



## SONDEO HIDROACÚSTICO EN EMBALSES DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO: EMBALSE DE SOTO TERROBA





MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO





---

## SONDEO HIDROACÚSTICO EN EMBALSES DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO: EMBALSE DE SOTO TERROBA

---

**PROMOTOR:**

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



**SERVICIO:**

ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS

**DIRECCIÓN DEL PROYECTO:**

María José Rodríguez Pérez

Vicente Sancho-Tello Valls

**EMPRESA CONSULTORA:**

ECOYDROS S.L.



**EQUIPO DE TRABAJO:**

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

**PRESUPUESTO DE LA ADJUDICACIÓN:**

114.425,25 Euros

**CONTENIDO:**

MEMORIA/ANEJOS/CARTOGRAFÍA/CD

**AÑO DE EJECUCIÓN:**

2020

**FECHA ENTREGA:**

NOVIEMBRE 2020



REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

Superior izquierda: Embarcación de muestreo preparada en el embalse de Soto Terroba

Superior derecha: Ejemplar de barbo colirrojo del embalse de Soto Terroba

Inferior izquierda: Ejemplar de trucha común del embalse de Soto Terroba

Inferior derecha: Vista de la presa de Soto Terroba

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2020) Sondeo hidroacústico en embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro: Embalse de Soto Terroba 70 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 SOTO TERROBA. AÑO 2020

---

*El objeto de este informe es la evaluación de la abundancia y biomasa de la biocenosis de peces del embalse de Soto Terroba. Para ello, en octubre 2020 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 dominada en densidad por la bermejuela (*Achondrostoma arcasii*), que representa el 82%. En lo que respecta a la biomasa, el barbo colirrojo domina la asociación con un 47%, seguida por la bermejuela (39%).*

*La densidad estimada fue de  $7,85 \pm 3,27$  ind/dam<sup>3</sup> y la biomasa de  $1,22 \pm 0,51$  g/m<sup>2</sup>, es decir, 12,19 kg/ha, que pueden considerarse valores bajos de biomasa.*

*En el caso de la trucha y anguila, la prospección mediante la técnica de mayor sensibilidad conocida, eDNA, ha ofrecido resultados positivos (presencia) en el caso de la trucha y resultados negativos (ausencia) en el caso de la anguila.*

*Aunque no existen métodos oficiales de evaluación del potencial ecológico basado en los peces, en una primera aproximación actualmente en proceso de revisión y publicación, el potencial obtenido es "BUENO".*



## HYDROACOUSTIC SOUNDING IN RESERVOIRS OF THE EBRO RIVER BASIN DISTRICT: SOTO TERROBA RESERVOIR. YEAR 2020

---

*This report refers to the assessment of the abundance and biomass of the fish biocenosis of the Soto Terroba reservoir. For this purpose, in October 2020 a quantitative sampling of fish in the reservoir was carried out using a combination of techniques: direct sampling by means of scientific gillnets (CEN-EN 14.757/2006) and boat electrofishing; and indirect sounding using hydroacoustic techniques.*

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

*The results determined that the association is clearly dominated in density by the bermejuela (*Achondrostoma arcasii*), which represents 82%. In terms of biomass, barbo colirrojo dominates the association with 47%, followed by bermejuela (39%).*

*The estimated density was  $7.85 \pm 3.27$  ind/dam<sup>3</sup> and the biomass was  $1.22 \pm 0.51$  g/m<sup>2</sup>, i.e. about 12.19 kg/ha, which can be considered low biomass values.*

*Regarding brown trout and eel detection by using the specific high-resolution method based on genetic detection using environmental DNA, positive results (presence) were achieved for trout (*Salmo trutta*) while eel (*Anguilla Anguilla*) was undetectable.*

*Although there are no official methods for assessing ecological potential based on fish, in a first approximation currently in the process of revision and publication, the potential obtained is "GOOD".*



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA  
DEL EBRO



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

---

<b>1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....</b>	<b>16</b>
1.1. <i>PRESTACIONES DE LAS TÉCNICAS APLICADAS.....</i>	<i>17</i>
1.2. <i>INTERÉS DEL ESTUDIO CUANTITATIVO DE LA FAUNA ÍCTICA EN MASAS DE AGUA NO VADEABLES .....</i>	<i>18</i>
<b>2. ÁMBITO DE ESTUDIO .....</b>	<b>19</b>
2.1. <i>SITUACIÓN .....</i>	<i>19</i>
2.2. <i>CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA .....</i>	<i>21</i>
2.3. <i>RÉGIMEN HIDROLÓGICO.....</i>	<i>24</i>
2.4. <i>CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EMBALSE. PERFILES VERTICALES .....</i>	<i>25</i>
2.5. <i>POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO .....</i>	<i>28</i>
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>29</b>
3.1. <i>DISEÑO DEL MUESTREO.....</i>	<i>30</i>
3.2. <i>MUESTREOS REMOTOS: HIDROACÚSTICA .....</i>	<i>30</i>
3.2.1. <i>Prospección hidroacústica .....</i>	<i>30</i>
3.2.2. <i>Procesado de datos acústicos .....</i>	<i>32</i>
3.3. <i>MUESTREOS DIRECTOS DE PESCA.....</i>	<i>33</i>
3.3.1. <i>Redes agalleras multipaño.....</i>	<i>33</i>
3.3.2. <i>Pesca eléctrica desde embarcación.....</i>	<i>35</i>
3.4. <i>INTERPOLACIÓN ESPACIAL Y ESTIMACIONES GLOBALES .....</i>	<i>37</i>
3.5. <i>EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO .....</i>	<i>38</i>
3.6. <i>DETECCIÓN DE TRUCHA COMÚN Y ANGIULA EUROPEA MEDIANTE GENÉTICA AMBIENTAL .....</i>	<i>39</i>
3.6.1. <i>Muestreo de ADN ambiental (eDNA).....</i>	<i>39</i>
3.6.2. <i>Obtención de ADN ambiental de trucha común y de anguila en muestras de agua.....</i>	<i>40</i>
3.6.3. <i>Detección específica de trucha común.....</i>	<i>40</i>
3.6.4. <i>Detección específica de anguila europea.....</i>	<i>41</i>
3.6.5. <i>Estimaciones de biomasa .....</i>	<i>41</i>
3.7. <i>UBICACIÓN DE LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO EN EL EMBALSE .....</i>	<i>42</i>
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>



4.1. SONDEO HIDROACÚSTICO: DENSIDADES.....	43
4.1.1. Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro .....	49
4.2. MUESTREOS DIRECTOS: COMPOSICIÓN Y BIOMASA ESPECÍFICA .....	50
4.2.1. Especies presentes en el embalse.....	50
4.2.2. Composición y distribución de especies.....	50
4.3. BIOMASA .....	54
4.3.1. Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro .....	57
4.4. DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES .....	58
4.5. MUESTREOS INDIRECTOS: ADN AMBIENTAL.....	59
4.5.1. Muestras ambientales de agua .....	59
4.5.2. Detección de trucha común mediante qPCR y estimaciones de biomasa.....	59
4.5.3. Detección de anguila europea mediante qPCR y estimaciones de biomasa.....	61
<b>5. APROXIMACIÓN AL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE BASADO EN PECES.....</b>	<b>63</b>
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>65</b>
<b>7. GLOSARIO Y ACRÓNIMOS.....</b>	<b>67</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>69</b>

## ÍNDICE ANEXOS

---

- Anexo 1. Especies presentes
- Anexo 2. Resultados de las pescas
- Anexo 3. Celdas del muestreo hidroacústico (en versión digital)
- Anexo 4. Mapas interpolados de densidad y biomasa
- Anexo 5. Boletines de ensayo Edna



## ÍNDICE DE TABLAS

---

<b>Tabla 1.</b> Estratos considerados en el embalse de Soto Terroba .....	24
<b>Tabla 2.</b> Descripción de las redes de muestreo empleadas.....	34
<b>Tabla 3.</b> Métricas y coeficientes para el cálculo del QFBI.....	39
<b>Tabla 4.</b> Valores de corte del QFBI empleados para la clasificación del potencial ecológico.....	39
<b>Tabla 5.</b> Densidad de peces (ind/dam <sup>3</sup> ) por estratos, estimada mediante acústica .....	45
<b>Tabla 6.</b> Especies presentes en el embalse .....	50
<b>Tabla 7.</b> Resultados de las pescas con red por especies .....	51
<b>Tabla 8.</b> Resultados de la pesca eléctrica por especies .....	53
<b>Tabla 9.</b> Biomasa de peces por estratos (g/m <sup>2</sup> ) estimada mediante acústica.....	54
<b>Tabla 10.</b> Densidades (ind/dam <sup>3</sup> ) y biomásas (g/m <sup>2</sup> ) por especie .....	58
<b>Tabla 11.</b> Datos de las rectas patrón obtenidas para la cuantificación de muestras ambientales de trucha común.....	59
<b>Tabla 12.</b> Resultados de las estimaciones de moléculas de ADN de trucha en la muestra. (<Lq): por debajo del límite de detección. ....	61
<b>Tabla 13.</b> Datos de las rectas patrón obtenidas para la cuantificación de muestras ambientales de anguila europea .....	62
<b>Tabla 14.</b> Resultados del QFBI obtenidos para el embalse de Soto Terroba .....	64

## ÍNDICE FIGURAS

---

<b>Figura 1.</b> Vista de la embarcación de trabajo en el embalse de Soto Terroba .....	19
<b>Figura 2.</b> Situación en la cuenca y detalle del embalse de Soto Terroba.....	20
<b>Figura 3.</b> Índice NDWI aplicado a la imagen de satélite para identificar la lámina de agua .....	22
<b>Figura 4.</b> Batimetría del embalse de Soto Terroba .....	23
<b>Figura 5.</b> Evolución del volumen embalsado en el embalse de Soto Terroba durante el ciclo hidrológico 2019/20 (elaboración propia).....	25
<b>Figura 6.</b> Presencia de <i>Potamogeton sp.</i> en el embalse de Soto Terroba .....	26



<b>Figura 7.</b> Perfiles físico-químicos realizados en el embalse de Soto Terroba .....	27
<b>Figura 8.</b> Operario realizando el perfil vertical mediante sonda multiparamétrica en el embalse de Soto Terroba. ....	28
<b>Figura 9.</b> Esquema del método de censado de poblaciones ícticas en un embalse.....	29
<b>Figura 10.</b> Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico .....	31
<b>Figura 11.</b> Redes caladas en el embalse de Soto Terroba.....	35
<b>Figura 12.</b> Pesca eléctrica desde embarcación.....	36
<b>Figura 13.</b> Ejemplo de ajuste de curva al semivariograma para el interpolado espacial.....	37
<b>Figura 14.</b> Ubicación de las estaciones de muestreo directo de diferente tipo en el embalse de Soto Terroba .....	42
<b>Figura 15.</b> Recorridos del sondeo hidroacústico en el embalse de Soto Terroba.....	44
<b>Figura 16.</b> Ejemplo de un ecograma obtenido con el haz vertical en el embalse de Soto Terroba .....	45
<b>Figura 17.</b> 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 .....	47
<b>Figura 18.</b> 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 .....	48
<b>Figura 19.</b> Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro.....	49
<b>Figura 20.</b> Composición de la asociación obtenida mediante redes .....	51
<b>Figura 21.</b> Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm .....	52
<b>Figura 22.</b> Composición de la asociación obtenida mediante pesca eléctrica .....	53
<b>Figura 23.</b> 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 .....	55
<b>Figura 24.</b> 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 .....	56
<b>Figura 25.</b> Comparación de la biomasa con otros embalses de la cuenca del Ebro.....	57
<b>Figura 26.</b> 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
<b>Figura 27.</b> 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.....	62



MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO





## 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El presente documento constituye el informe final de los trabajos realizados en el embalse de Soto Terroba (La Rioja) durante el año 2020, 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 Soto Terroba, 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 su estado (potencial) ecológico en función del elemento bioindicador que representa la fauna íctica en el contexto de la Directiva Marco del Agua.

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



### 1.1. PRESTACIONES DE LAS TÉCNICAS APLICADAS

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

La comunidad científico-técnica ya hace tiempo que ha aceptado los sensores acústicos como una familia de herramientas óptima para estudiar cuantitativamente una diversidad de aspectos relacionados con la morfología y características de los sustratos, sedimentos, rasgos de pequeña escala de los hábitats bentónicos e incluso de la estructura de las comunidades de organismos (animales y plantas) que forman parte de ellos. Esto también es aplicable a organismos pelágicos, permitiendo individualizar elementos biológicos en un rango que 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. De hecho, existe ya una norma Europea (CEN, 2014) que contempla este tipo de técnicas para la evaluación de la biomasa de peces.

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

Además, desde la CHE se pretende mediante esta asistencia técnica explorar y, en su caso, explotar los beneficios que ofrece este tipo de técnicas prospectivas en cuanto al control y gestión de los ecosistemas acuáticos, en lo que es una expresión más de la vocación de aspirar a las mejores técnicas disponibles, como estrategia para optimizar el rendimiento en



sus obligaciones competenciales relativas a la gestión de la calidad y estado ecológico de las aguas.

## 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.

Por otro lado, la Directiva Marco del Agua prescribe el uso de indicadores de composición y abundancia en diferentes elementos biológicos, incluyendo los peces, para los que además se requiere una estimación de la estructura de tallas. Sin embargo, en nuestro país no se está incluyendo este aspecto de forma sistemática en el caso de las masas de agua profundas, como lagos, embalses y ríos de orden alto (tramos bajos). Esto se ha debido, al menos en parte, a la impresión muy extendida de que se requieren técnicas poco afianzadas para obtener esa información, nada más lejos de la realidad como se puede constatar en los tratados técnicos (Simmonds & MacLennan, 2005) y en las normas estándar existentes (ver más adelante).

Mediante el presente estudio, se pretende evaluar las poblaciones de peces en el embalse de Soto Terroba, al tiempo que se somete a contraste el rendimiento de las técnicas hidroacústicas combinadas con muestreos directos de verificación, como futura metodología de aplicación en

las masas de agua no vadeables para evaluar su estado (potencial) ecológico en función del elemento bioindicador que representa la fauna íctica en el contexto de la Directiva Marco del Agua.



**Figura 1.** Vista de la embarcación de trabajo en el embalse de Soto Terroba

## 2. ÁMBITO DE ESTUDIO

### 2.1. SITUACIÓN

El embalse de Soto Terroba se localiza entre los términos municipales de Soto en Cameros y Terroba, en la comunidad autónoma de la Rioja (Figura 2), regulando las aguas del río Leza.



**Figura 2.** Situación en la cuenca y detalle del embalse de Soto Terroba

El embalse de Soto Terroba se encuentra actualmente en fase de llenado, es propiedad de la Confederación Hidrográfica del Ebro y plantea la regulación del río Leza para consolidar los riegos existentes hasta 1 253 hectáreas, reservar abastecimiento para poblaciones situadas aguas abajo, laminar avenidas y garantizar el caudal en el río en los meses de estiaje.

## 2.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

El embalse de Soto Terroba tiene una capacidad máxima de 8 hm<sup>3</sup> y ocupa en su máximo nivel una superficie de 58 ha, lo que supone una profundidad media de 36 m.

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

El embalse presentó durante el muestreo (5-7 de octubre de 2020) una profundidad máxima de 16 m y media de 6 m; la cota durante esas fechas estaba en el entorno de 752,8 msnm, que según la hipsometría oficial corresponde a un volumen de embalse de 1,12 hm<sup>3</sup>, es decir se encontraba aproximadamente al 14 % de su nivel máximo.

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 Soto Terroba (Figura 3) y de la que se extrae el polígono del contorno del embalse durante el muestreo, que posteriormente se aplica como frontera en las interpolaciones espaciales. Su superficie es de 16,53 ha, es decir el 28,45 % de la máxima superficie del embalse en las fechas del muestreo.



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

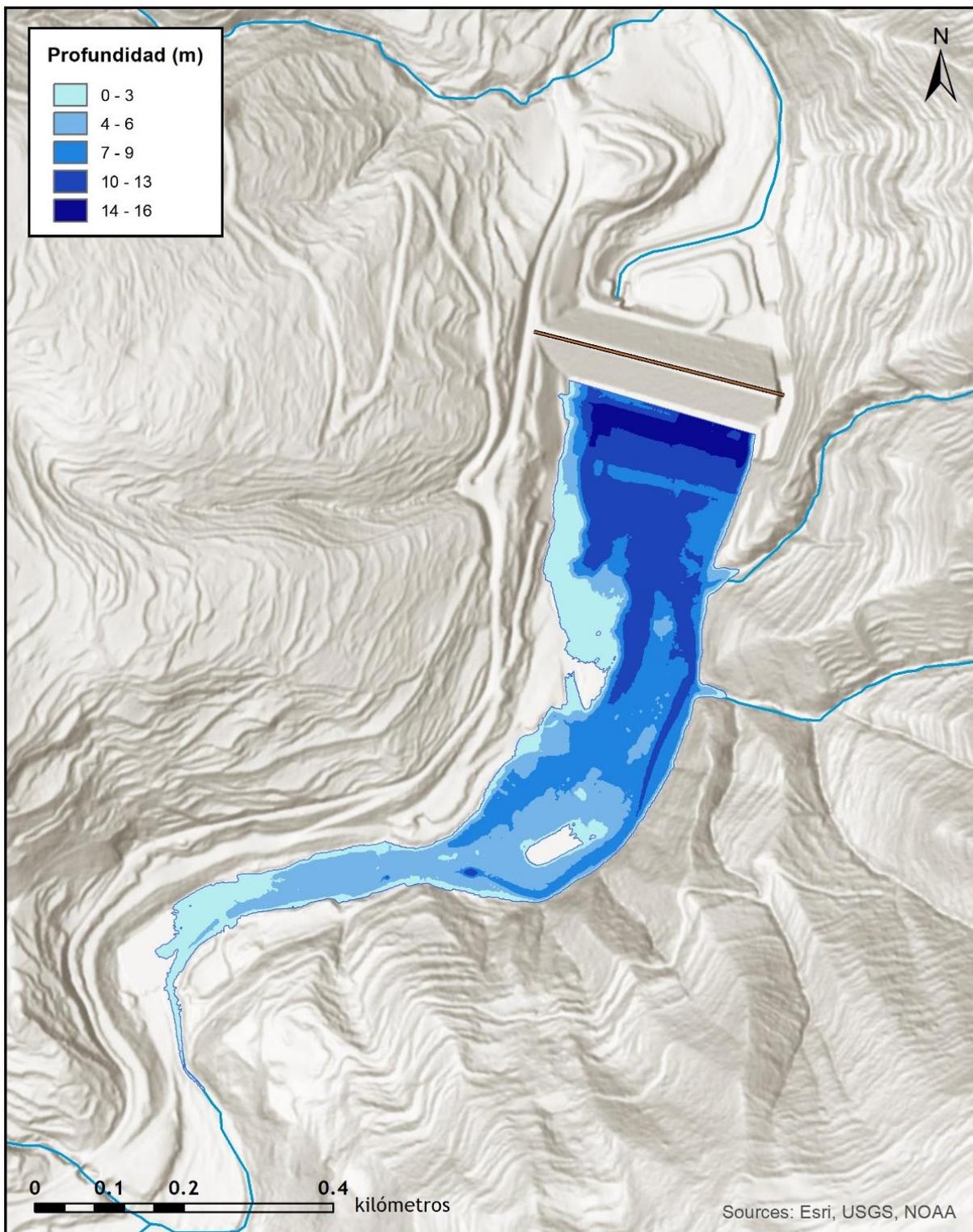


Figura 4. Batimetría del embalse de Soto Terroba

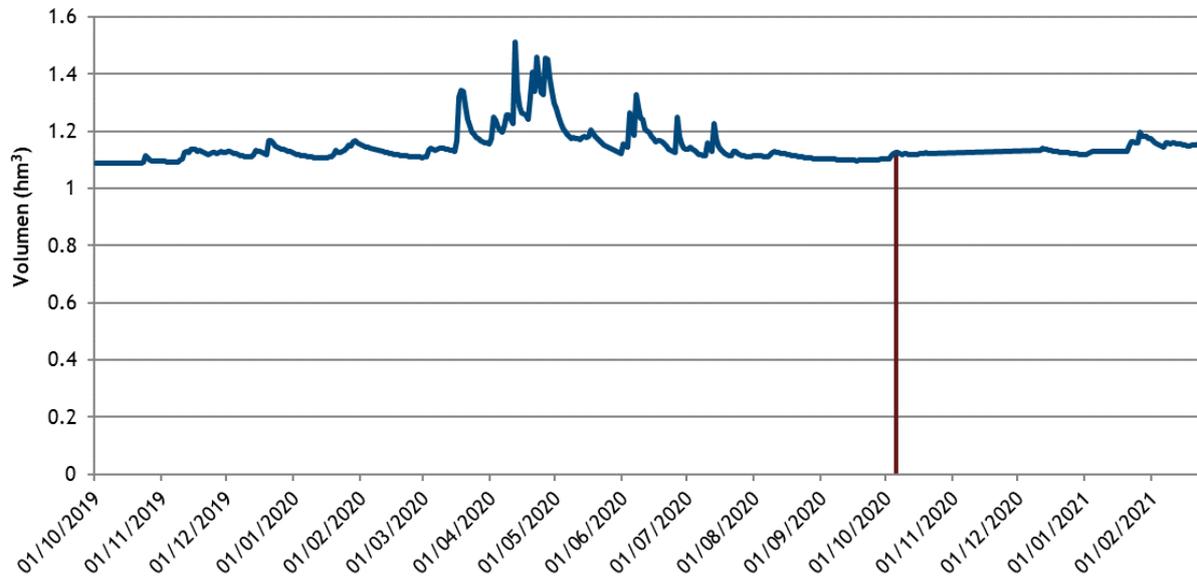
En la Tabla 1 se presentan los volúmenes y superficies de cada uno de los 2 estratos de profundidad considerados en este caso, obtenidos a partir de la batimetría anterior. Los volúmenes de cada estrato se han corregido proporcionalmente para que su suma coincida con el volumen proporcionado por el SAIH (Figura 5). Los motivos de esta desviación son múltiples (efecto del procedimiento de interpolación espacial, resolución de la batimetría, acumulación de sedimentos, nivel del embalse, etc.). No obstante, más que los valores absolutos, lo importante es conocer la importancia relativa de cada estrato para la ponderación de las densidades y biomásas.

**Tabla 1.** Estratos considerados en el embalse de Soto Terroba

Embalse	Sector	Estrato	Profundidad (m)	Volumen (hm <sup>3</sup> )	Superficie (ha)
STE20	1	1	0 a -5	1	16,53
STE20		2	-5 a -16	0	9,68

### 2.3. RÉGIMEN HIDROLÓGICO

Como se aprecia en la figura siguiente, el embalse de Soto Terroba inició el año hidrológico con una reserva hídrica baja que se ha mantenido estable en el tiempo. Se aprecia un leve repunte durante los meses de marzo a julio en los que se alcanzó un volumen máximo de 1,51 hm<sup>3</sup> (19 % de su capacidad). Después de este leve repunte, la reserva hídrica del embalse volvió a los niveles del comienzo del año hidrológico. El nivel del embalse permanece estable durante todo el año variando su volumen en aproximadamente 1 hm<sup>3</sup>. En la fecha de muestreo (05/10/2020), marcada con una línea roja, el embalse mantenía una reserva de 1,12 hm<sup>3</sup> de agua, que corresponde aproximadamente a un 14 % de su capacidad.



**Figura 5.** Evolución del volumen embalsado en el embalse de Soto Terroba durante el ciclo hidrológico 2019/20 (elaboración propia)

#### 2.4. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EMBALSE. PERFILES VERTICALES

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

En la ficha siguiente se recogen los parámetros resumen de cada perfil vertical y la representación gráfica del mismo en la estación de muestreo más cercana a la presa.

En el perfil de la zona de cabecera la profundidad es de 10 m y la columna de agua se encuentra completamente mezclada en el momento del muestreo. Las condiciones de oxigenación de la columna de agua son aceptables, con una concentración media de 5,3 mg/L y un máximo en superficie cercano a 8 mg/L.

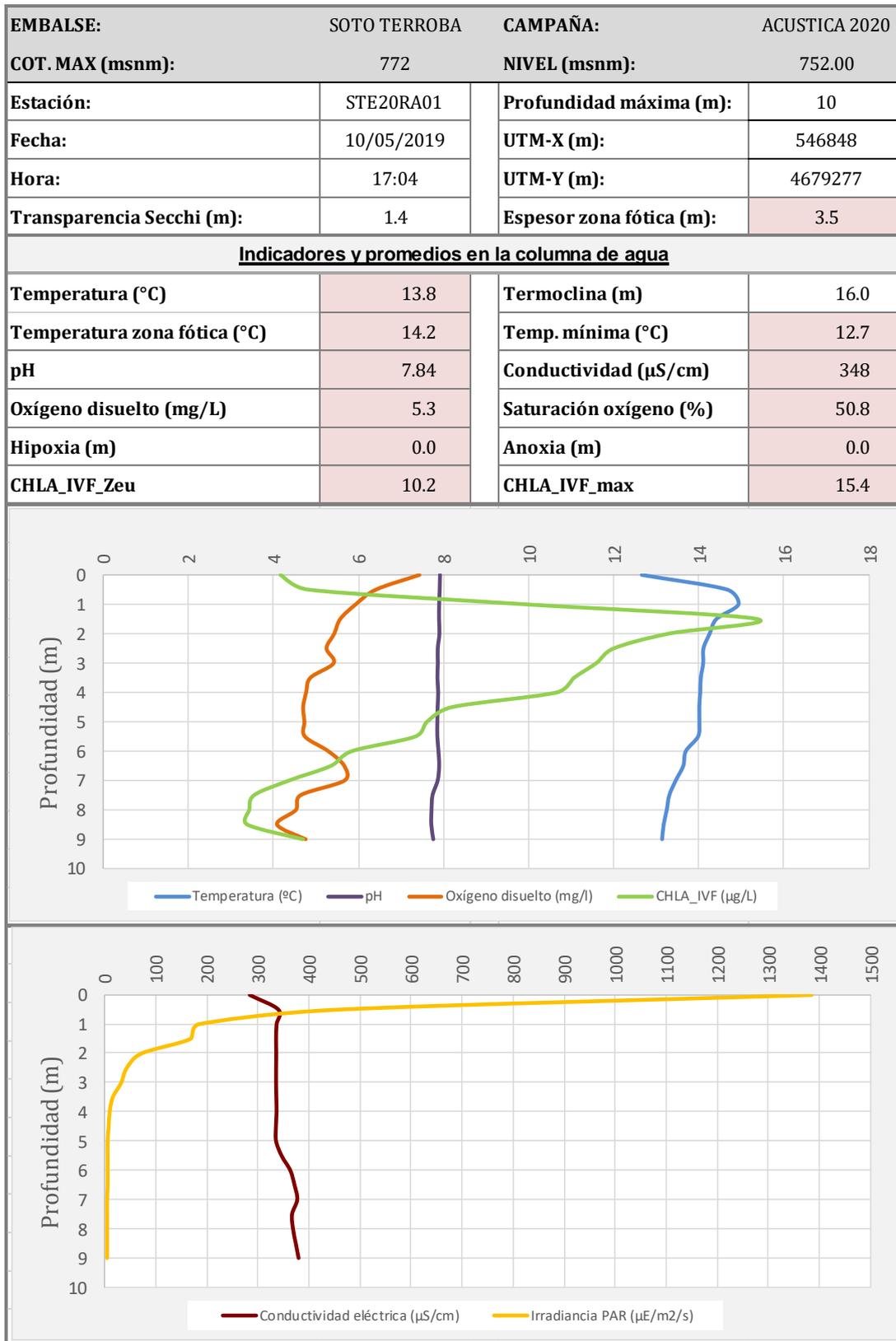
Se puede apreciar una muy ligera disminución de los valores del pH en relación al aumento de la profundidad, con un valor medio de 7,8 ud. La biomasa del fitoplancton es moderadamente alta (10,2  $\mu\text{g/L}$  de fluorescencia *in vivo* de la clorofila *a*) en el promedio de la

zona fótica; esta zona no alcanza los 4 m de espesor debido a la escasa transparencia del agua (1,4 m). Hay que destacar la presencia de un pico máximo de clorofila de 15,4  $\mu\text{g/L}$  en esa misma profundidad de 1,4 m, que disminuye bruscamente con el aumento de profundidad a lo largo de la columna de agua.

Otro dato destacable es la presencia de hidrófitos sumergidos en determinadas zonas del embalse, en especial del género *Potamogeton sp.* Puesto que es de reciente llenado, también hay vegetación terrestre que ha quedado sumergida y que proporciona refugio y hábitat para la ictiofauna.



**Figura 6.** Presencia de *Potamogeton sp.* en el embalse de Soto Terroba



**Figura 7.** Perfiles físico-químicos realizados en el embalse de Soto Terroba



**Figura 8.** Operario realizando el perfil vertical mediante sonda multiparamétrica en el embalse de Soto Terroba.

## 2.5. POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO

Se trata de un embalse monomítico, calcáreo de zonas húmedas, perteneciente a ríos de cabecera y tramos altos, que conlleva su catalogación en el tipo E-T07, según el RD 817/2015, Anexo 2, Apartado C, del 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 (RDSE).

Actualmente no existen registros de potencial ecológico y estado trófico en el embalse de Soto Terroba.

### 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 9, establece diferentes técnicas de muestreo en función de los macrohábitats diferenciados. Como se puede observar en la citada figura, el procedimiento de trabajo se basa en la combinación optimizada de diferentes técnicas prospectivas y de análisis.

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

#### Metodología de censo de peces

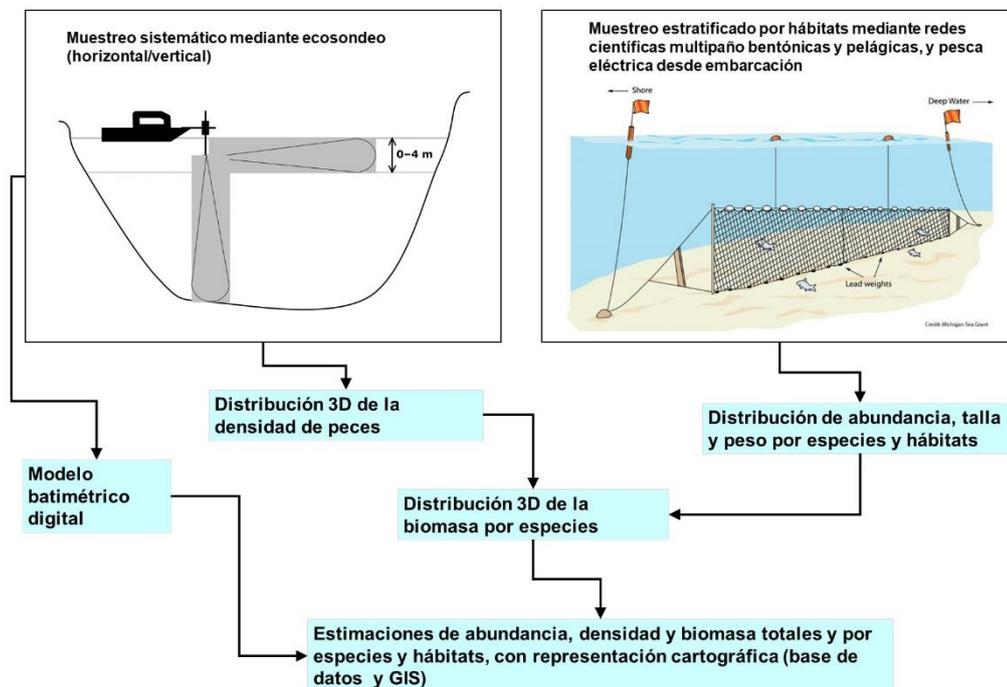


Figura 9. Esquema del método de censo de poblaciones ícticas en un embalse



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 biomاسas por especies y sectores.

### **3.1. DISEÑO DEL MUESTREO**

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

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

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

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

Los muestreos acústicos y de pesca directa se han realizado simultáneamente entre los días 5 y 7 de octubre de 2020.

### **3.2. MUESTREOS REMOTOS: HIDROACÚSTICA**

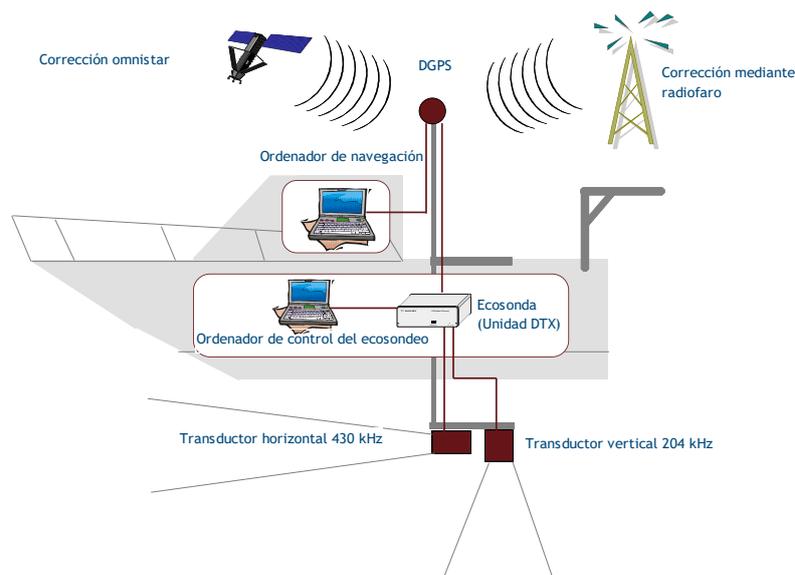
#### **3.2.1. *Prospección hidroacústica***

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

tiene un ángulo de apertura de  $10^{\circ}$ , 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 10.** Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico

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



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

### **3.2.2. Procesado de datos acústicos**

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

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

En este embalse, dado que la densidad de peces no es excesiva pero existe un cierto nivel de ruido producido por numerosas columnas de burbujas de gas, se ha aplicado a los ecogramas del sondeo vertical una variante de la técnica de detección de ecos, consistente en aislar rastros o trazas de peces, que son los que se utilizan para estimar la abundancia, dividiendo por el volumen de agua insonificada en cada celda de análisis. Para ello, se han filtrado las burbujas mediante la estimación de su velocidad de ascenso en el rastro.

En este caso, la distribución de la intensidad de los ecos en cada rastro, corregida con la distancia al eje, se utiliza para estimar la talla acústica del pez.

Los datos acústicos brutos han sido corregidos mediante la función TVG (ganancia cronovariante) específica para ecoconteo ( $40\text{Log}R$ ) y para eointegración ( $20\text{Log}R$ ), según el caso. Una vez clasificadas todas las señales de peces en los ecogramas, se almacenan junto a su posición y características estadísticas, incluyendo la intensidad acústica media, compensada en función de la posición del objetivo en el espacio tridimensional formado por el haz acústico.



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

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

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

### 3.3. MUESTREOS DIRECTOS DE PESCA

#### 3.3.1. Redes agalleras multipaño

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

Constan estas redes de 12 paños agalleros de luz creciente, que va desde 5 hasta 55 mm, en una longitud total de 10 m, 30 m o 40 m de largo y de 1,5 ó 6 m de alto. El 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 igual probabilidad todas las tallas.

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

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



**Tabla 2.** Descripción de las redes de muestreo empleadas.

Código	Número de paños * Longitud (m)	Luz de malla (mm)	Longitud * Altura (m)	Esfuerzo respecto a estándar
12 * 1,5	12 * 2,5	5 - 55	30 * 1,5	1
12 * 6	11 * 2,5	6,25 - 55	27,5 * 6	3,66
16 * 1,5	16 * 2,5	5 - 135	40 * 1,5	1,33
16 * 6	15 * 2,5	6,25 - 135	37,5 * 6	5
4 * 1,5	4 * 10	70 - 135	40 * 1,5	1,33
4 * 6	4 * 10	70 - 135	40 * 6	5,33

La unidad estándar de esfuerzo de pesca está constituida por una red de 12 paños y 1,5 m de altura (45 m<sup>2</sup>), 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 11.** Redes caladas en el embalse de Soto Terroba

### **3.3.2. Pesca eléctrica desde embarcación**

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

Para la pesca eléctrica se utilizó una embarcación de aluminio de 4 m eslora propulsada por un motor de cuatro tiempos de 30 HP, con una instalación fija consistente en dos plumas

situadas en la proa de las que cuelgan los ánodos, y una barandilla donde se sitúa el operario que recolecta los peces. El equipo de pesca utilizado fue el Hans-Grassl GmbH EL 65 II GI (13 kW). La embarcación está provista, además, de tanques oxigenados para el mantenimiento de los peces vivos y en buenas condiciones.

La forma de proceder consiste en realizar transectos paralelos a la orilla, de los que se anotan las coordenadas y hora de inicio y fin, en los que se van recogiendo los peces que son atraídos a los ánodos. Una vez finalizado el transecto, se procesan los peces capturados. Para el cálculo de capturas por unidad de esfuerzo, la unidad estándar de esfuerzo que se aplica es de 100 metros de orilla. Los muestreos de pesca eléctrica se realizan preferentemente en horas crepusculares.



**Figura 12.** Pesca eléctrica desde embarcación

### 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 cubricados 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 13) 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.

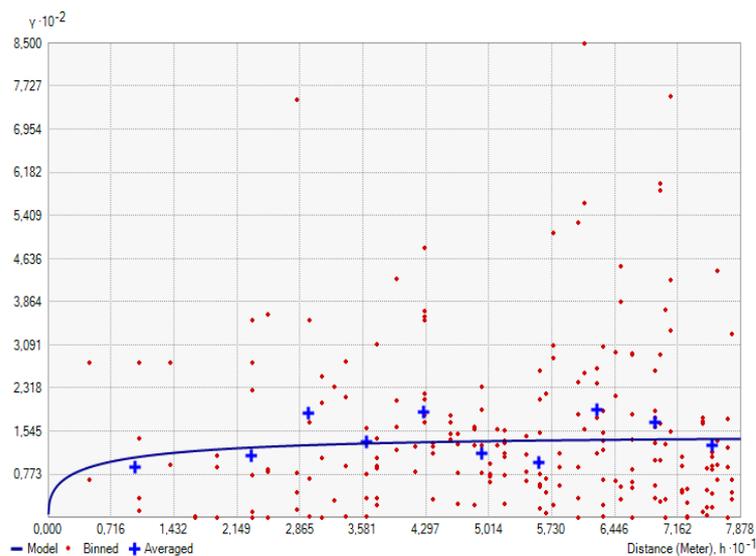


Figura 13. Ejemplo de ajuste de curva al semivariograma para el interpolado espacial



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

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

### 3.5. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

A pesar de no existir en la actualidad un método oficial de evaluación del potencial ecológico basado en peces, sí que se dispone de un índice provisional, desarrollado dentro del proyecto de I+D+i del MARM “Investigación de la respuesta hidroacústica específica y desarrollo de métodos para la evaluación cuantitativa de las comunidades de peces y del potencial ecológico en embalses” (Expte.: 082/RN08/01.1), coordinado por Ecohydros.

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

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

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

**Tabla 3.** Métricas y coeficientes para el cálculo del QFBI

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

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

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

### 3.6. DETECCIÓN DE TRUCHA COMÚN Y ANGUILA EUROPEA MEDIANTE GENÉTICA AMBIENTAL

#### 3.6.1. Muestreo de ADN ambiental (eDNA)

Para la detección de trucha común (*Salmo trutta*) y de anguila (*Anguilla anguilla*) se tomaron muestras de 1L de agua en 3 puntos del embalse a 3 niveles de profundidad en cada punto: superficial, bentónico y pelágico (5-10 m de profundidad). La ubicación de los puntos de muestreo se facilita en el apartado 3.7.



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.

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

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

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

Antes de proceder con los análisis específicos de detección de trucha común y de anguila, 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 confirmar la presencia de ADN en las muestras, ya que este marcador amplifica multitud de organismos, y también 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 al ADN de trucha común,



no de otros organismos ni de otras especies de trucha. Si en la muestra ambiental no hay ADN de *Salmo trutta*, no habrá amplificación, ni por tanto señal, ya que la sonda no emitirá fluorescencia. Cuando se produce amplificación, porque hay coincidencia del código de los cebadores (o *primers*) con el del ADN de la muestra, se libera un extremo de la sonda, que pasa a emitir fluorescencia. Con ello es posible detectar, mediante la lectura de fluorescencia, la presencia de la especie y adicionalmente, mediante cálculos, la cantidad de ADN de trucha presente en la muestra.

#### **3.6.4. Detección específica de anguila europea**

Para la detección de anguila europea se utilizó un marcador específico de desarrollo propio y validado por Ecohydros tanto *in vitro* como *in situ*. El marcador específico de *Anguilla anguilla* funciona igual que el previamente descrito para *Salmo trutta*; se une y amplifica únicamente el ADN de anguila, pero no al de otros organismos.

#### **3.6.5. Estimaciones de biomasa**

La metodología de PCR cuantitativa (qPCR) permite estimar la cantidad de ADN en la muestra analizada, a través de cálculos derivados del número de moléculas 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 el mismo proceso se realizó para la anguila. Estos fragmentos se obtienen 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 la secuencia del amplicón correspondiente.

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

### 3.7. UBICACIÓN DE LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO EN EL EMBALSE

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.

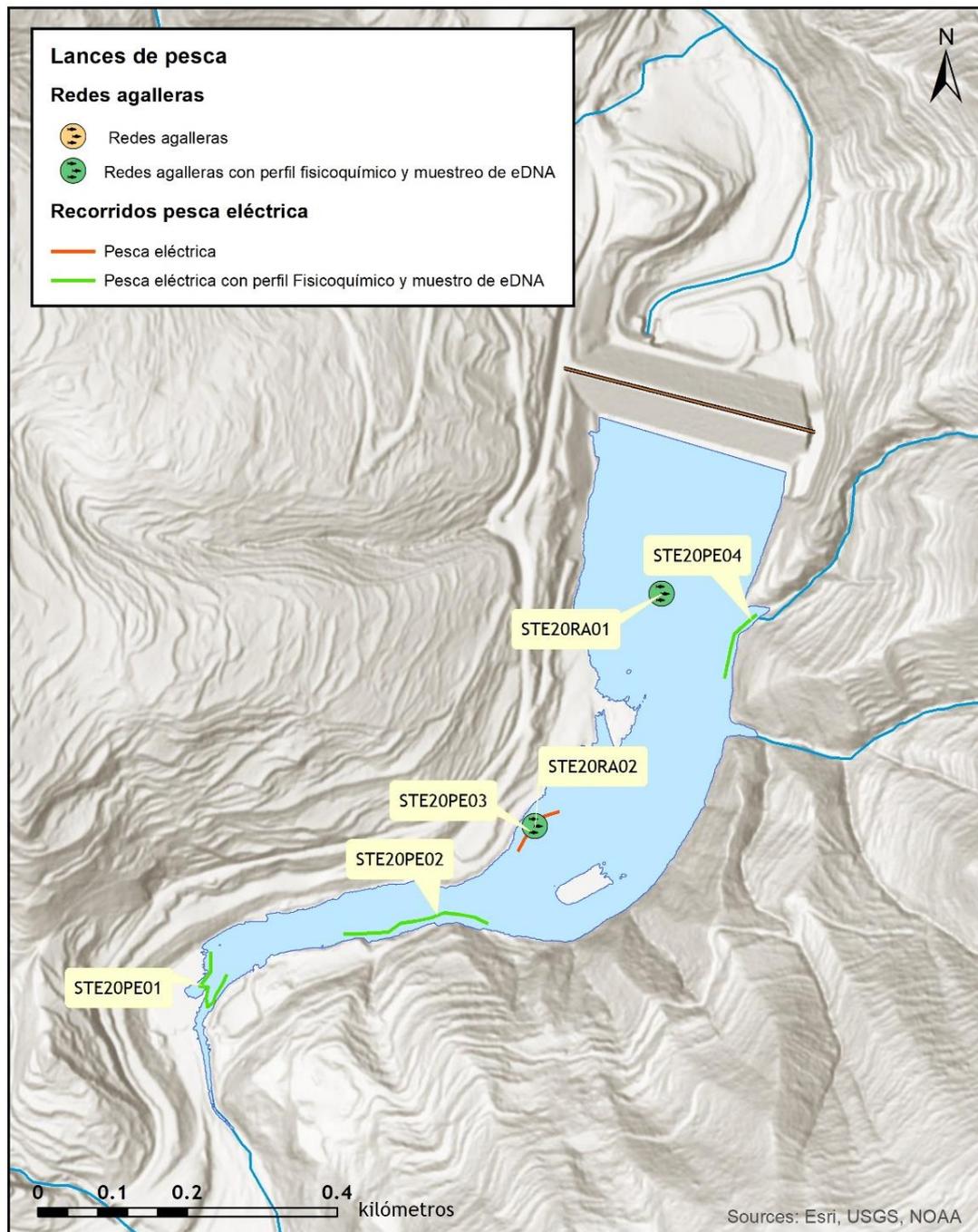


Figura 14. Ubicación de las estaciones de muestreo directo de diferente tipo en el embalse de Soto Terroba



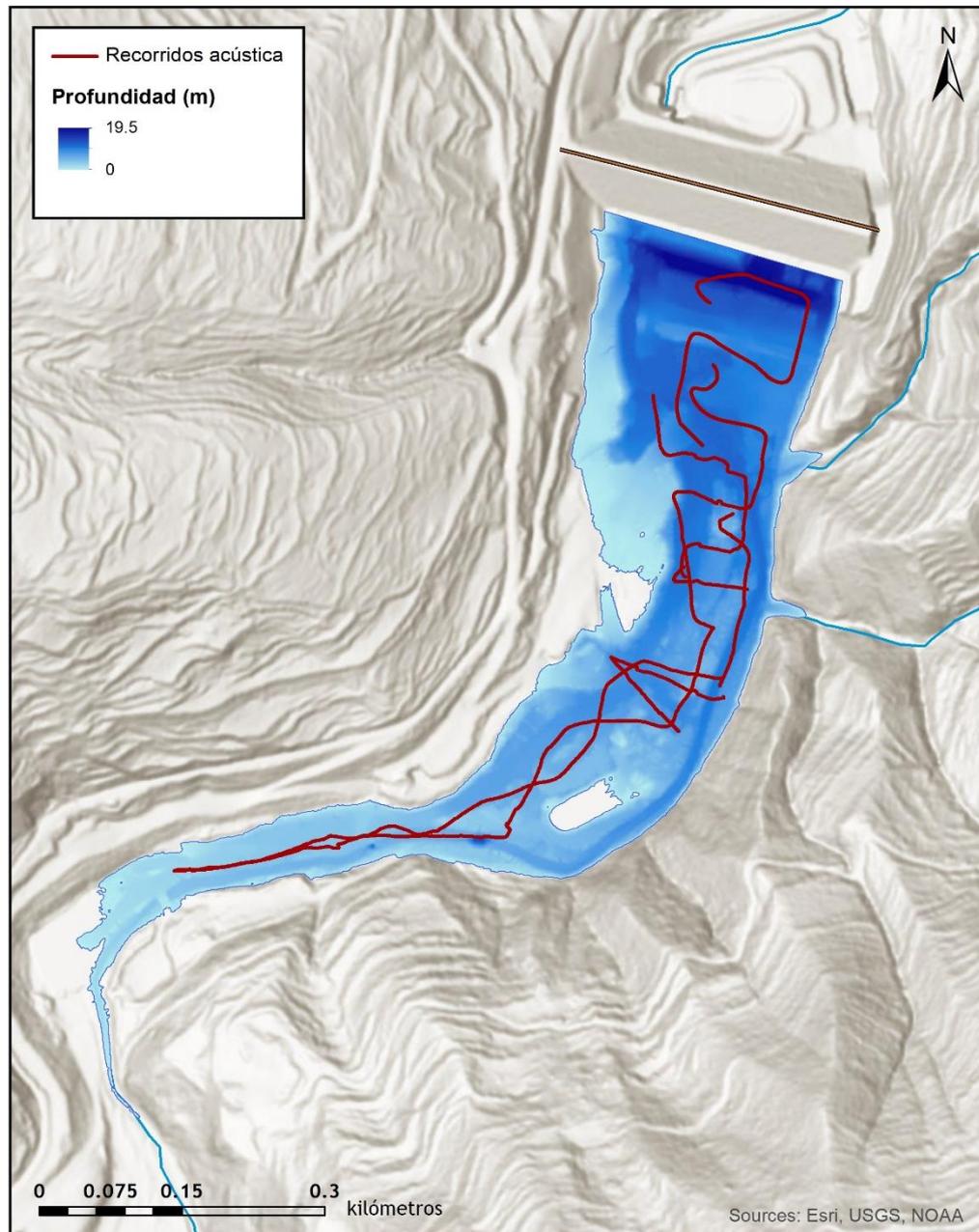
## 4. RESULTADOS

### 4.1. SONDEO HIDROACÚSTICO: DENSIDADES

Los recorridos móviles de ecosondeo han cubierto una longitud total de 3,24 km (con dos transductores), lo que supone un valor del índice de cobertura (Da) de 7,98. Los recorridos completos sobre el mapa batimétrico se presentan en la Figura 15.

Obsérvese que los recorridos realizados se circunscriben al contorno del agua (azul) establecido a partir del análisis de imágenes de satélite en fechas cercanas al muestreo, como ya se ha expuesto anteriormente.

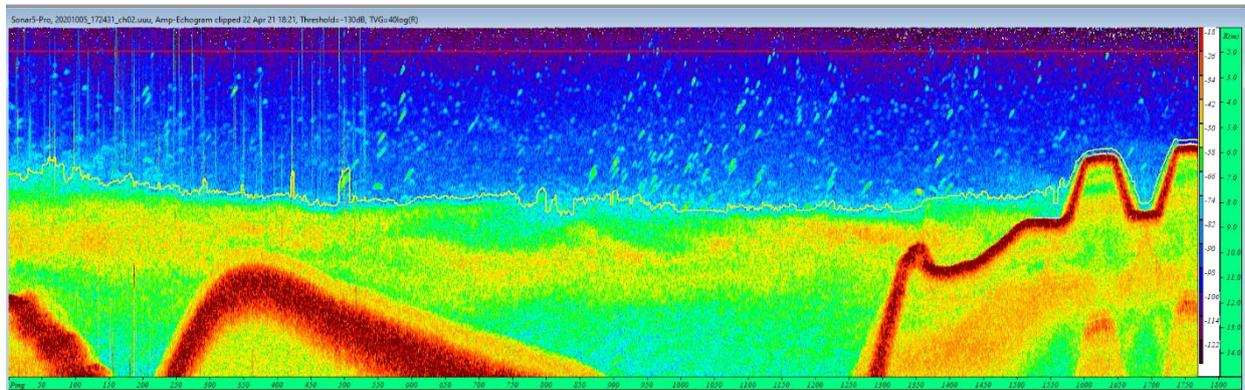
Mediante el método descrito, se ha obtenido una estimación de densidad en celdas de 50 m y también la talla acústica corregida de cada uno de los blancos y rastros (“*tracks*”) de peces.



**Figura 15.** Recorridos del sondeo hidroacústico en el embalse de Soto Terroba

En la Figura 16 se muestra un ejemplo de ecograma durante el muestreo acústico en el embalse de Soto Terroba realizado con haz vertical. Es un ecograma con mucho ruido, tanto de burbujas como de materia en suspensión asociada al fondo. En rojo tenemos el fondo del embalse y la capa encima de esta en verde/amarillo son señales de ruido producido por pequeñas partículas en suspensión. En la parte color azul del ecograma que va hasta una

profundidad de 6 metros hay ruido producto de las burbujas cuando ascienden. Hay dos señales de peces en los pines 500 y 1400.



**Figura 16.** Ejemplo de un ecograma obtenido con el haz vertical en el embalse de Soto Terroba

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<sup>3</sup>) por estratos, estimada mediante acústica

Embalse	Sector	Estrato	Densidad media (ind/1000m <sup>3</sup> )	Densidad máxima (ind/1000m <sup>3</sup> )	Número de casos	Número de casos con valor 0	Desviación típica
STE20	1	1	5,94	74,94	65,00	0,00	10,78
STE20		2	10,84	53,78	53,00	26,00	15,17

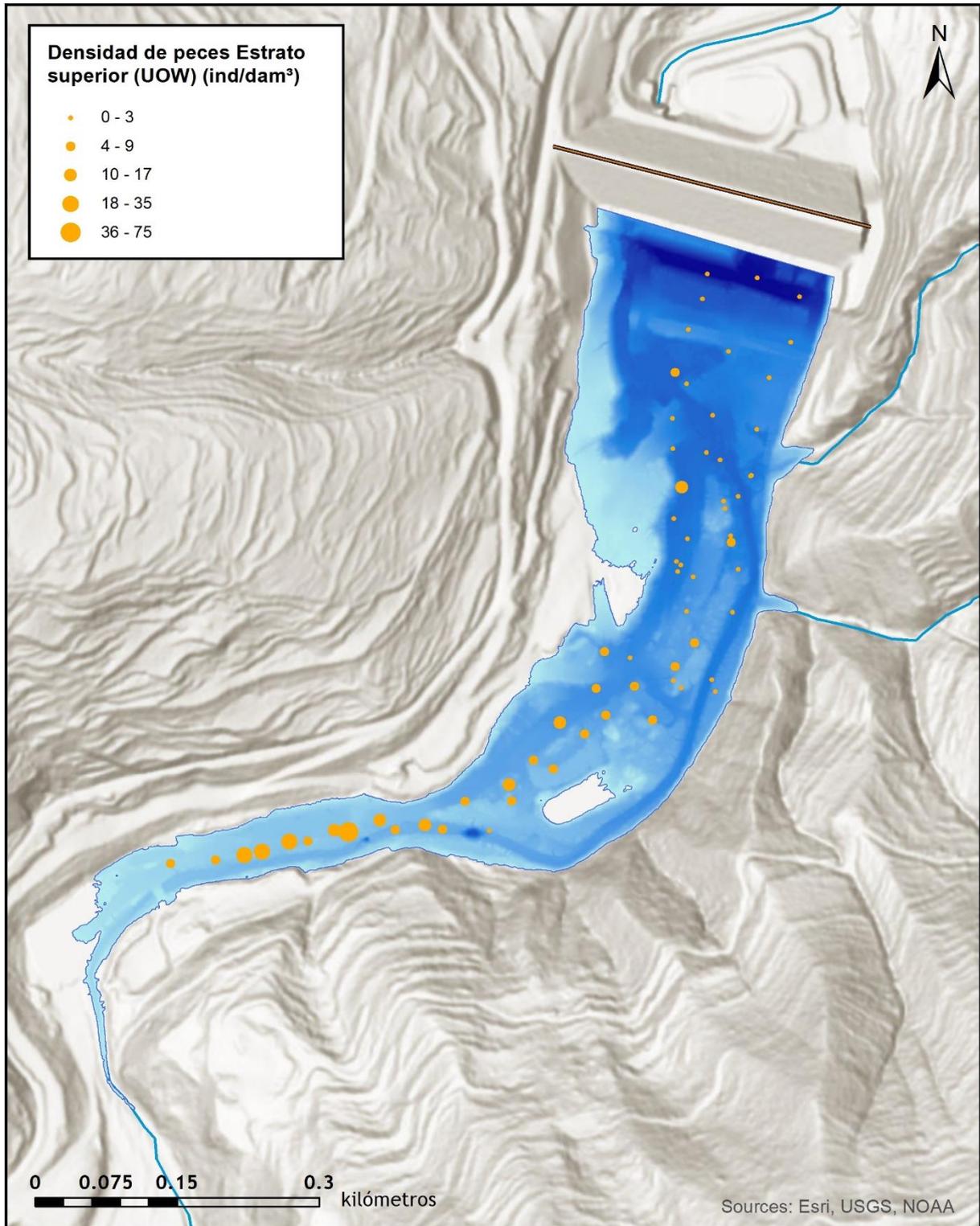
Estos valores medios se han ponderado con el volumen de cada estrato y sector (Tabla 1), para obtener una densidad total del embalse de  $7,85 \pm 3,27 \text{ ind/dam}^3$ . Se trata de un valor intermedio/ alto, propio de sistemas productivos. La distribución espacial de la densidad de peces se presenta interpolada en las láminas 1 y 2 (ANEXO 4).

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

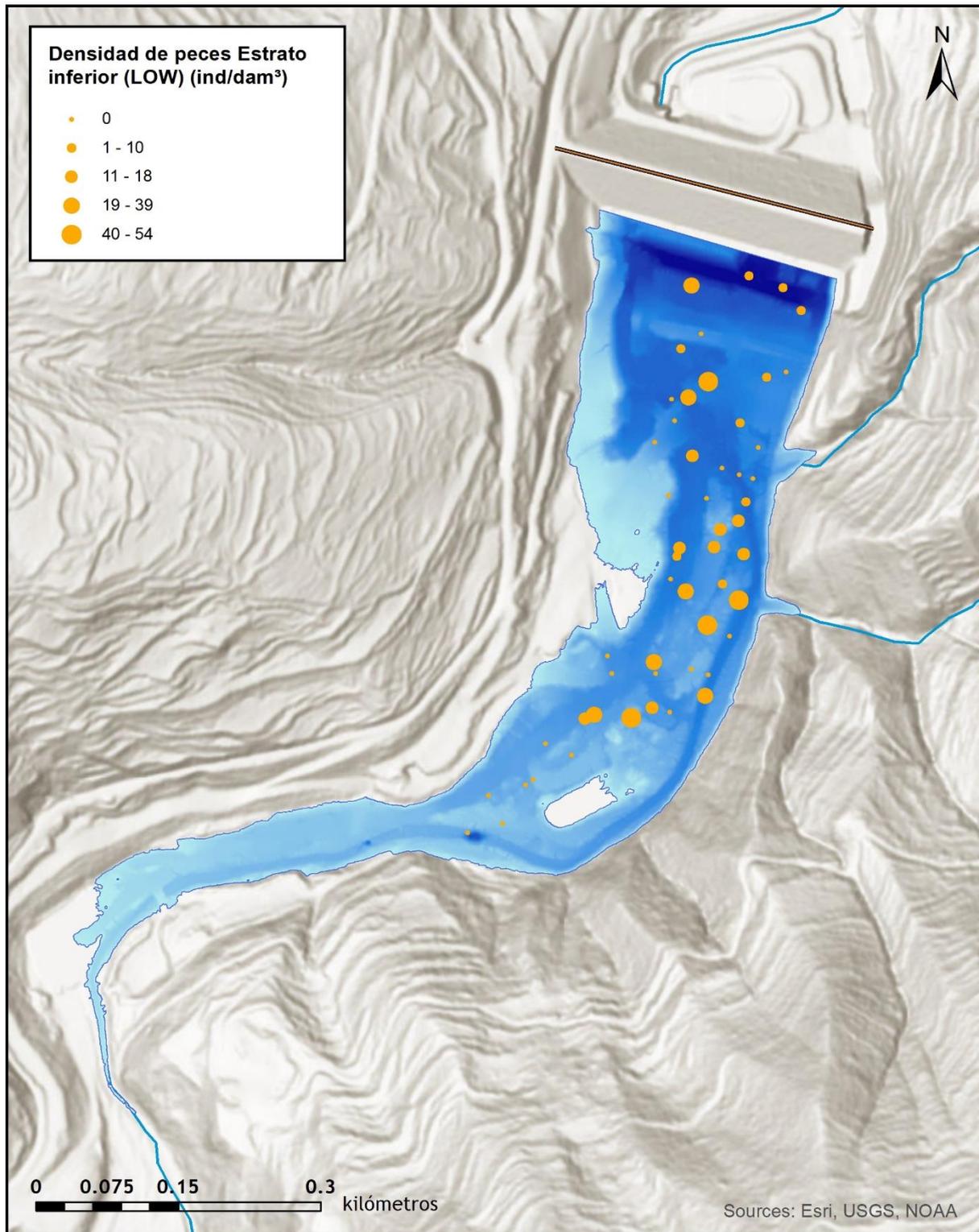


Se ha empleado el método de *Jenks "Natural breaks optimization"* para establecer los valores de corte de los datos de densidad. Es un método de agrupamiento de datos diseñado para determinar la mejor disposición de valores en diferentes clases. El método busca reducir la varianza dentro de las clases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

Se aprecia que los peces en el estrato superior (UOW) se distribuyen preferentemente en la cola del embalse (Figura 17 ). En el estrato inferior (de menor superficie) se puede observar una distribución relativamente homogénea a lo largo del cuerpo principal del embalse (Figura 18).



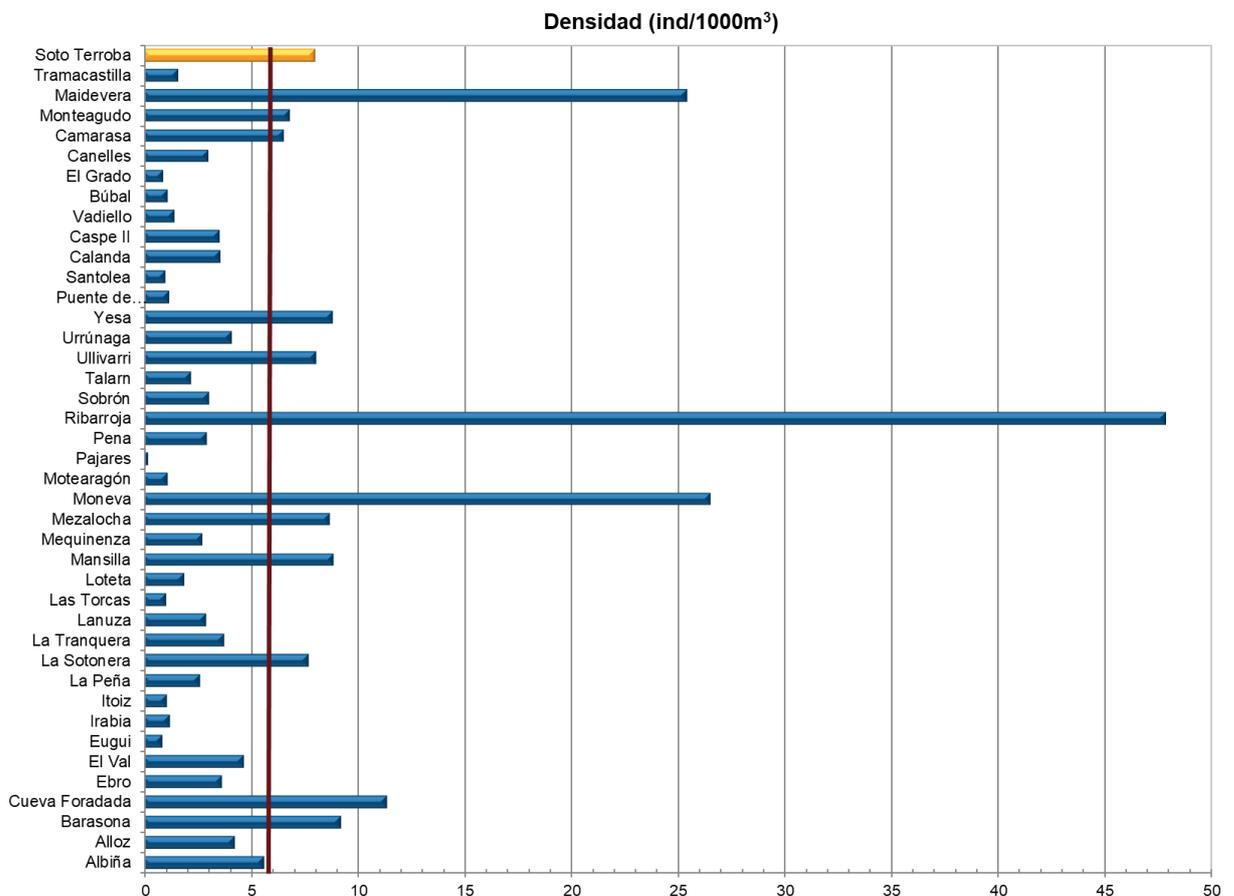
**Figura 17.** Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato superior (UOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud



**Figura 18.** 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 Soto Terroba, en comparación con otros embalses de la cuenca del Ebro donde se ha trabajado con técnicas hidroacústicas y se dispone de datos cuantitativos. La línea roja representa el valor promedio de los embalses considerados, en la que los embalses de Moneva, Maidevera y Ribarroja constituyen extremos, muy separados del resto por el lado superior de la distribución.



**Figura 19.** Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro

El valor de densidad obtenido para el embalse de Soto Terroba supera los valores medios en el conjunto de embalses estudiados en la cuenca del Ebro, y se puede considerar medio/alto en el contexto de la demarcación hidrográfica.

## 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.

### 4.2.1. Especies presentes en el embalse

Solamente se han detectado tres especies en los muestreos de diferente tipo realizados en el embalse de Soto Terroba: trucha común, barbo colirrojo y bermejuela, todas ellas consideradas especies autóctonas.

**Tabla 6.** Especies presentes en el embalse

Nombre común	Nombre científico	Autóctono/alóctono
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	Autóctono
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	Autóctono
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	Autóctono

Es destacable la ausencia de especies alóctonas en este embalse, lo que cada vez es menos frecuente en este tipo de masas de agua.

### 4.2.2. Composición y distribución de especies

#### Capturas con redes

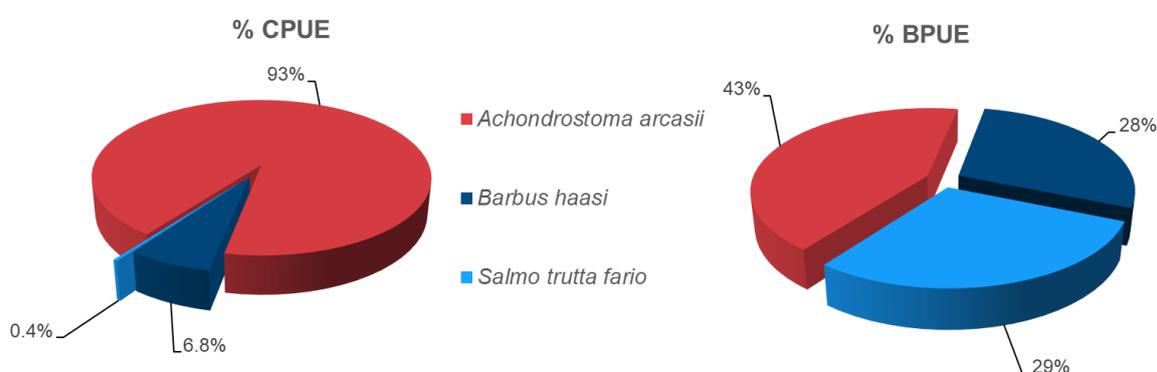
El total de capturas con redes agalleras fue de 518 peces, con un peso total de 3,87 kg, lo que supone 311 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 3,42 kg de biomasa por unidad de esfuerzo. Se emplearon un total de 2 redes en 15 horas de pesca (3,3 unidades de esfuerzo). En la Figura 14 se representa la ubicación de las redes de muestreo y los recorridos de pesca eléctrica.

En la Tabla 7 y en la Figura 20 se facilitan los resultados obtenidos de las redes para cada uno de los estratos del embalse y agregados por especies. Se capturaron con este tipo de método 518 ejemplares de las especies diferentes detectadas en el embalse.

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

**Tabla 7.** Resultados de las pescas con red por especies

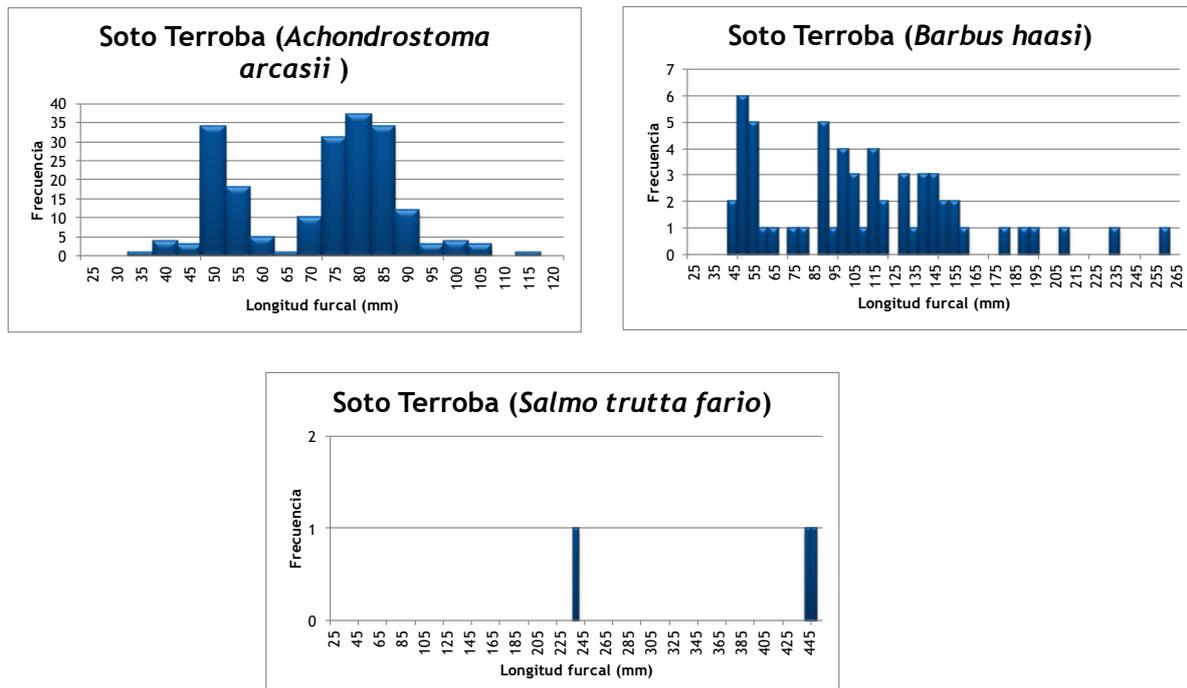
	Capturas	CPUE (ind/ud. esf.)	CPUE (%)	Biomasa (g)	BPUE (g/ud. esf.)	BPUE (%)	Longitud furcal media (mm)	Peso medio (g)
<i>Achondrostoma arcasii</i>	485	289	93	260	1 461	43	25	1
<i>Barbus haasi</i>	30	21	7	1 293	962	28	107	43
<i>Salmo trutta</i>	3	1	0,4	2 316	992	29	377	772
<b>Total</b>	<b>518</b>	<b>311</b>	<b>100</b>	<b>3 869</b>	<b>3 415</b>	<b>100</b>	<b>31</b>	<b>7</b>



**Figura 20.** Composición de la asociación obtenida mediante redes

Se observa que la asociación está claramente dominada (93 %) en términos de abundancia por la bermejuela (*Achondrostoma arcasii*), seguida con un porcentaje muy inferior (7 %) por el barbo (*Barbus haasi*) y se completa con la trucha común (*Salmo trutta*) cuya contribución es muy pequeña (0,4 %). En términos de biomasa la proporción de bermejuela sigue dominando, pero baja al 43 % y, como es lógico por su mayor talla, trucha y barbo se igualan con casi un 30 % cada una.

En la Figura 21 se muestran los histogramas de frecuencias de las capturas por clases de talla de 5 mm. Se han incluido las capturas realizadas mediante pesca eléctrica, cuyos resultados se exponen en el apartado siguiente.



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

No se han capturado en los muestreos especies alóctonas en el embalse de Soto Terroba.

La bermejuela, presenta ejemplares de dos clases de edad (juveniles y adultos) con gran abundancia de individuos en ambas. El barbo colirrojo presenta una población con cierta estructura, con ejemplares de varias edades y con un buen reclutamiento.

En el caso de la trucha común, las escasas capturas obtenidas no permiten establecer un análisis del estado de la población; como es frecuente en el embalse, se suele tratar de individuos adultos que no encuentran en los ríos conexos suficiente hábitat trófico y son capaces de explotar los recursos que ofrece el embalse, en el que alcanzan normalmente mayores tallas.

### Resultados de la pesca eléctrica

El rendimiento de la pesca eléctrica fue inferior al de las redes con una captura total de 108 peces con un peso total de casi 1 kg, lo que supone 0,9 CPUE (ejemplares capturados por

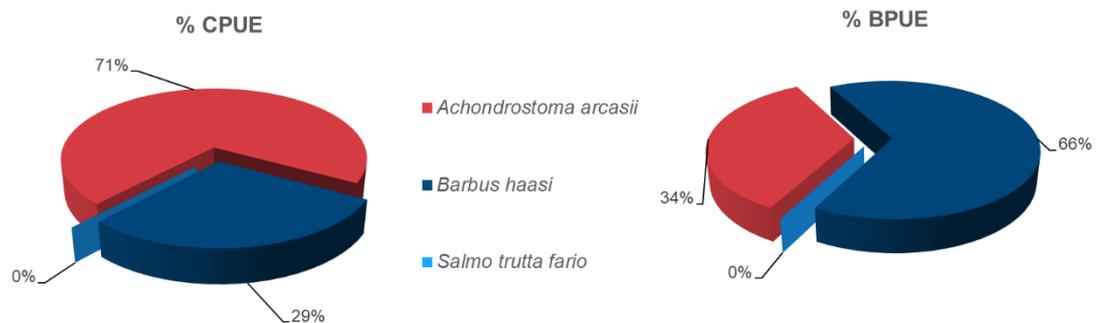
unidad de esfuerzo) y 8 g de BPUE. Se realizaron un total de cuatro transectos que cubrieron 570 m de orilla.

La ubicación de los transectos de muestreo de electropesca se puede observar en el mapa de la Figura 14, donde se presenta además la ubicación de las redes.

En la tabla siguiente se facilitan los resultados obtenidos, agregados por especies. Se capturaron únicamente dos de las tres especies detectadas en el embalse, puesto que no se obtuvo ninguna captura de trucha común.

**Tabla 8.** Resultados de la pesca eléctrica por especies

	Capturas	CPUE (ind/ud. esf.)	% CPUE	Biomasa (g)	BPUE (g/ud. esf.)	% BPUE	Longitud furcal media (mm)	Peso medio (g)
<i>Achondrostoma arcasii</i>	80	0,6	71 %	295	2,7	34 %	58	4
<i>Barbus haasi</i>	28	0,3	29 %	614	5,2	66 %	112	22
<i>Salmo trutta</i>	0	0,0	0 %	0	0,0	0 %	-	-
<b>Total</b>	<b>108</b>	<b>0,9</b>	<b>100 %</b>	<b>909</b>	<b>8,0</b>	<b>100 %</b>	<b>72</b>	<b>8</b>



**Figura 22.** Composición de la asociación obtenida mediante pesca eléctrica

La proporción de bermejuelas es inferior a la que se obtuvo en las pescas con redes, y crece la de barbos hasta el 30 %. Sin embargo, en términos de biomasa el barbo alcanza el 66 % del total, como es lógico debido a su mayor talla. Quiere esto decir que los barbos en este embalse tienen preferencia por estas zonas más someras y tendidas en las que se aplica la electropesca.

### 4.3. BIOMASA

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

En la Tabla 9 se presentan los resultados del análisis de biomasa por celdas.

**Tabla 9.** Biomasa de peces por estratos ( $\text{g/m}^2$ ) estimada mediante acústica

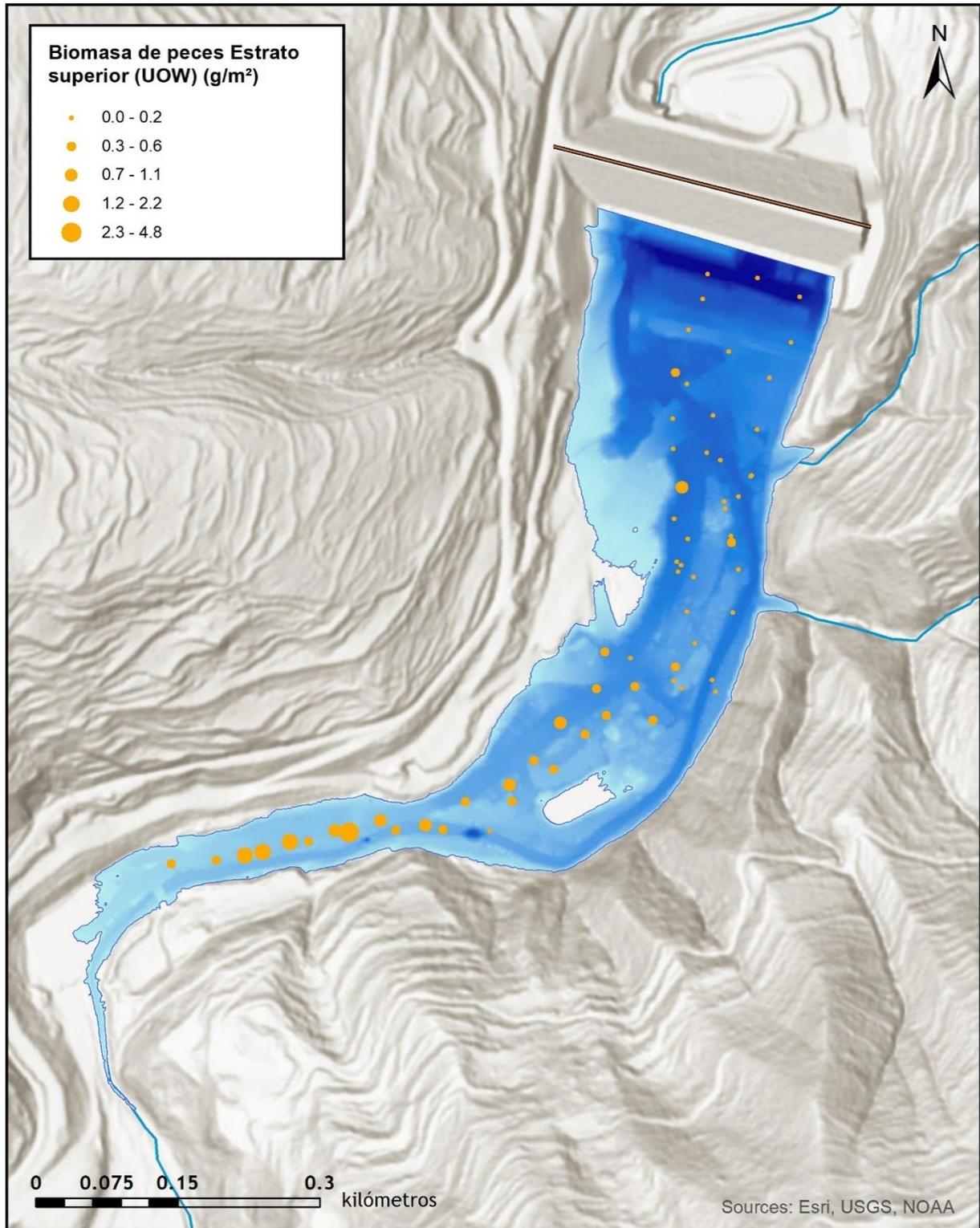
Embalse	Sector	Estrato	Biomasa media ( $\text{g/m}^2$ )	Biomasa máxima ( $\text{g/m}^2$ )	Número de casos	Número de casos con valor 0	Desviación típica
STE20	1	1	0,38	5	65	5	0,69
STE20		2	1,43	31	53	23	4,53

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  $1,22 \pm 0,51 \text{ g/m}^2$ , o lo que es lo mismo  $12,19 \text{ kg/ha}$ . Se trata de un valor bajo de biomasa, que se explica por la dominancia de la bermejuela, una especie de talla pequeña.

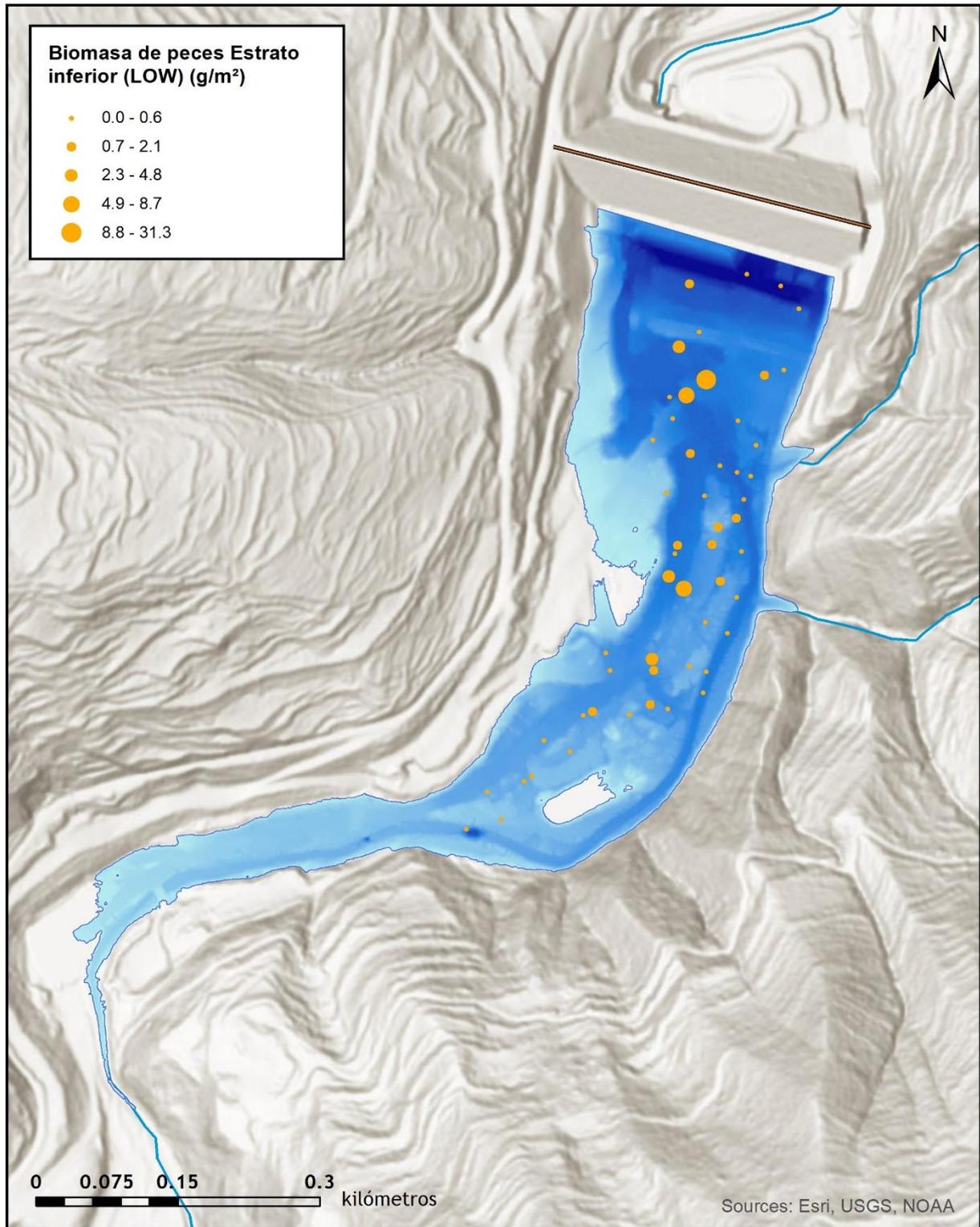
La distribución espacial de la biomasa de peces en el estrato superior, obtenida por interpolación, se presenta en las láminas 3 y 4 (ANEXO 4).

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 del embalse de Soto Terroba son bajos y se encuentran repartidos en ambos estratos. En el estrato superior, los valores de biomasa se concentran en la cola del embalse, sin embargo, en el estrato inferior, se encuentran distribuidos en la parte central del embalse.



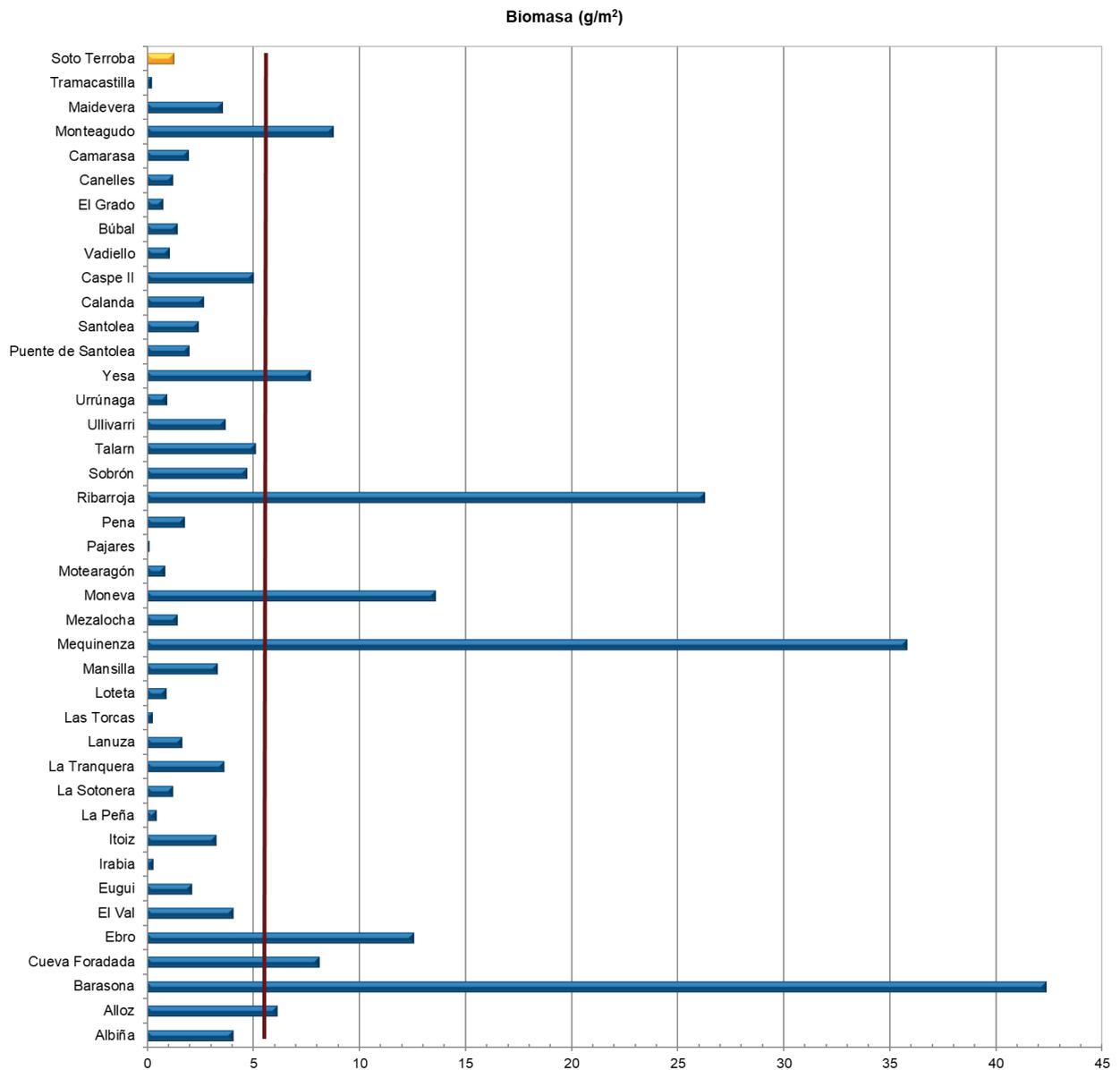
**Figura 23.** Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato superior (UOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud



**Figura 24.** 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 Soto Terroba, en comparación con otros embalses de la cuenca del Ebro cuyas poblaciones de peces se han evaluado con técnicas hidroacústicas y se dispone de datos cuantitativos de densidad y biomasa. La línea roja representa el valor promedio de los embalses considerados. Como puede apreciarse, la biomasa de peces en el embalse de Soto Terroba es baja en el contexto de los embalses estudiados en la cuenca del Ebro.



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

#### 4.4. DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES

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

En la Tabla 10 se ha calculado la densidad y biomasa relativas por especie, referidas a volumen ( $\text{dam}^3$ ) y superficie ( $\text{m}^2$ ) respectivamente, para el conjunto del embalse.

**Tabla 10.** Densidades ( $\text{ind}/\text{dam}^3$ ) y biomاسas ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) por especie

	Densidad media ( $\text{ind}/\text{dam}^3$ )	% Abundancia	Biomasa media ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	% Biomasa	Abundancia Total (ind)	Peso total (kg)
<i>Salmo trutta fario</i>	0,01	0,18 %	0,18	14,52 %	15,89	29,27
<i>Barbus haasi</i>	1,40	17,86 %	0,57	46,86 %	1 574,52	94,43
<i>Achondrostoma arcasii</i>	6,43	81,96 %	0,47	38,62 %	7 227,87	77,83
Total	7,85	100 %	1,22	100 %	8 818	202
Intervalo de Confianza (I.C)	3,27		0,51		3 672	84

En este cuadro se resumen las observaciones ya expuestas en cuanto a la densidad y biomasa de las especies, así como su importancia relativa en la asociación de peces del embalse. En términos absolutos se estima una población de unos  $8\,818 \pm 3\,672$  peces con una biomasa de  $0,20 \pm 0,08$  toneladas. 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, además de ser las unidades de las métricas empleadas para la evaluación del potencial ecológico, que es una de las posibles aplicaciones de estos trabajos.



#### 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 la extracción del ADN ambiental se llevó a cabo sin incidencias.

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

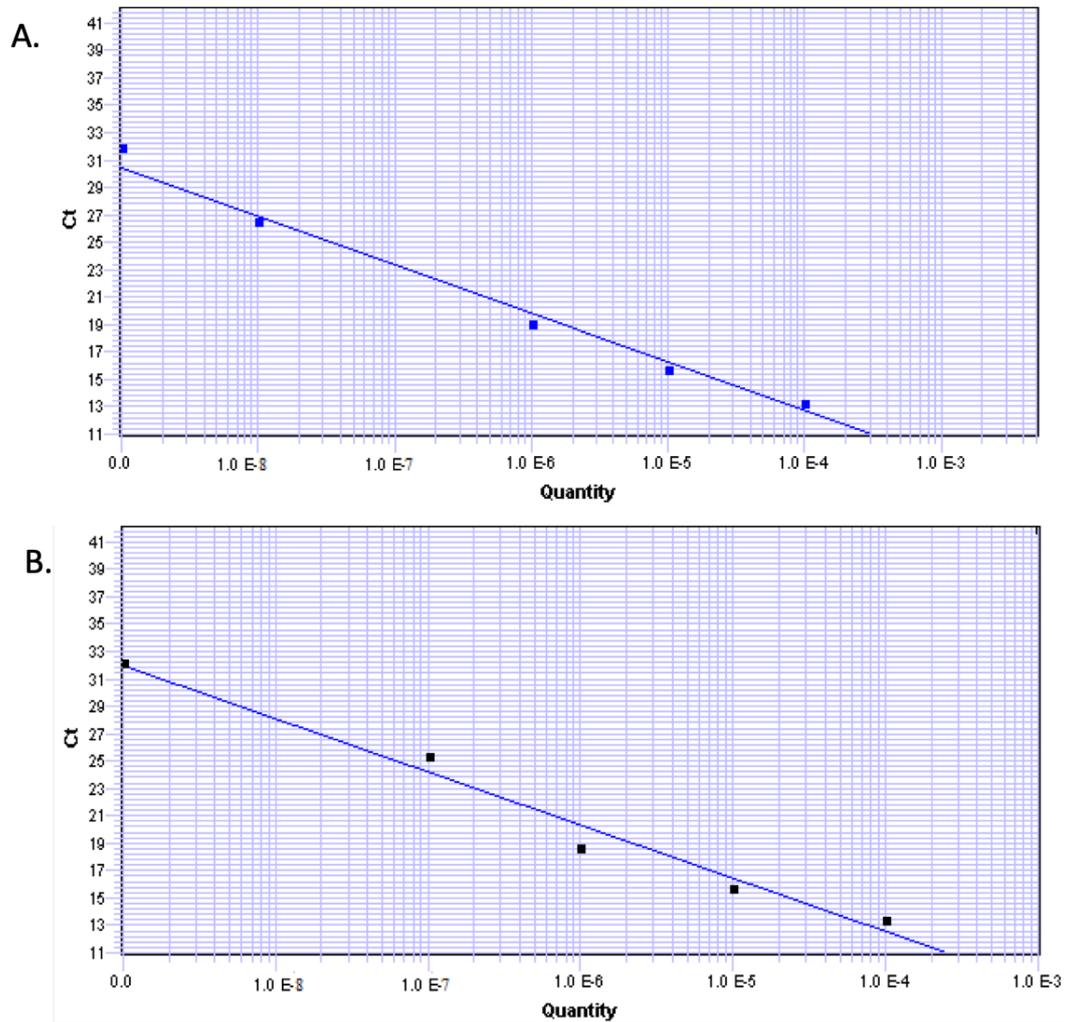
##### 4.5.2. Detección de trucha común mediante qPCR y estimaciones de biomasa.

Se ha detectado ADN de trucha común en las muestras ambientales del embalse de Soto Terroba, con positivos en todos los puntos de muestreo, aunque en la gran mayoría con valores muy bajos, cercanos al límite de detección.

Se obtuvieron dos rectas patrón con un alto grado de ajuste ( $R^2_A=0,991$  y  $R^2_B=0,990$ ). Ambas rectas patrón corresponden a las réplicas de laboratorio realizadas independientemente para confirmar los resultados obtenidos en los análisis realizados.

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

	Recta patrón A	Recta patrón B
<i>Pendiente</i>	-3,525	-3,867
<i>Intercepto</i>	-1,339	-2,889
$R^2$	0,991	0,990



**Figura 26.** Rectas patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación ( $C_t$ ) 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.

**Tabla 12.** Resultados de las estimaciones de moléculas de ADN de trucha en la muestra. (<Lq): por debajo del límite de detección.

	Detección	Número de Moléculas de ADN de trucha (qPCR)	
STE20_RA01F	Positiva	597	1877
STE20_RA01M	Positiva	451	982
STE20_RA01S	Positiva	1254	292
STE20_RA02F	Positiva	<Lq	894
STE20_RA02M	Positiva	119	306
STE20_RA02S	Positiva	772	961
STE20_RA03F	Positiva	374	376
STE20_RA03M	Positiva	768	1221
STE20_RA03S	Positiva	935	1193
CONTROL_Filtración_STE	<Lq	<Lq	<Lq
CONTROL_Extracción_STE	<Lq	<Lq	<Lq
CONTROL_PCR	<Lq	<Lq	<Lq
CONTROL_POSITIVO	Positiva	1,98E+12	1,98E+12

Se ha utilizado un método específico de alta resolución basado en la detección genética mediante ADN ambiental de moléculas de ADN de trucha en agua, con el cual se ha podido confirmar la presencia de trucha común en todas las muestras tomadas en el embalse de Soto Terroba, cuando en los muestreos directos solamente se ha capturado en dos de ellos.

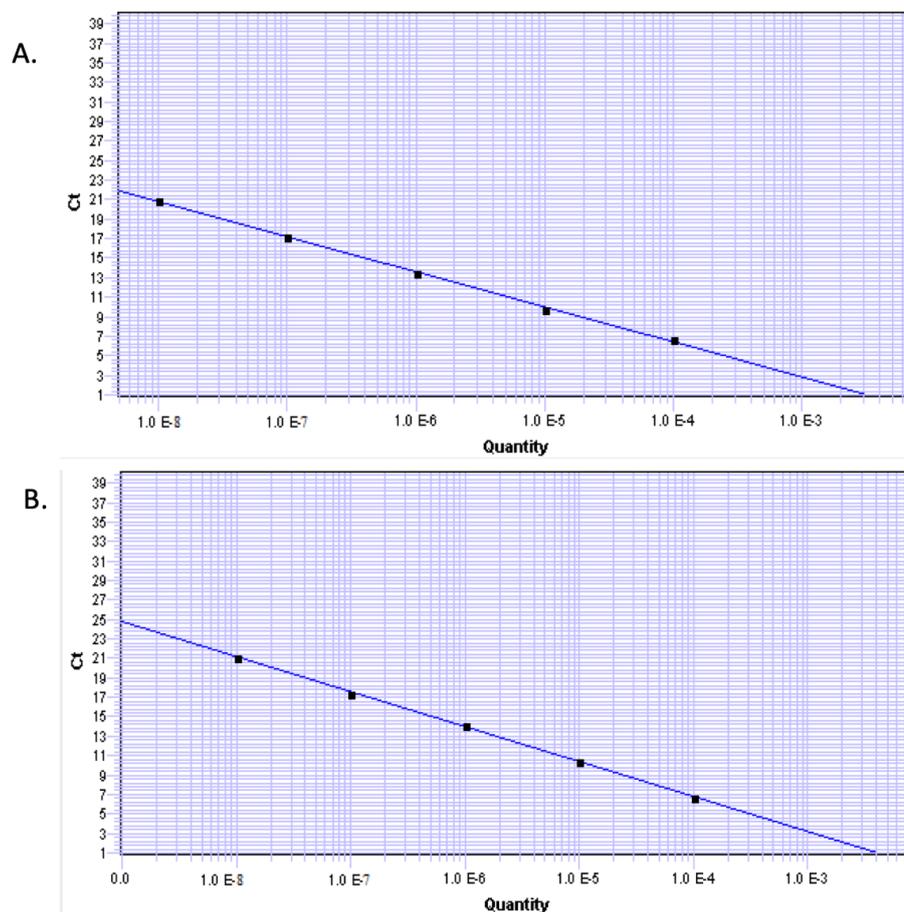
#### **4.5.3. Detección de anguila europea mediante qPCR y estimaciones de biomasa.**

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

Se obtuvieron dos rectas patrón con un alto grado de ajuste ( $R^2=0,999$ , en ambos casos), 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>	-3,600	-3,582
<i>Intercepto</i>	-7,999	-7,532
$R^2$	0,999	0,999



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



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

A pesar de haber utilizado un método específico de alta resolución basado en la detección genética mediante ADN ambiental, no se ha podido detectar la presencia de anguila en el embalse de Soto Terroba, confirmando en este caso los resultados obtenidos en los muestreos directos. Esto implica que, con alta probabilidad, la anguila está extinta en esta masa de agua.

## 5. APROXIMACIÓN AL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE BASADO EN PECES

Aunque este método de muestreo se ha aplicado en una reducida población de embalses de la Península Ibérica, los resultados ofrecen una buena idea del tipo de información que se obtiene, y de las mayores posibilidades de evaluación del potencial ecológico que aporta.

Destaca en este sentido el carácter sistemático de los muestreos, que arroja información relacionada con la disponibilidad de los diferentes tipos de hábitat dentro de la masa de agua, como fácilmente se puede apreciar en los fuertes gradientes de distribución de la densidad y biomasa de peces que plasman en los respectivos mapas; esto permitirá normalizar los resultados según sus características hidromorfológicas, que en el caso de los embalses quedan claramente supeditadas al manejo hidráulico y a su interacción con otros factores de presión.

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

Además de la evaluación del potencial ecológico basado en las biocenosis de peces que se ofrece más adelante de forma tentativa, se destacan las siguientes características, que podrían contribuir a una evaluación definitiva del potencial ecológico en el embalse de Soto Terroba:



- Densidad media/alta y biomasa baja, propias de sistemas no eutrofizados.
- Biocenosis compuesta exclusivamente por especies autóctonas. En términos de densidad, la asociación está claramente dominada por la bermejuela que representa el 82 %. En términos de biomasa el barbo colirrojo es la especie con mayor importancia (47 %).

Como se ha apuntado en el apartado de metodología, se ha aplicado el QFBI (*Quantitative Fish Biotic Index*) en una versión todavía experimental, pero que de forma tentativa ofrece una primera idea del potencial ecológico basado en los peces.

El potencial ecológico del embalse es Deficiente según esta metodología. En la Tabla 14 se presentan los resultados de las diferentes métricas, así como del QFBI, obtenidos para el embalse de Soto Terroba:

**Tabla 14.** Resultados del QFBI obtenidos para el embalse de Soto Terroba

Métrica	STE20
LOG_BIO	4,09
LOG_BIO_native	4,09
LOG_%_BIO_PISC_Exotic	0,00
LOG_BIO_PISC_Exotic	0,00
LOG_BIO_ciprin_native	4,02
QFBI	-1,39
Potencial	<b>Bueno</b>

Este potencial ecológico se explica debido a la presencia exclusiva de especies autóctonas y a la baja biomasa de peces obtenida.



## 6. CONCLUSIONES

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

Las tres especies detectadas en los muestreos realizados en el embalse de Soto Terroba son autóctonas: trucha común (*Salmo trutta fario*), barbo colirrojo (*Barbus haasi*) y bermejuela (*Achondrostoma arcasii*). En el caso de la trucha y anguila, la prospección mediante la técnica de mayor sensibilidad conocida, eDNA, ha ofrecido resultados positivos (presencia) en el caso de la trucha y resultados negativos (ausencia) en el caso de la anguila.

La asociación de peces está dominada en densidad por la bermejuela, que representa el 82 % de la abundancia, y le sigue el barbo colirrojo (18 %). En términos de biomasa, es el barbo colirrojo la principal especie con un 47 %, seguido por la bermejuela (39 %).

La densidad media de peces, a partir de la interpolación en celdas de 50 m, es de  $7,85 \pm 3,27$  ind/dam<sup>3</sup>, que corresponde a un valor de densidad medio/alto característico de embalses productivos. La biomasa de peces obtenida en el embalse es de  $1,22 \pm 0,51$  g/m<sup>2</sup>, o lo que es lo mismo 12,19 kg/ha, que representa un valor moderadamente bajo de biomasa.

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

El embalse de Soto Terroba se encuentra en su fase de llenado inicial, que desde el punto de vista limnológico se considera como una etapa maduración en la que los procesos de mineralización de la materia orgánica contenida en los suelos inundados y la estabilidad de la lámina de agua producen un cierto grado de eutrofización, que genera un ecosistema más productivo, normalmente de forma transitoria. A pesar de ello, la biomasa de peces es



moderada y probablemente vaya en aumento en los próximos años, hasta que el sistema se estabilice y en consecuencia se podría asistir a un reajuste a la baja de las poblaciones. Sin embargo, la ausencia de especies alóctonas constituye una excelente salvaguarda frente a grandes desequilibrios.

Por otro lado, se ha apreciado en este estudio la gran utilidad de la técnica genética de alta sensibilidad aplicada (eDNA), de la que se infiere que la trucha común puede tener más representación que la estimada a partir de las técnicas convencionales de muestreo. Asimismo, sería muy recomendable su uso recurrente en este embalse para la detección precoz de especies invasoras que puedan suponer un riesgo futuro (siluro, mejillón cebra, etc) como una práctica preventiva para atajar el problema en las etapas iniciales de su gestación.



## 7. GLOSARIO Y ACRÓNIMOS

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

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

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

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

**BPUE:** Biomasa por unidad de esfuerzo. El peso de las capturas obtenidas durante las pescas científicas, expresado en gramos, se normaliza a un esfuerzo de referencia, que corresponde a una red bentónica (45 m<sup>2</sup>) 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 m<sup>2</sup>) expuesta durante 12 horas.

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

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

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

**L. furcal:** Longitud furcal media en milímetros.

**MBPUE12:** Promedio de biomasa por unidad de esfuerzo (g/45m<sup>2</sup>/12h) en redes de 12 paños (luces de malla de 5 a 55 mm).

**MBPUE4:** Promedio de biomasa por unidad de esfuerzo (g/45m<sup>2</sup>/12h) en redes de 4 paños (luces de malla de 70 a 135 mm).

**MCPUE12:** Promedio de capturas por unidad de esfuerzo (ind/45m<sup>2</sup>/12h) en redes de 12 paños (luces de malla de 5 a 55 mm).



**MCPUE4:** Promedio de capturas por unidad de esfuerzo ( $\text{ind}/45\text{m}^2/12\text{h}$ ) en redes de 4 paños (luces de malla de 70 a 135 mm).

**Peso medio:** expresado en g.

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

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

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

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

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



## 8. BIBLIOGRAFÍA

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

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

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

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

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

CHE. 2018. Seguimiento de Embalses 2018.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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



MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



## ANEXOS

---



MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



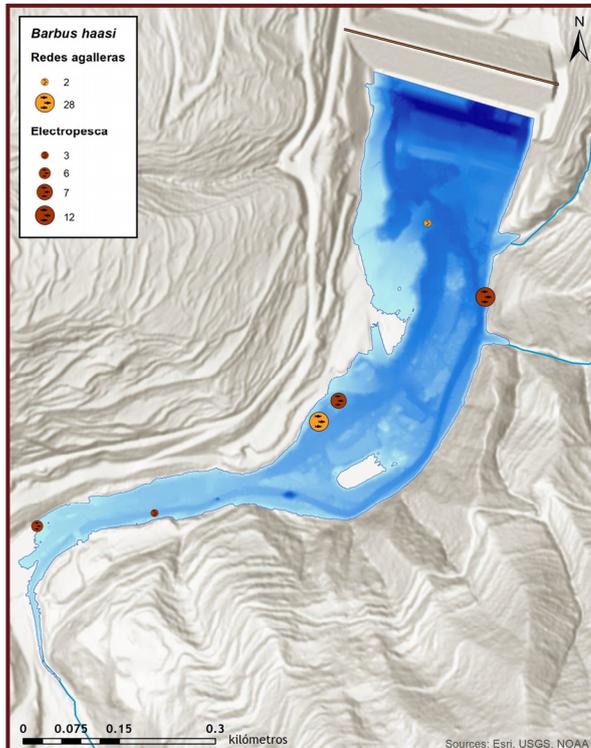
## ANEXO 1. ESPECIES PRESENTES

---

## Embalse de Soto Terroba

Barbo colirrojo

*Barbus haasi*



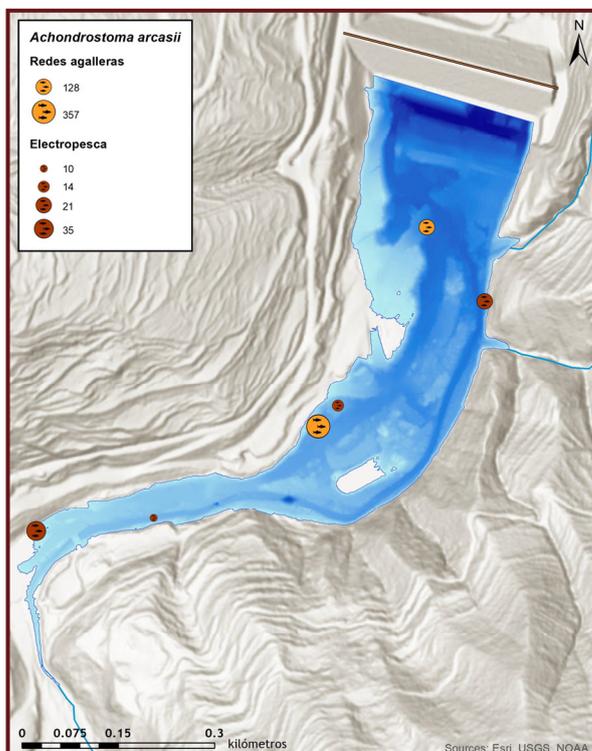
Este barbo es de pequeño tamaño y su longitud total no suele superar los 30 cm. La cabeza es grande, con un hocico largo y ancho. Los labios son gruesos y el inferior tiene un lóbulo medio bien desarrollado. Los labios se retraen como ocurre en otras especies de barbos. Las barbillas son relativamente largas y gruesas, aunque las anteriores no alcanzan el borde anterior del ojo, dado el gran desarrollo cefálico, y las posteriores tampoco llegan al borde posterior del ojo. El último radio sencillo de la aleta dorsal presenta pequeñas denticulaciones en la mayoría de los ejemplares, careciendo de ellas algunos individuos adultos. La aleta anal es larga y el pedúnculo caudal corto y alto. Por este motivo la aleta anal suele alcanzar los primeros radios de la aleta caudal. La coloración, muy característica, presenta pequeñas manchas negras, mayores que las de *B. meridionalis*, aunque no afectan a todas las aletas ni son tan numerosas. A pesar de esto, se diferencia fácilmente porque la aleta anal, parte de la caudal y los radios de las plevianas, se encuentran teñidos de rojo. Color que en la época de reproducción se vuelve más intenso y se acompaña de otros caracteres sexuales secundarios, como los tubérculos nupciales que exhibe el macho.



## Embalse de Soto Terroba

Bermejuela

*Achondrostoma arcasii*



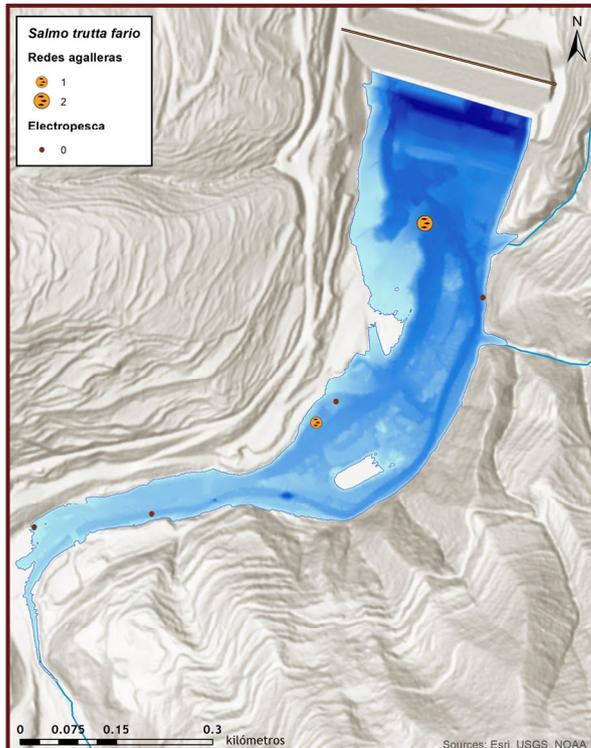
Es una especie de pequeño tamaño, de cabeza corta, boca subterminal y aleta dorsal de perfil convexo, con su origen situado en la misma vertical de la inserción de las aletas ventrales. La línea lateral está muy marcada y la coloración es oscura en el dorso y roja en la base de las aletas pares. La longitud estándar presenta valores en los ejemplares adultos comprendidos entre 4,7 y 10,4 cm. El número de escamas en la línea lateral oscila entre 36 y 48 siendo la media de 42. Presenta 7 radios ramificados en las aletas dorsal y anal aunque algunos individuos pueden tener 6 u 8 radios. El número de dientes faríngeos es de 4 a 6 siendo el más frecuente de 5 en cada lado. La edad máxima encontrada ha sido de 6 años para las hembras, en el río Ucero (Soria).



## Embalse de Soto Terroba

Trucha común

*Salmo trutta fario*



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.





## ANEXO 2. RESULTADOS DE LAS PESCAS

---



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Soto Terroba		CÓDIGO DE RED	STE20RA01		
UTM-X	546848		UTM-Y	4679277		
TIPO DE RED	Pelágica (16x6) 40m		SISTEMA DE REFERENCIA	UTM ETRS89 H30		
INICIO	5-10-20 21:50		FIN	6-10-20 9:40		
PROFUNDIDAD	10		PROFUNDIDAD DE LA RED	4		
RIQUEZA ESPECIES	3		ESFUERZO APLICADO	5.3		
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Bermejuela	128	24.34	97%	842	160.15	39%
Barbo colirrojo	2	0.38	2%	14	2.65	1%
Trucha común	2	0.38	2%	1316	250.23	61%
<b>Total</b>	<b>132</b>	<b>25.10</b>	<b>100%</b>	<b>2172</b>	<b>413.02</b>	<b>100%</b>

CPUE		BPUE	
<span style="color: red;">■</span> Bermejuela		<span style="color: blue;">■</span> Barbo colirrojo	
<span style="color: blue;">■</span> Barbo colirrojo		<span style="color: red;">■</span> Trucha común	

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	445	1037.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	76	6.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	97	14.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	79	8.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	76	6.3	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	80	8.4	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	81	7.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	78	7.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	77	6.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	75	5.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	80	7.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	84	7.4	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	80	7.4	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	74	4.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	77	5.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	72	4.8	1
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	236	279.0	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	97	12.5	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	43	1.4	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	77	6.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	70	4.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	77	6.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	67	4.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	73	5.1	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	84	7.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	90	9.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	82	7.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	76	5.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	83	7.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	87	8.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	75	5.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	73	5.1	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	84	7.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	72	4.9	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	76	5.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	67	4.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	78	6.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	79	6.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	82	7.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	81	7.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	72	4.9	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	79	6.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	83	7.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	75	5.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>		160.4	25
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>		418.0	63



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Soto Terroba		CÓDIGO DE RED	STE20RA02		
UTM-X	546679		UTM-Y	4678964		
TIPO DE RED	Bentónica (16x1.5) 40m		SISTEMA DE REFERENCIA	UTM ETRS89 H30		
INICIO	5-10-20 22:15		FIN	6-10-20 10:23		
PROFUNDIDAD	7		PROFUNDIDAD DE LA RED	6		
RIQUEZA ESPECIES	3		ESFUERZO APLICADO	1.3		
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Bermejuela	357	264.81	92%	1753	1,300.48	43%
Barbo colirrojo	28	20.77	7%	1294	959.51	32%
Trucha común	1	0.74	0%	1000	741.76	25%
<b>Total</b>	<b>386</b>	<b>286.32</b>	<b>100%</b>	<b>4047</b>	<b>3,001.75</b>	<b>100%</b>

**CPUE**

■ Bermejuela  
■ Barbo colirrojo  
■ Trucha común

**BPUE**

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	450	1000.0	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	192	96.0	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	148	396.0	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	136	37.0	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	153	51.2	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	127	32.8	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	157	51.8	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	188	82.0	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	118	20.2	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	208	142.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	112	18.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	104	14.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	81	7.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	83	7.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	75	5.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	75	5.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	97	11.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	88	8.9	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	87	8.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	83	7.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	87	8.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	88	8.9	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	82	7.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	76	5.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	78	6.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	80	6.7	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	79	6.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	72	4.9	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	70	4.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	88	8.9	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	75	5.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	80	6.7	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	73	5.1	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	76	5.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	73	5.1	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	72	4.9	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	85	8.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	75	5.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	77	6.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	71	4.7	1



RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	80	6.7	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	54	2.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	76	5.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	46	1.3	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	53	2.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	48	1.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	47	1.4	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	76	5.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	81	7.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	84	7.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	71	4.7	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	83	7.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	73	5.1	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	77	6.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	73	5.1	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	52	1.9	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	48	1.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	50	1.7	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	51	1.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	47	1.4	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	52	1.9	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	49	1.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	45	1.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	51	1.8	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	234	176.0	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	178	52.8	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	147	36.6	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	144	39.4	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	138	31.2	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	133	26.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	98	13.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	79	5.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	96	12.4	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	87	7.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	86	7.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	80	7.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	96	11.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	84	6.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	88	9.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	84	8.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	75	5.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	83	6.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	72	5.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	93	9.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	58	2.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	58	2.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	50	1.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	52	1.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	51	1.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	49	1.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	32	1.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	48	1.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	101	13.3	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	74	5.3	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	81	7.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	82	7.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	84	7.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	86	8.3	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	75	5.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	77	6.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	67	4.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	82	7.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	73	5.1	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	72	4.9	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	82	7.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	80	6.7	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	83	7.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	74	5.3	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	71	4.7	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	48	1.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	53	2.0	1



RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	52	1.9	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	71	4.7	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	87	8.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	91	9.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	73	5.1	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	67	4.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	97	11.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	52	1.9	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	58	2.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	82	7.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	85	8.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	81	7.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	52	1.9	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	53	2.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	91	9.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	46	1.3	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	51	1.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	52	1.9	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	49	1.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	48	1.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	50	1.7	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	57	2.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	46	1.3	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	48	1.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	54	2.1	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	50	1.7	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	49	1.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	55	2.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	77	6.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	52	1.9	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	50	1.7	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>		228.0	50
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>		856.0	182
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	55	1.6	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	50	1.6	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	57	1.8	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	49	1.8	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	48	1.8	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	51	1.6	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	48	1.6	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	47	1.8	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	52	1.8	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	47	1.4	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	53	1.8	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	43	1.6	1



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Soto Terroba		CÓDIGO	STE20PE01		
UMT-X	546,240		UTM-Y	4,678,800		
RIQUEZA ESPECIES	2		Distancia (m)	183.9		
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Bermejuela	35	0.19	85%	191	1.04	38%
Barbo colirrojo	6	0.03	15%	309	1.68	62%
Trucha común		0.00	0%		0.00	0%
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>0.22</b>	<b>100%</b>	<b>500</b>	<b>2.72</b>	<b>100%</b>

**CPUE**

■ Bermejuela  
■ Barbo colirrojo  
■ Trucha común

**BPUE**

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	260	189.0	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	113	22.8	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	111	16.4	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	109	17.2	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	154	43.0	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	126	20.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	83	6.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	105	12.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	85	8.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	83	9.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	105	12.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	58	9.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	81	6.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	84	7.4	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	80	6.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	80	6.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	77	6.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	65	4.4	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	83	9.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	86	10.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	56	1.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	76	5.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	75	4.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	54	0.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	78	6.4	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	73	5.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	52	1.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	57	1.4	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	66	6.4	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	83	8.4	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	86	9.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>		19.4	8
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>		4.6	2



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Soto Terroba		CÓDIGO	STE20PE02		
UMT-X	546,422		UTM-Y	4,678,820		
RIQUEZA ESPECIES	2		Distancia (m)	202.2		
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Bermejuela	10	0.05	77%	18	0.09	23%
Barbo colirrojo	3	0.01	23%	59	0.29	77%
Trucha común		0.00	0%		0.00	0%
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>0.06</b>	<b>100%</b>	<b>77</b>	<b>0.38</b>	<b>100%</b>

**CPUE**

■ Bermejuela  
■ Barbo colirrojo  
■ Trucha común

**BPUE**

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	40	0.9	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	85	8.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	50	1.7	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	45	1.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	50	1.7	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	38	0.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	45	1.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	40	0.9	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	35	0.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	38	0.8	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	115	20.8	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	105	15.9	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	118	22.5	1



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Soto Terroba		CÓDIGO	STE20PE03		
UMT-X	546,709		UTM-Y	4,678,997		
RIQUEZA ESPECIES	2		Distancia (m)	81.0		
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Bermejuela	14	0.17	67%	100	1.24	50%
Barbo colirrojo	7	0.09	33%	99	1.23	50%
Trucha común		0.00	0%		0.00	0%
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>0.26</b>	<b>100%</b>	<b>199</b>	<b>2.46</b>	<b>100%</b>

**CPUE**

■ Bermejuela  
■ Barbo colirrojo  
■ Trucha común

**BPUE**

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	105	18.0	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	144	44.0	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	96	10.2	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	74	4.5	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	86	8.6	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	92	10.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	89	8.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	95	12.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	80	7.4	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	85	7.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	86	8.0	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	73	5.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	80	6.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	81	6.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	82	8.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	73	6.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	67	4.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	81	7.5	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	81	7.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	72	4.6	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	64	3.8	1



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Soto Terroba		CÓDIGO	STE20PE04		
UMT-X	546,938		UTM-Y	546,938		
RIQUEZA ESPECIES	2		Distancia (m)	101.7		
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Bermejuela	7	0.07	37%	39	0.38	16%
Barbo colirrojo	12	0.12	63%	205	2.02	84%
Trucha común		0.00	0%		0.00	0%
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>0.19</b>	<b>100%</b>	<b>244</b>	<b>2.40</b>	<b>100%</b>

**CPUE**

■ Bermejuela  
■ Barbo colirrojo  
■ Trucha común

**BPUE**

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	126	24.4	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	144	40.8	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	139	35.4	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	88	9.2	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	100	13.2	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	90	8.6	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	105	14.6	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	90	9.4	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	113	18.4	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	100	14.2	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	90	10.6	1
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	80	6.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	55	1.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	76	4.4	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	70	3.8	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	74	5.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	66	3.6	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	67	4.2	1
Bermejuela	<i>Achondrostoma arcasii</i>	50	16.0	1



MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



## ANEXO 3. CELDAS DEL MUESTREO HIDROACÚSTICO

---



Estrato	Segmento	X ETRS89 H30	Y ETRS89 H30	Densidad (ind/dm <sup>3</sup> )	Biomasa (g/m <sup>2</sup> )
1	1	546875.36	4679418.61	0.39	0.03
1	2	546880.71	4679445.19	0.37	0.02
1	3	546933.46	4679441.34	0.67	0.04
1	4	546978.13	4679421.18	0.01	0.00
1	5	546968.43	4679372.53	0.59	0.04
1	6	546945.89	4679335.16	2.66	0.17
1	7	546902.76	4679363.03	0.29	0.02
1	8	546860.64	4679386.40	0.48	0.03
1	9	546846.37	4679340.72	8.03	0.52
1	10	546843.78	4679291.79	0.03	0.00
1	11	546879.89	4679255.19	0.06	0.00
1	12	546926.03	4679230.29	1.30	0.08
1	13	546899.11	4679195.68	2.83	0.18
1	14	546905.44	4679166.77	0.43	0.03
1	15	546913.00	4679131.03	0.04	0.00
1	16	546907.02	4679085.42	0.21	0.01
1	17	546885.34	4679013.32	2.04	0.13
1	18	546846.68	4679027.54	4.38	0.28
1	19	546798.88	4679036.91	0.26	0.02
1	20	546763.35	4679004.15	5.19	0.33
1	21	546751.17	4678955.89	7.77	0.50
1	22	546718.18	4678918.42	4.76	0.31
1	23	546671.62	4678901.56	10.15	0.65
1	24	546624.97	4678884.20	6.12	0.39
1	25	546582.34	4678859.09	15.97	1.03
1	26	546534.75	4678863.83	12.35	0.80
1	27	546486.91	4678853.18	9.85	0.63
1	28	546439.52	4678841.13	34.65	2.23
1	29	546391.89	4678826.55	24.03	1.55
1	30	546313.98	4678817.72	4.25	0.27
1	31	546361.57	4678821.40	8.70	0.56
1	32	546410.77	4678830.30	25.30	1.63
1	33	546458.92	4678841.70	5.44	0.35
1	34	546501.86	4678851.35	74.94	4.82
1	35	546551.40	4678853.63	6.84	0.44
1	36	546601.33	4678854.12	4.12	0.27
1	37	546650.53	4678853.04	2.18	0.14
1	38	546674.19	4678884.49	5.85	0.38
1	39	546696.87	4678927.91	5.54	0.36
1	40	546724.83	4678967.70	17.23	1.11
1	41	546773.26	4678975.99	5.18	0.33
1	42	546822.82	4678970.57	4.25	0.27
1	43	546853.15	4679004.79	2.57	0.17
1	44	546867.29	4679052.47	3.48	0.22
1	45	546858.93	4679086.23	0.98	0.06



Estrato	Segmento	X ETRS89 H30	Y ETRS89 H30	Densidad (ind/dm <sup>3</sup> )	Biomasa (g/m <sup>2</sup> )
1	46	546852.63	4679135.64	1.40	0.09
1	47	546845.20	4679184.84	2.82	0.18
1	48	546853.56	4679218.52	13.53	0.87
1	49	546897.66	4679203.64	1.72	0.11
1	50	546927.07	4679230.89	0.76	0.05
1	51	546932.85	4679279.89	1.09	0.07
1	52	546886.05	4679295.04	0.55	0.04
1	53	546858.59	4679328.34	0.45	0.03
1	54	546849.28	4679128.64	0.47	0.03
1	55	546859.73	4679163.59	1.44	0.09
1	56	546905.79	4679159.74	3.84	0.25
1	57	546913.26	4679208.56	1.30	0.08
1	58	546894.01	4679247.17	1.38	0.09
1	59	546844.18	4679259.47	0.02	0.00
1	60	546848.00	4679139.51	1.58	0.10
1	61	546865.92	4679122.76	1.90	0.12
1	62	546889.12	4679001.11	3.27	0.21
1	63	546844.91	4679012.81	3.14	0.20
1	64	546772.00	4679043.35	4.33	0.28
1	65	546803.53	4679006.67	8.57	0.55
2	1	546861.68	4679435.05	32.37	1.90
2	2	546922.03	4679445.51	6.36	0.05
2	3	546957.98	4679432.98	10.49	0.19
2	4	546976.93	4679408.74	5.97	0.01
2	5	546961.14	4679343.50	0.00	0.00
2	6	546940.62	4679337.65	5.97	1.06
2	7	546871.76	4679383.74	0.00	0.00
2	8	546850.53	4679367.97	9.72	3.15
2	9	546840.65	4679314.32	0.00	0.00
2	10	546843.92	4679291.41	0.00	0.00
2	11	546893.85	4679241.16	0.00	0.00
2	12	546926.30	4679229.99	0.00	0.00
2	13	546891.96	4679176.11	11.93	1.26
2	14	546916.34	4679150.09	14.80	0.58
2	15	546911.32	4679101.29	53.78	0.32
2	16	546901.72	4679063.01	0.00	0.00
2	17	546879.27	4679021.93	0.00	0.00
2	18	546821.88	4679035.41	24.57	4.78
2	19	546777.71	4679023.11	0.00	0.00
2	20	546758.97	4678979.64	39.15	1.69
2	21	546735.47	4678936.66	0.00	0.00
2	22	546694.87	4678910.63	0.00	0.00
2	23	546647.75	4678893.79	0.00	0.00
2	36	546625.95	4678854.12	0.00	0.00
2	37	546662.47	4678863.86	0.00	0.06



Estrato	Segmento	X ETRS89 H30	Y ETRS89 H30	Densidad (ind/dm <sup>3</sup> )	Biomasa (g/m <sup>2</sup> )
2	38	546686.95	4678905.06	0.00	0.00
2	39	546707.99	4678948.64	0.00	0.00
2	40	546749.10	4678975.39	17.29	0.06
2	41	546798.29	4678976.20	50.07	0.38
2	42	546838.86	4678982.51	0.00	0.00
2	43	546861.66	4679028.01	0.00	0.00
2	44	546878.46	4679074.48	44.14	0.50
2	45	546855.58	4679110.35	36.80	8.67
2	46	546848.93	4679156.71	14.89	0.69
2	47	546837.31	4679212.34	0.00	0.00
2	48	546877.22	4679209.22	0.00	0.00
2	49	546918.72	4679205.66	5.61	0.02
2	50	546931.74	4679263.26	0.00	0.00
2	51	546912.76	4679289.46	5.50	0.10
2	52	546858.09	4679316.51	29.74	8.71
2	53	546879.28	4679332.99	47.12	31.27
2	54	546846.08	4679147.71	4.50	0.09
2	55	546885.19	4679157.44	13.03	2.15
2	56	546910.86	4679185.27	17.54	0.66
2	57	546911.75	4679234.53	0.00	0.00
2	58	546862.46	4679254.26	16.30	0.65
2	59	546822.80	4679268.74	0.00	0.00
2	60	546839.71	4679123.57	0.00	4.16
2	61	546894.24	4679118.27	9.95	0.70
2	62	546875.77	4678999.65	33.82	0.01
2	63	546823.80	4679023.22	0.00	0.84
2	64	546772.81	4679042.00	0.00	0.00
2	65	546820.04	4678987.21	13.26	1.05



MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



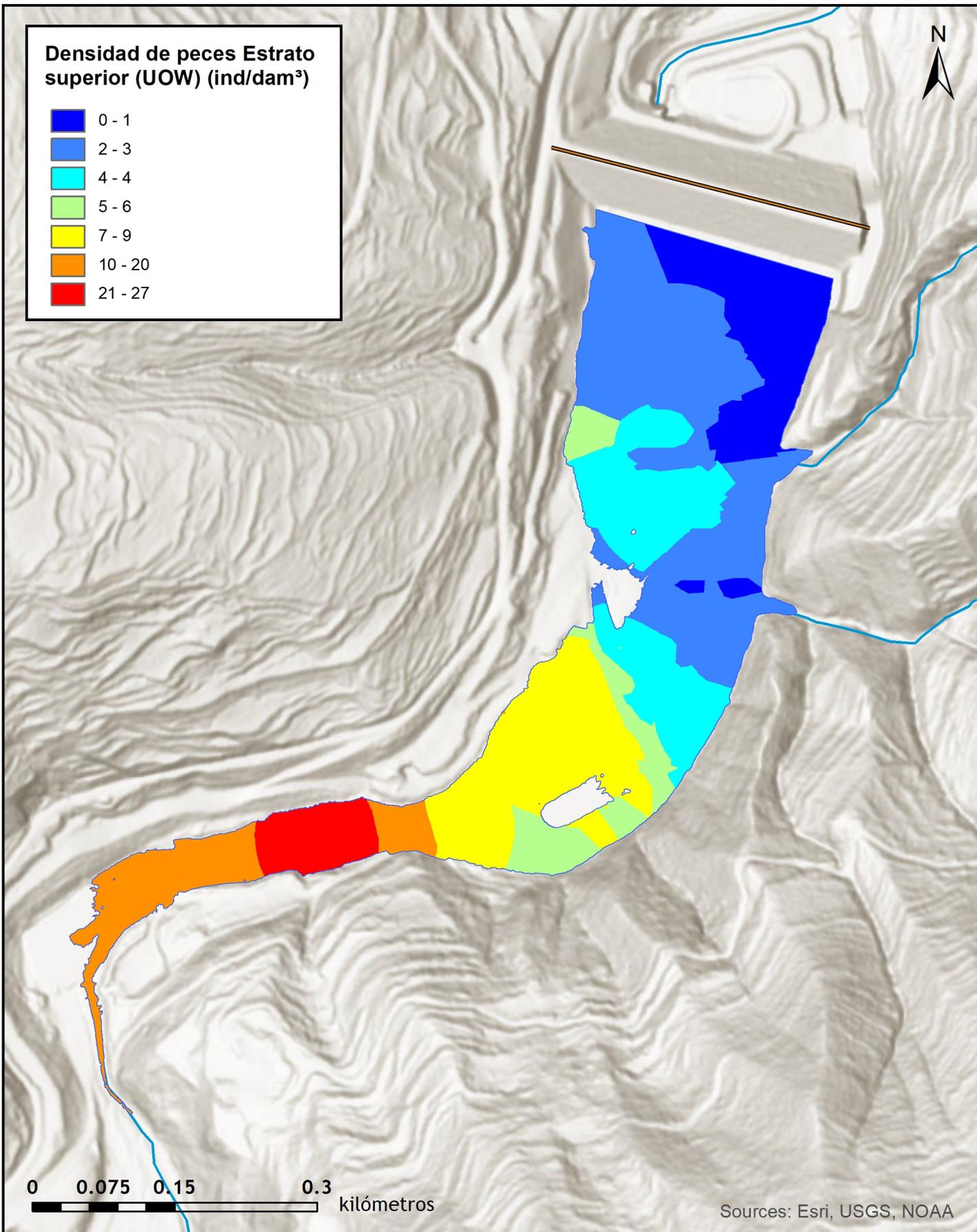
## ANEXO 4. MAPAS INTERPOLADOS DE DENSIDAD Y BIOMASA

---



**Densidad de peces Estrato superior (UOW) (ind/dam<sup>3</sup>)**

- 0 - 1
- 2 - 3
- 4 - 4
- 5 - 6
- 7 - 9
- 10 - 20
- 21 - 27



0 0.075 0.15 0.3 kilómetros

Sources: Esri, USGS, NOAA

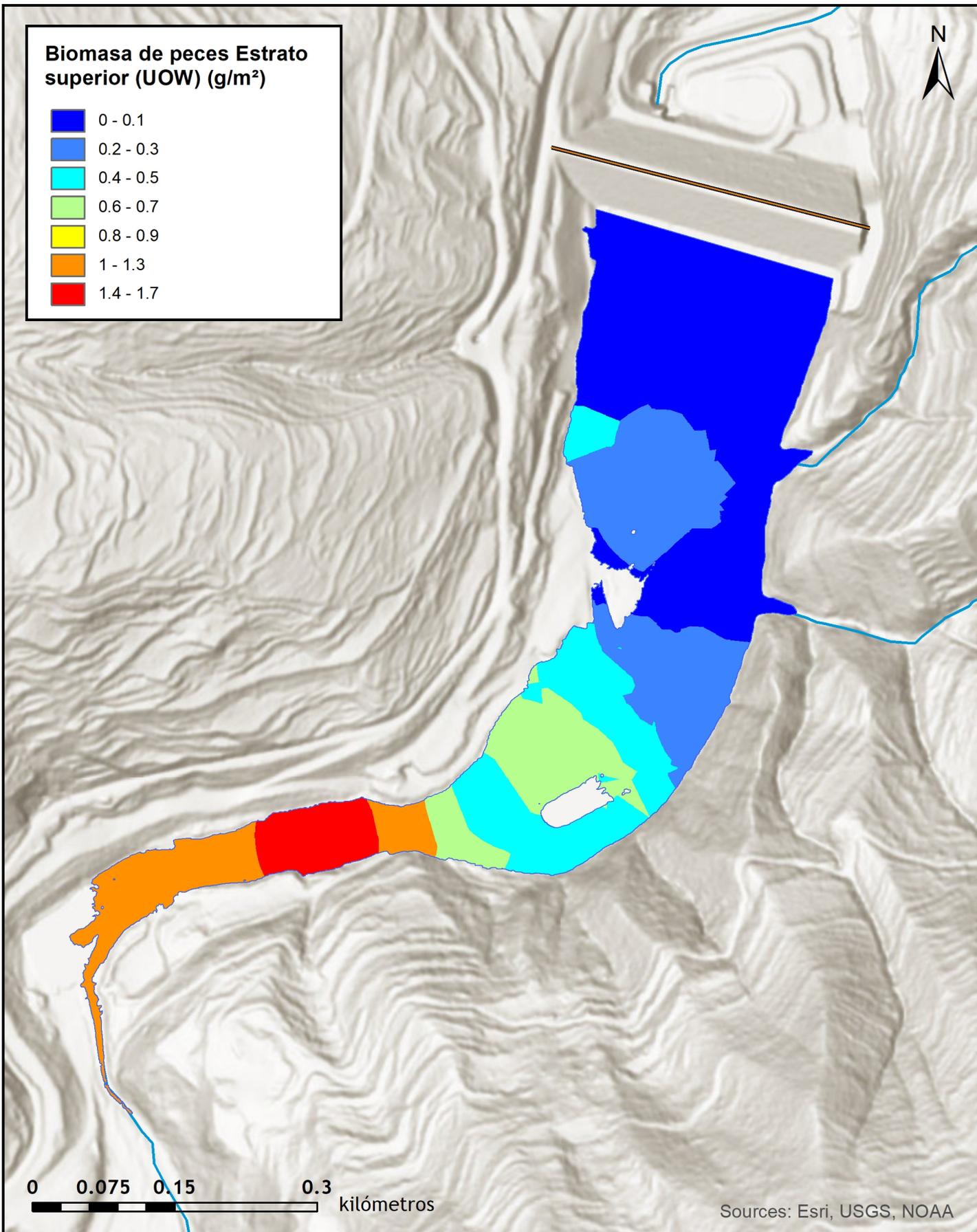


**SONDEO HIDROACÚSTICO EN EMBALSES  
DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO:  
SOTO TERROBA**



**Biomasa de peces Estrato superior (UOW) (g/m<sup>2</sup>)**

- 0 - 0.1
- 0.2 - 0.3
- 0.4 - 0.5
- 0.6 - 0.7
- 0.8 - 0.9
- 1 - 1.3
- 1.4 - 1.7



0 0.075 0.15 0.3 kilómetros

Sources: Esri, USGS, NOAA

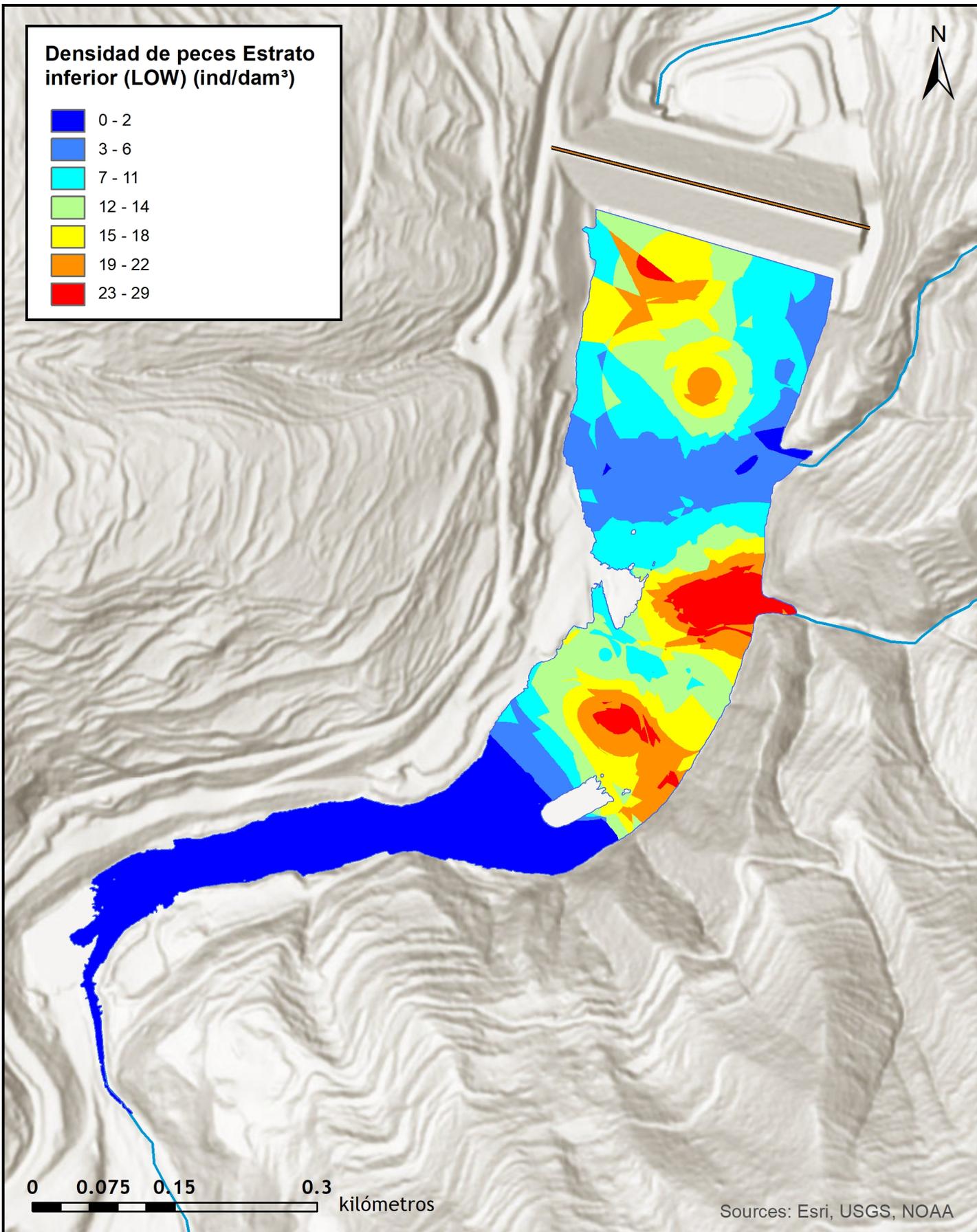


**SONDEO HIDROACÚSTICO EN EMBALSES  
DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO:  
SOTO TERROBA**



**Densidad de peces Estrato inferior (LOW) (ind/dam<sup>3</sup>)**

- 0 - 2
- 3 - 6
- 7 - 11
- 12 - 14
- 15 - 18
- 19 - 22
- 23 - 29



0 0.075 0.15 0.3 kilómetros

Sources: Esri, USGS, NOAA

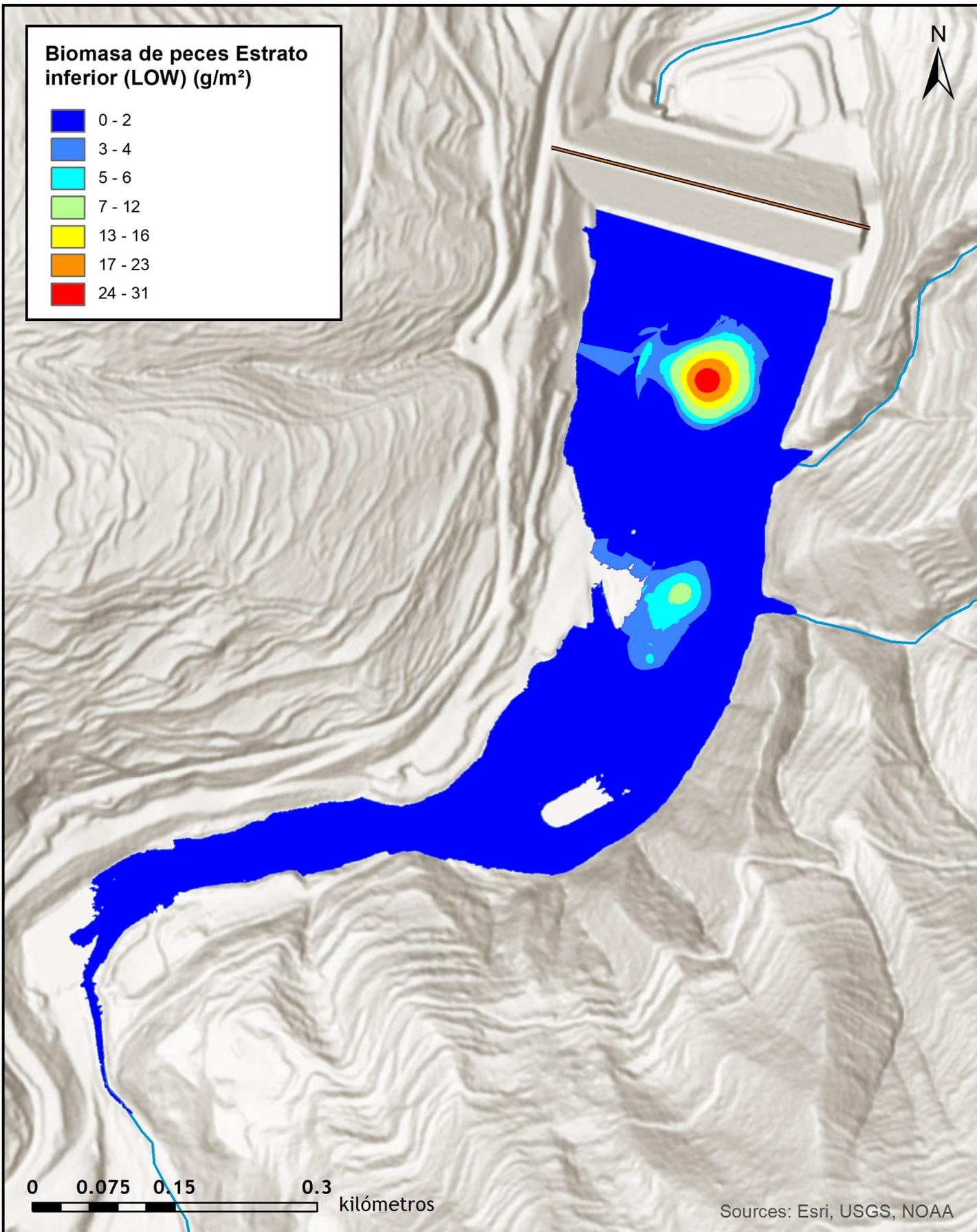


**SONDEO HIDROACÚSTICO EN EMBALSES  
DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO:  
SOTO TERROBA**



**Biomasa de peces Estrato inferior (LOW) (g/m<sup>2</sup>)**

- 0 - 2
- 3 - 4
- 5 - 6
- 7 - 12
- 13 - 16
- 17 - 23
- 24 - 31



0 0.075 0.15 0.3 kilómetros

Sources: Esri, USGS, NOAA



**SONDEO HIDROACÚSTICO EN EMBALSES DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO: SOTO TERROBA**



MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



## ANEXO 5. BOLETINES DE ENSAYO eDNA

---

<b>TIPO DE ENSAYO:</b>	eDNA	<b>CLIENTE</b>   CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA EBRO
<b>ESPECIE/S:</b>	<i>Anguilla anguilla/Salmo trutta</i>	
<b>INFORME DE ENSAYO Nº:</b>	EC20012_6	
<b>Procedencia:</b>	Embalse de Soto Terroba	
<b>Código de proyecto:</b>	EC20012	

## Recepción de muestras en el laboratorio

Fecha:	05/10/2020
Técnico:	Alberto Criado
Nº Muestras:	9
Estado de las muestras:	Frías
Almacenaje:	Congelación

Código de muestra	Chequeo
STE20_RA01F	<input checked="" type="checkbox"/>
STE20_RA01M	<input checked="" type="checkbox"/>
STE20_RA01S	<input checked="" type="checkbox"/>
STE20_RA02F	<input checked="" type="checkbox"/>
STE20_RA02M	<input checked="" type="checkbox"/>
STE20_RA02S	<input checked="" type="checkbox"/>
STE20_RA03F	<input checked="" type="checkbox"/>
STE20_RA03M	<input checked="" type="checkbox"/>
STE20_RA03S	<input checked="" type="checkbox"/>
CONTROL_STE	<input checked="" type="checkbox"/>



<b>TIPO DE ENSAYO:</b>	eDNA	<b>CLIENTE</b>   CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA EBRO
<b>ESPECIE/S:</b>	<i>Anguilla anguilla/Salmo trutta</i>	
<b>INFORME DE ENSAYO Nº:</b>	EC20012_6	
<b>Procedencia:</b>	Embalse de Soto Terroba	
<b>Código de proyecto:</b>	EC20012	

## Filtración de muestras de agua

Técnico: Alicia García Gallego

Almacenaje: Congelación

Incidencias: Ninguna

### Muestras filtradas

Código	Volumen (L)	Nº filtros	Fecha
STE20_RA01F	1	2	10-nov
STE20_RA01M	1	2	10-nov
STE20_RA01S	1	2	10-nov
STE20_RA02F	1	2	10-nov
STE20_RA02M	1	2	10-nov
STE20_RA02S	1	2	10-nov
STE20_RA03F	1	2	10-nov
STE20_RA03M	1	2	10-nov
STE20_RA03S	1	2	10-nov
CONTROL_STE	1	1	10-nov

FIRMA DEL RESPONSABLE  
DEL ENSAYO:



<b>TIPO DE ENSAYO:</b>	eDNA	<b>CLIENTE</b>   CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA EBRO
<b>ESPECIE/S:</b>	<i>Anguilla anguilla/Salmo trutta</i>	
<b>INFORME DE ENSAYO Nº:</b>	EC20012_6	
<b>Procedencia:</b>	Embalse de Soto Terroba	
<b>Código de proyecto:</b>	EC20012	

## Extracción de ADN

<b>Fecha:</b>	28-ene
<b>Técnico:</b>	Dra. Laura Miralles y Alicia García Gallego
<b>Método de extracción:</b>	Kit Qiagen
<b>Número de muestras:</b>	10
<b>Incidencias:</b>	No

<b>Muestras extraídas</b>		
Código	Volumen (µL)	Quality Check
STE20_RA01F	100	<input checked="" type="checkbox"/>
STE20_RA01M	100	<input checked="" type="checkbox"/>
STE20_RA01S	100	<input checked="" type="checkbox"/>
STE20_RA02F	100	<input checked="" type="checkbox"/>
STE20_RA02M	100	<input checked="" type="checkbox"/>
STE20_RA02S	100	<input checked="" type="checkbox"/>
STE20_RA03F	100	<input checked="" type="checkbox"/>
STE20_RA03M	100	<input checked="" type="checkbox"/>
STE20_RA03S	100	<input checked="" type="checkbox"/>
CONTROL_STE	100	<input checked="" type="checkbox"/>



<b>TIPO DE ENSAYO:</b>	eDNA	<b>CLIENTE</b>   CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA EBRO
<b>ESPECIE/S:</b>	<i>Anguilla anguilla/Salmo trutta</i>	
<b>INFORME DE ENSAYO Nº:</b>	EC20012_6	
<b>Procedencia:</b>	Embalse de Soto Terroba	
<b>Código de proyecto:</b>	EC20012	

## Detección por PCR

<b>Especie:</b>	<i>Salmo trutta</i>	<b>Límite de cuantificación (Lq)</b>	<b>0,5 e -14 ng/µL</b>
<b>Técnico:</b>	Dra. Laura Miralles		
<b>Incidencias:</b>	NO		

	1º Amplif.	2º Amplif.	
<b>Termociclador:</b>	7.900 HT Fast Real Time PCR System (Life Technologies)	7.900 HT Fast Real Time PCR System (Life Technologies)	
<b>Fecha:</b>	11/02/2021	12/02/2021	
<b>R2:</b>	0.9909	0.9895	
<b>Imagen:</b>	EC20012_qPCR3	EC20012_qPCR4	

## Resultados

<b>Código</b>	<b>Cuantificación (ng/µL)</b>	<b>Cuantificación (ng/µL)</b>	
STE20_RA01F	3,01404E-11	9,4809E-11	
STE20_RA01M	2,27902E-11	4,95831E-11	
STE20_RA01S	6,33109E-11	1,4767E-11	
STE20_RA02F	<Lq	4,5168E-11	
STE20_RA02M	6,01405E-12	1,54583E-11	
STE20_RA02S	3,90121E-11	4,85384E-11	
STE20_RA03F	1,88897E-11	1,90059E-11	
STE20_RA03M	3,87764E-11	6,16888E-11	
STE20_RA03S	4,72151E-11	6,02637E-11	
CONTROL_Filtración_STE	<Lq	<Lq	
CONTROL_Extracción_STE	<Lq	<Lq	

FIRMA DEL RESPONSABLE  
DEL ENSAYO:



<b>TIPO DE ENSAYO:</b> eDNA		<b>CLIENTE</b>   CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA EBRO	
<b>ESPECIE/S:</b> <i>Anguilla anguilla/Salmo trutta</i>			
<b>INFORME DE ENSAYO Nº:</b> EC20012_6			
<b>Procedencia:</b> Embalse de Soto Terroba			
<b>Código de proyecto:</b> EC20012			
CONTROL_PCR	<Lq	<Lq	
CONTROL_POSITIVO	0.1	0.1	

## Conclusión

Se detecta la presencia de trucha común (*Salmo trutta*) en el muestreo realizado en el embalse de Soto Terroba. Los indicios de la presencia de trucha muestran que se trataría de una comunidad pequeña, dado que los valores de concentración de ADN en la columna de agua son bastante pequeños.

FIRMA DEL RESPONSABLE  
DEL ENSAYO:



<b>TIPO DE ENSAYO:</b>	eDNA	<b>CLIENTE</b>   CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA EBRO
<b>ESPECIE/S:</b>	<i>Anguilla anguilla</i> / <i>Salmo trutta</i>	
<b>INFORME DE ENSAYO N°:</b>	EC20012_6	
<b>Procedencia:</b>	Embalse de Soto Terroba	
<b>Código de proyecto:</b>	EC20012	

<b>Especie:</b>	<i>Anguilla anguilla</i>	<b>Límite de cuantificación (Lq)</b>	<b>1,0 e -14 ng/μL</b>
<b>Técnico:</b>	Dra. Laura Miralles		
<b>Incidencias:</b>	NO		

	1º Amplif.	2º Amplif.	
<b>Termociclador:</b>	7.900 HT Fast Real Time PCR System (Life Technologies)	7.900 HT Fast Real Time PCR System (Life Technologies)	
<b>Fecha:</b>	11/02/2021	12/02/2021	
<b>R2:</b>	0.9988	0.9996	
<b>Imagen:</b>	EC20012_qPCR1	EC20012_qPCR2	

<b>Resultados</b>		
<b>Código</b>	<b>Cuantificación (ng/μL)</b>	<b>Cuantificación (ng/μL)</b>
STE20_RA01F	<Lq	<Lq
STE20_RA01M	<Lq	<Lq
STE20_RA01S	<Lq	<Lq
STE20_RA02F	<Lq	<Lq
STE20_RA02M	<Lq	<Lq
STE20_RA02S	<Lq	<Lq
STE20_RA03F	<Lq	<Lq
STE20_RA03M	<Lq	<Lq
STE20_RA03S	<Lq	<Lq
CONTROL_Filtración_STE	<Lq	<Lq
CONTROL_Extracción_STE	<Lq	<Lq
CONTROL_PCR	<Lq	<Lq
CONTROL_POSITIVO	0.1	0.01

## Conclusión

No se detecta la presencia de anguila (*Anguilla anguilla*) en el muestreo realizado en el embalse de Soto Terroba.

FIRMA DEL RESPONSABLE  
DEL ENSAYO:

