



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

2020

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



ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO





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

PROMOTOR:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



SERVICIO:

ÁREA DE CALIDAD DE LAS AGUAS

DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

María José Rodríguez Pérez

Vicente Sancho-Tello Valls

EMPRESA CONSULTORA:

ECOHYDROS S.L.



EQUIPO DE TRABAJO:

Agustín P. Monteoliva, Alberto Criado, Alberto Navas, 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:

MAYO 2021



REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

Superior izquierda: Embarcación de muestreo preparada en el embalse de Puentelarrá

Superior derecha: Ejemplares de carpa del embalse de Puentelarrá

Inferior izquierda: Ejemplares de alburno del embalse de Puentelarrá

Inferior derecha: Vista de la presa de Puentelarrá

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2020) Sondeo hidroacústico en embalses de la Demarcación Hidrográfica del Ebro: Embalse de Puentelarrá 67 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 PUENTELARRÁ. AÑO 2020

El objeto de este informe es la evaluación de la abundancia y biomasa de la biocenosis de peces del embalse de Puentelarrá. 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 claramente dominada en densidad por la madrilla (*Parachondrostoma miegii*), que representa el 82,4%. En lo que respecta a la biomasa, la madrilla domina la asociación con un 44,7%, seguida por el siluro (*Silurus glanis*) (25,6%) y el barbo de Graells (*Luciobarbus graellsii*) (19%).*

La densidad estimada fue de $3,3 \pm 0,1$ ind/dam³ y la biomasa de $2,5 \pm 0,7$ g/m², es decir, unos 25 kg/ha, que pueden considerarse valores bajos de biomasa.

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 ni de anguila europea ni de trucha común en el embalse de Puentelarrá, confirmando en este caso los resultados obtenidos en los muestreos directos. Esto implica que, con alta probabilidad, ni la anguila europea ni la trucha común habitan estas masas de agua.

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 "MODERADO".



HYDROACOUSTIC SOUNDING IN RESERVOIRS OF THE EBRO RIVER BASIN DISTRICT: PUENTELARRÁ RESERVOIR. YEAR 2020

This report refers to the assessment of the abundance and biomass of the fish biocenosis of the Puentelarrá 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 madrilla (*Parachondrostoma miegii*), which represents 82.4%. In terms of biomass, madrilla dominates the association with 44.7%, followed by catfish (*Silurus glanis*) (25.6%) and Graells barbel (*Luciobarbus graellsii*) (19%).*

The estimated density was 3.3 ± 0.1 ind/dam³ and the biomass was 2.5 ± 0.7 g/m², i.e. about 25 kg/ha, which can be considered low biomass values.

Despite the use of a specific high-resolution method based on genetic detection using environmental DNA, it was not possible to detect the presence of either European eel or brown trout in the Puentelarrá reservoir, confirming in this case the results obtained in the direct sampling methods. This implies that, with high probability, neither European eel nor brown trout inhabit these water bodies.

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 "MODERATE".



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL EBRO



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	15
1.1. <i>PRESTACIONES DE LAS TÉCNICAS APLICADAS.....</i>	<i>16</i>
1.2. <i>INTERÉS DEL ESTUDIO CUANTITATIVO DE LA FAUNA ÍCTICA EN MASAS DE AGUA NO VADEABLES</i>	<i>17</i>
2. ÁMBITO DE ESTUDIO	18
2.1. <i>SITUACIÓN</i>	<i>18</i>
2.2. <i>CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA</i>	<i>20</i>
2.3. <i>RÉGIMEN HIDROLÓGICO.....</i>	<i>23</i>
2.4. <i>CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EMBALSE. PERFILES VERTICALES</i>	<i>24</i>
2.5. <i>POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO.....</i>	<i>27</i>
3. METODOLOGÍA.....	28
3.1. <i>DISEÑO DEL MUESTREO</i>	<i>29</i>
3.2. <i>MUESTREOS REMOTOS: HIDROACÚSTICA</i>	<i>29</i>
3.2.1. <i>Prospección hidroacústica</i>	<i>29</i>
3.2.2. <i>Procesado de datos acústicos</i>	<i>31</i>
3.3. <i>MUESTREOS DIRECTOS DE PESCA.....</i>	<i>32</i>
3.3.1. <i>Redes agalleras multipaño.....</i>	<i>32</i>
3.3.2. <i>Pesca eléctrica desde embarcación.....</i>	<i>33</i>
3.4. <i>INTERPOLACIÓN ESPACIAL Y ESTIMACIONES GLOBALES</i>	<i>35</i>
3.5. <i>EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO</i>	<i>36</i>
3.6. <i>DETECCIÓN DE TRUCHA COMÚN Y ANGIULA EUROPEA MEDIANTE GENÉTICA AMBIENTAL</i>	<i>37</i>
3.6.1. <i>Muestreo de ADN ambiental (eDNA).....</i>	<i>37</i>
3.6.2. <i>Obtención de ADN ambiental de trucha común y de anguila en muestras de agua.....</i>	<i>38</i>
3.6.3. <i>Detección específica de trucha común.....</i>	<i>38</i>
3.6.4. <i>Detección específica de anguila europea</i>	<i>39</i>
3.6.5. <i>Estimaciones de biomasa</i>	<i>39</i>
3.7. <i>UBICACIÓN DE LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO EN EL EMBALSE</i>	<i>40</i>
4. RESULTADOS	41



4.1. SONDEO HIDROACÚSTICO: DENSIDADES.....	41
4.1.1. Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro	46
4.2. MUESTREOS DIRECTOS: COMPOSICIÓN Y BIOMASA ESPECÍFICA	47
4.2.1. Especies presentes en el embalse.....	47
4.2.2. Composición y distribución de especies.....	48
4.3. BIOMASA	52
4.3.1. Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro	56
4.4. DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES	57
4.5. MUESTREOS INDIRECTOS: ADN AMBIENTAL.....	58
4.5.1. Muestras ambientales de agua	58
4.5.2. Detección de trucha común mediante qPCR y estimaciones de biomasa.	58
4.5.3. Detección de anguila europea mediante qPCR y estimaciones de biomasa.	60
5. APROXIMACIÓN AL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE BASADO EN PECES.....	62
6. CONCLUSIONES	64
7. GLOSARIO Y ACRÓNIMOS.....	65
8. BIBLIOGRAFÍA	67

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



Tabla 1. Estratos considerados en el embalse de Puentelarrá	23
Tabla 2. Descripción de las redes de muestreo empleadas.....	32
Tabla 3. Métricas y coeficientes para el cálculo del QFBI.....	37
Tabla 4. Valores de corte del QFBI empleados para la clasificación del potencial ecológico.....	37
Tabla 5. Densidad de peces (ind/dam ³) por estratos, estimada mediante acústica	42
Tabla 6. Especies presentes en el embalse	47
Tabla 7. Resultados de las pescas con red por especies	48
Tabla 8. Resultados de la pesca eléctrica por especies	51
Tabla 9. Biomasa de peces por estratos (g/m ²) estimada mediante acústica.....	52
Tabla 10. Densidades (ind/dam ³) y biomásas (g/m ²) por especie	57
Tabla 11. Datos de las rectas patrón obtenidas para la cuantificación de muestras ambientales de trucha común.....	58
Tabla 12. Datos de las rectas patrón obtenidas para la cuantificación de muestras ambientales de anguila europea	60
Tabla 13. Resultados del QFBI obtenidos para el embalse de Puentelarrá.....	63

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Vista de la embarcación de trabajo en el embalse de Puentelarrá.....	18
Figura 2. Situación en la cuenca y detalle del embalse de Puentelarrá	19
Figura 3. Índice NDWI aplicado a la imagen de satélite para identificar la lámina de agua	21
Figura 4. Batimetría del embalse de Puentelarrá	22
Figura 5. Evolución del volumen embalsado en el embalse de Puentelarrá durante el ciclo hidrológico 2019/20 (elaboración propia).....	23
Figura 6. Presencia de <i>Myriophyllum s.p.</i> en el embalse de Puentelarrá.....	25
Figura 7. Perfiles físico-químicos realizados en el embalse de Puentelarrá.....	26
Figura 8. Técnico realizando el perfil vertical mediante sonda multiparamétrica	27
Figura 9. Esquema del método de censado de poblaciones ícticas en un embalse.....	28



Figura 10. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico	30
Figura 11. Redes caladas en el embalse de PuenteIarrá	33
Figura 12. Pesca eléctrica desde embarcación.....	34
Figura 13. Ejemplo de ajuste de curva al semivariograma para el interpolado espacial	35
Figura 14. Ubicación de las estaciones de muestreo directo de diferente tipo en el embalse de PuenteIarrá	40
Figura 15. Recorridos del sondeo hidroacústico en el embalse de PuenteIarrá	41
Figura 16. Ejemplo de un ecograma obtenido con el haz vertical en el embalse de PuenteIarrá.....	42
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	44
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	45
Figura 19. Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro.....	46
Figura 20. Composición de la asociación obtenida mediante redes	49
Figura 21. Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm	50
Figura 22. Composición de la asociación obtenida mediante pesca eléctrica	52
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	54
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	55
Figura 25. Comparación de la biomasa con otros embalses de la cuenca del Ebro.....	56
Figura 26. Rectas patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Cf) frente a la cantidad de ADN detectada (Quantity). Cada una de las rectas (A y B) corresponden a las réplicas de laboratorio realizadas.....	59
Figura 27. Rectas patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Cf) frente a la cantidad de ADN detectada (Quantity). Cada una de las rectas (A y B) corresponden a las réplicas de laboratorio realizadas.....	61

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El presente documento constituye el informe final de los trabajos realizados en el embalse de Puentelarrá (MAS26) (Álava) 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 Puentelarrá, 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 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 a las estimaciones sintéticas, tanto en forma de fichas y tablas alfanuméricas como en forma de mapas, según proceda. Se acompaña además de un CD en el que se facilitan los documentos y datos en formato electrónico.



1.1. PRESTACIONES DE LAS TÉCNICAS APLICADAS

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

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

En lo referente a su aplicación en estudios censales y de dinámica poblacional de los peces, está relativamente extendida en ambientes marinos y en aguas continentales se aplica de forma creciente, debido en gran medida a la elevada portabilidad de los equipamientos hidroacústicos actuales. De hecho, existe ya una norma Europea (CEN, 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 de la masa de agua (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 Puentelarrá, 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 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 Puentelarrá

2. ÁMBITO DE ESTUDIO

2.1. SITUACIÓN

El embalse de Puentelarrá se sitúa dentro del término municipal de Lantarón, en la provincia de Álava (Figura 2), regulando las aguas del río Ebro.

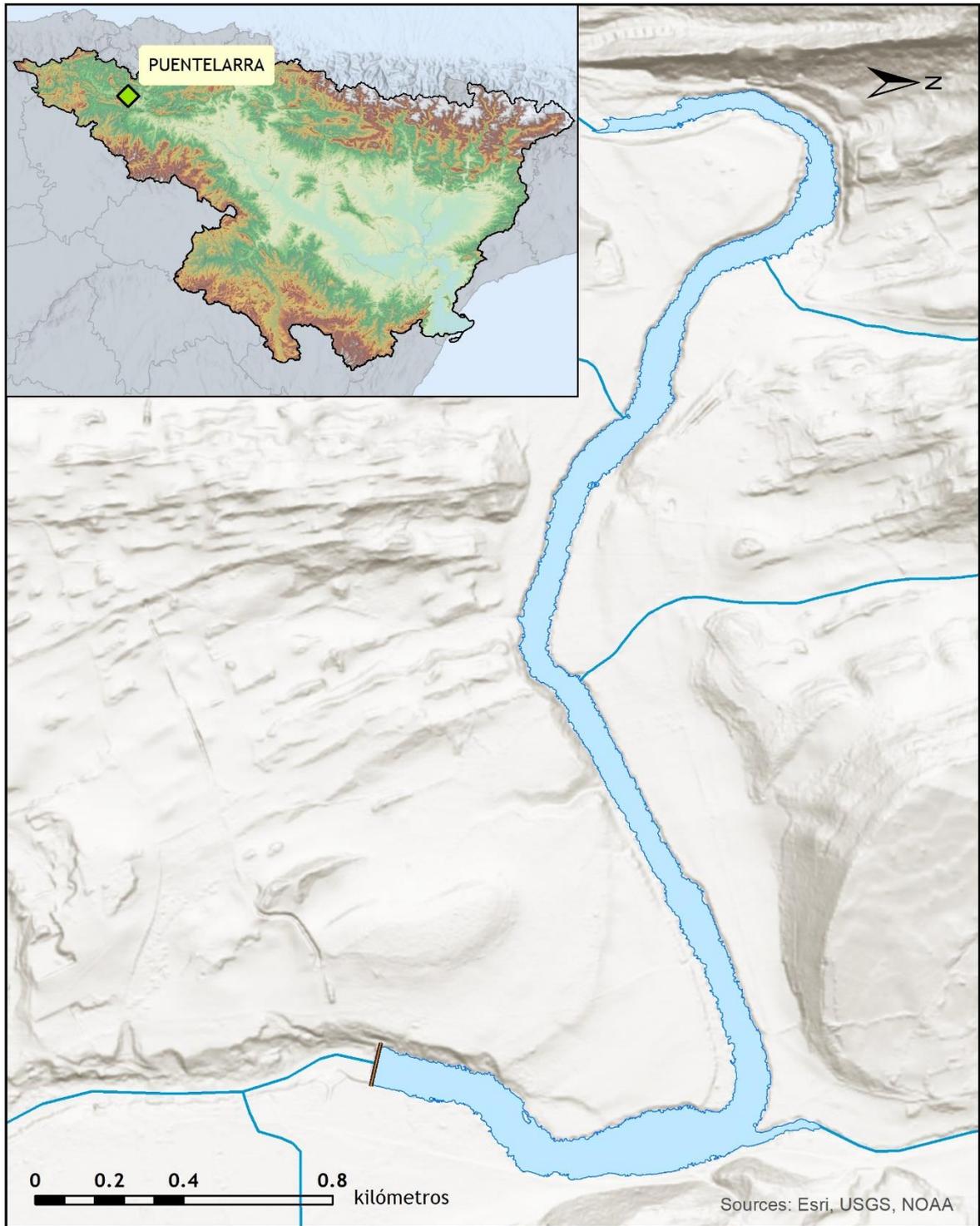


Figura 2. Situación en la cuenca y detalle del embalse de PuenteLarra



Se trata de un embalse de pequeñas dimensiones cuyo uso principal es el del abastecimiento humano. El embalse de Puentelarrá forma parte del Registro de Zonas Protegidas elaborado por la Confederación Hidrográfica del Ebro, en contestación al artículo 6 de la Directiva Marco del Agua, en las categorías de zonas de extracción de agua para consumo humano y zonas de protección de hábitat o especie (Punto Red Natura 2000:LIC ES2110008 "Ebro Ibaia/río ebro).

2.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

El embalse de Puentelarrá tiene una capacidad máxima de 1,50 hm³ y ocupa en su máximo nivel una superficie de 40 ha, lo que supone una profundidad media de 6 m y una máxima de 13,50 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 (26-27 de octubre de 2020) una profundidad máxima de 14 m y media de 4 m; la cota durante esas fechas estaba en el entorno de 472 msnm, que según la hipsometría oficial corresponde a un volumen de embalse de 1,23 hm³, es decir se encontraba aproximadamente al 82 % 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 Puentelarrá (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 39,2 ha, es decir el 98 % de la máxima superficie del embalse en las fechas del muestreo.

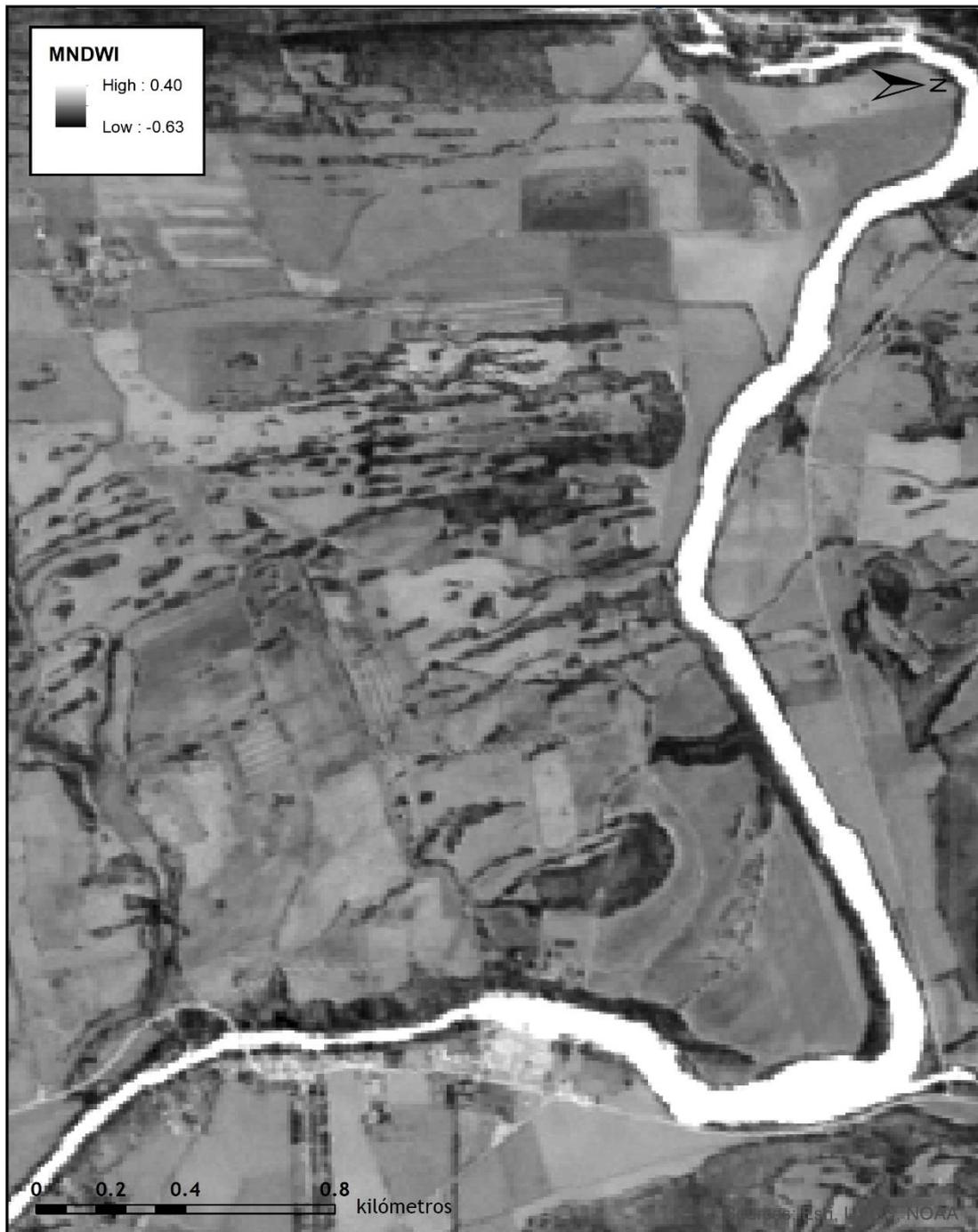


Figura 3. Índice NDWI aplicado a la imagen de satélite para identificar la lámina de agua

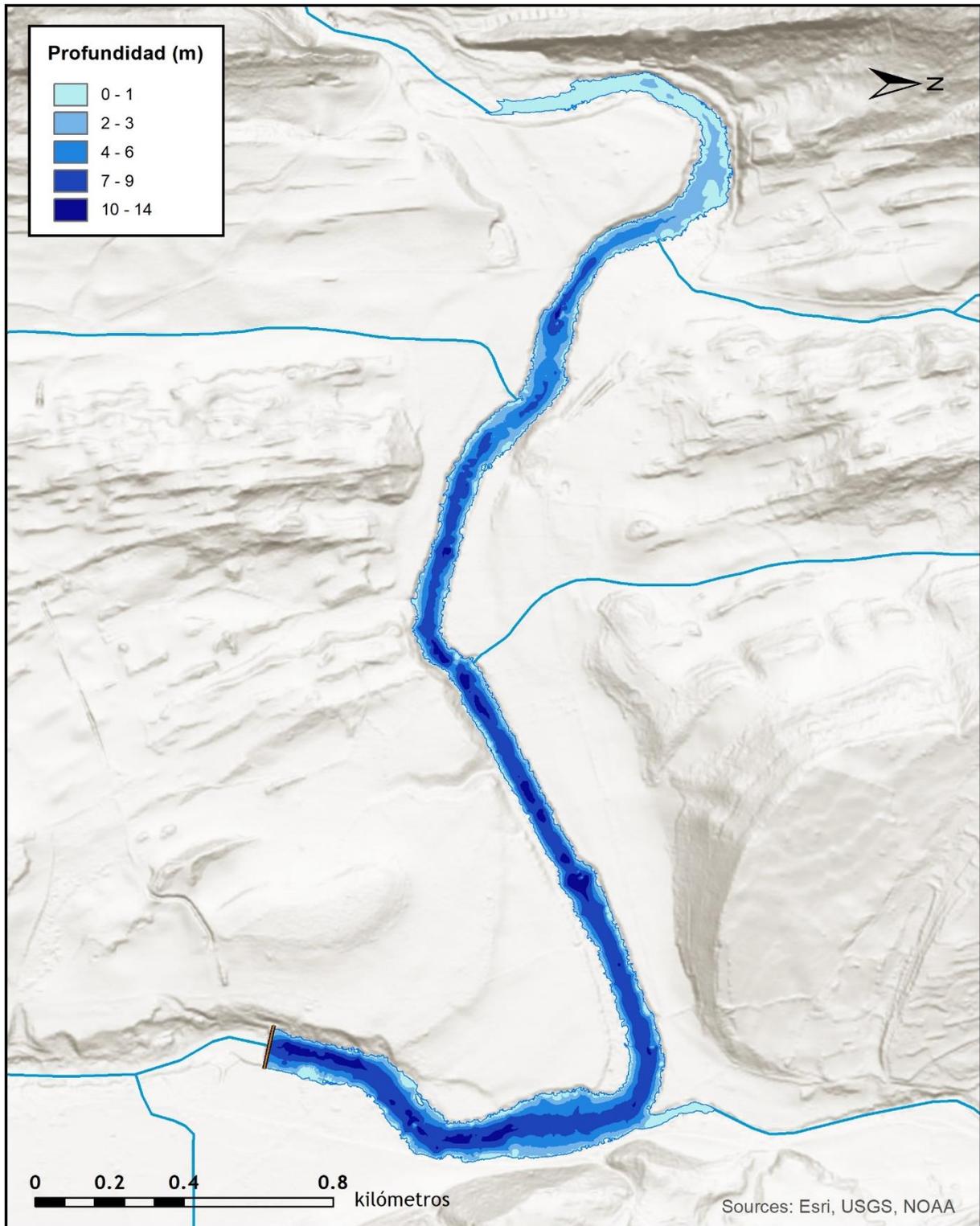


Figura 4. Batimetría del embalse de Puentelarrá

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 Iberdrola (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 Puentelarrá

Embalse	Sector	Estrato	Profundidad (m)	Volumen (hm ³)	Superficie (ha)
PLA20	1	1	0 a -5	1	39,19
PLA20		2	-5 a -14	0	16,08

2.3. RÉGIMEN HIDROLÓGICO

Como se aprecia en la figura siguiente, el nivel del embalse de Puentelarrá permanece estable durante todo el año variando su volumen entre 1,5 hm³ y 1 hm³. En la fecha de muestreo (26/10/2020), marcada con una línea roja, el embalse mantenía una reserva de 1,23 hm³ de agua, que corresponde aproximadamente a un 82 % de su capacidad.

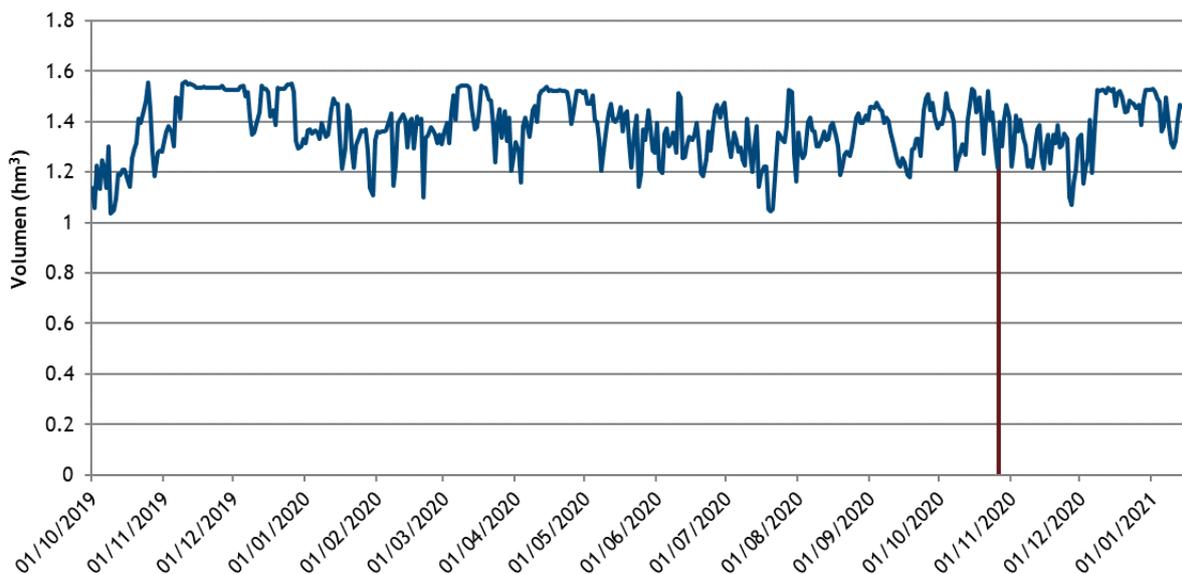


Figura 5. Evolución del volumen embalsado en el embalse de Puentelarrá durante el ciclo hidrológico 2019/20 (elaboración propia)

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 9 m y la columna de agua se encuentra completamente mezclada en el momento del muestreo. Las condiciones de oxígeno en la columna de agua alcanzan en el muestreo una concentración media de 9,6 mg/l, sin detectarse condiciones anóxicas (<2 mg O₂/l), por lo tanto, ni la concentración de oxígeno disuelto ni la temperatura llegan a ser limitantes para la vida de los peces.

El pH está en valores ligeramente básicos (8,3 uds.) y es constante en el perfil, lo mismo que ocurre con la biomasa del fitoplancton, que está en valores bajos de 0,3 µg/L de fluorescencia *in vivo* de la clorofila *a*, excepto en el primer metro en el que es ligeramente superior (1 µg/L).

La transparencia del agua es baja (1,4 m de disco de Secchi), por lo que la luz no penetra más abajo de los 3,5 m. Resulta llamativo el incremento de la conductividad eléctrica con la profundidad que marca una picnoclina en torno a los 6-7 m de profundidad, y en el conjunto del perfil se incrementa en unos 300 µS/cm. Pareciera que hubiera un ingreso de aguas con mayor contenido en sales en el embalse.

El embalse estaba muy ligeramente por debajo de su nivel máximo y el agua presentaba una coloración parda, con profusión de higrófitos del género *Myriophyllum*, que a su vez proporciona refugio y hábitat para la ictiofauna.



Figura 6. Presencia de *Myriophyllum s.p.* en el embalse de Puentelarrá.

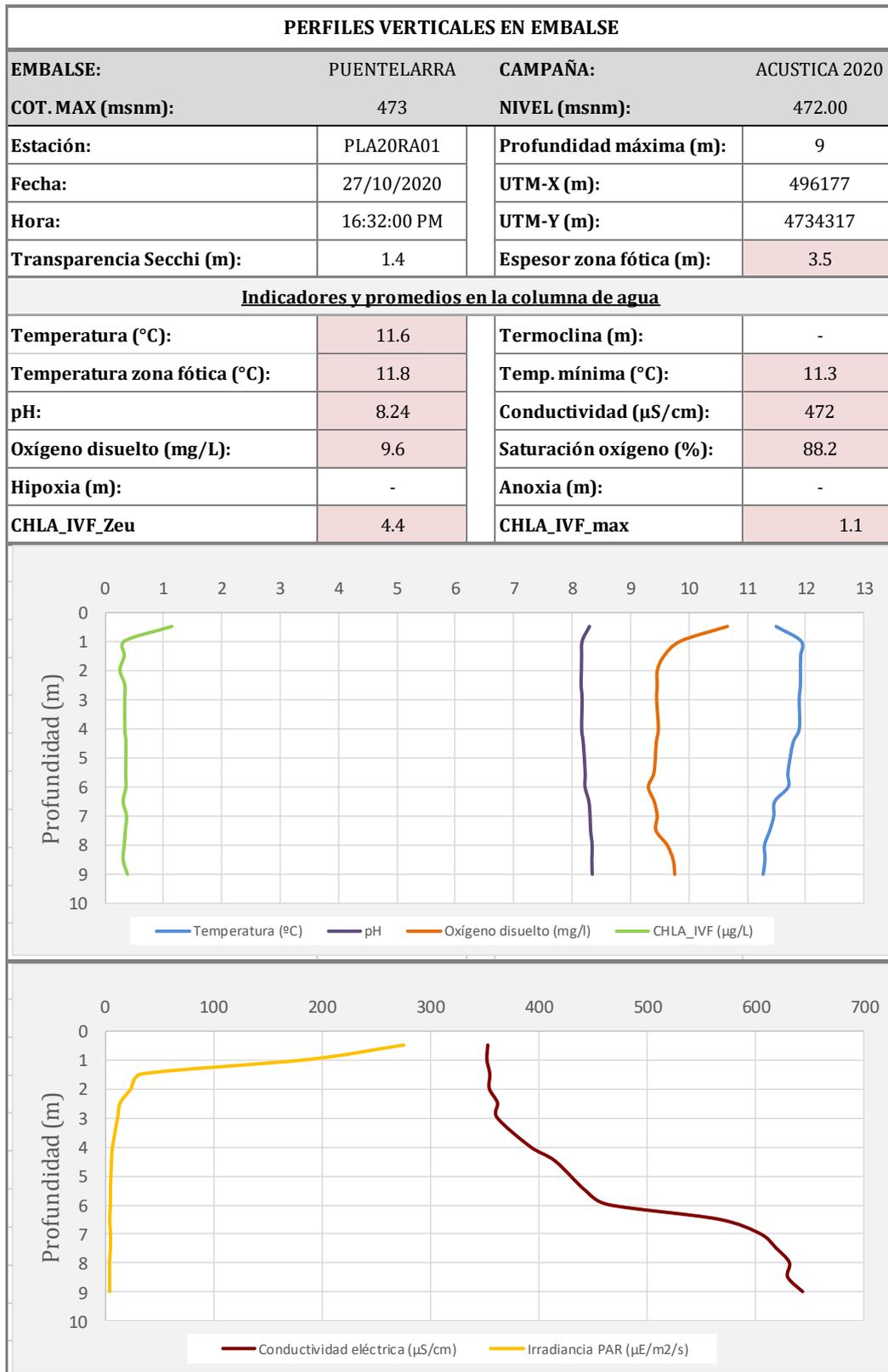


Figura 7. Perfiles físico-químicos realizados en el embalse de Puentelarrá



Figura 8. Técnico realizando el perfil vertical mediante sonda multiparamétrica

2.5. POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO

Se trata de un embalse monomítico, calcáreo de zonas húmedas, perteneciente a ríos de la red principal, que permite su catalogación en el tipo E-T09, 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). A pesar de esta clasificación, y como se comprueba en el momento del muestreo, es un embalse polimítico, ya que no llega a estratificar dado su pequeño volumen y profundidad.

El embalse está incluido en la red de control de vigilancia y ha sido catalogado como mesotrófico y con potencial ecológico Moderado, según el Informe de Seguimiento de la Red de Control Biológico de Embalses del año 2012 (CHE, 2012).

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.

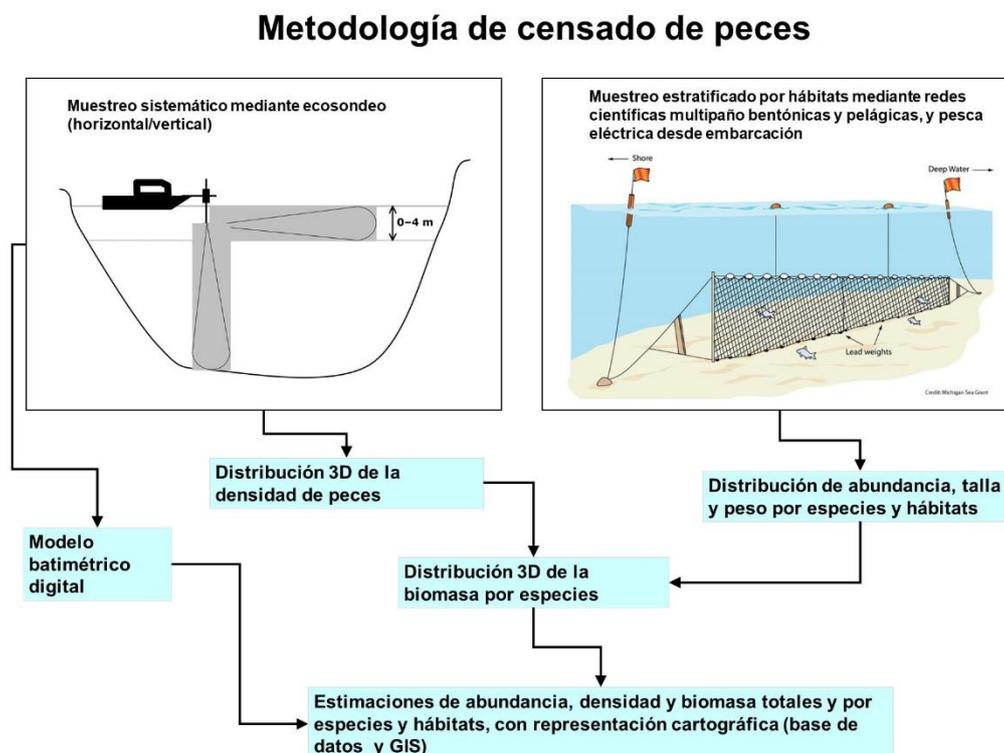


Figura 9. Esquema del método de censo de poblaciones ícticas en un embalse



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 biomásas por especies y sectores.

3.1. DISEÑO DEL MUESTREO

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

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

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

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

Los muestreos acústicos y de pesca directa se han realizado simultáneamente entre los días 26 y 27 de octubre de 2020.

3.2. MUESTREOS REMOTOS: HIDROACÚSTICA

3.2.1. *Prospección hidroacústica*

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

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

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

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

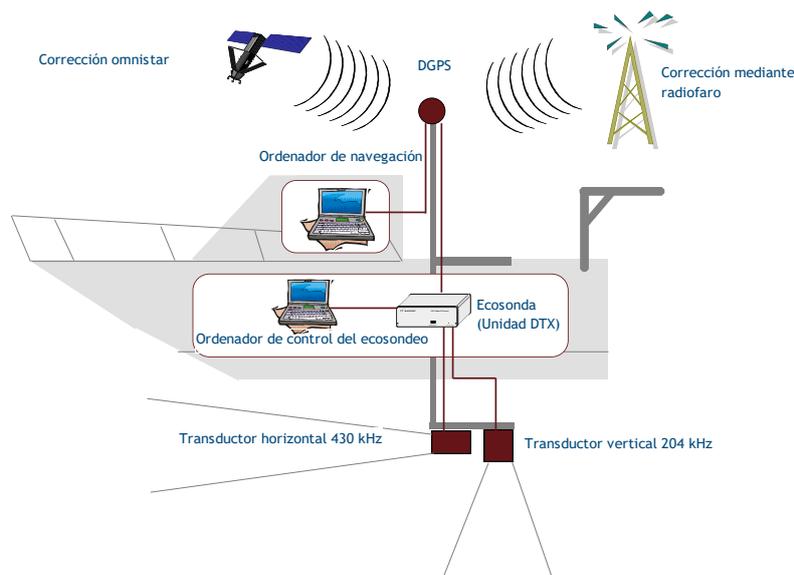


Figura 10. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico

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

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

En este embalse, dado que la densidad de peces no es excesiva 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.

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 cronovariable) específica para ecoconteo (40LogR) y para ecointegración (20LogR), 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 ecointegración se ha utilizado la talla media de las capturas obtenidas en las pescas para obtener la intensidad de reverberación de sección transversal (*backscattering cross section*) utilizando regresiones *ad hoc* (Kubecka *et al.*, 2009).

3.3. MUESTREOS DIRECTOS DE PESCA

3.3.1. Redes agalleras multipaño

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

Constan estas redes de 12 paños agalleros de luz creciente, que va desde 5 hasta 55 mm, en una longitud total de 10 m, 30 m o 40 m de largo y de 1,5 ó 6 m de alto. 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 m²), calada durante 12 h. El esfuerzo de muestreo se ha repartido geográficamente siguiendo una previsión de hábitats o, como se suelen denominar en este tipo de trabajos, “polos de atracción”. En este caso, el diseño muestral no responde a un carácter sistemático sino estratificado por sectores y hábitats.



Figura 11. Redes caladas en el embalse de Puentelarrá

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

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

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

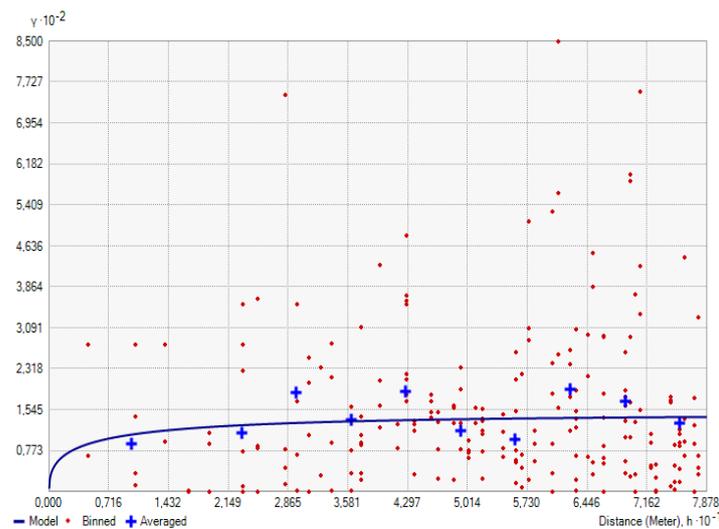


Figura 13. Ejemplo de ajuste de curva al semivariograma para el interpolado espacial



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 (1 m de profundidad), pelágico (3-5 m de profundidad) y bentónico (6-9 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.

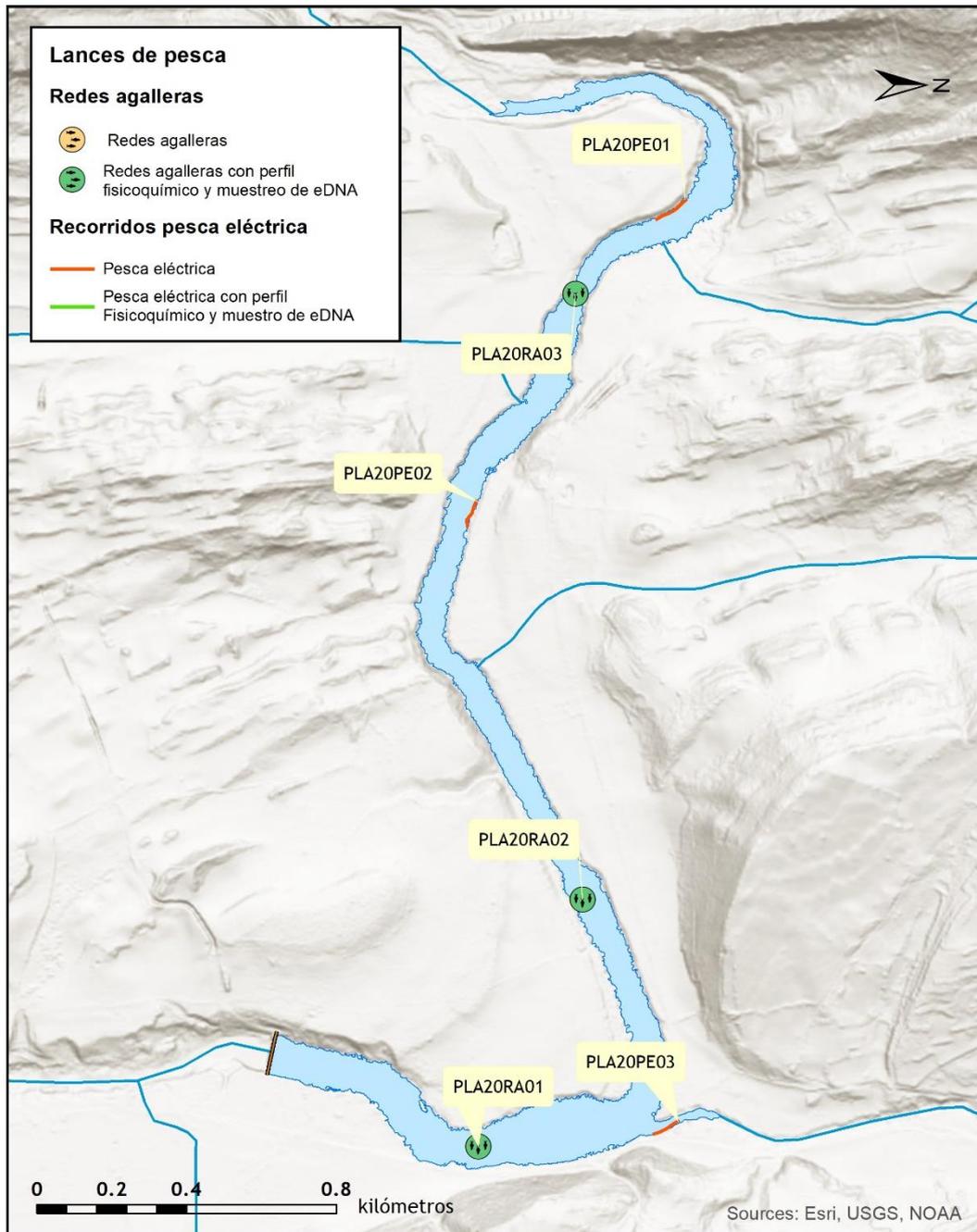


Figura 14. Ubicación de las estaciones de muestreo directo de diferente tipo en el embalse de Puentelarrá

4. RESULTADOS

4.1. SONDEO HIDROACÚSTICO: DENSIDADES

Los recorridos móviles de ecosondeo han cubierto una longitud total de 9,55 km (con dos transductores), lo que supone un valor del índice de cobertura (Da) de 15,26. 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.

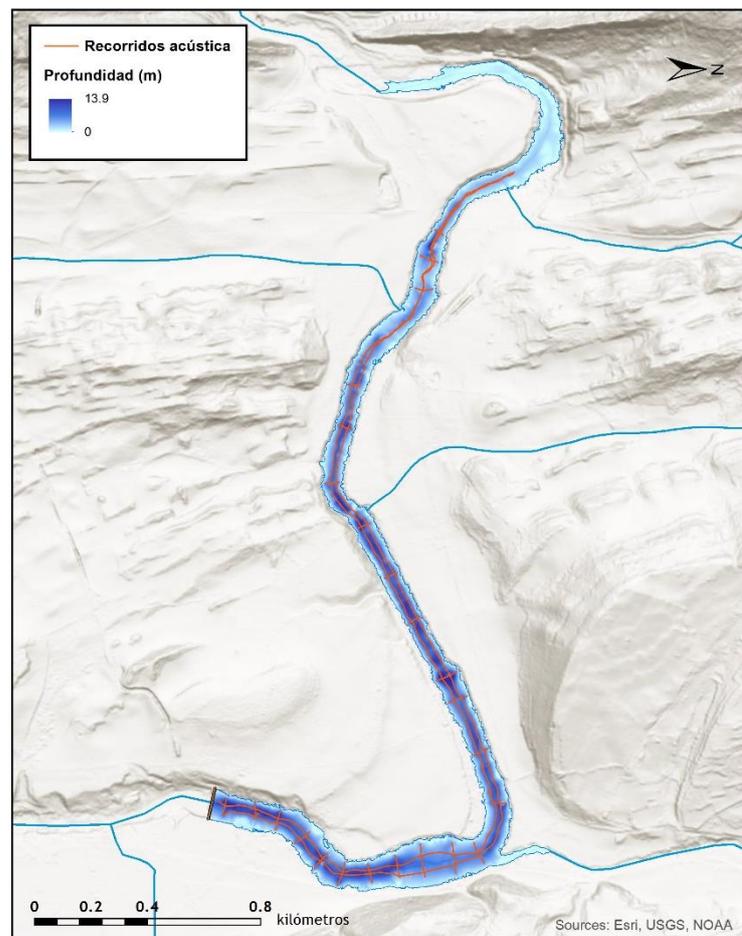


Figura 15. Recorridos del sondeo hidroacústico en el embalse de Puentelarrá

En la Figura 16 se muestra un ejemplo de ecograma durante el muestreo acústico en el embalse de Puentelarrá realizado con haz vertical. Es un ecograma muy limpio y sin ruido de burbujas ni de materia en suspensión. En rojo tenemos el fondo del embalse, al principio se observa un valle donde se pierde momentáneamente el fondo y en la columna de agua señales de peces a 7 metros de profundidad.

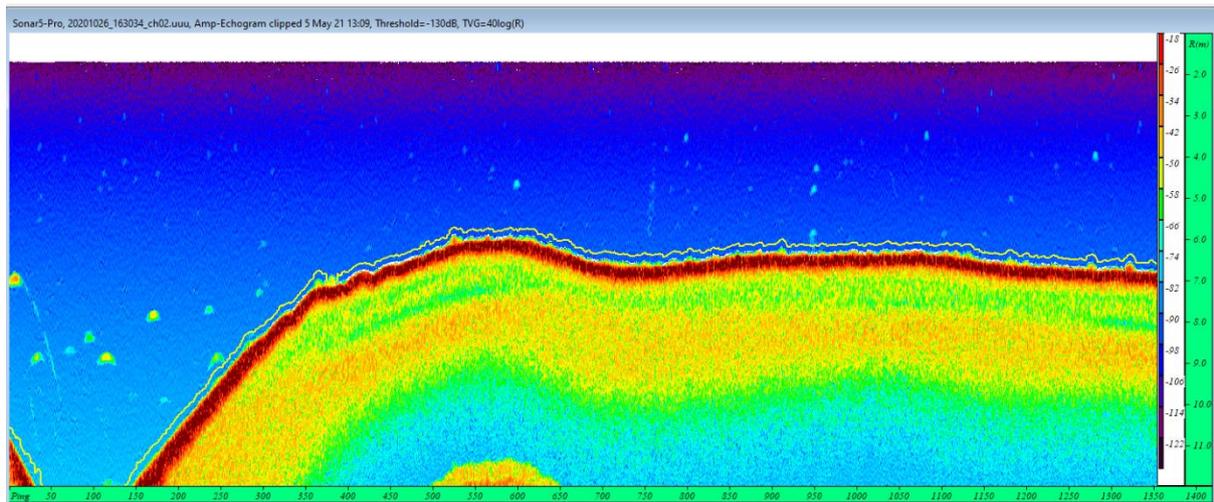


Figura 16. Ejemplo de un ecograma obtenido con el haz vertical en el embalse de Puentelarrá

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

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

Embalse	Sector	Estrato	Densidad media (ind/1000m ³)	Densidad máxima (ind/1000m ³)	Número de casos	Número de casos con valor 0	Desviación típica
PLA20	1	1	0,47	29,29	175,00	53,00	2,35
PLA20		2	12,20	224,73	129,00	92,00	33,54

Estos valores medios se han ponderado con el volumen de cada estrato y sector (Tabla 1), para obtener una densidad total del embalse de $3,30 \pm 0,1 \text{ ind/dam}^3$. Se trata de un valor intermedio, 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 tanto en el estrato superior (UOW) (Figura 17), como en el estrato inferior (LOW) (Figura 18) se distribuyen de una forma relativamente homogénea a lo largo del cuerpo principal del embalse.

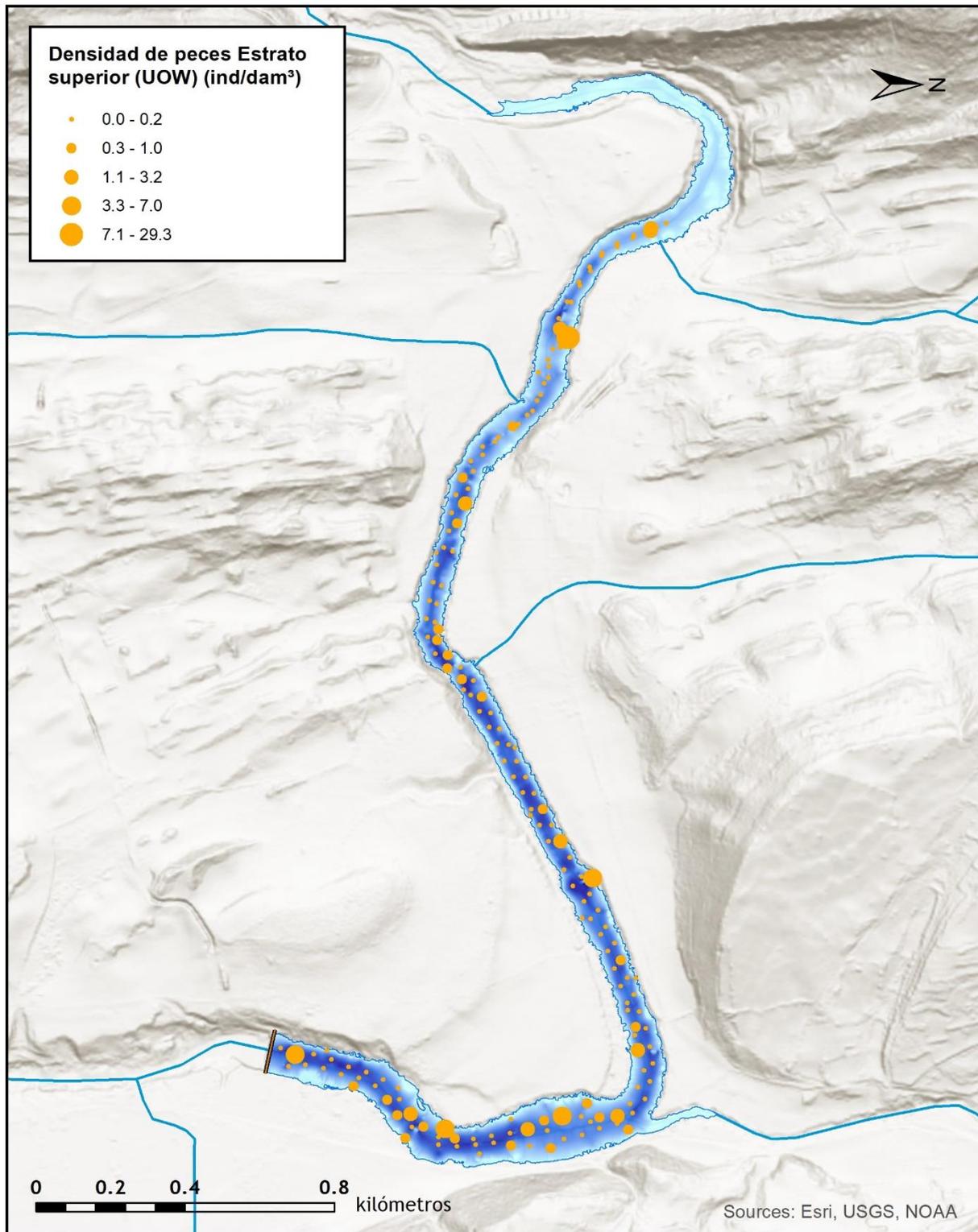


Figura 17. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato superior (UOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud

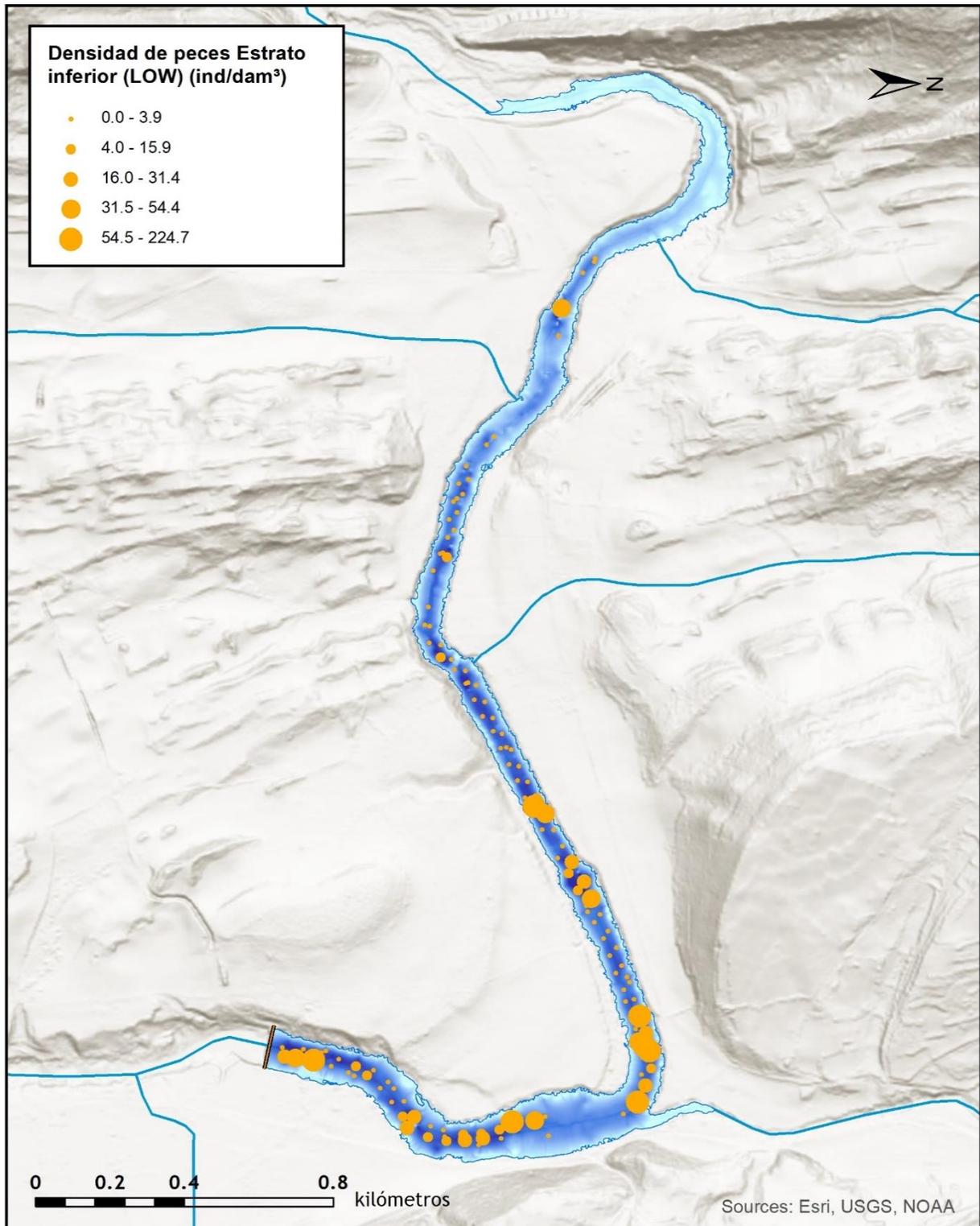


Figura 18. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces en el estrato inferior (LOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud

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 Puentelarrá, 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.

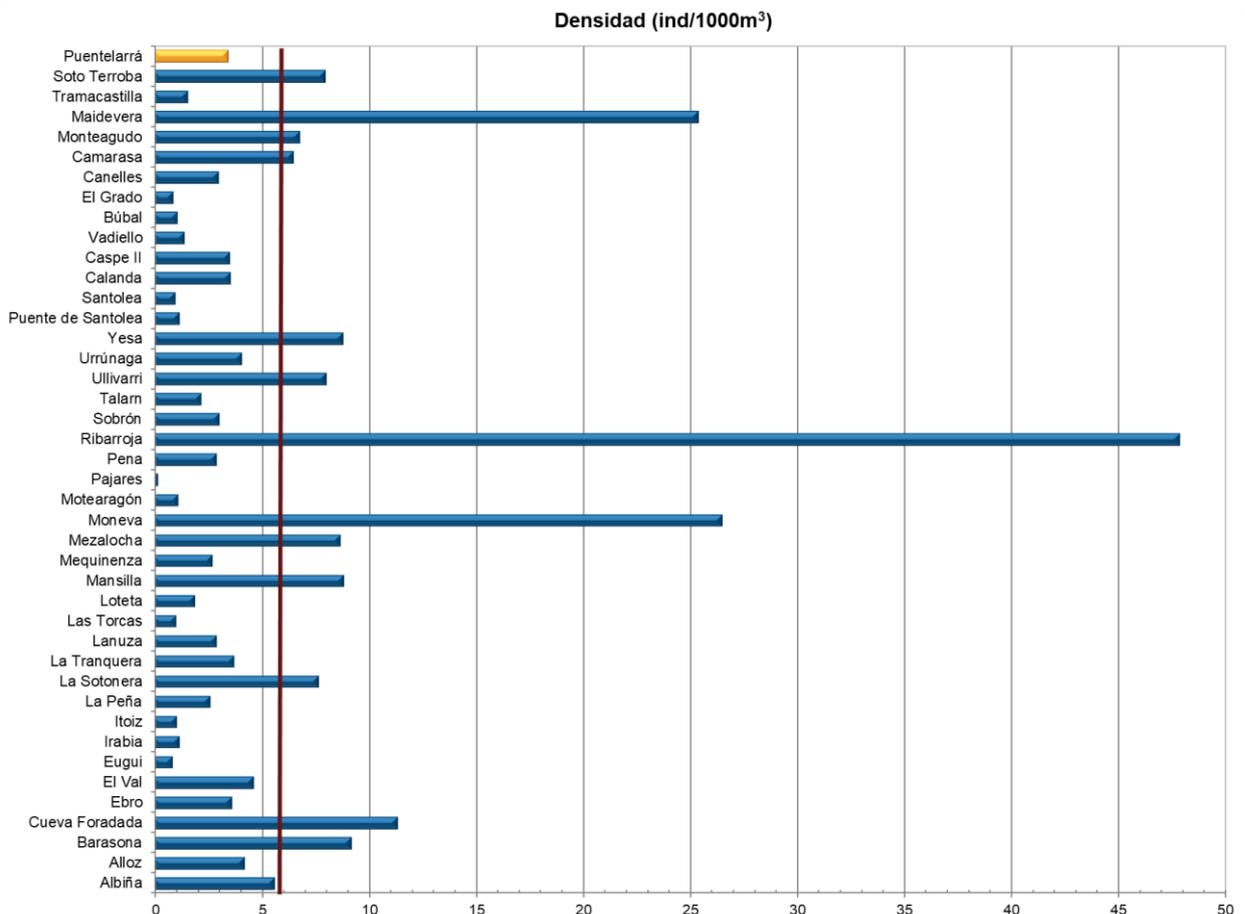


Figura 19. Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro

El valor de densidad obtenido para el embalse de Puentelarrá queda por debajo de los valores medios en el conjunto de embalses estudiados en la cuenca del Ebro, y se puede considerar bajo 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

Se han detectado un total de ocho especies en los muestreos de diferente tipo realizados en el embalse de Puentelearrá: Alburno, carpa común (y su variedad “espejo”), pez sol y Siluro, todas ellas especies exóticas e invasoras, aunque la carpa común se trata también como especie “naturalizada” en España y por otro lado, como especies autóctonas, se encontraron Gobio, Barbo de Graells, Madrilla y Piscardo.

Tabla 6. Especies presentes en el embalse

Nombre común	Nombre científico	Autóctono/alóctono
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	Alóctono
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	Alóctono
Carpa de espejos	<i>Cyprinus carpio specularis</i>	Alóctono
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	Autóctono
Pez sol	<i>Lepomis gibbosus</i>	Alóctono
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	Autóctono
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	Autóctono
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Autóctono
Siluro	<i>Silurus glanis</i>	Alóctono

Como podemos observar, se trata de una biocenosis altamente afectada en su composición por especies exóticas invasoras. Más aún se ha evidenciado durante el muestreo, la existencia de otras especies de invertebrados invasores, con profusión de mejillón cebra adulto (*Dreissena polymorpha*) y presencia de cangrejo señal (*Pacifastacus leniusculus*), lo que refleja una profunda transformación de la composición faunística potencial.

4.2.2. Composición y distribución de especies

Capturas con redes

El total de capturas con redes agalleras fue de 207 peces, con un peso total de 22,2 kg, lo que supone 91 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 8,14 kg de biomasa por unidad de esfuerzo. Se emplearon un total de 3 redes en 15 horas de pesca (9,76 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 un total de 207 de los cuales, 124 pertenecen a la especie *Parachondrostoma miegii*.

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

Tabla 7. Resultados de las pescas con red por especies

	Capturas	CPUE (ind/ud. esf.)	CPUE (%)	Biomasa (g)	BPUE (g/ud. esf.)	BPUE (%)	Longitud furcal media (mm)	Peso medio (g)
<i>Alburnus alburnus</i>	55	15,0	17	838	206	2	115	15
<i>Cyprinus carpio</i>	1	0,2	0	8 000	1 256	15	720	8 000
<i>Cyprinus carpio specularis</i>	4	2,6	3	421	272	3	139	105
<i>Gobio lozanoi</i>	1	0,5	1	6	3	0	77	6
<i>Lepomis gibbosus</i>	2	1,1	1	4	2	0	59	2
<i>Luciobarbus graellsii</i>	18	8,2	9	4 427	980	12	182	246
<i>Parachondrostoma miegii</i>	124	62,8	69	2 013	1 249	15	95	16
<i>Phoxinus phoxinus</i>	1	0,2	0	2	0	0	54	2
<i>Silurus glanis</i>	1	0,6	1	6 500	4 174	50	1 050	6 500
Total	207	91	100	22.212	8 142	100	115	109

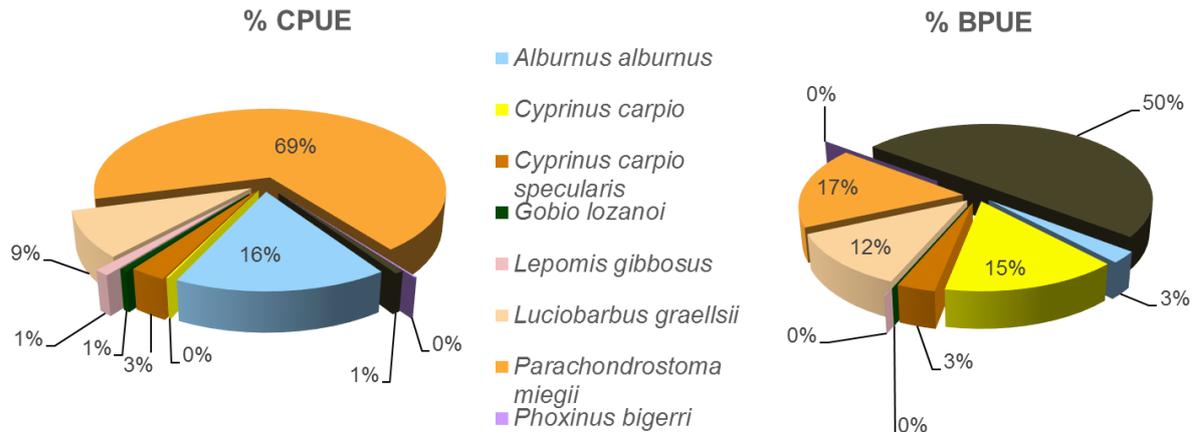


Figura 20. Composición de la asociación obtenida mediante redes

Se observa que la asociación está dominada (69%) en términos de abundancia por la madrilla (*Parachondrostoma miegii*), seguida con un porcentaje muy inferior (16%) por el alburno (*Alburnus alburnus*). El barbo de Graells (*Luciobarbus graellsii*) tiene una representación significativa en cuanto a abundancia (9%) y alcanza el 12% en biomasa. La carpa (*Cyprinus carpio*), que no alcanza el 3% del total, presenta mayor abundancia de la variedad de “espejo”, pero los individuos más grandes son de la variedad común y alcanzan el 15% en biomasa.

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.

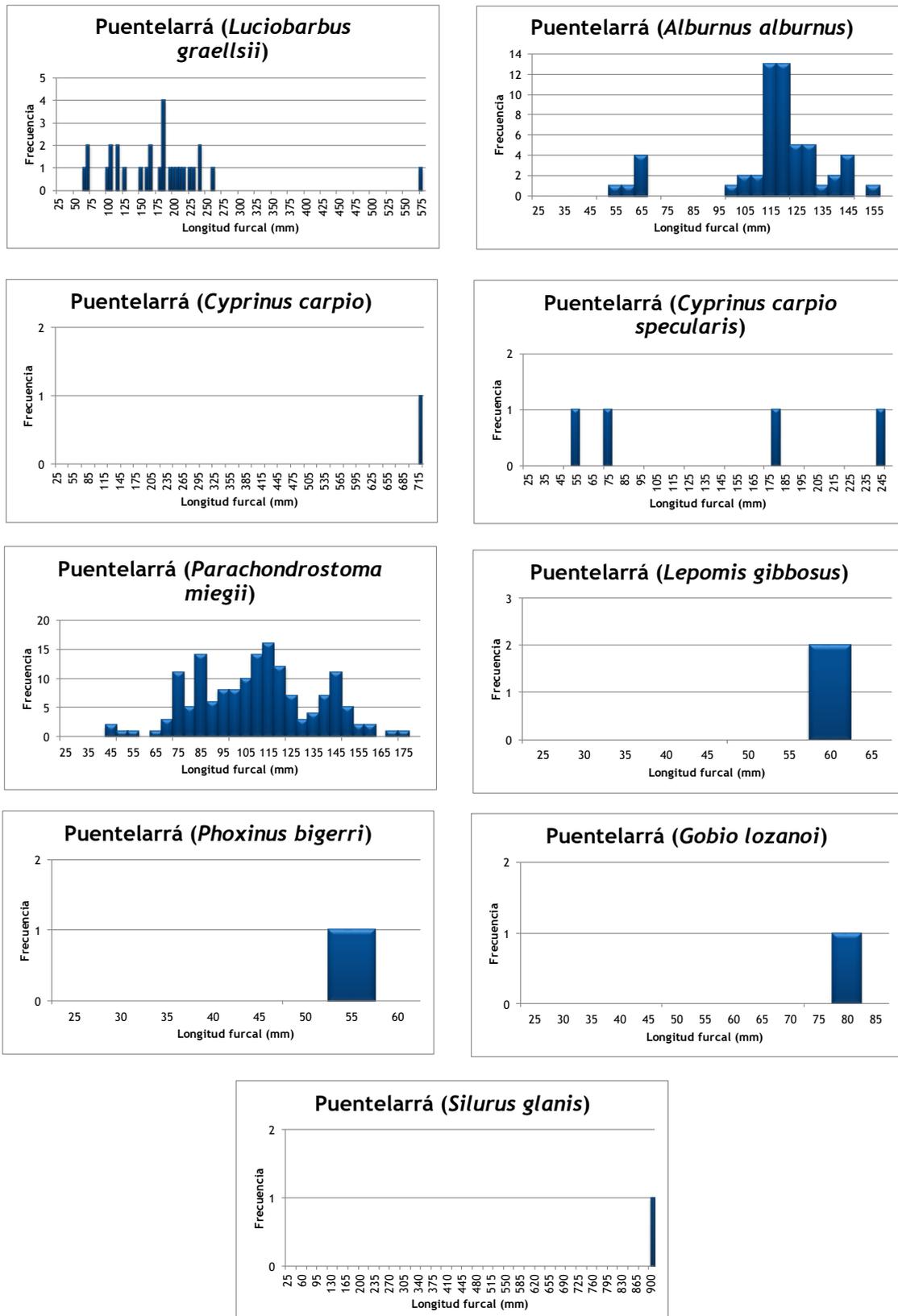


Figura 21. Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm



De las especies capturadas en el embalse de Puentelarrá, solamente el gobio, el barbo de Graells, la madrilla y el piscardo, son autóctonas.

La madrilla (*Parachondrostoma miegii*), presenta ejemplares de al menos tres clases de edad (alevines, juveniles y adultos) con gran abundancia de individuos de talla juvenil. El barbo de graells (*Luciobarbus graellsii*) presenta una población con varias clases de edad, juveniles y adultos principalmente, con ejemplares adultos de gran tamaño. En el caso del alburno las capturas obtenidas son principalmente de talla adulta.

Del resto de las especies capturadas, las escasas capturas obtenidas no permiten establecer un análisis del estado de la población.

Resultados de la pesca eléctrica

El rendimiento de la pesca eléctrica fue superior al de las redes, en términos de capturas de ejemplares, con una captura total de 284 peces que sumaron 1,5 kg de peso fresco total, lo que supone 3,2 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 45 kg de BPUE. Se realizaron un total de tres transectos que cubrieron 270 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. Con esta técnica no se obtuvo ningún ejemplar de la variedad espejo de carpa 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>Luciobarbus graellsii</i>	11	0,1	4,0	953	12	26,0	175	87
<i>Parachondrostoma miegii</i>	273	3	96,0	526	33	74,0	19	2
Total	284	3,16	100,0	1.480	44,50	100,0	25	5

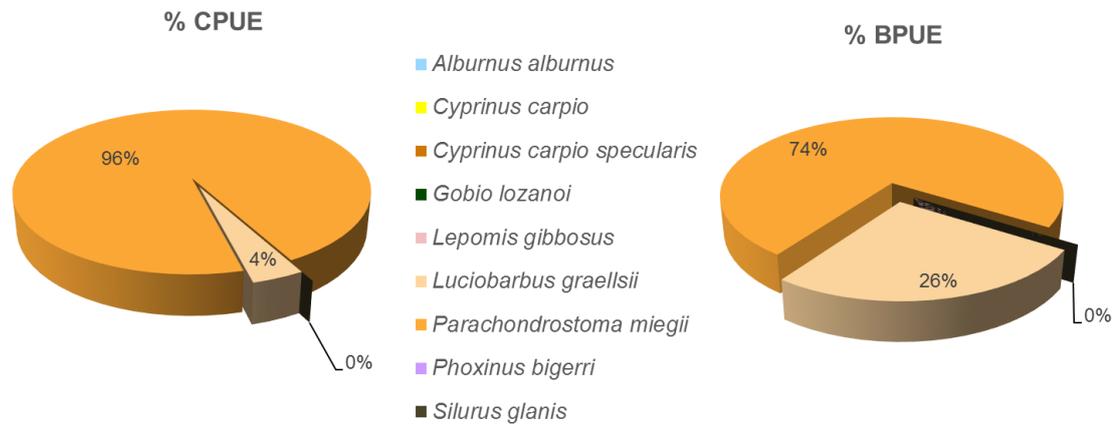


Figura 22. Composición de la asociación obtenida mediante pesca eléctrica

En este caso la madrilla domina de forma abrumadora (96%) la ictiocenosis, incluso en biomasa resulta dominante (74%) sobre el barbo, que es la otra especie capturada en 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 (g/m^2) estimada mediante acústica

Embalse	Sector	Estrato	Biomasa media (g/m^2)	Biomasa máxima (g/m^2)	Número de casos	Número de casos con valor 0	Desviación típica
PLA20	1	1	0,09	5	175	63	0,44
PLA20		2	5,79	171	129	86	19,95

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 $2,5 \pm 0,7 g/m^2$, o lo que es lo mismo $24,64 kg/ha$. Se trata de un valor medio/bajo de biomasa, que se explica por la dominancia de la madrilla, una especie de talla media.



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 comparación con los valores registrados en otros embalses, en general, los valores de biomasa de peces en el embalse de Puentelarrá son bajos. La mayor parte de la biomasa de este embalse se concentra en el estrato inferior repartida en las zonas central y en la cercana a la presa (Figura 24).

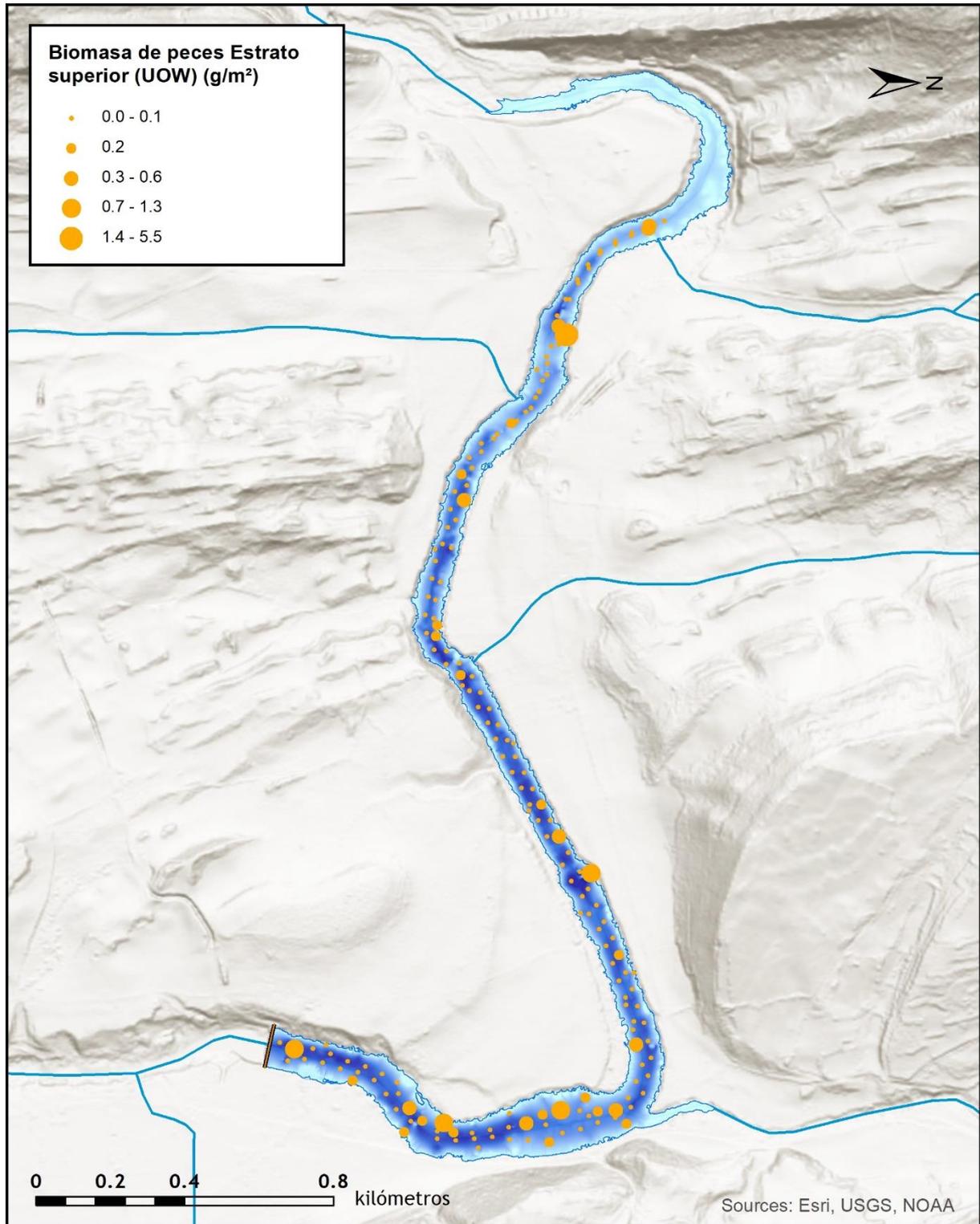


Figura 23. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato superior (UOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud

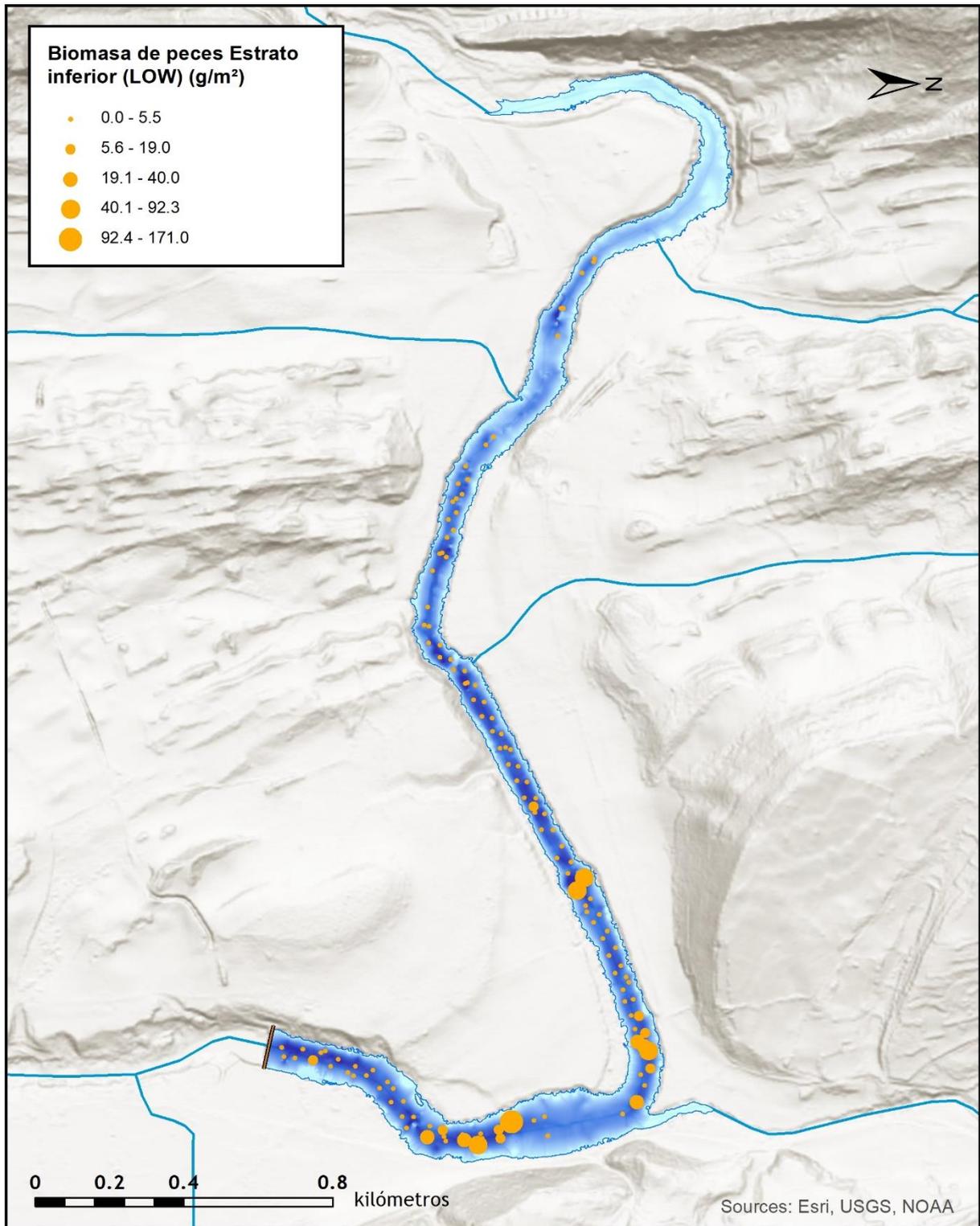


Figura 24. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces en el estrato inferior (LOW). Cada punto representa una celda de 50 m de longitud

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 Puentelarrá, 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 Puentelarrá es baja en el contexto de los embalses estudiados en la cuenca del Ebro.

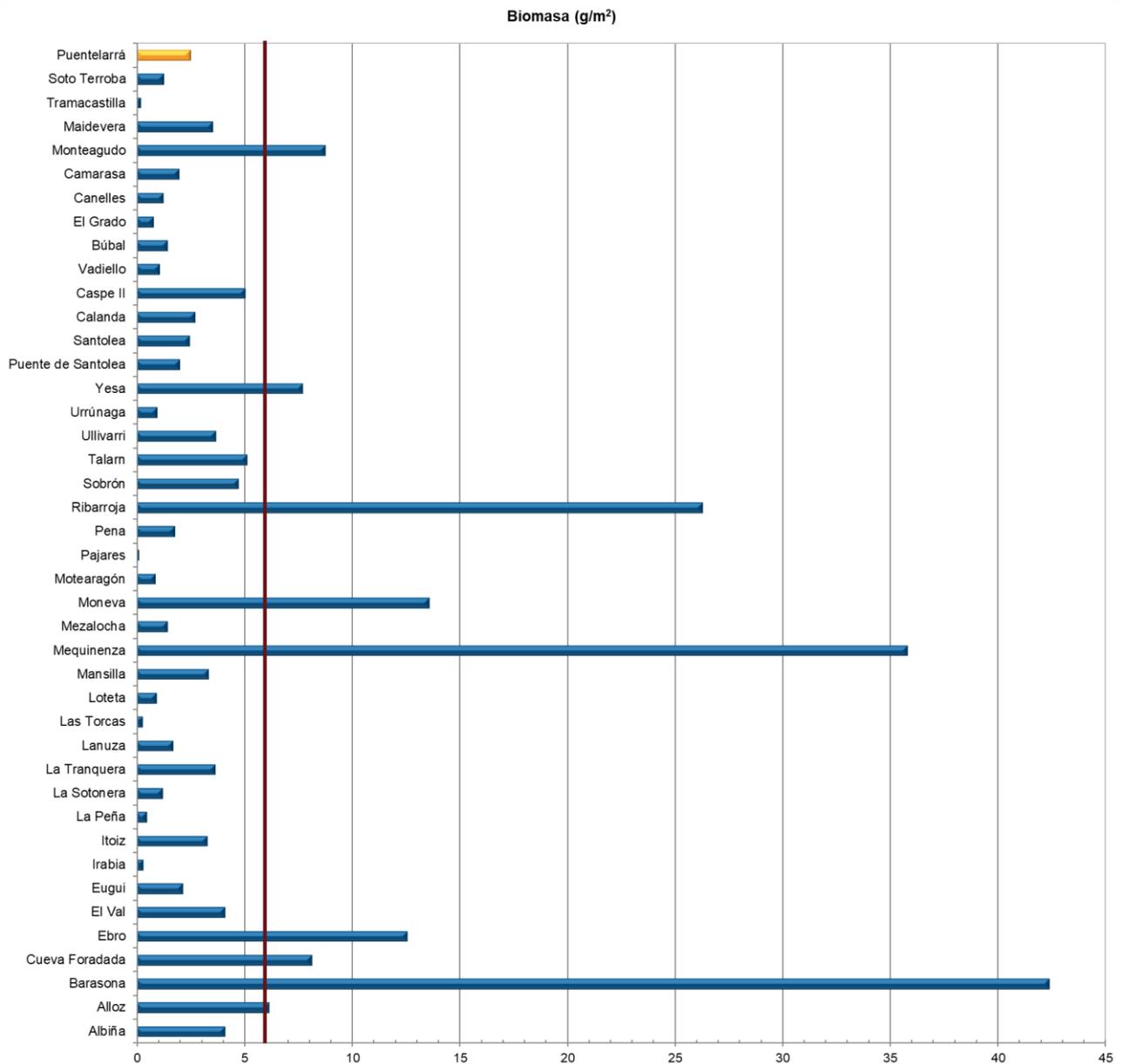


Figura 25. Comparación de la biomasa con otros embalses de la cuenca del Ebro

4.4. DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES

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

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

Tabla 10. Densidades (ind/dam^3) y biomásas (g/m^2) por especie

	Densidad media (ind/dam^3)	% Abundancia	Biomasa media (g/m^2)	% Biomasa	Abundancia Total (ind)	Peso total (kg)
<i>Luciobarbus graellsii</i>	0,21	6,49 %	0,47	19,03 %	263,68	183,74
<i>Alburnus alburnus</i>	0,27	8,25 %	0,03	1,26 %	335,24	12,19
<i>Cyprinus carpio</i>	0,00	0,09 %	0,19	7,71 %	3,50	74,46
<i>Cyprinus carpio specularis</i>	0,05	1,41 %	0,04	1,67 %	57,25	16,15
<i>Parachondrostoma miegii</i>	2,72	82,43 %	1,10	44,66 %	3 348,93	431,16
<i>Lepomis gibbosus</i>	0,02	0,60 %	0,00	0,01 %	24,32	0,14
<i>Phoxinus phoxinus</i>	0,00	0,09 %	0,00	0,00 %	3,50	0,01
<i>Gobio lozanoi</i>	0,01	0,30 %	0,00	0,02 %	12,16	0,21
<i>Silurus glanis</i>	0,01	0,35 %	0,63	25,63 %	14,31	247,45
Total	3,30	100 %	2,46	100 %	4 063	966
Intervalo de Confianza (I.C)	0,99		0,74		1 223	291

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 $4\ 063 \pm 1\ 223$ peces con una biomasa de $0,97 \pm 0,29$ 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 Puentelarrá 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.

Tras los análisis, ninguna muestra de ADN ambiental del agua del embalse de Puentelarrá resultó positiva en ADN de trucha común.

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
Pendiente	-3,525	-3,867
Intercepto	-1,339	-2,889
R ²	0,991	0,990

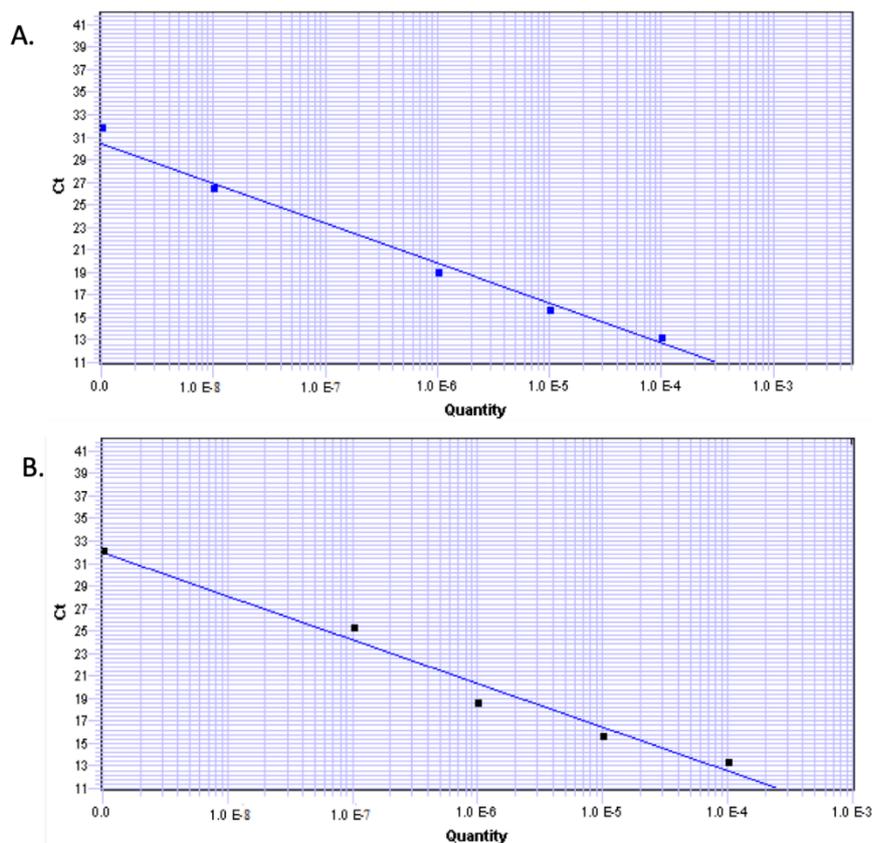


Figura 26. Rectas patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (C_t) frente a la cantidad de ADN detectada (Quantity). Cada una de las rectas (A y B) corresponden a las réplicas de laboratorio realizadas

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.

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



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

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

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

	Recta patrón A	Recta patrón B
Pendiente	-3,600	-3,582
Intercepto	-7,999	-7,532
R^2	0,999	0,999

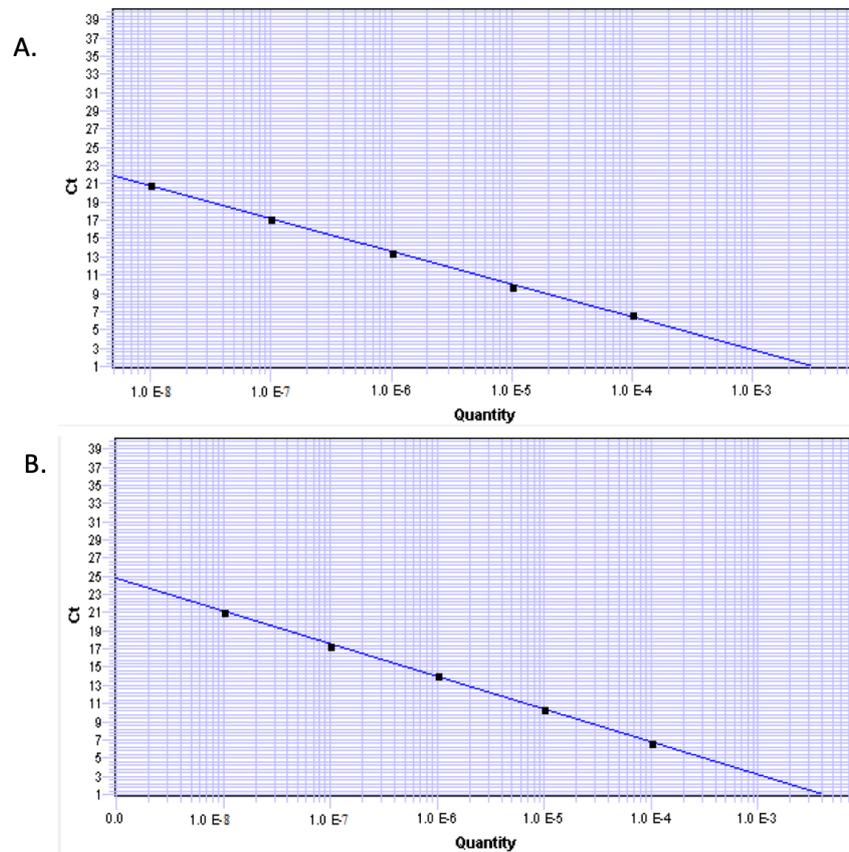


Figura 27. Rectas patrón para la cuantificación de las muestras ambientales, representadas por los ciclos de amplificación (Cf) frente a la cantidad de ADN detectada (Quantity). Cada una de las rectas (A y B) corresponden a las réplicas de laboratorio realizadas

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



5. 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 Puentelarrá:

- Dominio en densidad y biomasa de la madrilla. Las especies autóctonas corren el riesgo de ser completamente desplazadas por otras especies piscívoras como el siluro.
- En cuanto a las especies alóctonas, destacan en densidad el alburno y en biomasa el siluro. No obstante, estas especies no presentan dominancia sobre las especies autóctonas.

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 Moderado según esta metodología. En la Tabla 13 se presentan los resultados de las diferentes métricas, así como del QFBI, obtenidos para el embalse de Puentelearrá:

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

Métrica	PLA20
LOG_BIO	4,39
LOG_BIO_native	4,20
LOG_%_BIO_PISC_Exotic	0,10
LOG_BIO_PISC_Exotic	3,80
LOG_BIO_ciprin_native	4,20
QFBI	0,56
Potencial	Moderado

Se considera que existe una alteración profunda de la asociación de peces del embalse, debido a la presencia de especies exóticas invasoras en todos los niveles tróficos y a la consecuente regresión de las especies autóctonas.

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 especies autóctonas detectadas en los muestreos realizados en el embalse de Puentelarrá son: el barbo de Graells (*Luciobarbus graellsii*), la madrilla (*Parachondrostoma miegii*), el gobio (*Gobio lozanoi*) y el piscardo (*Phoxinus phoxinus*). Se han detectado en el embalse las siguientes especies alóctonas: alburno (*Alburnus alburnus*), carpa común (*Cyprinus carpio*), carpa de espejos (*Cyprinus carpio specularis*), pez sol (*Lepomis gibbosus*) y siluro (*Silurus glanis*). En el caso de la trucha y anguila, la prospección mediante la técnica de mayor sensibilidad conocida, eDNA, ha ofrecido resultados negativos (ausencia) tanto en el caso de la trucha como en el de la anguila.

La asociación de peces está dominada en densidad por la madrilla, que representa el 82,4 % de la abundancia, y le siguen el alburno (8,3 %) y el barbo de Graells (6,5 %). En términos de biomasa, es también la madrilla la principal especie con un 44,7 %, seguido por el siluro (25,6 %) y el barbo de Graells (19 %).

La densidad media de peces, a partir de la interpolación en celdas de 50 m, es de $3,3 \pm 0,1$ ind/dam³, que corresponde a un valor de densidad medio. La biomasa de peces obtenida en el embalse es de $2,5 \pm 0,7$ g/m², o lo que es lo mismo 24,64 kg/ha, que representa un valor medio / 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 Puentelarrá un potencial ecológico “Moderado” según el indicador peces.



7. GLOSARIO Y ACRÓNIMOS

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

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

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

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

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

Capturas: Número de individuos pescados.

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

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

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

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

L. furcal: Longitud furcal media en milímetros.

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

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

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

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



Peso medio: expresado en g.

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

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

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

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

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



8. BIBLIOGRAFÍA

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

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

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

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

CHE. 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

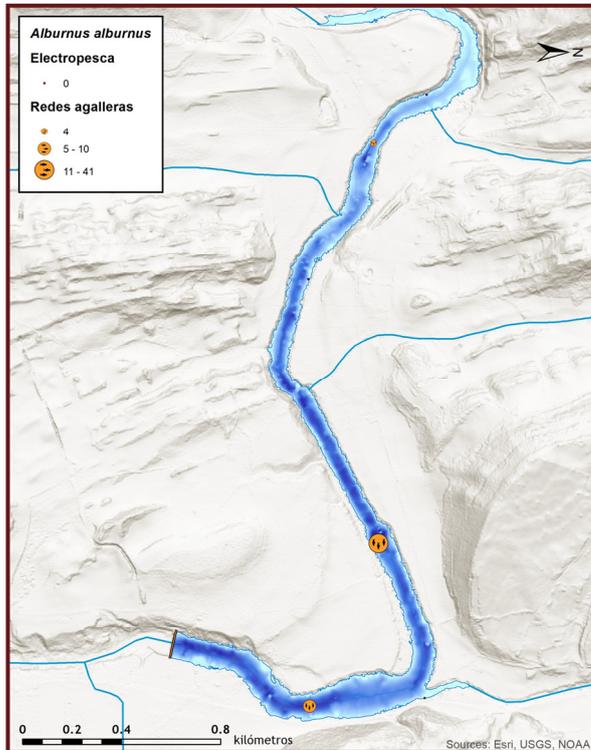


ANEXO 1. ESPECIES PRESENTES

Embalse de PuenteIarrá

Alburno

Alburnus alburnus



Especie de pequeño tamaño que suele alcanzar los 15 cm de longitud, con una talla máxima reportada de 25 cm. Sus poblaciones están en aumento, especialmente en las cuencas del Ebro y Júcar. Vive en ríos y lagos cerca de la superficie alimentándose de zooplancton, crustáceos e insectos. La mayor parte de los individuos alcanzan la madurez sexual a los dos años de edad aunque algunos pueden ser ya maduros con un año.

La freza suele ocurrir en invierno entre los meses de noviembre y enero. Vive en Europa desde la vertiente norte de los Pirineos hasta los Urales.

En España es una especie exótica que fue introducida con fines aparentemente deportivos, al ser un cebo vivo habitualmente empleado para la pesca de grandes predadores, en la década de los noventa. Se distribuye por la cuenca del Ebro y otros ríos Mediterráneos.

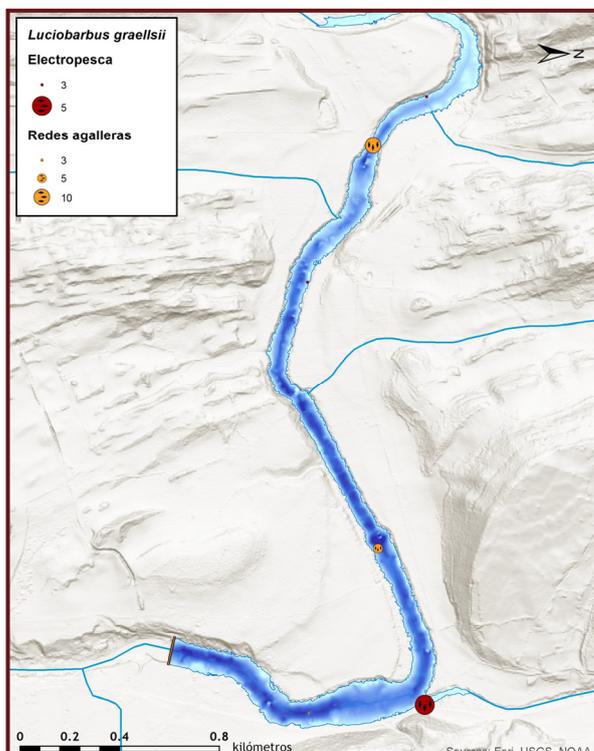




Embalse de PuenteIarrá

Barbo de Graells

Luciobarbus graellsii



Ciprínido de gran tamaño, que puede alcanzar tallas máximas de hasta 800 mm de longitud total, aunque la mayoría no suele superar los 350 mm. El color del cuerpo es pardo verdoso y moteado en juveniles.

Barbus graellsii es una especie que puede colonizar todo tipo de medios, aunque prefiere los cursos medios y bajos de los ríos. Se la encuentra en los tramos altos únicamente en la época de reproducción, buscando zonas de arena y grava donde realizar la puesta. Como ocurre en otras especies del género *Barbus*, prefiere zonas tranquilas con vegetación y raíces de árboles donde encuentra refugios. Tiene hábitos gregarios, por lo que suele formar agrupaciones, incluso con otras especies de ciprínidos, de los géneros *Squalius* y *Parachondrostoma*.

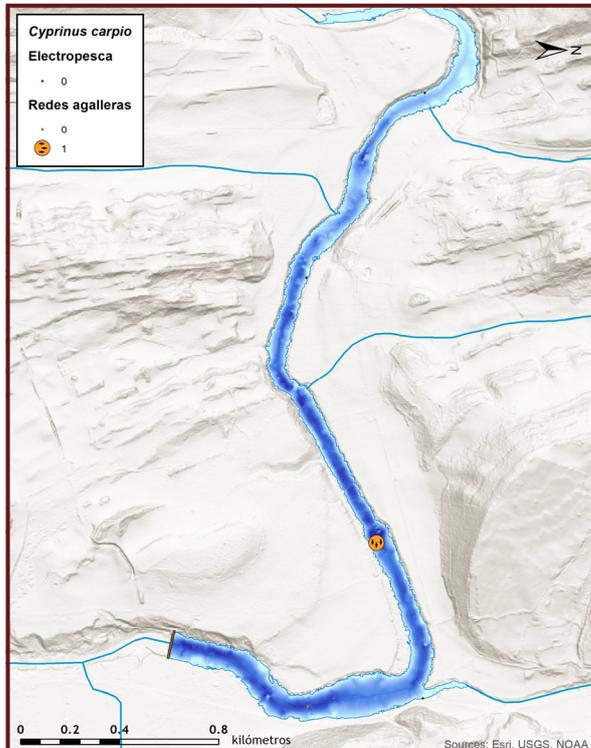
Presentan una alimentación variada, según la disponibilidad de recursos del medio. La época de reproducción dura desde mayo hasta agosto. La introducción de especies exóticas, la mayoría de ellas piscívoras, es la mayor de sus amenazas aunque también la construcción de infraestructuras hidráulicas se considera una amenaza importante. Se distribuye principalmente en la cuenca del Ebro pero llega hasta el río Asón en el Cantábrico y el río Ter en Cataluña.



Embalse de PuenteIarrá

Carpa común

Cyprinus carpio



Es la especie ictica introducida de mayor difusión en la península Ibérica. Puede alcanzar considerables dimensiones de hasta 1 m de longitud y más de 20 kg de peso.

Los machos alcanzan la madurez sexual a la edad de 1 o 2 años mientras que las hembras lo hacen más tarde. Aquellos individuos que habitan los embalses no necesitan salir de ellos para desovar sino que buscan zonas de aguas someras con vegetación dentro del mismo embalse.

Muestra costumbres gregarias, especialmente durante el invierno, que forma bancos en los fondos de las zonas más profundas. Su régimen alimentario es omnívoro, a base de detritos, materia vegetal y, preferentemente, de invertebrados acuáticos del fondo. Sin embargo su capacidad de adaptación es grande y puede variar ampliamente sus hábitos en función de las condiciones del medio.

Es una especie generalista que prefiere los cursos lentos de agua y los tramos de agua estancada con temperaturas altas. Resiste muy bien las bajas concentraciones de oxígeno disuelto, la turbiedad alta, la salinidad y, en general, la contaminación de las aguas.

Se considera que tiene efectos negativos sobre la vegetación acuática sumergida, porque levantan sus raíces, y también contribuyen al enturbiamiento de las aguas por su costumbre de remover el sedimento.

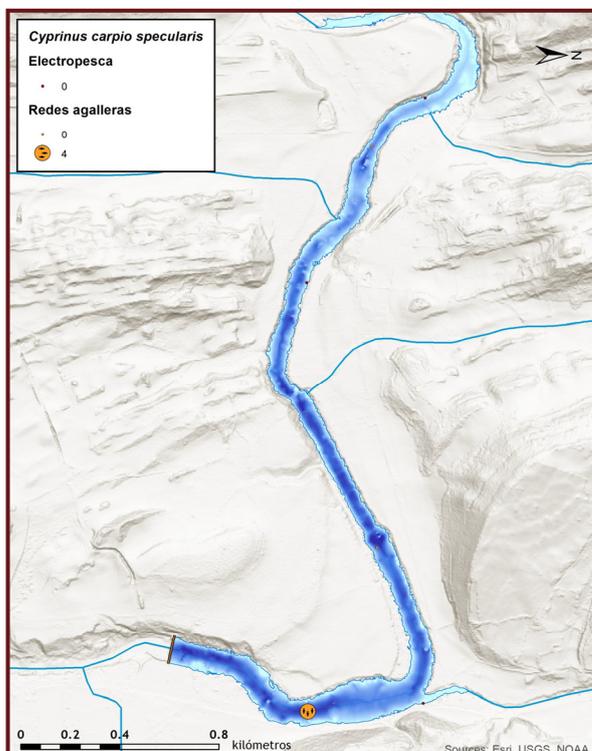




Embalse de PuenteIarrá

Carpa de espejos

Cyprinus carpio specularis



Especie muy variable en forma, proporciones, escamas, color y desarrollo de las aletas. Son omnívoros, se alimentan básicamente de insectos acuáticos, crustáceos, anélidos, moluscos, arroz salvaje, algas y otros vegetales. Es una especie generalista que prefiere los cursos lentos de agua y los tramos de agua estancada con temperaturas altas. Resiste muy bien las bajas tensiones de oxígeno disuelto, la turbiedad alta, la salinidad y, en general, la contaminación de las aguas. Se reproduce en primavera y verano, dejando huevos pegajosos en vegetación poco profunda. Una hembra de 47 centímetros de longitud produce alrededor de 300.000 huevos. Aquellos individuos que habitan los embalses no necesitan salir de ellos para desovar sino que buscan zonas de aguas someras con vegetación dentro del mismo embalse. Los adultos pueden desenraizar y destruir la vegetación acuática sumergida en detrimento de las especies piscícolas autóctonas.

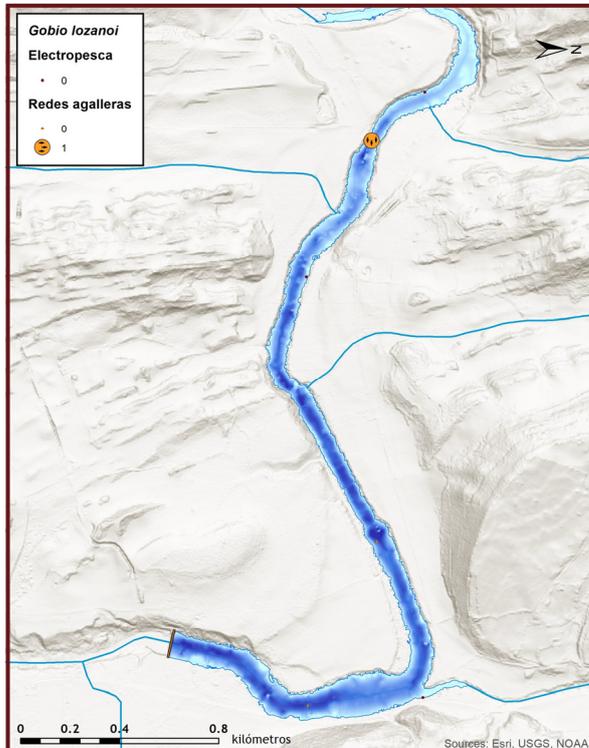




Embalse de PuenteIarrá

Gobio

Gobio lozanoi



Ciprínido de pequeño tamaño, que raramente supera los 150 mm de longitud. La forma de su cuerpo refleja su condición de pez de fondo con una parte ventral más o menos plana, un dorso convexo y la boca ínfera, con una barbilla a cada lado. El color del dorso es oscuro y en los flancos aparece una línea de manchas redondeadas y azuladas sobre un fondo más claro. La aleta dorsal y aleta caudal, fuertemente escotada, están irregularmente punteadas.

Los adultos pueden encontrarse en fondos más o menos blandos o cubiertos por sedimentos y también en ambientes más lénticos, siempre que haya lugares cercanos donde existan las condiciones necesarias para su reproducción. Se alimenta básicamente de macroinvertebrados bentónicos (larvas de insectos, crustáceos y moluscos).

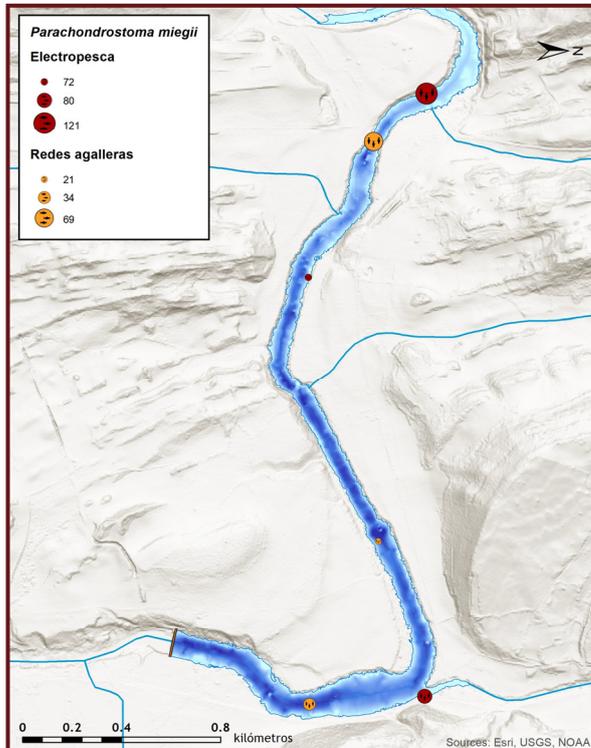
Existen dos poblaciones claramente diferenciadas una presente en la cuenca del Ebro y Bidasoa donde parece ser autóctona y otra ocupando la mayor parte de los ríos españoles donde ha sido introducida artificialmente.



Embalse de PuenteIarrá

Madrilla

Parachondrostoma miegii



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

Es una especie típicamente reófila que vive en aguas corrientes pero que pueden sobrevivir en aguas remansadas e incluso en embalses siempre que puedan salir río arriba en la época reproductiva. Su alimentación es detritívora y complementariamente bentofágica.

Remontan los ríos hacia los tramos altos para realizar la freza. Esta tiene lugar entre los meses de abril y junio en aguas someras con fondos de piedra o grava. La madurez sexual se alcanza a los dos ó tres años de edad. Las hembras ponen entre 600 y 15.000 huevos. Los machos pueden vivir hasta cinco años y las hembras hasta siete.

Especie endémica de España, que se distribuye por los ríos de la vertiente cantábrica oriental: Urumea, Oria, Urola, Deba, Artibay, Oca, Butrón, Nervión, Agüera, Asón y Pas, y de la vertiente mediterránea: Llobregat, Ebro (incluido el Esera) y Cenja.

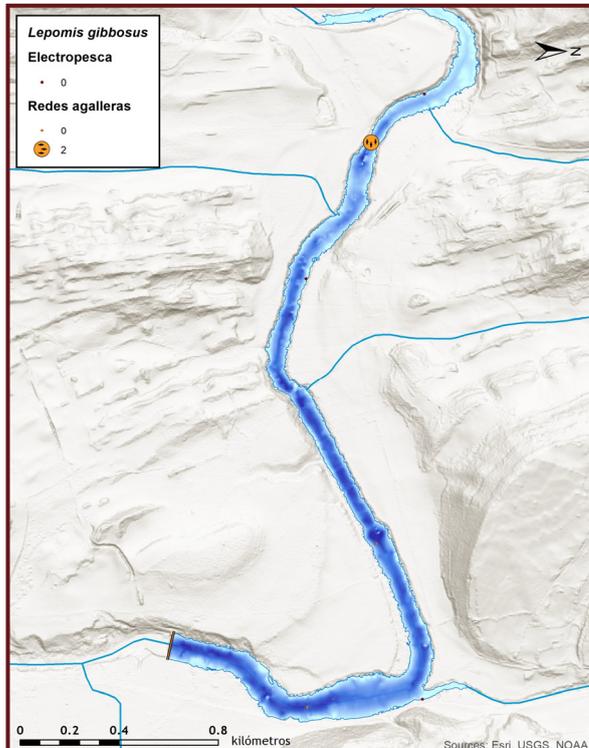




Embalse de PuenteIarrá

Pez sol

Lepomis gibbosus



Pez de tamaño pequeño que no suele sobrepasar los 25 cm de longitud, aunque se conocen ejemplares de 40 cm y 630 g de peso. El cuerpo es aplanado lateralmente y con un colorido muy vistoso. Sus poblaciones se encuentran en expansión. Habita lagunas y tramos de ríos con escasa profundidad, corriente lenta y densa vegetación acuática. Soporta bien la falta de oxígeno y las altas temperaturas.

Son voraces depredadores de invertebrados, huevos y pequeños peces. Sin embargo, los ejemplares de menos de 10 cm suelen presentar una alimentación exclusivamente entomófaga. Frezan entre mayo y julio, en pequeños hoyos excavados en zonas de fondo arenoso o gravilla. Los machos vigilan la puesta (600-5.000 huevos por hembra) y los alevines.

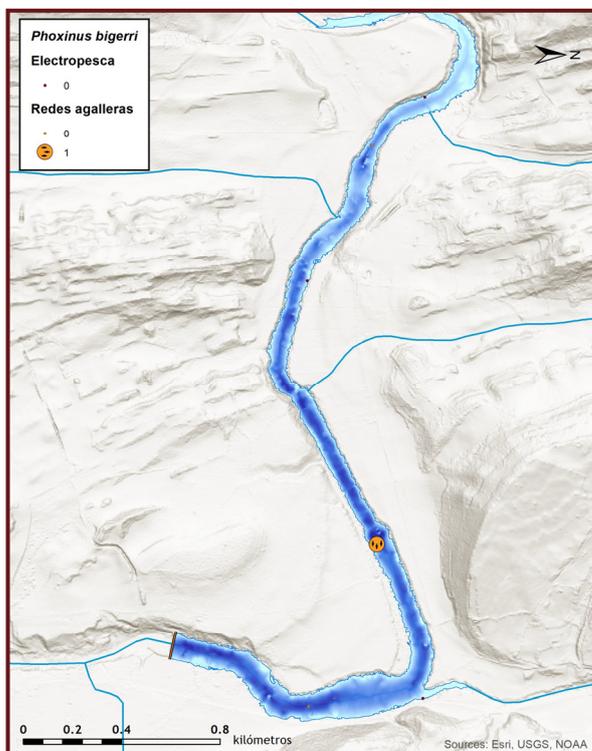
Nativo de Norteamérica. En España se cree que fue introducido a principios del siglo XX desde EEUU, pero en localidades muy controladas no siendo hasta la década de los 80 cuando se empiezan a introducir de forma indiscriminada. En la actualidad se extiende por casi todas las cuencas fluviales.



Embalse de PuenteIarrá

Piscardo

Phoxinus bigerri



El piscardo es un pez de pequeño tamaño que raramente alcanza los 140 mm de longitud total. La coloración es variable y suele presentar manchas oscuras que se disponen transversalmente. Durante la época de reproducción los machos, presentan tubérculos nupciales, y la base de las aletas, excepto la dorsal, se tiñen de rojo.

Suelen vivir en los tramos altos de los ríos en aguas oxigenadas, con fondos pedregosos. Llegan a formar grandes cardúmenes, que en la época de reproducción pueden estar compuestos sólo por ejemplares machos, desencadenándose la reproducción cuando en este cardumen se introducen las hembras. Son omnívoros aunque su dieta principal consiste en macroinvertebrados acuáticos.

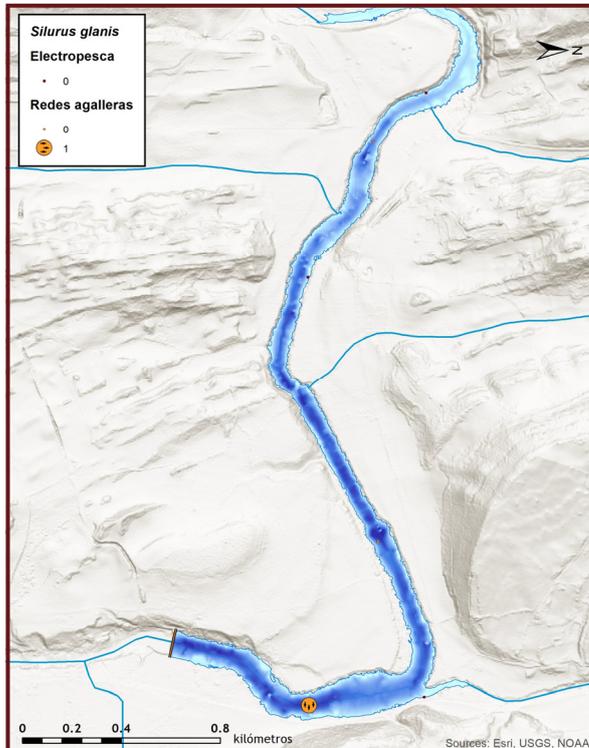
El piscardo posee dos poblaciones bien definidas una en la vertiente atlántica y otra en la mediterránea. En la vertiente atlántica no se sabe para la mayoría de los ríos, con certeza, si es una especie autóctona ya que ha sido ampliamente introducida para favorecer el número de presas disponibles para la trucha (*S. trutta*) y existen pocos registros antiguos sobre su presencia. En esta vertiente sus poblaciones son abundantes. En la vertiente mediterránea, sin embargo, las poblaciones son autóctonas ya que existen registros antiguos sobre su presencia, antes de que se favoreciera a la especie como alimento para las truchas, y en esta vertiente sus poblaciones se encuentran amenazadas.



Embalse de PuenteIarrá

Siluro

Silurus glanis



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





MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



ANEXO 2. RESULTADOS DE LAS PESCAS



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Puentelarrá		CÓDIGO DE RED	PLA20RA01		
UTM-X	493878		UTM-Y	4734575		
TIPO DE RED	Bentónica (16x1.5) 40m		SISTEMA DE REFERENCIA	UTM ETRS89 H30		
INICIO	26-10-20 19:49		FIN	27-10-20 9:50		
PROFUNDIDAD	9		PROFUNDIDAD DE LA RED	8		
RIQUEZA ESPECIES	5		ESFUERZO APLICADO	1.6		
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno	10	6.42	19%	104	67.03	1%
Carpa común		0.00	0%		0.00	0%
Carpa de espejos	4	2.57	8%	424	272.34	5%
Gobio		0.00	0%		0.00	0%
Pez sol		0.00	0%		0.00	0%
Barbo de Graells	3	1.93	6%	89	57.02	1%
Madrilla	34	21.83	65%	736	472.45	9%
Piscardo		0.00	0%		0.00	0%
Siluro	1	0.64	2%	6500	4,173.60	83%
Total	52	33.39	100%	7853	5,042.45	100%

CPUE

BPUE

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	185	80.8	1
Carpa de espejos	<i>Cyprinus carpio specularis</i>	245	295.0	1
Siluro	<i>Silurus glanis</i>	1050	6500.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	155	46.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	145	35.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	110	15.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	122	20.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	150	40.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	145	37.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	115	17.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	145	39.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	95	13.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	110	18.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	115	16.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	120	22.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	114	18.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	115	19.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	110	15.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	150	41.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	120	21.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	122	21.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	104	14.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	116	20.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	140	33.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	150	38.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	115	16.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	110	13.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	125	20.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	145	35.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	115	16.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	81	5.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	80	5.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	105	12.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	138	30.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	80	5.8	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	70	4.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	85	6.0	1



RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	80	4.8	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	70	4.0	1
Carpa de espejos	<i>Cyprinus carpio specularis</i>	180	119.8	1
Carpa de espejos	<i>Cyprinus carpio specularis</i>	75	6.0	1
Carpa de espejos	<i>Cyprinus carpio specularis</i>	55	3.4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	141	26.6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	135	32.0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	110	11.8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	130	19.2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	104	9.2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	64	1.2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	64	1.4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	65	1.2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	65	1.4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	53	0.4	1



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Puentelarrá		CÓDIGO DE RED	PLA20RA02		
UTM-X	495512		UTM-Y	4734595		
TIPO DE RED	Pelágica (16x6) 40m		SISTEMA DE REFERENCIA	UTM ETRS89 H30		
INICIO	26-10-20 20:00		FIN	27-10-20 10:20		
PROFUNDIDAD	11		PROFUNDIDAD DE LA RED	5		
RIQUEZA ESPECIES	5		ESFUERZO APLICADO	6.4		
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno	41	6.44	59%	674	105.72	5%
Carpa común	1	0.16	1%	8000	1,255.81	62%
Carpa de espejos		0.00	0%		0.00	0%
Gobio		0.00	0%		0.00	0%
Pez sol		0.00	0%		0.00	0%
Barbo de Graells	5	0.78	7%	3716	583.33	29%
Madrilla	21	3.30	30%	609	95.60	5%
Piscardo	1	0.16	1%	2	0.25	0%
Siluro		0.00	0%		0.00	0%
Total	69	10.83	100%	13000	2,040.71	100%

CPUE

BPUE

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	198	103.0	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	193	101.0	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	260	220.0	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	185	92.0	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	575	3200.0	1
Carpa Común	<i>Cyprinus carpio</i>	720	8000.0	1
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	54	1.6	1
Madrilla	<i>Parachanna obscura</i>		609.0	21
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	56	0.6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	145	32.6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	140	28.0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	115	15.8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	115	16.0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	115	15.2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	120	17.2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	120	14.4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	117	14.4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	120	15.4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	125	17.2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	111	12.8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	111	12.7	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	125	19.4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	117	13.8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	145	26.4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	124	13.8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	118	13.4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	128	18.0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	125	16.8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	115	13.0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	143	27.6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	153	32.4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	120	14.4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	117	14.6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	115	12.8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	123	18.2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	136	25.8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	115	12.8	1



RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	120	14.4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	118	16.6	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	128	12.4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	115	14.2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	120	18.8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	120	15.4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	115	15.4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	115	13.4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	117	12.8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	111	12.0	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	115	12.4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	108	10.2	1



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Puentelarrá		CÓDIGO DE RED	PLA20RA03		
UTM-X	496177		UTM-Y	4734317		
TIPO DE RED	Bentónica (16x1.5) 40m		SISTEMA DE REFERENCIA	UTM ETRS89 H30		
INICIO	26-10-20 17:00		FIN	27-10-20 9:30		
PROFUNDIDAD	5.5		PROFUNDIDAD DE LA RED	4		
RIQUEZA ESPECIES	4		ESFUERZO APLICADO	1.8		
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno	4	2.18	5%	60	32.84	3%
Carpa común		0.00	0%		0.00	0%
Carpa de espejos		0.00	0%		0.00	0%
Gobio	1	0.55	1%	6	3.49	0%
Pez sol		0.00	0%		0.00	0%
Barbo de Graells	10	5.45	12%	623	339.60	32%
Madrilla	69	37.64	82%	1248	680.89	64%
Piscardo		0.00	0%		0.00	0%
Siluro		0.00	0%		0.00	0%
Total	84	45.82	100%	1938	1,056.82	100%

CPUE

BPUE

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	203	100.4	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	225	139.2	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	215	140.0	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	162	56.2	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	182	84.6	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	121	25.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	175	60.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	135	28.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	143	37.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	145	36.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	105	14.5	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	155	42.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	145	35.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	150	41.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	132	29.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	120	19.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	120	17.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	110	10.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	100	10.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	95	9.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	92	7.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	75	5.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	90	8.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	109	13.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	103	11.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	84	6.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	90	7.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	110	14.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	75	4.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	75	4.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	85	6.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	116	18.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	110	15.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	120	19.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	122	19.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	150	37.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	105	10.6	1



RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	95	10.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	105	13.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	100	10.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	55	8.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	107	13.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	110	13.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	95	8.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	85	7.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	90	7.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	101	10.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	140	38.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	145	33.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	115	19.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	118	17.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	95	8.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	128	27.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	140	34.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	135	25.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	98	10.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	114	16.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	83	8.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	115	16.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	145	32.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	156	45.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	135	27.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	130	23.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	140	30.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	115	15.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	125	17.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	145	36.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	120	19.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	85	8.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	73	3.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	85	6.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	103	10.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	75	4.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	75	4.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	84	8.8	1
Perca Sol	<i>Lepomis gibbosus</i>	60	2.2	1
Perca Sol	<i>Lepomis gibbosus</i>	57	2.2	1
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	77	6.4	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	158	46.0	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	105	13.4	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	105	13.6	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	65	4.2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	105	11.2	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	130	20.8	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	130	20.4	1
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	100	7.8	1



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Puentelarrá	CÓDIGO			PLA20PE01	
UMT-X	493,678	UTM-Y			4,734,789	
RIQUEZA ESPECIES	2	Distancia (m)			102.7	
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno		0.00	0%		0.00	0%
Carpa común		0.00	0%		0.00	0%
Carpa de espejos		0.00	0%		0.00	0%
Gobio		0.00	0%		0.00	0%
Pez sol		0.00	0%		0.00	0%
Barbo de Graells	3	0.03	2%	47	0.46	4%
Madrilla	121	1.18	98%	1143	11.13	96%
Piscardo		0.00	0%		0.00	0%
Siluro		0.00	0%		0.00	0%
Total	124	1.21	100%	1191	11.59	100%

CPUE

BPUE

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	120	18.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	124	21.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	114	14.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	107	13.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	96	10.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	91	8.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	64	2.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	72	2.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	97	10.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	117	18.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	115	18.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	113	17.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	68	3.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	85	7.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	100	10.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	110	14.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	93	9.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	119	19.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	66	3.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	127	23.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	90	8.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	143	32.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	85	7.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	125	21.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	103	11.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	99	9.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	115	15.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	83	4.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	109	13.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	137	29.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	102	10.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	82	6.0	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	76	3.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	45	0.5	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	87	5.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	83	5.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	49	0.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	97	10.4	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	71	2.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	68	2.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	73	3.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	110	12.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	113	14.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	45	0.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	111	14.2	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	113	17.2	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	115	19.2	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>		648.0	76
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	98	10.8	1



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Puentelarrá	CÓDIGO	PLA20PE02			
UMT-X	494,432	UMT-Y	4,734,312			
RIQUEZA ESPECIES	2	Distancia (m)	82.6			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno		0.00	0%		0.00	0%
Carpa común		0.00	0%		0.00	0%
Carpa de espejos		0.00	0%		0.00	0%
Gobio		0.00	0%		0.00	0%
Pez sol		0.00	0%		0.00	0%
Barbo de Graells	3	0.04	4%	173	2.09	14%
Madrilla	72	0.87	96%	1050	12.72	86%
Piscardo		0.00	0%		0.00	0%
Siluro		0.00	0%		0.00	0%
Total	75	0.91	100%	1223	14.81	100%

CPUE		BPUE	

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	165	57.0	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	177	75.8	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	149	39.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	170	56.1	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	159	44.3	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	78	3.6	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	73	2.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	73	2.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	87	5.3	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	140	28.3	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>		907.0	65



FICHA DE PESCA						
DATOS DE LA RED						
SISTEMA	Puentelarrá	CÓDIGO	PLA20PE03			
UMT-X	496,145	UMT-Y	4,734,782			
RIQUEZA ESPECIES	2	Distancia (m)	81.2			
RESUMEN DE LAS PESCAS						
ESPECIE	CAPTURAS	CPUE	% CPUE	BIOMASA (g)	BPUE	% BPUE
Alburno		0.00	0%		0.00	0%
Carpa común		0.00	0%		0.00	0%
Carpa de espejos		0.00	0%		0.00	0%
Gobio		0.00	0%		0.00	0%
Pez sol		0.00	0%		0.00	0%
Barbo de Graells	5	0.06	6%	734	9.03	50%
Madrilla	80	0.98	94%	736	9.07	50%
Piscardo		0.00	0%		0.00	0%
Siluro		0.00	0%		0.00	0%
Total	85	1.05	100%	1470	18.10	100%

CPUE		BPUE	

RESULTADOS DETALLADOS DE LA PESCA				
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L. furcal (mm)	Peso (g)	Numero Ind
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	240	179.0	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	230	171.0	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	185	77.2	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	240	176.6	1
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	210	129.8	1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>		736.4	80



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 ³)	Biomasa (g/m ²)
1	1	495916.02	4733793.29	0.00	0.00
1	2	495934.07	4733832.25	4.13	0.77
1	3	495933.35	4733881.81	0.09	0.02
1	4	495947.27	4733930.10	0.01	0.00
1	5	495966.88	4733975.84	0.03	0.01
1	6	495981.06	4734023.26	0.04	0.01
1	7	496001.69	4734068.58	0.01	0.00
1	8	496054.54	4734112.18	0.00	0.00
1	9	496094.29	4734142.23	2.21	0.41
1	10	496128.33	4734175.68	0.43	0.08
1	11	496156.84	4734216.33	0.02	0.00
1	12	496160.57	4734260.37	1.04	0.19
1	13	496161.99	4734309.94	0.05	0.01
1	14	496153.25	4734359.09	0.00	0.00
1	15	496145.77	4734408.65	0.00	0.00
1	16	496135.53	4734455.67	2.18	0.41
1	17	496112.46	4734500.17	0.58	0.11
1	18	496100.26	4734548.46	3.84	0.71
1	19	496101.48	4734599.29	0.13	0.03
1	20	496104.12	4734647.58	0.56	0.11
1	21	496100.13	4734697.14	1.64	0.31
1	22	496066.97	4734730.20	0.00	0.00
1	23	496021.45	4734750.99	0.01	0.00
1	24	495976.30	4734767.53	0.00	0.00
1	25	495928.62	4734763.32	0.03	0.01
1	26	495882.40	4734743.02	0.01	0.00
1	27	495859.91	4734744.72	0.29	0.05
1	28	495814.13	4734724.42	0.00	0.00
1	29	495793.61	4734723.16	0.00	0.00
1	30	495748.79	4734705.40	0.02	0.00
1	31	495701.75	4734688.06	0.00	0.00
1	32	495654.76	4734670.73	0.00	0.00
1	33	495608.83	4734651.69	0.03	0.01
1	34	495567.23	4734623.75	0.06	0.01
1	35	495520.50	4734606.42	0.00	0.00
1	36	495478.55	4734576.80	0.00	0.00
1	37	495435.06	4734553.53	0.01	0.00
1	38	495357.78	4734512.07	0.00	0.00
1	39	495314.45	4734487.95	0.00	0.00
1	40	495271.37	4734465.52	0.00	0.00
1	41	495226.70	4734442.68	0.00	0.00
1	42	495183.01	4734418.57	0.00	0.00
1	43	495140.22	4734393.60	0.03	0.01
1	44	495093.78	4734374.58	0.00	0.00
1	45	495049.40	4734353.00	0.23	0.04



Estrato	Segmento	X ETRS89 H30	Y ETRS89 H30	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
1	46	495007.27	4734326.35	0.03	0.01
1	47	494963.32	4734303.09	0.00	0.00
1	48	494919.74	4734279.40	0.77	0.14
1	49	494890.17	4734240.02	0.28	0.05
1	50	494851.14	4734208.70	0.01	0.00
1	51	494806.58	4734187.56	0.00	0.00
1	52	494756.87	4734184.63	0.00	0.00
1	53	494707.87	4734192.29	0.00	0.00
1	54	494658.80	4734202.08	0.00	0.00
1	55	494610.76	4734212.27	0.19	0.04
1	56	494564.43	4734230.53	0.05	0.01
1	57	494519.70	4734245.39	0.00	0.00
1	58	494471.09	4734252.20	0.00	0.00
1	59	494422.50	4734263.68	0.01	0.00
1	60	494375.52	4734281.09	0.43	0.08
1	61	494330.49	4734302.73	0.00	0.00
1	62	494292.07	4734334.95	0.01	0.00
1	63	494266.99	4734377.34	0.00	0.00
1	64	494237.18	4734415.91	0.98	0.18
1	65	494206.39	4734454.48	0.00	0.00
1	66	494167.04	4734480.35	0.00	0.00
1	67	494121.28	4734500.30	0.00	0.00
1	68	494075.29	4734512.62	0.00	0.00
1	69	494028.62	4734524.10	0.00	0.00
1	70	493945.47	4734538.57	0.08	0.01
1	71	493900.80	4734561.91	0.05	0.01
1	72	493847.55	4734593.30	0.03	0.01
1	73	493806.83	4734622.14	0.20	0.04
1	74	493769.56	4734654.80	0.00	0.00
1	75	493742.82	4734695.91	0.00	0.00
1	76	493720.50	4734740.84	0.02	0.00
1	77	493703.09	4734786.59	1.33	0.25
1	78	493687.75	4734827.27	0.24	0.04
1	79	493709.57	4734784.06	1.98	0.37
1	80	493729.06	4734738.29	0.00	0.00
1	81	493752.04	4734695.06	0.03	0.01
1	82	493777.05	4734653.52	0.00	0.00
1	83	493817.42	4734624.26	0.00	0.00
1	84	493858.29	4734596.26	0.00	0.00
1	85	493902.16	4734572.08	0.05	0.01
1	86	493973.57	4734542.37	1.72	0.32
1	87	494023.47	4734542.75	0.00	0.00
1	88	494056.96	4734510.95	0.01	0.00
1	89	494105.99	4734511.33	0.02	0.00
1	90	494151.69	4734490.53	0.01	0.00



Estrato	Segmento	X ETRS89 H30	Y ETRS89 H30	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
1	91	494196.36	4734468.46	0.20	0.04
1	92	494230.82	4734431.58	0.05	0.01
1	93	494278.61	4734368.42	0.00	0.00
1	94	494314.64	4734335.36	0.00	0.00
1	95	494357.83	4734310.33	0.00	0.00
1	96	494405.14	4734295.89	0.01	0.00
1	97	494452.05	4734280.18	0.00	0.00
1	98	494499.29	4734266.16	0.27	0.05
1	99	494574.68	4734254.24	0.06	0.01
1	100	494668.30	4734224.52	0.00	0.00
1	101	494716.42	4734212.19	0.00	0.00
1	102	494765.61	4734207.50	0.02	0.00
1	103	494814.19	4734212.97	0.52	0.10
1	104	494855.20	4734241.75	0.29	0.05
1	105	494888.25	4734275.60	0.00	0.00
1	106	494923.53	4734310.31	0.00	0.00
1	107	494967.71	4734332.73	0.29	0.05
1	108	495011.52	4734356.43	0.14	0.03
1	109	495054.52	4734379.69	0.09	0.02
1	110	495097.45	4734405.07	0.02	0.00
1	111	495142.20	4734426.65	0.00	0.00
1	112	495185.27	4734449.49	0.00	0.00
1	113	495228.14	4734472.34	0.00	0.00
1	114	495271.23	4734496.45	0.59	0.11
1	115	495314.15	4734520.57	0.00	0.00
1	116	495358.08	4734543.41	3.17	0.59
1	117	495401.20	4734568.37	0.00	0.00
1	118	495454.34	4734600.53	0.00	0.00
1	119	495499.59	4734621.69	0.00	0.00
1	120	495543.46	4734644.96	0.00	0.00
1	121	495589.31	4734664.40	0.01	0.00
1	122	495633.10	4734688.11	0.00	0.00
1	123	495679.56	4734705.02	0.59	0.11
1	124	495726.19	4734722.36	0.00	0.00
1	125	495771.19	4734740.54	0.00	0.00
1	126	495817.58	4734754.92	0.01	0.00
1	127	495863.44	4734773.10	0.00	0.00
1	128	495912.23	4734782.82	0.01	0.00
1	129	495957.74	4734791.69	0.00	0.00
1	130	496006.70	4734783.61	0.00	0.00
1	131	496053.86	4734769.60	0.02	0.00
1	132	496091.43	4734736.55	0.07	0.01
1	133	496120.29	4734695.87	0.11	0.02
1	134	496133.38	4734647.57	0.21	0.04
1	135	496151.26	4734601.38	0.18	0.03



Estrato	Segmento	X ETRS89 H30	Y ETRS89 H30	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
1	136	496162.24	4734552.66	0.23	0.04
1	137	496181.24	4734460.73	0.04	0.01
1	138	496178.90	4734410.75	0.29	0.05
1	139	496172.45	4734364.58	0.05	0.01
1	140	496177.63	4734315.86	0.06	0.01
1	141	496181.84	4734266.29	0.04	0.01
1	142	496177.58	4734216.31	0.02	0.00
1	143	496129.12	4734144.75	0.08	0.01
1	144	496097.84	4734105.80	0.29	0.05
1	145	496056.10	4734079.14	0.27	0.05
1	146	496018.37	4734046.96	0.00	0.00
1	147	495997.47	4734003.35	0.02	0.00
1	148	495987.12	4733955.06	0.00	0.00
1	149	495970.35	4733908.05	0.10	0.02
1	150	495961.08	4733859.76	0.21	0.04
1	151	495965.54	4733814.02	0.15	0.03
1	152	495923.72	4733917.40	0.05	0.01
1	153	496019.18	4733988.93	0.42	0.08
1	154	496024.20	4734107.97	0.03	0.01
1	155	496158.76	4734127.79	0.34	0.06
1	156	496134.34	4734234.55	4.98	0.93
1	157	496202.47	4734327.29	0.03	0.01
1	158	496108.53	4734411.21	0.08	0.02
1	159	496187.09	4734517.06	0.52	0.10
1	160	496139.00	4734507.77	0.02	0.00
1	161	496066.16	4734614.98	0.49	0.09
1	162	496115.40	4734624.28	0.19	0.04
1	163	496137.16	4734725.08	0.87	0.16
1	164	495922.49	4734750.61	1.27	0.24
1	165	495727.85	4734745.66	0.00	0.00
1	166	495565.82	4734602.16	0.00	0.00
1	167	495457.79	4734630.19	7.03	1.31
1	168	495287.26	4734462.55	0.16	0.03
1	169	495105.40	4734421.59	0.02	0.00
1	170	494948.19	4734284.03	0.02	0.00
1	171	494784.56	4734216.80	0.50	0.09
1	172	494578.68	4734210.61	0.00	0.00
1	173	494446.10	4734288.66	1.33	0.25
1	174	494091.21	4734484.23	0.05	0.01
1	175	493998.30	4734563.52	29.29	5.45
2	1	495926.40	4733800.02	0.00	0.00
2	2	495931.53	4733856.64	0.00	0.00
2	3	495941.38	4733905.46	0.00	0.00
2	4	495959.01	4733952.04	3.91	0.39
2	5	495978.14	4733998.08	5.45	0.02



Estrato	Segmento	X ETRS89 H30	Y ETRS89 H30	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
2	6	495989.10	4734046.07	0.00	0.00
2	7	496020.45	4734085.20	0.00	0.00
2	8	496073.30	4734128.10	0.00	0.00
2	9	496115.96	4734154.69	21.97	1.76
2	10	496140.36	4734198.16	0.00	0.00
2	11	496168.48	4734236.47	0.00	0.00
2	12	496162.57	4734285.95	7.70	0.01
2	13	496160.94	4734335.48	9.64	0.31
2	14	496149.39	4734383.86	6.88	6.83
2	15	496145.97	4734432.79	0.00	0.00
2	16	496124.41	4734478.34	37.76	0.14
2	23	496000.89	4734764.94	0.00	0.00
2	24	495951.08	4734772.84	0.00	0.00
2	25	495911.48	4734757.44	34.23	39.98
2	26	495876.66	4734750.29	0.00	0.00
2	27	495840.32	4734739.21	0.00	0.00
2	28	495801.90	4734722.41	0.00	0.00
2	29	495769.95	4734718.32	0.00	0.00
2	30	495724.91	4734697.12	0.00	0.00
2	31	495677.85	4734680.63	0.00	0.00
2	32	495631.19	4734663.07	0.00	0.00
2	33	495587.68	4734638.44	0.00	0.00
2	34	495542.45	4734617.36	0.00	0.00
2	35	495501.20	4734594.43	12.04	63.98
2	36	495454.70	4734569.45	7.02	1.51
2	37	495414.02	4734540.60	0.00	0.00
2	38	495337.03	4734499.08	0.00	0.00
2	39	495290.32	4734481.09	0.00	0.00
2	40	495249.54	4734452.96	0.00	0.00
2	41	495204.10	4734432.75	0.00	0.00
2	42	495159.76	4734409.25	0.00	0.00
2	43	495116.06	4734386.75	0.00	0.00
2	44	495070.13	4734366.88	0.00	0.00
2	45	495029.67	4734338.69	0.00	0.00
2	46	494984.78	4734315.98	0.00	0.00
2	47	494940.62	4734293.34	0.00	0.00
2	48	494902.14	4734262.91	0.00	0.00
2	49	494869.79	4734225.99	5.31	0.14
2	50	494829.75	4734194.88	0.00	0.00
2	51	494781.63	4734183.65	0.00	0.00
2	52	494733.29	4734192.87	0.00	0.00
2	54	494634.45	4734206.03	0.00	0.00
2	55	494588.83	4734224.61	0.00	0.00
2	56	494544.01	4734245.05	0.00	0.00
2	57	494495.56	4734248.44	0.00	0.00



Estrato	Segmento	X ETRS89 H30	Y ETRS89 H30	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
2	58	494447.05	4734259.77	0.00	0.00
2	59	494399.03	4734274.33	0.00	0.00
2	60	494351.69	4734294.32	0.00	0.00
2	62	494271.89	4734369.24	0.00	0.00
2	70	493923.28	4734550.45	34.96	4.49
2	72	493827.41	4734607.89	0.00	0.00
2	73	493788.41	4734641.24	0.00	0.00
2	82	493797.85	4734638.90	0.00	0.00
2	85	493922.79	4734557.72	0.00	0.00
2	86	493997.61	4734542.91	0.00	0.00
2	93	494293.43	4734348.66	0.00	0.00
2	95	494387.23	4734300.42	0.00	0.00
2	96	494427.10	4734284.82	0.00	0.00
2	97	494476.49	4734269.76	0.00	0.00
2	98	494524.27	4734261.73	0.00	0.00
2	99	494597.25	4734242.85	8.27	0.78
2	103	494835.74	4734225.96	0.00	0.00
2	104	494875.52	4734254.36	0.00	0.00
2	105	494906.04	4734292.09	0.00	0.00
2	106	494945.40	4734320.72	0.00	0.00
2	107	494989.91	4734344.02	0.00	0.00
2	108	495033.84	4734365.77	0.00	0.00
2	109	495076.49	4734391.19	0.00	0.00
2	110	495119.63	4734415.39	0.00	0.00
2	111	495164.96	4734435.79	0.00	0.00
2	112	495207.07	4734460.06	0.00	0.00
2	113	495250.72	4734482.74	11.51	0.66
2	114	495294.07	4734506.38	43.72	4.60
2	115	495337.59	4734529.16	0.00	0.00
2	116	495381.08	4734553.32	0.00	0.00
2	117	495423.74	4734578.67	31.41	0.36
2	118	495477.00	4734610.88	20.31	18.91
2	119	495523.28	4734629.99	36.38	0.34
2	120	495566.75	4734654.34	0.00	0.00
2	121	495611.30	4734675.85	0.00	0.00
2	122	495656.54	4734698.03	0.00	0.00
2	123	495705.15	4734712.59	0.00	0.00
2	124	495749.88	4734733.59	0.00	0.00
2	125	495796.29	4734744.77	0.00	0.19
2	126	495841.99	4734760.70	115.70	15.22
2	127	495888.23	4734776.72	25.95	9.85
2	128	495936.06	4734786.73	105.83	58.97
2	129	495983.33	4734790.92	11.09	15.61
2	130	496030.30	4734776.07	26.14	4.40
2	131	496074.67	4734754.52	102.24	39.45



Estrato	Segmento	X ETRS89 H30	Y ETRS89 H30	Densidad (ind/dm ³)	Biomasa (g/m ²)
2	132	496107.60	4734717.16	0.00	0.00
2	138	496173.98	4734388.62	0.00	7.30
2	139	496173.20	4734339.87	29.28	5.49
2	140	496178.59	4734291.05	23.92	24.43
2	141	496180.17	4734241.10	14.02	0.07
2	142	496170.54	4734192.07	15.89	24.40
2	143	496114.31	4734124.45	13.83	0.13
2	144	496075.03	4734094.49	0.00	0.00
2	145	496037.15	4734062.94	0.00	0.00
2	146	496003.18	4734027.49	11.86	0.38
2	147	495995.03	4733978.40	0.00	0.00
2	148	495978.19	4733931.70	0.00	0.00
2	149	495961.10	4733884.91	128.55	14.07
2	150	495955.15	4733836.14	54.43	0.71
2	151	495951.91	4733805.81	17.79	0.01
2	152	495936.24	4733917.96	0.00	0.00
2	153	496003.47	4733993.38	0.00	0.00
2	154	496038.36	4734100.52	0.00	0.00
2	155	496145.12	4734135.29	19.58	0.60
2	156	496151.57	4734232.67	0.00	8.15
2	157	496191.58	4734328.42	0.00	54.18
2	158	496128.88	4734418.45	224.73	171.03
2	159	496166.99	4734515.56	0.00	0.00
2	160	496114.22	4734506.38	0.00	0.00
2	164	495922.95	4734773.31	116.88	35.62
2	165	495736.58	4734726.63	0.00	0.00
2	166	495559.06	4734621.36	0.00	0.00
2	167	495466.66	4734613.86	0.00	92.35
2	168	495273.68	4734477.36	177.80	18.99
2	169	495113.10	4734402.13	0.00	0.00
2	170	494938.32	4734299.92	0.00	0.00
2	171	494785.13	4734195.94	0.00	0.00
2	172	494586.23	4734231.66	0.00	0.01
2	173	494438.74	4734269.84	0.00	0.00

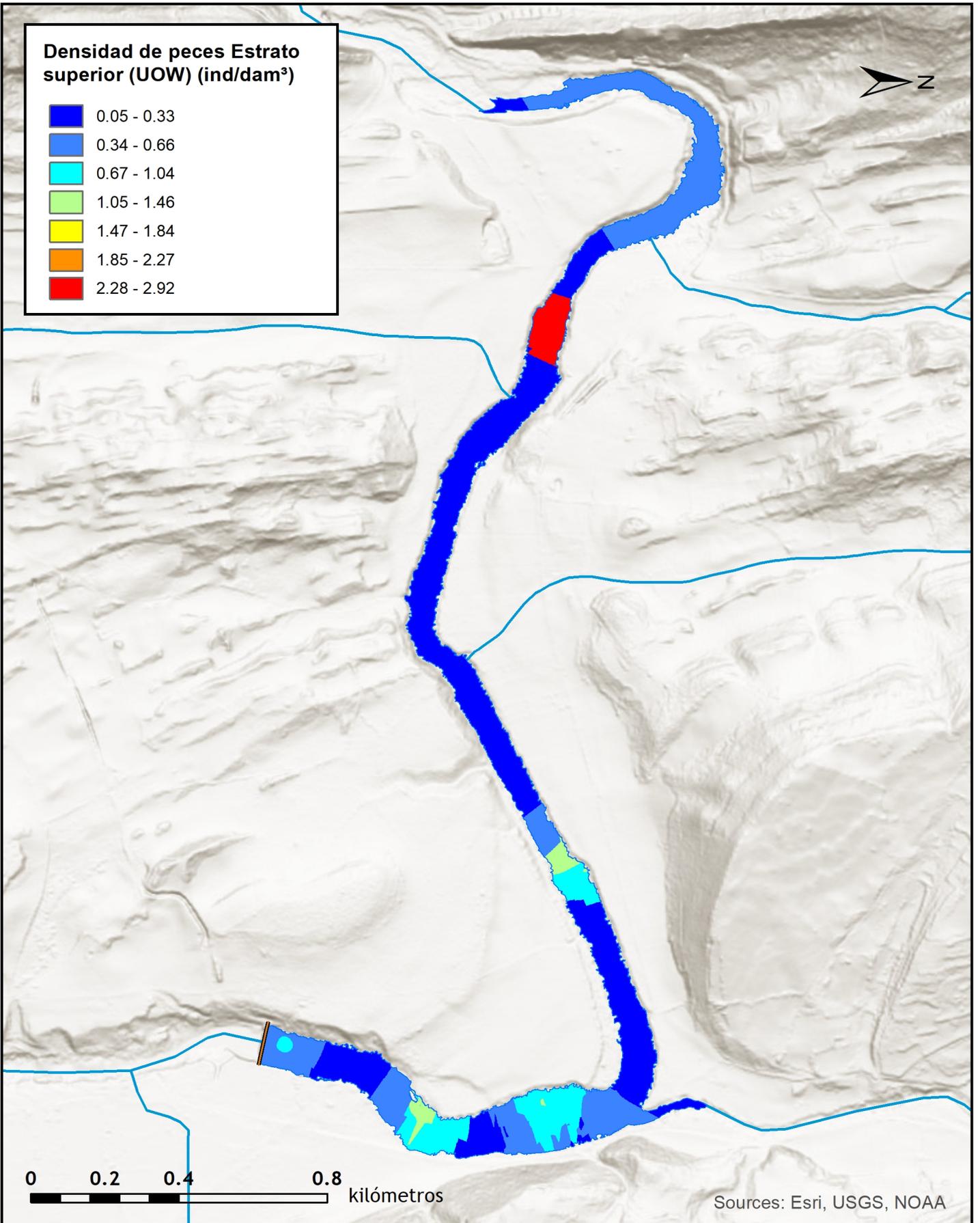
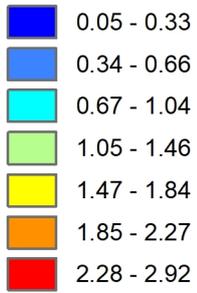


MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



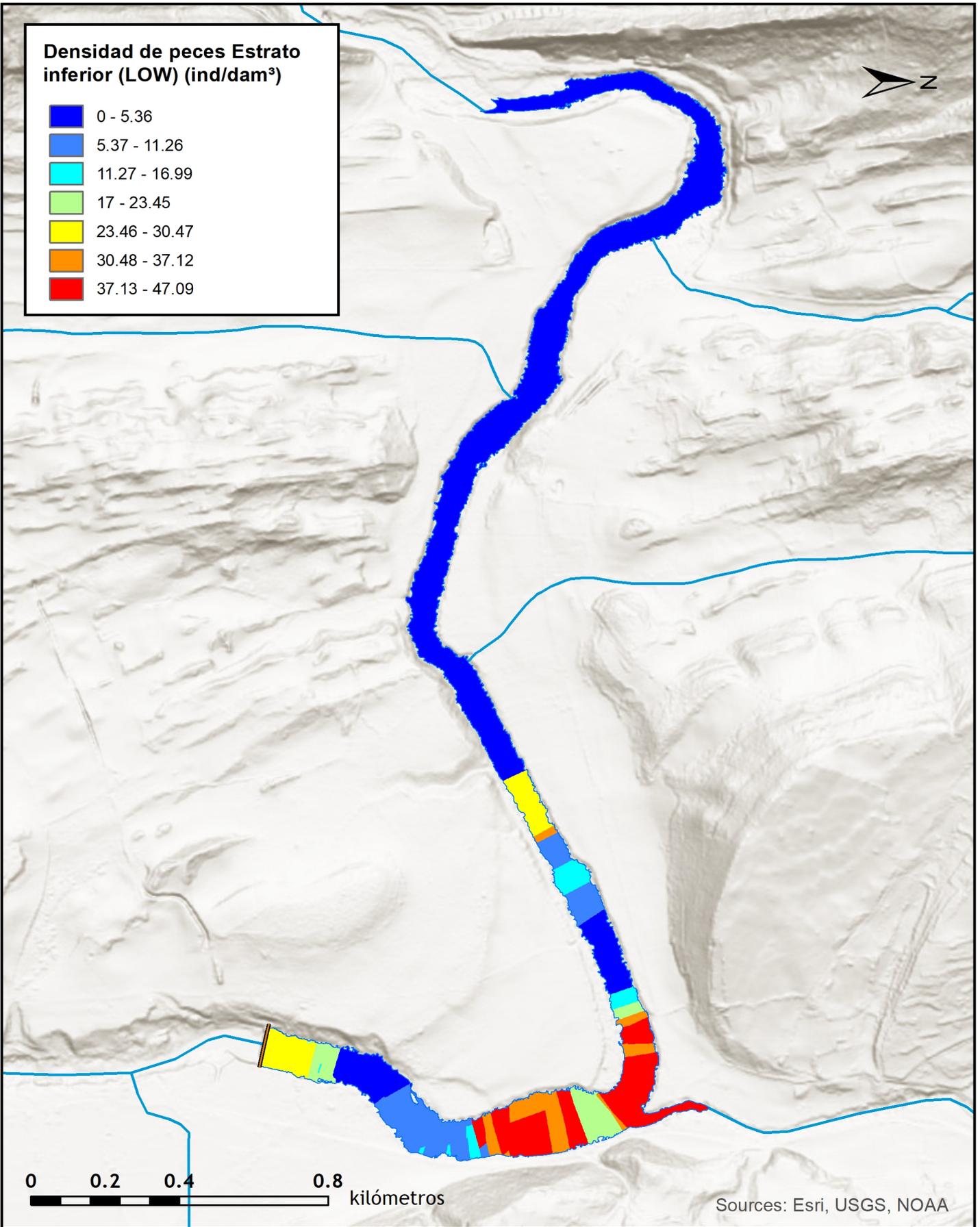
ANEXO 4. MAPAS INTERPOLADOS DE DENSIDAD Y BIOMASA

Densidad de peces Estrato superior (UOW) (ind/dam³)



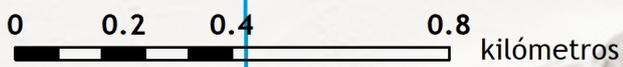
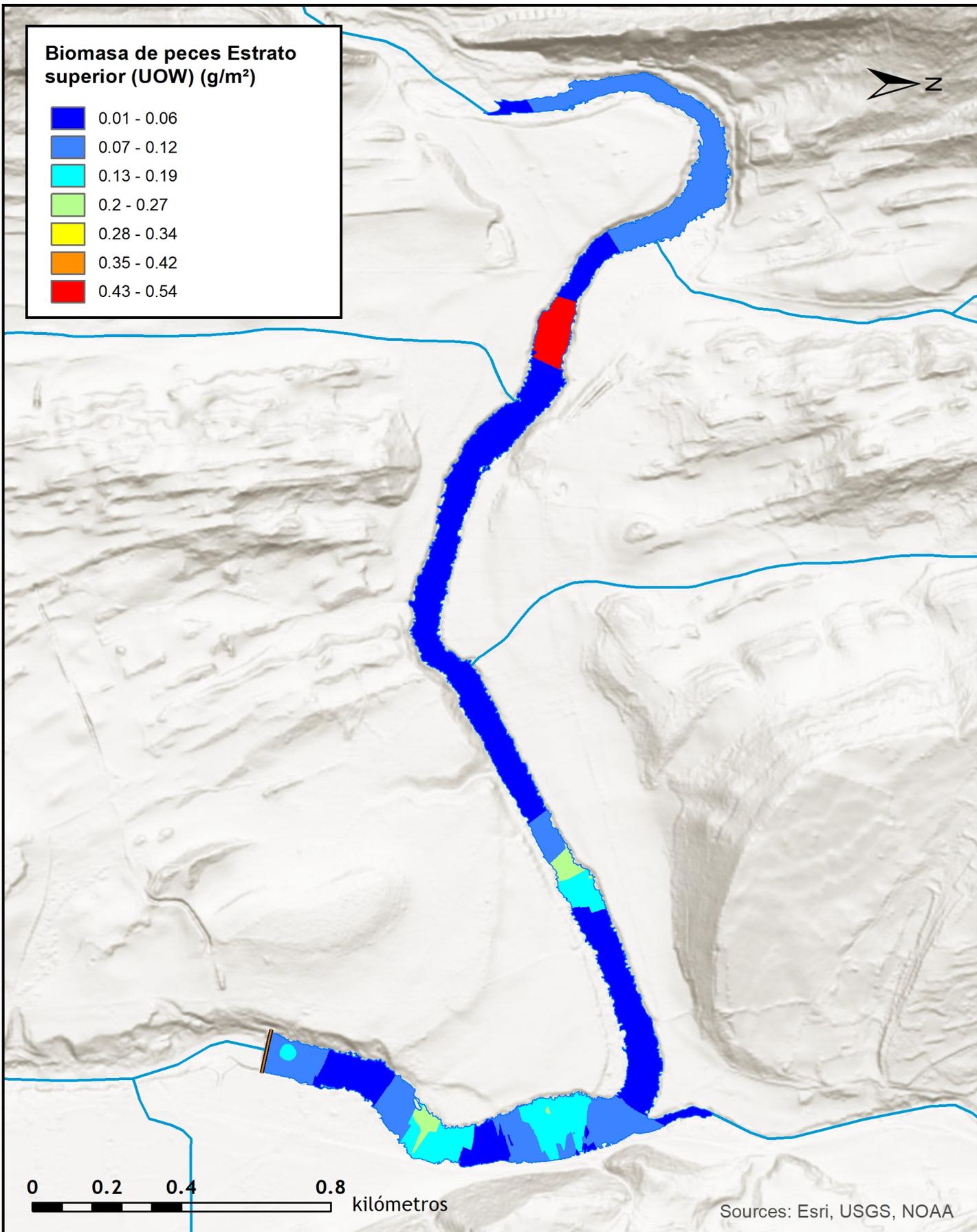
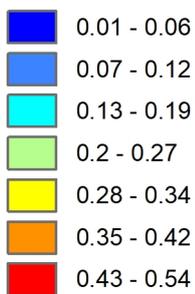
SONDEO HIDROACÚSTICO EN EMBALSES
DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO:
PUENTELARRÁ

Densidad de peces Estrato inferior (LOW) (ind/dam³)



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

Biomasa de peces Estrato superior (UOW) (g/m²)

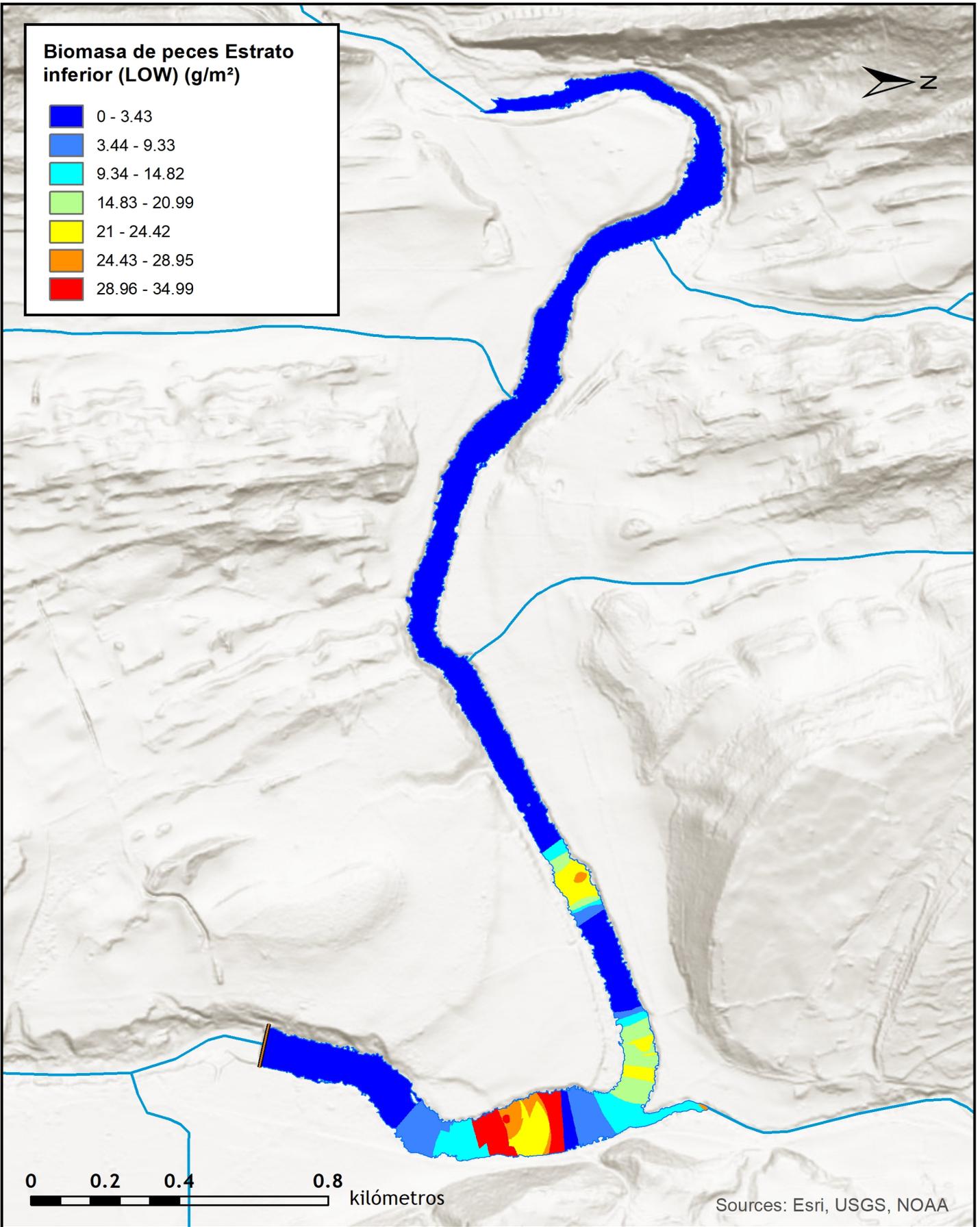
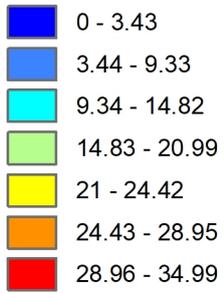


Sources: Esri, USGS, NOAA



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

Biomasa de peces Estrato inferior (LOW) (g/m²)



0 0.2 0.4 0.8 kilómetros

Sources: Esri, USGS, NOAA



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



MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



ANEXO 5. BOLETINES DE ENSAYO eDNA

TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE  CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA EBRO
ESPECIE/S:	<i>Anguilla anguilla/Salmo trutta</i>	
INFORME DE ENSAYO Nº:	EC20012_3	
Procedencia:	Embalse de Puentelarrá	
Código de proyecto:	EC20012	

Recepción de muestras en el laboratorio

Fecha:	27/10/2020
Técnico:	Alberto Criado
Nº Muestras:	9
Estado de las muestras:	Frías
Almacenaje:	Congelación

Código de muestra	Chequeo
PLA20_RA01F	<input checked="" type="checkbox"/>
PLA20_RA01M	<input checked="" type="checkbox"/>
PLA20_RA01S	<input checked="" type="checkbox"/>
PLA20_RA02F	<input checked="" type="checkbox"/>
PLA20_RA02M	<input checked="" type="checkbox"/>
PLA20_RA02S	<input checked="" type="checkbox"/>
PLA20_RA03F	<input checked="" type="checkbox"/>
PLA20_RA03M	<input checked="" type="checkbox"/>
PLA20_RA03S	<input checked="" type="checkbox"/>



TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE  CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA EBRO
ESPECIE/S:	<i>Anguilla anguilla/Salmo trutta</i>	
INFORME DE ENSAYO Nº:	EC20012_3	
Procedencia:	Embalse de Puentelarrá	
Código de proyecto:	EC20012	

Filtración de muestras de agua

Técnico: Alicia García Gallego

Almacenaje: Congelación

Incidencias: Ninguna

Muestras filtradas

Código	Volumen (L)	Nº filtros	Fecha
PLA20_RA01F	1	2	29-oct
PLA20_RA01M	1	2	29-oct
PLA20_RA01S	1	2	29-oct
PLA20_RA02F	1	2	29-oct
PLA20_RA02M	1	2	29-oct
PLA20_RA02S	1	2	29-oct
PLA20_RA03F	1	2	29-oct
PLA20_RA03M	1	2	29-oct
PLA20_RA03S	1	2	29-oct
CONTROL_Filtración_PLA	1	1	29-oct



TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE  CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA EBRO
ESPECIE/S:	<i>Anguilla anguilla/Salmo trutta</i>	
INFORME DE ENSAYO Nº:	EC20012_3	
Procedencia:	Embalse de Puentelarrá	
Código de proyecto:	EC20012	

Extracción de ADN

Fecha:	27-ene
Técnico:	Dra. Laura Miralles y Alicia García Gallego
Método de extracción:	Kit Qiagen
Número de muestras:	10
Incidencias:	No

Muestras extraídas		
Código	Volumen (µL)	Quality Check
PLA20_RA01F	100	<input checked="" type="checkbox"/>
PLA20_RA01M	100	<input checked="" type="checkbox"/>
PLA20_RA01S	100	<input checked="" type="checkbox"/>
PLA20_RA02F	100	<input checked="" type="checkbox"/>
PLA20_RA02M	100	<input checked="" type="checkbox"/>
PLA20_RA02S	100	<input checked="" type="checkbox"/>
PLA20_RA03F	100	<input checked="" type="checkbox"/>
PLA20_RA03M	100	<input checked="" type="checkbox"/>
PLA20_RA03S	100	<input checked="" type="checkbox"/>
CONTROL_Filtración_PLA	100	<input checked="" type="checkbox"/>



TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE  CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA EBRO
ESPECIE/S:	<i>Anguilla anguilla/Salmo trutta</i>	
INFORME DE ENSAYO N°:	EC20012_3	
Procedencia:	Embalse de Puentelarrá	
Código de proyecto:	EC20012	

Detección por PCR

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

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

Resultados

Código	Cuantificación (ng/μL)	Cuantificación (ng/μL)	
PLA20_RA01F	<Lq	<Lq	
PLA20_RA01M	<Lq	<Lq	
PLA20_RA01S	<Lq	<Lq	
PLA20_RA02F	<Lq	<Lq	
PLA20_RA02M	<Lq	<Lq	
PLA20_RA02S	<Lq	<Lq	
PLA20_RA03F	<Lq	<Lq	
PLA20_RA03M	<Lq	<Lq	
PLA20_RA03S	<Lq	<Lq	
CONTROL_Filtración_PLA	<Lq	<Lq	
CONTROL_Extracción_PLA	<Lq	<Lq	
CONTROL_PCR_	<Lq	<Lq	
CONTROL_POSITIVO	0.1	0.1	

Conclusión

No se detecta la presencia de trucha común (*Salmo trutta*) en el muestreo realizado en el embalse de Puentelarrá.

FIRMA DEL RESPONSABLE
DEL ENSAYO:



TIPO DE ENSAYO:	eDNA	CLIENTE  CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA EBRO
ESPECIE/S:	<i>Anguilla anguilla</i> / <i>Salmo trutta</i>	
INFORME DE ENSAYO Nº:	EC20012_3	
Procedencia:	Embalse de Puentelarrá	
Código de proyecto:	EC20012	

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

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

Resultados		
Código	Cuantificación (ng/µL)	Cuantificación (ng/µL)
PLA20_RA01F	<Lq	<Lq
PLA20_RA01M	<Lq	<Lq
PLA20_RA01S	<Lq	<Lq
PLA20_RA02F	<Lq	<Lq
PLA20_RA02M	<Lq	<Lq
PLA20_RA02S	<Lq	<Lq
PLA20_RA03F	<Lq	<Lq
PLA20_RA03M	<Lq	<Lq
PLA20_RA03S	<Lq	<Lq
CONTROL_Filtración_PLA	<Lq	<Lq
CONTROL_Extracción_PLA	<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 Puentelarrá.

FIRMA DEL RESPONSABLE
DEL ENSAYO:

