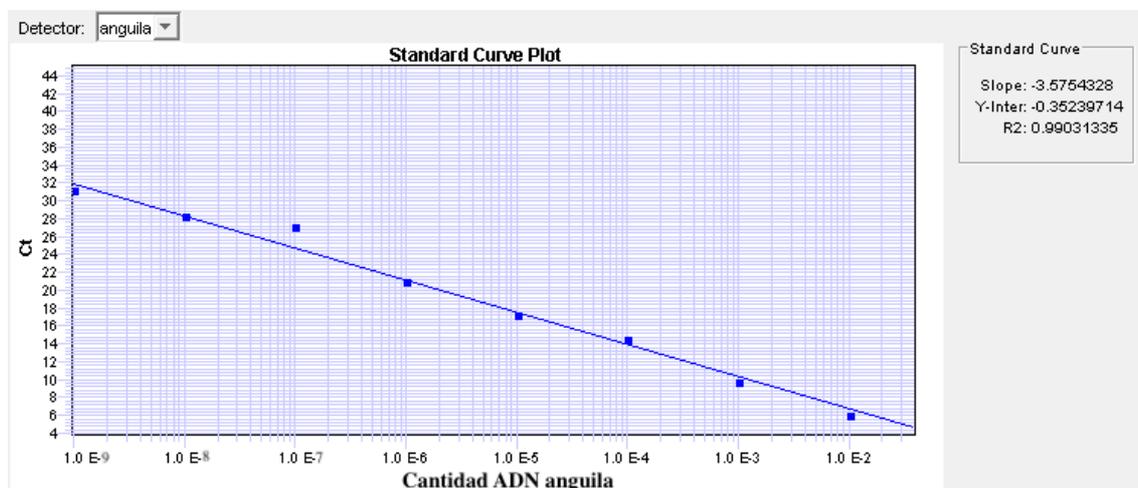
Conclusión

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:	21017	
Procedencia:	Embalse de Guiamets	
Código de proyecto:	EC20012	

Anguilla anguilla

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



TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO
ESPECIE:	<i>Anguilla anguilla</i> y <i>Salmo trutta</i>	
INFORME DE ENSAYO N°:	21017	
Procedencia:	Embalse de Guiamets	
Código de proyecto:	EC20012	

Resultados			
Código	Detección	Detección	Detección
GUI21_E1PRO1_1	-	-	-
GUI21_E1PRO1_2	-	-	-
GUI21_E1PRO1_3	-	-	-
GUI21_E1BEN1_1	-	-	-
GUI21_E1BEN1_2	-	-	-
GUI21_E1BEN1_3	-	-	-
GUI21_E1PES4_1	-	-	-
GUI21_E1PES4_2	-	-	-
GUI21_E1PES4_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:	21017	
Procedencia:	Embalse de Guiamets	
Código de proyecto:	EC20012	