

ESTUDIOS CENSALES DE PECES EN LOS EMBALSES DE ALBIÑA,  
URRÚNAGA Y ULLIVARRI DE LA CUENCA DEL EBRO PARA LA FUTURA  
INCORPORACIÓN DE ESTE INDICADOR BIOLÓGICO A LA EVALUACIÓN  
DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

TOMO 3. EMBALSE DE ULLIVARRI

Exp. 056/09-SNS

REF. EC09007-IF



*Santander, 30 de diciembre de 2009*





*ESTUDIOS CENSALES DE PECES EN LOS EMBALSES DE ALBIÑA, URRÚNAGA  
Y ULLIVARRI DE LA CUENCA DEL EBRO PARA LA FUTURA INCORPORACIÓN  
DE ESTE INDICADOR BIOLÓGICO A LA EVALUACIÓN DEL POTENCIAL  
ECOLÓGICO. TOMO 3. EMBALSE DE ULLIVARRI*

**Dirección (Confederación Hidrográfica del Ebro)**

Concha Durán Lalaguna

Cristina Pintor Ruano

**Autores (Ecohydros SL)**

Agustín Monteoliva Herreras

Gonzalo Alonso de Santocildes Marañón

José Augusto Monteoliva García

Carlos Oldani Olano







ESTUDIOS CENSALES DE PECES EN LOS EMBALSES DE ALBIÑA, URRÚNAGA Y ULLIVARRI DE LA CUENCA DEL EBRO PARA LA FUTURA INCORPORACIÓN DE ESTE INDICADOR BIOLÓGICO A LA EVALUACIÓN DEL POTENCIA ECOLÓGICO.

TOMO 3. EMBALSE DE ULLIVARRI

ÍNDICE

1	RESUMEN .....	1
2	INTRODUCCIÓN .....	3
2.1	Estudio cuantitativo de la fauna íctica .....	4
3	ÁMBITO DEL ESTUDIO .....	7
3.1	Caracterización físico-química del embalse. Perfiles verticales .....	9
4	METODOLOGÍA .....	11
4.1	Diseño del muestreo .....	12
4.2	Muestreos remotos: Hidroacústica .....	12
4.2.1	Prospección hidroacústica .....	12
4.2.1	Procesado de datos acústicos .....	13
4.3	Muestreos directos de pesca .....	14
4.3.1	Redes agalleras multipaño .....	14
4.3.1	Pesca eléctrica desde embarcación .....	16
4.4	Interpolado espacial y estimaciones globales .....	16
5	RESULTADOS .....	19
5.1	Sondeo hidroacústico: Densidades .....	19
5.1.1	Comparativa con otros embalse del Ebro .....	23
5.2	Muestreos directos: Composición y biomasa específica .....	23
5.2.1	Especies presentes en el embalse .....	24
5.2.2	Composición y distribución de especies .....	24
5.3	Biomasa .....	28





5.3.1 Comparativa con otros embalse de la cuenca del Ebro ..... 31

5.4 Densidad y biomasa por especies ..... 31

6 APROXIMACIÓN AL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE BASADO EN PECES ..... 33

7 CONCLUSIONES ..... 35

8 GLOSARIO ..... 37

9 BIBLIOGRAFÍA..... 39

**Relación de Figuras**

Figura 1. Variación del volumen del embalse en los años 2.008 a 2.009 ..... 7

Figura 2. Ubicación del embalse de Ullivarri ..... 8

Figura 3. Perfiles de temperatura, conductividad, turbidez y oxígeno disuelto en el momento del muestreo ..... 9

Figura 4. Esquema del método de censado de poblaciones ícticas en un embalse ..... 11

Figura 5. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico ..... 13

Figura 6. Recorridos de sondeo hidroacústico ..... 19

Figura 7: Distribución de frecuencias de densidad (ind/1000m<sup>3</sup>), estimada mediante ecosondeo..... 20

Figura 8. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad piscícola. Cada punto representa una celda de 50m de longitud..... 22

Figura 9. Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro ..... 23

Figura 10. Ubicación de las redes de muestreo..... 25

Figura 11. Porcentaje de capturas (izq) y biomasa (dcha) por unidad de esfuerzo ..... 26

Figura 12. Histograma de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm..... 27

Figura 13. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa piscícola..... 30

Figura 14. Comparación de la biomasa con otros embalse de la cuenca del Ebro..... 31

**Relación de ilustraciones**

Ilustración 1. Embarcación de muestreo hidroacústico durante la prospección, en la zona de Azua..... 5





Ilustración 2. Zona de cola del embalse, con islas y abundante vegetación macrofítica, también sumergida. 5

Ilustración 3: Calado de redes nórdicas por personal especializado ..... 15

Ilustración 4. Juvenil de barbo (*Barbus graellsii*), capturado mediante pesca eléctrica ..... 28

## Relación de Tablas

Tabla 1. Caracterización del perfil de físico-químicos (24-sep-2.009, 15:10) ..... 9

Tabla 2: Descripción de las redes de muestreo empleadas ..... 15

Tabla 3: Caracterización de los estratos de profundidad definidos ..... 17

Tabla 4. Densidad de peces (ind/1000m<sup>3</sup>) por estratos, estimada mediante acústica ..... 20

Tabla 5. Especies presentes en el embalse ..... 24

Tabla 6: Resultados de las pescas con red por especies ..... 25

Tabla 7. Biomasa de peces por estratos (g/m<sup>2</sup>) estimada mediante acústica ..... 29

Tabla 8. Densidades y biomاسas por especie en el embalse ..... 32

## Relación de ANEJOS

ANEJO I. FICHAS DE ESPECIES PRESENTES ..... A

ANEJO II. RESULTADO DE LAS PESCAS CON REDES ..... B

ANEJO III. RESULTADOS DE HIDROACÚSTICA POR CELDAS ..... C

ANEJO IV. MAPAS ..... D







## 1 RESUMEN

En el presente trabajo se han caracterizado las poblaciones de peces del **embalse de Ullivarri**, situado en el río Zadorra, en el término municipal de Arzua-Ubarrundia, provincia de Álava.

Para ello se ha empleado una combinación de **técnicas hidroacústicas** y de muestreo directo mediante **redes científicas** según define la norma CEN 14.757:2.005. Mediante las primeras se ha estimado la densidad de peces, así como su distribución dentro del embalse y mediante el muestreo directo se ha caracterizado la composición de especies y estructura de tallas de cada una de ellas. La combinación de ambos resultados ha permitido obtener también la estimación y distribución de biomásas por especie en el embalse.

Se han encontrado las siguientes **especies**: Alburno (*Alburnus alburnus*), barbo de graells (*Barbus graellsii*), carpa común (*Cyprinus carpio*), loina o madrilla (*Pseudochondrostoma miegi*), lucio (*Exos lucius*), pez sol (*Lepomis gibbosus*) y tenca (*Tinca tinca*). Destaca la ausencia de la trucha común (*Salmo trutta*).

La **comunidad de peces** está dominada en densidad por el alburno y pez sol con un 67% y un 25% de las CPUE respectivamente. En lo que respecta a la biomasa cobran importancia las especies de mayor tamaño: el barbo (45% de la BPUE) seguido por el lucio (23%).

La **densidad media de peces**, a partir de la interpolación en celdas de 50 m, es de **7,89 individuos/1000m<sup>3</sup>**. Ese valor de densidad se puede considerar medio. En términos de abundancia absoluta, el número de peces estimado es de 788.500 individuos.

La densidad media tiene una distribución homogénea entre capas, si bien las mayores concentraciones de peces es posible encontrarlas cerca de la cola del embalse.

La **biomasa** de peces obtenida en el embalse es de 2,14 g/m<sup>2</sup>, o lo que es lo mismo, **21,4 kg/ha**, se trata de un valor bajo, propio de sistemas menos eutrofizados. La biomasa absoluta se estimó en **22 t**.

La aportación a la biomasa del embalse de las capas inferiores es ínfima y dentro del estrato superficial las biomásas más altas se aprecian en el sector sur del embalse, cerca de la cola.

Se presume que la dominancia de especies exóticas junto a la restricción que pueda imponer la depleción hipolimnética de oxígeno durante el periodo estival, en el que disminuye además la





reserva de agua, puedan ser los factores de presión más relevantes para la comunidad piscícola autóctona.





## 2 INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el informe final de la Asistencia Técnica para el Estudio censal de las comunidades de peces en el embalse de Ullivarri (en adelante el estudio) adjudicado a Ecohydros, S.L. por la Confederación Hidrográfica del Ebro (en adelante, CHEbro).

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 científica ya contempla los sensores acústicos como un medio 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, desde el zooplancton a los peces. De hecho, existe ya un cuerpo de conocimiento y tecnología muy desarrollado 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 pero no tanto en aguas continentales, debido en gran medida a que su incremento en portabilidad no ha migrado a este tipo de aplicaciones con la misma celeridad que la evolución tecnológica que lo ha permitido.

La CHEbro 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 disponible en la optimización de la gestión de los ecosistemas acuáticos no vadeables, es decir, no accesibles a las técnicas directas de muestreo, razón por la que ha promovido el presente estudio.

Desde la CHEbro 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 de las aguas.

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

## 2.1 Estudio cuantitativo de la fauna íctica

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

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 bien sabido además, que 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 se está obviando ese requerimiento, sobre todo 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 aceptación de una impresión generalizada de que se requieren técnicas muy sofisticadas y costosas para obtener esa información.

Mediante el presente estudio, se pretende evaluar las poblaciones de peces en el embalse de Ullivarri, al tiempo que se somete a contraste el rendimiento de las técnicas hidroacústicas combinadas con muestreos directos de verificación, como futura metodología de aplicación en las masas de agua no vadeables para evaluar su estado (potencial) ecológico en función del



elemento bioindicador que representa la fauna íctica en el contexto de la Directiva Marco del Agua.



Ilustración 1. Embarcación de muestreo hidroacústico durante la prospección, en la zona de Azua



Ilustración 2. Zona de cola del embalse, con islas y abundante vegetación macrofítica, también sumergida.







### 3 ÁMBITO DEL ESTUDIO

El embalse de Ullivarri se localiza en el río Zadorra, en el término municipal de Arzua-Ubarrundia en la provincia de Álava. Se sitúa a una altitud de 516 m por encima del nivel del mar y presenta una capacidad máxima de 147 hm<sup>3</sup>. En la figura 2 se muestra un mapa con la ubicación del embalse.

En el momento del muestreo (septiembre de 2.009), el embalse se encontraba aproximadamente al 68% de su capacidad máxima. De esta manera, se muestreó una superficie aproximada de 1.025 ha de las 1.625 ha posibles (máxima superficie al 100% de capacidad).

Los usos principales del embalse son la producción hidroeléctrica, el abastecimiento y el riego. En lo referente a usos lúdicos, el principal es la navegación a vela. En lo que respecta a la pesca el embalse tiene un tramo acotado de pesca de cangrejo señal (*Leniusculus pacifastacus*), desde el pueblo de Ullivarri-Gamboa hasta el club náutico de Aldaieta. Para la pesca de especies piscícolas el embalse tiene varios tramos vedados pero en general es de pesca libre entre marzo y septiembre.

Se trata de un embalse monomítico, calcáreo, ubicado en la zona húmeda y con un área de cuenca menor de 1000 km<sup>2</sup>, lo que lo sitúa en el tipo 7, según los criterios del CEDEX (2.005).

En lo que respecta al estado trófico y ecológico, fue clasificado como mesotrófico y con potencial ecológico moderado, según el Informe de Situación del año 2.008 del CEMAS (CHEbro, 2.009). En 2009, sin embargo, el embalse se clasificó como ultraoligotrófico (CHEbro comunicación personal)

En el gráfico siguiente se muestra el gráfico de variación de volumen del último año. (Fuente: SAIH Ebro)

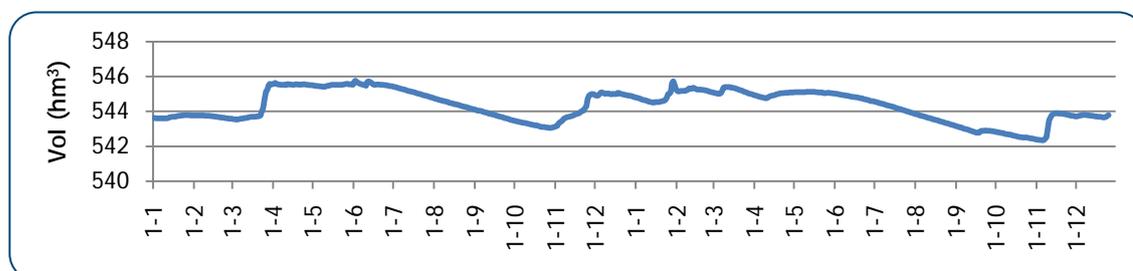


Figura 1. Variación del volumen del embalse en los años 2.008 a 2.009



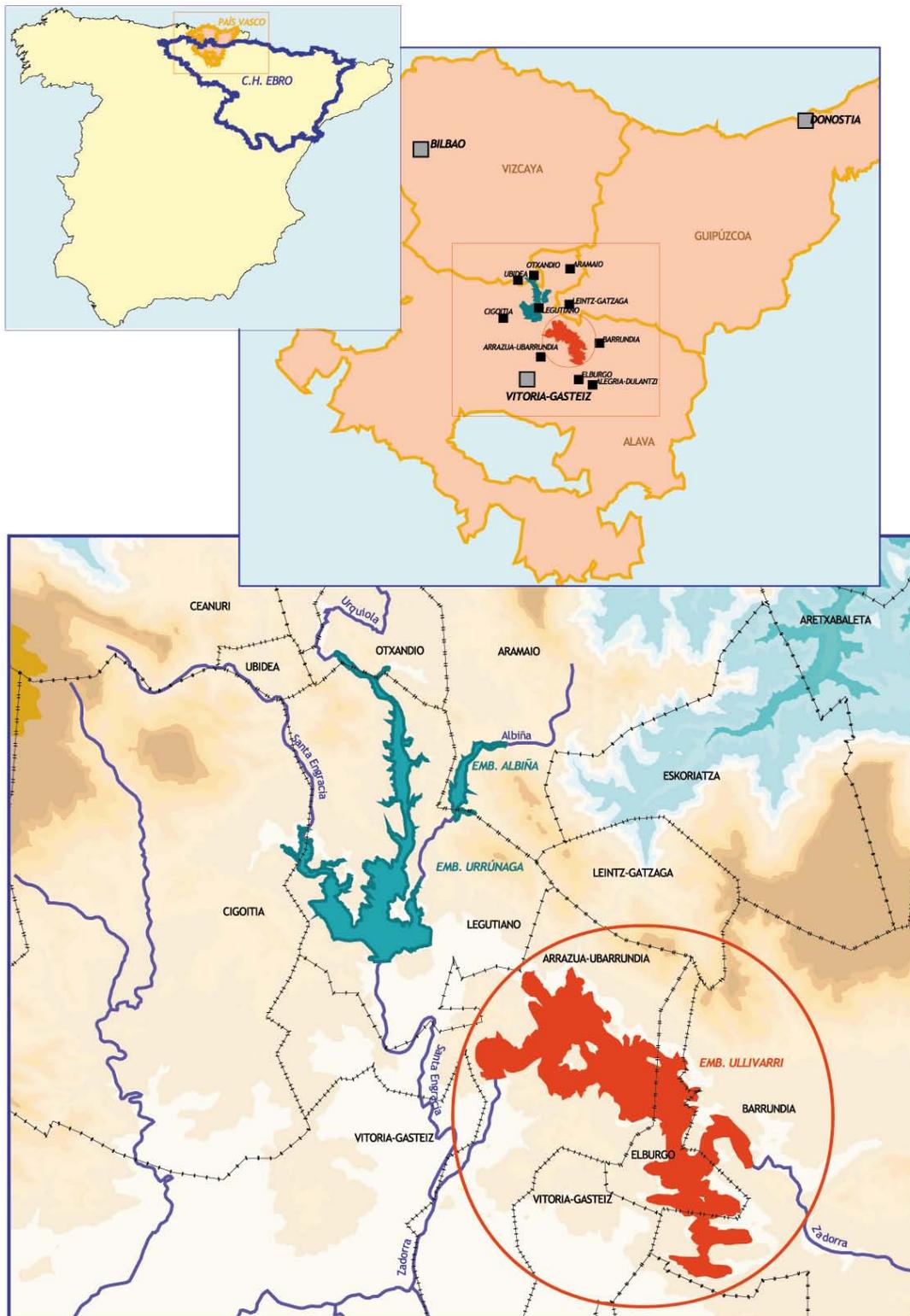


Figura 2. Ubicación del embalse de Ullivarri





### 3.1 Caracterización físico-química del embalse. Perfiles verticales

Para orientar la definición de macrohábitats y establecer la velocidad real del sonido en el agua (parámetro fundamental para el ecosondeo), se realizó un perfil vertical, en la zona de máxima profundidad, de temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y turbidez. Así mismo se midió la penetración de la luz mediante disco de Secchi. Se aprecia una estratificación muy profunda, a los 17 metros, donde el parámetro que más variación acusa es el oxígeno.

En la tabla y gráficos siguientes se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 1. Caracterización del perfil de físico-químicos (24-sep-2.009, 15:10)

Temperatura ambiente (°C)	Profundidad (m)	Disco de Secchi (m)	Capa fótica (m)
19	20,0	2,5	6,75

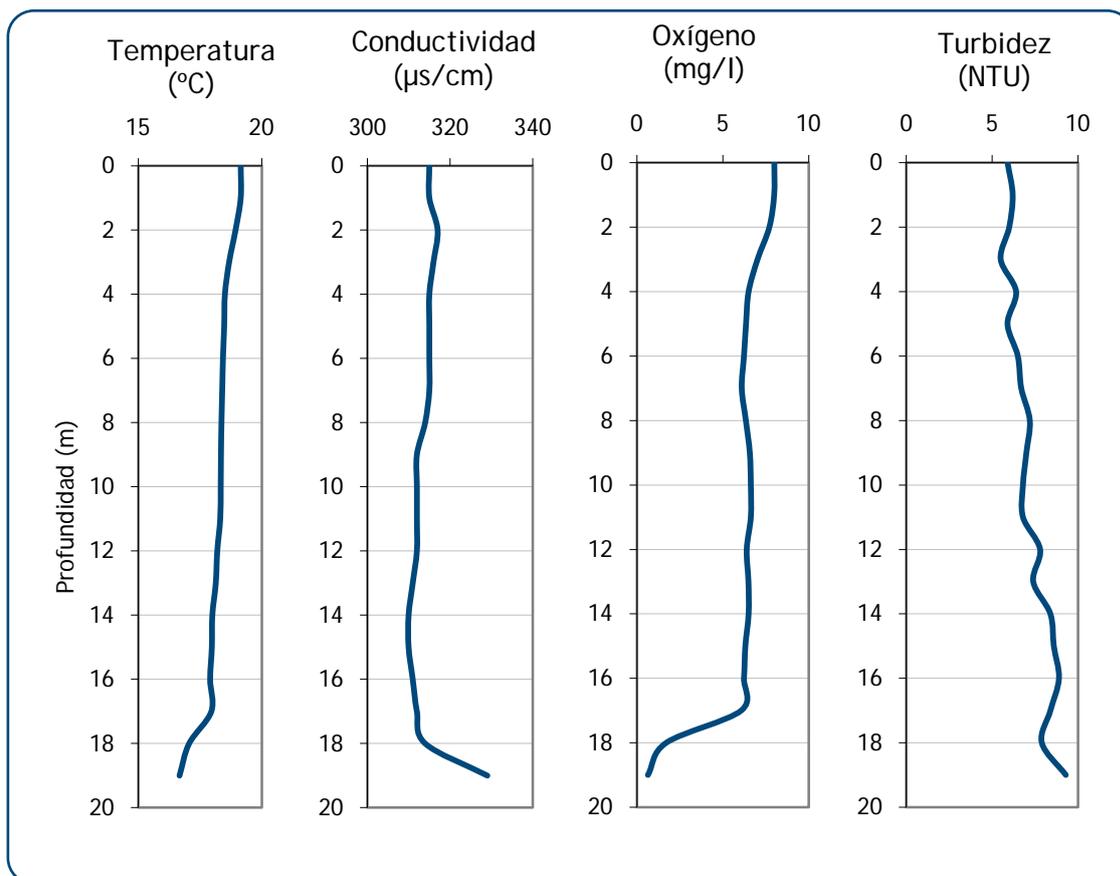


Figura 3. Perfiles de temperatura, conductividad, turbidez y oxígeno disuelto en el momento del muestreo







## 4 METODOLOGÍA

Se ha aplicado un procedimiento de muestreo sistemático mediante ecosondeo vertical y horizontal, combinándolo con muestreos directos por medio de la extensión de redes.

El procedimiento general empleado, que se plasma en la figura 4, 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.

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 biomazas por especies y sectores.

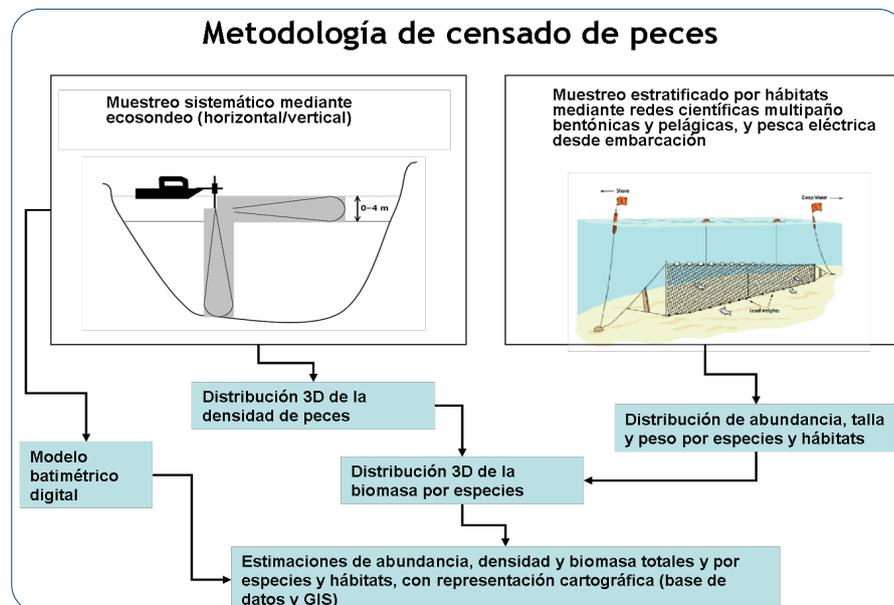


Figura 4. Esquema del método de censo de poblaciones ícticas en un embalse



## 4.1 Diseño del muestreo

Considerando la homogeneidad en la configuración del hábitat dentro de la zona a estudiar, se ha optado por una distribución sistemática de las unidades de muestreo acústico, con una separación entre transectos 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.

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.

## 4.2 Muestreos remotos: Hidroacústica

### 4.2.1 Prospección hidroacústica

El equipo utilizado es una ecosonda científica BioSonics DTX, con transductor elíptico digital de haz partido de 430 kHz, que ofrece un rango dinámico muy superior a los sistemas analógicos.

El transductor va sujetado lateralmente al barco mediante un soporte construido *ex profeso* que lo mantiene sumergido en orientación variable desde la vertical hasta la horizontal y perpendicular al avance de la embarcación.

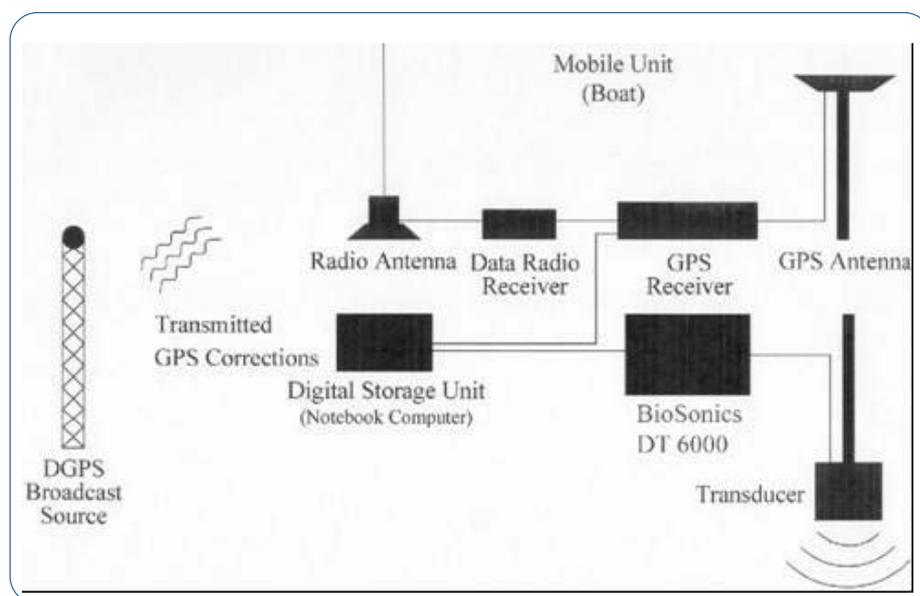


Figura 5. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico

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.

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.

#### 4.2.1 Procesado de datos acústicos

Se ha utilizado el ecoconteo, es decir, la técnica que permite, para cada ping o muestra, catalogar cada señal como blanco (pez) y estimar su intensidad acústica.





Previamente, los datos acústicos brutos han sido corregidos mediante la función TVG (ganancia cronovariante) específica para ecoconteo (40LogR). 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 blanco en el espacio tridimensional formado por el haz acústico.

A partir de estos blancos verificados y corregidos, se aplica un análisis para la evaluación de la biomasa (densidad en este caso), basado en el recuento (ecoconteo) de blancos clasificados en intervalos de análisis definidos.

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, se ha aplicado un algoritmo adaptado a la frecuencia acústica aplicada (430 kHz), a partir de la ecuación básica de Love (1.977).

## 4.3 Muestreos directos de pesca

### 4.3.1 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* 2.000:1), desarrolladas por el *Nordic Freshwater Fish Group* y que constituye un estándar internacional (EN 14.757:2.005).

Constan estas redes de 11, 12 o 16 paños agalleros de luz creciente, que va desde 5 hasta 55 mm, en una longitud total de 27,5 m, 30 m o 40 m de largo y de 1,5 o 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. En este embalse, la información aportada por estas últimas redes es muy valiosa ya que la presencia de grandes tencas y barbos no habría sido detectada mediante las redes estándar.



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

Tabla 2: Descripción de las redes de muestreo empleadas

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



Ilustración 3: Calado de redes nórdicas por personal especializado





La unidad estándar de esfuerzo de pesca está constituida por una red de 12 paños y 1,5 m de altura (45 m<sup>2</sup>), calada durante 12 h. El esfuerzo de muestreo se ha repartido geográficamente siguiendo una previsión de hábitats o, como se suelen denominar en este tipo de trabajos, “polos de atracción”. Esto responde a un planteamiento estratificado más que sistemático.

#### 4.3.1 Pesca eléctrica desde embarcación

Además de las pescas con redes, en las zonas litorales someras, se realizó un muestreo complementario mediante pesca eléctrica desde embarcación. Las zonas donde se hace especialmente adecuada la técnica, con presencia de macrófitos acuáticos o vegetación de ribera, son muy escasas en el embalse, por lo que se empleó principalmente en zonas de playa.

Para la pesca eléctrica se utilizó una embarcación de aluminio de 4 m eslora propulsada por un motor de cuatro tiempos de 13 cv, 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 recolectará los peces. El equipo de pesca utilizado fue el Hans-Grassl GmbH EL 65 II GI (13kw). La embarcación está provista, además, de tanques oxigenados para el mantenimiento de los peces vivos y en buenas condiciones.

En el embalse de Ullivarri, dado que el esfuerzo realizado con las redes, puede considerarse elevado, la pesca eléctrica únicamente se empleó para matizar, de manera cualitativa, los resultados obtenidos a partir de las redes. Las apreciaciones obtenidas se presentan en el capítulo de resultados.

#### 4.4 Interpolado espacial y estimaciones globales

Para presentar los resultados obtenidos, todas las posiciones contenidas en los ficheros tienen que convertirse a UTM en datum ED50 Huso 30. Todos los mapas e ilustraciones que se incluyen en el presente Estudio se han orientado en este sistema de referencia.

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



Para cada estrato se ha realizado una interpolación espacial utilizando métodos geoestadísticos ajustados *ex profeso* siguiendo las buenas prácticas en investigaciones de pesquerías (los mapas con este tipo de información espacialmente distribuida se presentan en el Anejo IV).

Para cada celda, se obtiene la densidad en ind/1.000 m<sup>3</sup> y la biomasa en g/m<sup>2</sup> (aplicando la relación longitud/peso de las capturas) así como la distribución de tallas de los peces detectados.

Tabla 3: Caracterización de los estratos de profundidad definidos

Haz	Estrato	Límites estrato (m)	Superficie (ha)	Volumen (hm <sup>3</sup> )
Horizontal	1	0 a -6	1025,21	51,02
Vertical	2	-6 a -12	764,94	24,84
Vertical	3	-12 a -20	395,98	7,04





## 5 RESULTADOS

### 5.1 Sondeo hidroacústico: Densidades

Los recorridos móviles de ecosondeo han cubierto una longitud total de 37950 m con el transductor en posición horizontal y 19950 m en posición vertical, lo que supone una densidad de muestreo de 37 m/ha y 19 m/ha respectivamente. Los recorridos completos se presentan en la siguiente figura.

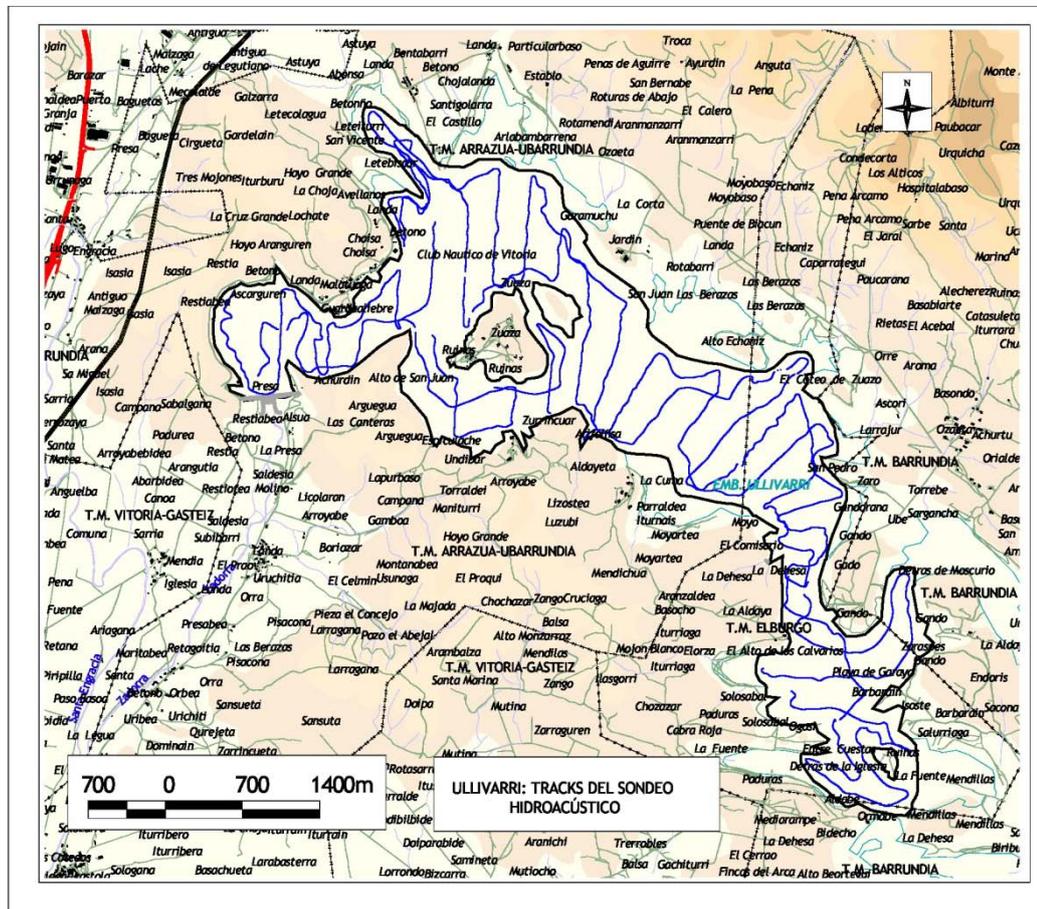


Figura 6. Recorridos de sondeo hidroacústico

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 de peces. En el ANEJO III, se presenta un listado completo de estas celdas de análisis, detallando sus coordenadas, estrato, densidad y biomasa.



En el gráfico y tabla siguientes se representan la distribución de frecuencias de los valores de densidad, obtenidos a partir de los rastros, y los estadísticos descriptivos correspondientes, tanto para el ecosondeo horizontal como para el vertical.

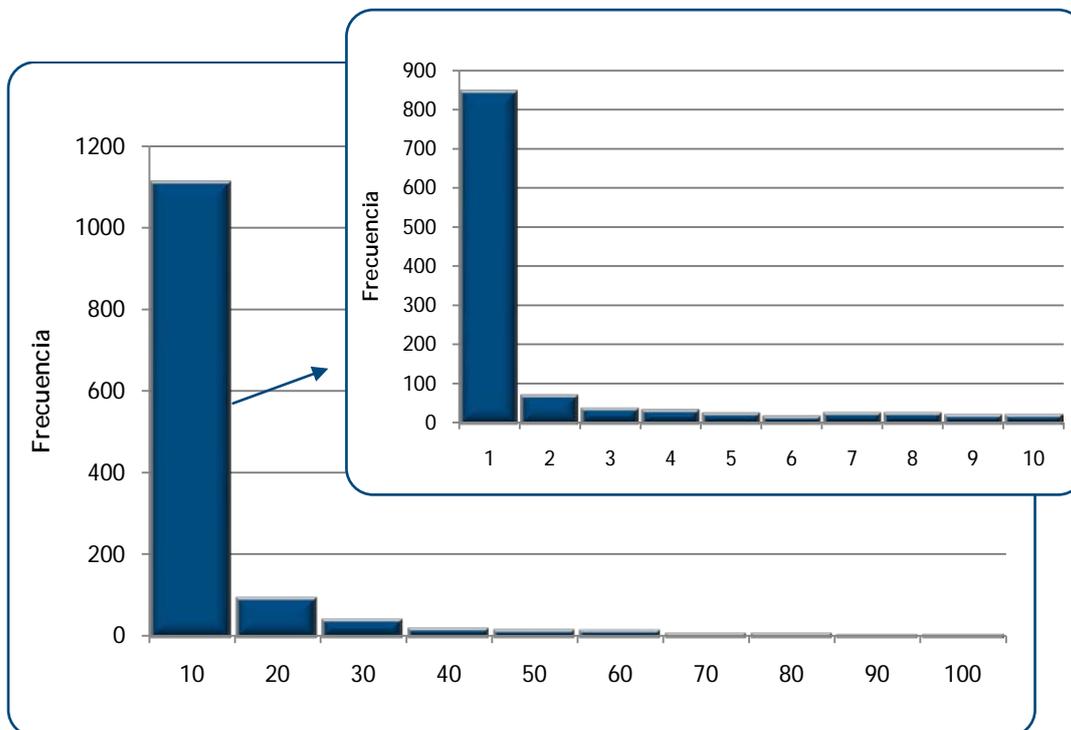


Figura 7: Distribución de frecuencias de densidad (ind/1000m<sup>3</sup>), estimada mediante ecosondeo

Tabla 4. Densidad de peces (ind/1000m<sup>3</sup>) por estratos, estimada mediante acústica

Capa	Valor promedio	Número de casos	Número de casos con valor 0	Valor máximo	Desviación típica
0 a -6	7,19	759	44	693,66	40,56
-6 a -12	9,54	399	155	80,01	14,29
-12 a -20	7,05	168	60	69,29	11,88

Estos valores medios se han ponderado con el volumen de cada estrato (tabla 3), para obtener una densidad total del embalse de 7,89 ind/1.000m<sup>3</sup>.

La distribución espacial de la densidad piscícola se presenta interpolada en los mapas 1 a 3 (ANEJO IV) para los tres estratos considerados. Para los intervalos de densidad se han empleado





cuantiles redondeados (mismo número de casos en cada clase). Para cada uno de los estratos se han utilizado los mismos intervalos, de tal manera que puedan compararse los estratos.

En la figura 8 se han ubicado geográficamente las celdas de análisis para cada uno de los estratos y se ha representado mediante símbolos graduados la densidad de cada celda de análisis. Los intervalos empleados son diferentes para cada estrato ya que se ha usado el método de intervalos naturales que maximiza las diferencias entre grupos.

Es posible apreciar densidades medias similares entre estratos, si bien, a la vista de los mapas de la figura y de la desviación típica de las densidades, la capa superficial presenta una mayor dispersión de los datos. En esta capa, es posible encontrar densidades muy altas de peces en la cola del embalse y cierta homogeneidad con densidades bajas en el resto del embalse.

Los tres estratos, reflejan un marcado patrón presa-cola. La densidad de peces es, en general, muy baja en la zona de presa en todos los estratos y aumenta al acercarse a la entrada del río, donde alcanza los máximos del embalse.



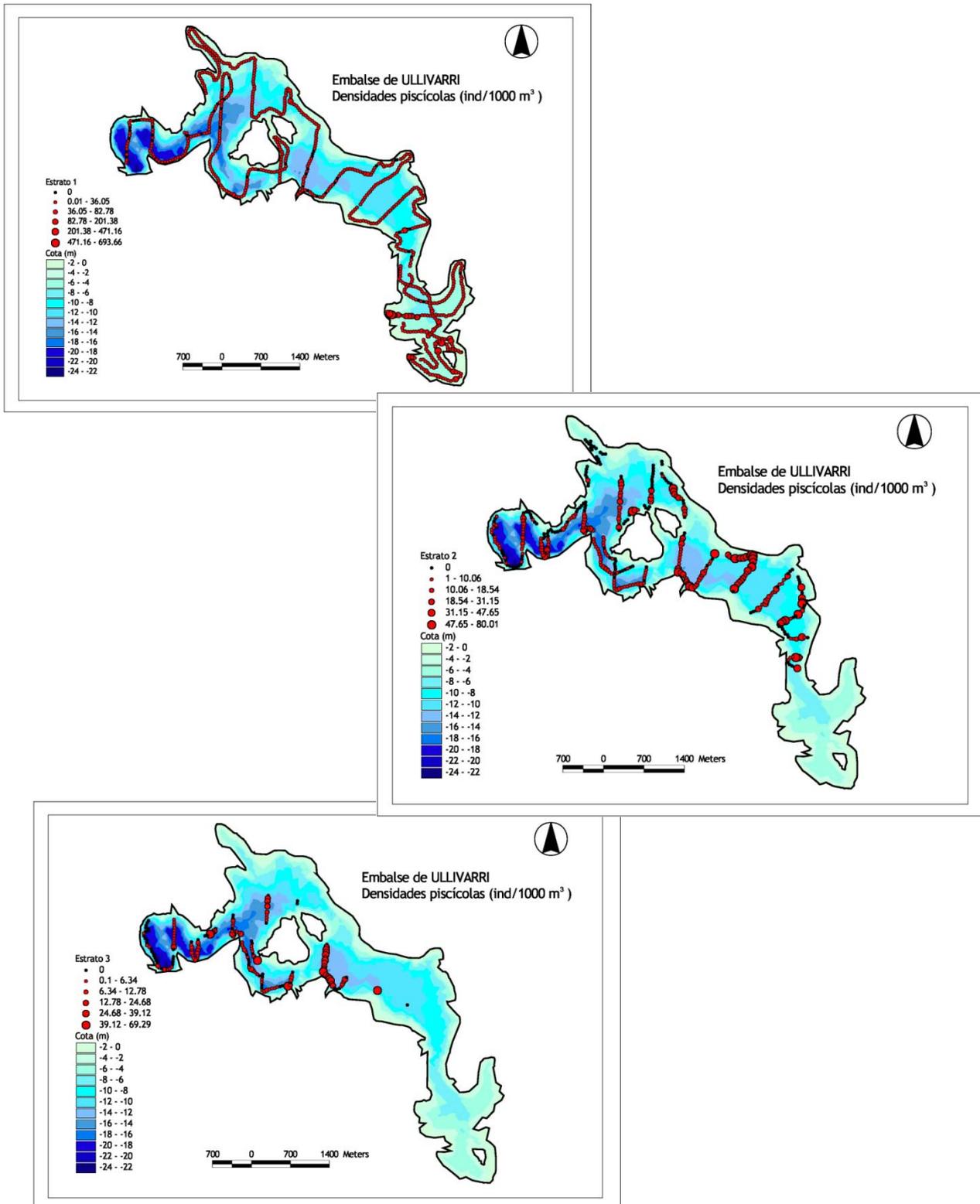


Figura 8. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad piscícola. Cada punto representa una celda de 50m de longitud.

### 5.1.1 Comparativa con otros embalse del Ebro

En el diagrama de barras siguiente se presentan los resultados de densidad obtenidos en Ullivarri 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.

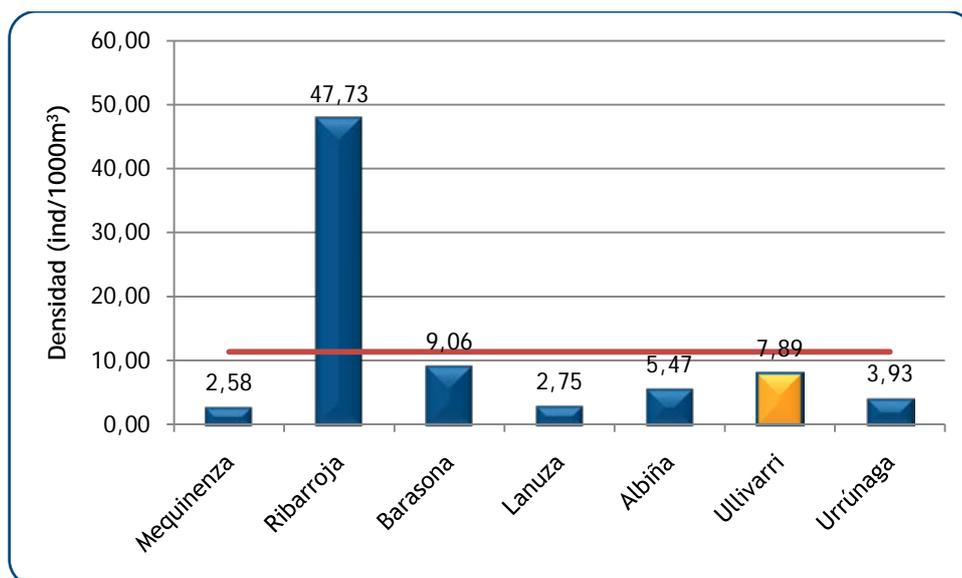


Figura 9. Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro

## 5.2 Muestréos directos: Composición y biomasa específica

Los muestréos directos se han realizado mediante la pesca con redes agalleras multipaño según se describen en la norma CEN 14.757.

Los detalles de cada una de las pescas con red se han recogido en fichas de campo. En estas fichas, facilitadas en el ANEJO II, se detallan los datos relativos a cada muestréo, así como un resumen de las capturas en las que se incluyen los siguientes valores por especie y totales:

- Capturas por unidad de esfuerzo (CPUE), es decir, el número de ejemplares acumulado estandarizado a 12 h de pesca y 45 m<sup>2</sup> de red multipaño (red bentónica).
- Biomasa por unidad de esfuerzo (BPUE), es decir, el peso acumulado estandarizado a 12 h de pesca y 45 m<sup>2</sup> de red multipaño (red bentónica).



### 5.2.1 Especies presentes en el embalse

En este apartado, se presentan las especies encontradas en los muestreos. En el ANEJO I, se presenta una ficha descriptiva por especie en la que se incluye una breve descripción, una fotografía, un histograma de frecuencias por clases de talla de 5 mm y un mapa en el que se representa el % de CPUE en las diferentes redes. (Descripciones de Doadrio, 2.001; CHEbro, 2.009 y fishbase.org; fotografías de Ecohydros SL).

En la siguiente tabla se enumeran todas las especies capturadas y se indica su carácter autóctono o alóctono:

Tabla 5. Especies presentes en el embalse

Especie	Autóctona / Alóctona
Alburno ( <i>Alburnus alburnus</i> )	Alóctona
Barbo de Graells ( <i>Barbus graellsii</i> )	Autóctona
Carpa común ( <i>Cyprinus carpio</i> )	Alóctona (Anterior a 1900)
Loina o Madrilla ( <i>Parachondrostoma miegii</i> )	Autóctona
Lucio ( <i>Exos lucius</i> )	Alóctona
Pez sol ( <i>Lepomis gibbosus</i> )	Alóctona
Tenca ( <i>Tinca tinca</i> )	Indeterminado

### 5.2.2 Composición y distribución de especies

#### 5.2.2.1 Capturas con redes

El total de capturas con redes fue de 1.007 peces con un peso total de 43,4 kg, lo que supone 613 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 21,5 kg de Biomasa por unidad de esfuerzo. Se emplearon un total de 21 redes en 328 horas de pesca (51 unidades de esfuerzo). La ubicación de las redes de muestreo se refleja en la figura siguiente:

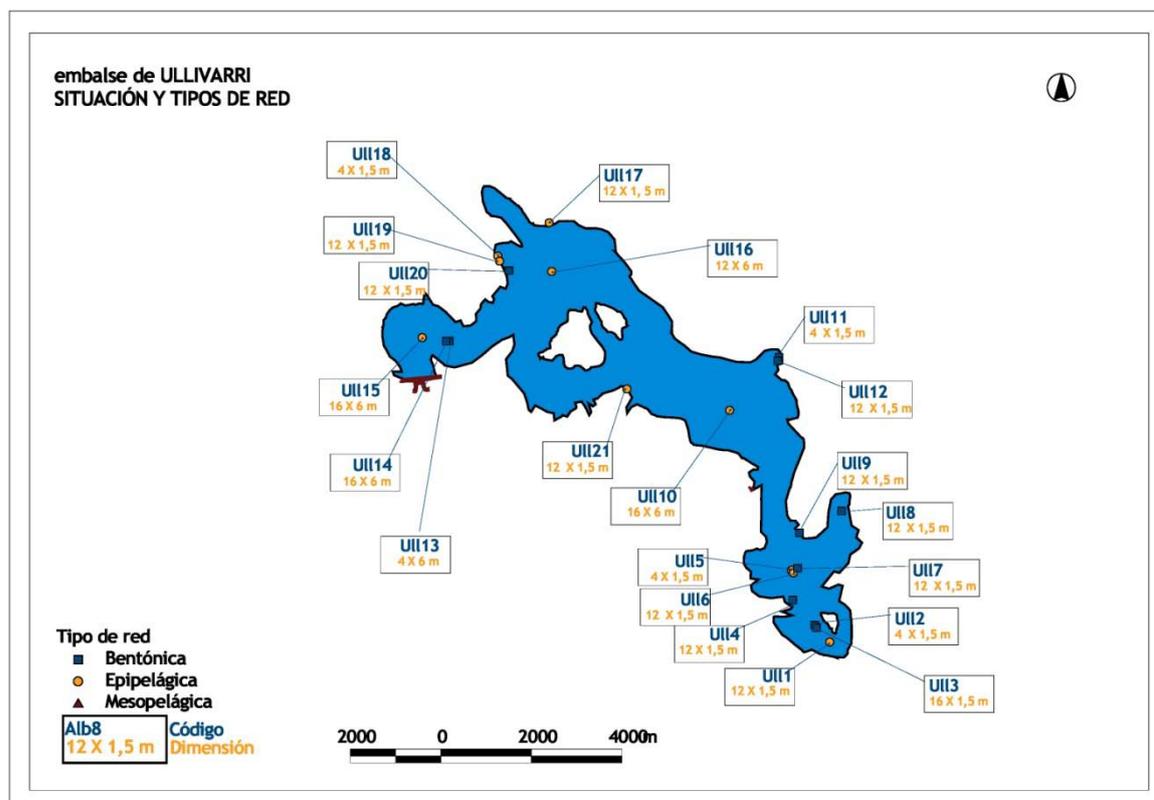


Figura 10. Ubicación de las redes de muestreo

En la tabla 6 se facilitan los resultados de las redes agregados por especies. Se han capturado un total de 8 especies diferentes.

Tabla 6: Resultados de las pescas con red por especies

	Alburno	Barbo de Graells	Carpa común	Loina	Lucio	Pez sol	Tenca	Total
Capturas*	687	11	5	2	4	243	55	1007
CPUE	423	5	3	1	2	156	41	631
% CPUE	67%	1%	1%	0%	0%	25%	7%	100%
PF total (g)	6638	25191	472	152	7368	957	2634	43411
BPUE (g)	3762	9610	312	43	4869	512	2410	21518
% BPUE	17%	45%	1%	0%	23%	2%	11%	100%
Long furcal media (mm)	93	456	147	183	559	49	74	88
Peso medio (g)	10	2290	94	76	1842	4	48	43



\*Los términos empleados para describir la comunidad son los siguientes:

**Capturas:** Número de individuos pescados

**CPUE:** Capturas por unidad de esfuerzo. Número de peces pescados ponderado por el esfuerzo de la red en la que han sido capturados

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

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

**BPUE:** Biomasa por unidad de esfuerzo. Peso total de los peces ponderado por el esfuerzo de la red en la que han sido capturados, expresado en gramos.

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

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

**Peso medio:** expresado en g

La especie que domina la comunidad es el alburno con un 67% de las CPUE, esta situación es relativamente habitual en los ambientes en los que habita esta especie introducida que es especialmente prolífica. El alburno forma grandes bancos que ocupan, principalmente la zona pelágica del embalse.

El pez sol, con un 25% de las CPUE, le sigue en importancia. Estas dos especies introducidas suponen juntas el 92% de las CPUE.

En lo que respecta a la biomasa, las especies de gran tamaño cobran importancia, especialmente el barbo (45% de la BPUE) seguido del lucio (23%).

En los gráficos siguientes, se ha representado la composición de la comunidad expresada en tanto por ciento de capturas por unidad de esfuerzo y de biomasa por unidad de esfuerzo.

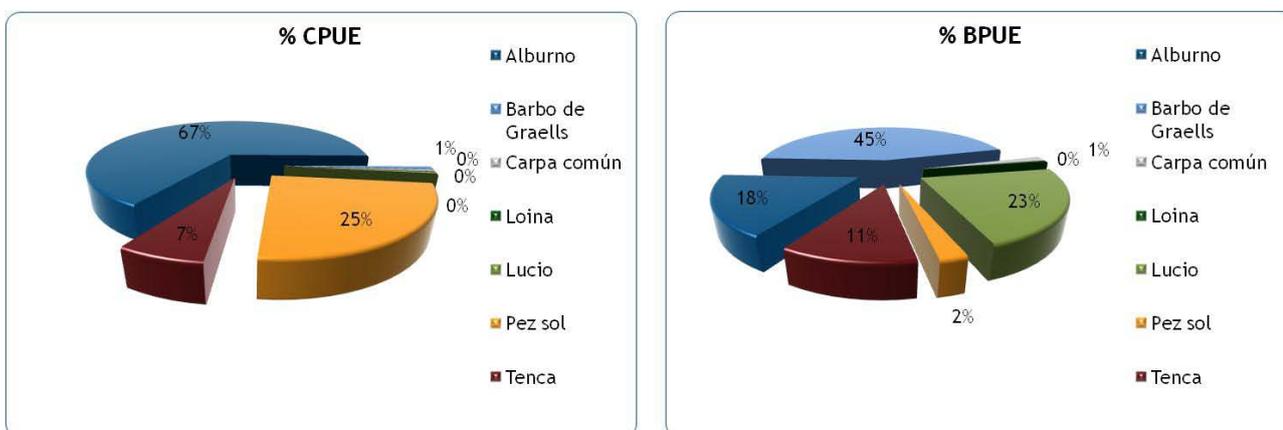


Figura 11. Porcentaje de capturas (izq) y biomasa (dcha) por unidad de esfuerzo





En la figura 12 se muestra el histograma de frecuencias de las capturas por clases de talla de 5 mm. Debido a la gran diferencia de tamaño entre las especies presentes, se ha ampliado la parte del gráfico correspondiente a las tallas pequeñas.

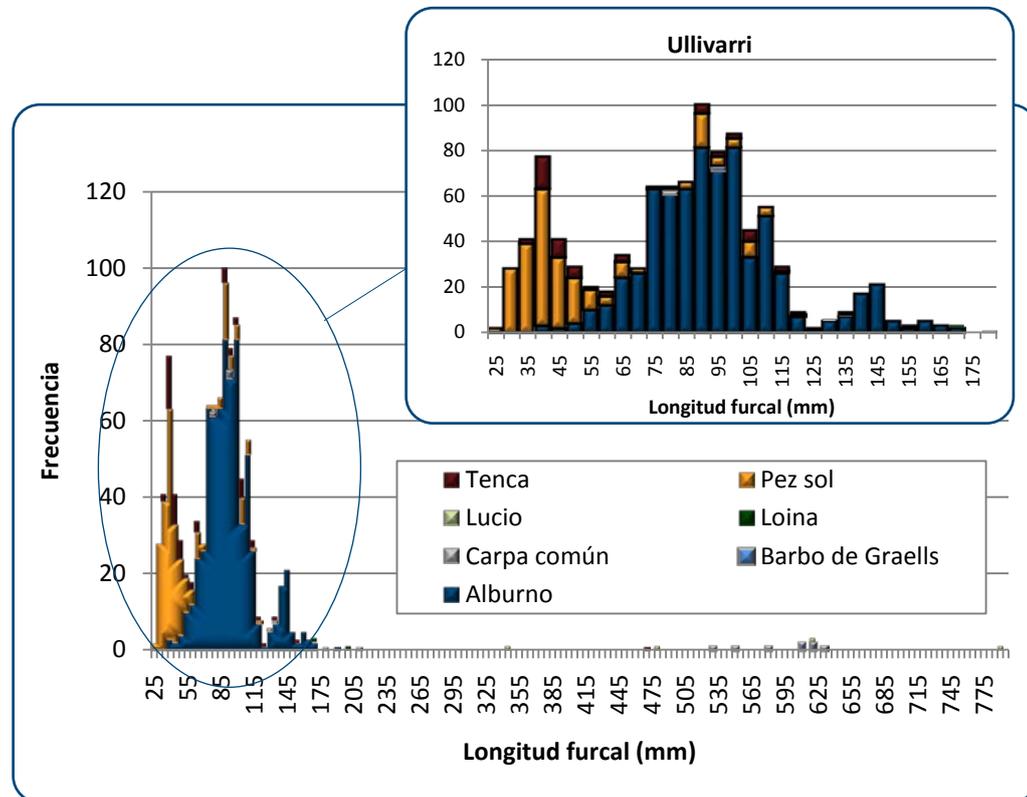


Figura 12. Histograma de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm

Las tallas pequeñas, que corresponden casi en su totalidad al alburno y pez sol, muestran unas poblaciones de estas especies bien estructuradas y estables. De las especies autóctonas (barbo y loina) se capturaron escasos ejemplares mediante las redes, si bien se observó una presencia aceptable mediante pesca eléctrica lo que no hace pensar en problemas de reclutamiento de estas dos especies.

#### 5.2.2.2 Resultados de la pesca eléctrica

El muestreo de pesca eléctrica en las zonas litorales someras permitió hacer las siguientes observaciones:

El alburno continúa siendo la especie dominante en las zonas litorales, seguido por el pez sol.





Los juveniles de las especies autóctonas, barbo y madrilla, presentaron abundancias relativas altas en las zonas litorales de playa sin macrófitos.

Los juveniles de lucio están presentes en las zonas litorales, mientras que los alevines y juveniles de tenca y carpa escasean al hacerlo los hábitats donde suele ser habitual encontrarlos.



Ilustración 4. Juvenil de barbo (*Barbus graellsii*), capturado mediante pesca eléctrica

### 5.3 Biomasa

Una vez presentados los datos obtenidos mediante las dos técnicas de prospección (hidroacústica y muestreo directo), se integran para dar una visión global del sistema.

En la tabla 7 se presentan los resultados del análisis de biomاسas por celdas. La relativa homogeneidad entre capas, existente en la densidad, desaparece en lo que respecta a la biomasa. Los estratos inferiores (profundidad menor de 6 m) presentan unas biomاسas muy inferiores al estrato superior.

Tabla 7. Biomasa de peces por estratos ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) estimada mediante acústica

Capa	Valor promedio	Número de casos	Número de casos con valor 0	Valor máximo	Desviación típica
0 a -6	3,14	759	44	302,78	17,71
-6 a -12	0,69	399	155	125,34	7,46
-12 a -20	0,06	168	60	3,83	0,30

La biomasa media del embalse puede calcularse ponderando las biomásas de cada estrato por el volumen de cada uno (tabla 3), con lo que se obtiene una biomasa media de  $2,14 \text{ g}/\text{m}^2$ . Esta biomasa puede considerarse baja, propia de sistemas menos eutrofizados.

La distribución espacial de la biomasa piscícola se presenta interpolada en los mapas 4 a 6 (ANEJO IV) para los tres estratos considerados. Para los intervalos de biomasa se han empleado cuantiles redondeados (mismo número de casos en cada clase). Para cada uno de los estratos se han utilizado los mismos intervalos, de tal manera que puedan compararse los estratos entre sí.

En las siguientes figuras se han ubicado geográficamente las celdas de análisis para cada uno de los estratos y se ha representado mediante símbolos graduados la biomasa de cada celda de análisis. Los intervalos empleados son diferentes para cada estrato ya que se ha usado el método de intervalos naturales que maximiza las diferencias entre grupos.

La zona de mayor biomasa del embalse, se ubica, al igual que sucedía con la densidad, en el sector sur, cerca de la cola del embalse.



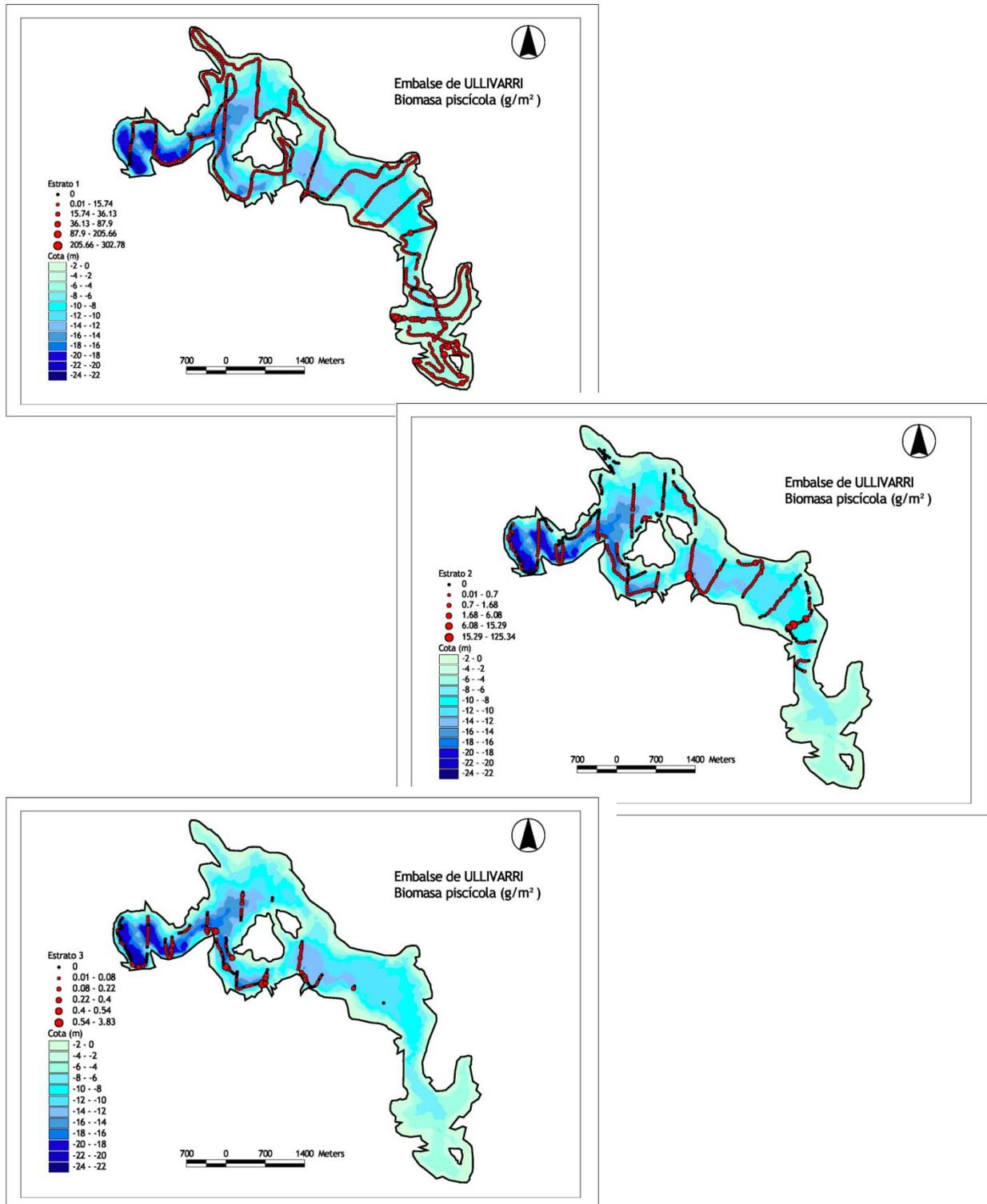


Figura 13. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa piscícola

### 5.3.1 Comparativa con otros embalse de la cuenca del Ebro

En el diagrama de barras siguiente se presentan los resultados de biomasa obtenidos en Ullivarri en comparación con otros embalses de la Cuenca del Ebro donde se ha trabajado con técnicas hidroacústicas y se dispone de datos cuantitativos de densidad y biomasa. La línea roja representa el valor promedio de los embalses considerados.

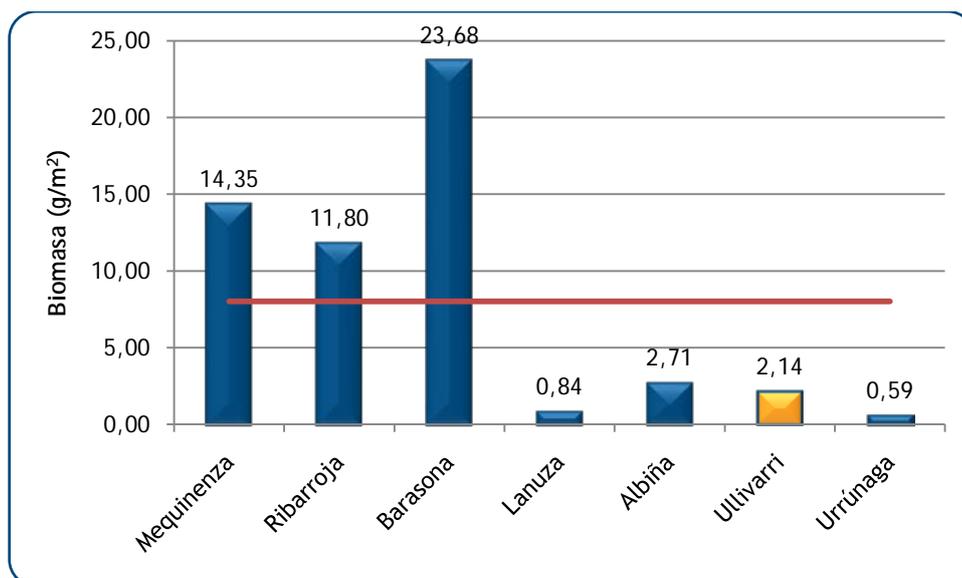


Figura 14. Comparación de la biomasa con otros embalse de la cuenca del Ebro

### 5.4 Densidad y biomasa por especies

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

En la tabla que se muestra a continuación se han calculado la densidad y biomasa relativas por especie, referidas a volumen (1000 m<sup>3</sup>) y superficie (m<sup>2</sup>) respectivamente, así como las abundancias y biomasa totales, para el embalse, calculadas a partir de volumen (100 hm<sup>3</sup>) y la superficie (1025 ha) en el momento del muestreo.



Tabla 8. Densidades y biomاسas por especie en el embalse

	Alburno	Barbo de Graells	Carpa común	Loina	Lucio	Pez sol	Tenca	Total
Densidad (ind/1000m <sup>3</sup> )	5,28	0,06	0,04	0,01	0,03	1,95	0,52	7,89
N individuos	527777	6346	4164	701	3116	194663	51775	788543
Biomasa (g/m <sup>2</sup> )	0,37	0,96	0,03	0,00	0,49	0,05	0,24	2,14
Biomasa total (kg)	3843	9814	319	44	4973	523	2462	21976

Estos resultados se han obtenido únicamente aplicando las proporciones de CPUE y BPUE de las especies capturadas a las densidades y biomاسas totales obtenidas mediante acústica, por lo que deben considerarse únicamente una aproximación grosera a la estimación de densidades y biomاسas por especie.





## 6 APROXIMACIÓN AL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE BASADO EN PECES

Aunque este método de muestreo se ha aplicado en una pequeña selección de embalses de la Cuenca del Ebro, los resultados ofrecen una buena idea del tipo 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.

Es decir, 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 fauna piscícola, descontando así este efecto de otras presiones, lo cual resulta fundamental en el proceso de planificación hidrológica.

Dado que la estimación cuantitativa de la fauna de peces en embalses y lagos no se ha aplicado de forma extensiva, resultaría precipitado intentar resumir en métricas y en un EQR estos resultados.

Cabe destacar en todo caso, que actualmente está en proceso el desarrollo de tales métricos a nivel nacional, en el marco de las iniciativas de intercalibración de lagos y embalses y de un 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. Expdte.: 082/RN08/01.1*) coordinado por el equipo de Ecohydros. Indudablemente, en la medida en que en el futuro se tengan datos de una población suficiente de embalses y de lagos, será posible ofrecer un diagnóstico concreto para estos casos y otros que se vayan muestreando con este tipo de técnicas.





Pese a no ser posible, por el momento, la valoración del potencial ecológico basándose en las comunidades de peces, sí que se pueden apuntar los principales problemas que se presentan en el embalse de Ullivarri, desde el punto de vista de la ictiofauna:

- Ausencia de la trucha común.
- Dominio en densidad de las especies alóctonas, especialmente del alburno y pez sol.
- El barbo de Graells es la especie de ciprínido autóctona mejor representada, con unas poblaciones, a diferencia de lo que se ha visto en el embalse de Urrunaga, bien estructuradas. Cabe destacar su importancia como indicador de potencial ecológico en este tipo de embalses.
- Presencia del lucio, que es una amenaza importante para las poblaciones de ciprinidos autóctonos, aunque en contrapartida puede controlar las poblaciones de otras especies exóticas introducidas.
- Poblaciones de loina escasas aunque sí que se detectó la presencia de individuos juveniles, especialmente mediante pesca eléctrica.
- En lo que respecta a la densidad y biomasa, el embalse parece encontrarse en rangos normales para la primera pero por debajo de lo esperado en cuanto a biomasa, para un embalse mesotrófico que no está sometido a fluctuaciones de nivel excesivamente acusadas.





## 7 CONCLUSIONES

Aparte de las consideraciones que se desprenden del resumen de resultados que se facilita a continuación, es notable la información diferencial que ofrecen los métodos empleados (hidroacústica y redes agalleras multipaño) sobre otros aspectos diferentes a la mera composición poblacional, que por otro lado no siempre queda debidamente recogida con métodos cualitativos basados en el uso de trasmallos. Surgen así nuevos matices y posibilidades de evaluación, que permitirán en su momento alcanzar un diagnóstico más fiel a la situación real de la fauna piscícola y que también evidencian rasgos directamente vinculados a la interpretación de las presiones y a las posibles medidas correctoras.

Se resumen seguidamente los aspectos más destacados de los resultados obtenidos:

- Se han encontrado las siguientes **especies**: Alburno (*Alburnus alburnus*), barbo de graells (*Barbus graellsii*), carpa común (*Cyprinus carpio*), loina o madrilla (*Pseudochondrostoma miegii*), lucio (*Exos lucius*), pez sol (*Lepomis gibbosus*) y tenca (*Tinca tinca*). El barbo y la loina son las únicas especies autóctonas y sobre la tenca, no se conoce con exactitud su carácter autóctono o alóctono. Destaca la ausencia de la trucha común (*Salmo trutta*)
- La **comunidad de peces** está dominada en densidad por el alburno y pez sol con un 67% y un 25% de las CPUE respectivamente. En lo que respecta a la biomasa cobran importancia las especies de mayor tamaño: el barbo (45% de la BPUE) seguido por el lucio (23%).
- Las comunidades litorales de juveniles están dominadas por alburno y pez sol, si bien cobran importancia las especies autóctonas, madrilla y barbo.
- La **densidad media de peces**, a partir de la interpolación en celdas de 50 m, es de 7,89 individuos/1000<sup>m</sup><sup>3</sup>. Ese valor de densidad se puede considerar medio. En términos de abundancia absoluta, el número de peces estimado es de 788.500 individuos.
- La densidad media tiene una distribución homogénea entre capas, si bien las mayores concentraciones de peces es posible encontrarlas cerca de la cola del embalse.





- La **biomasa** de peces obtenida en el embalse es de  $2,14 \text{ g/m}^2$ , o lo que es lo mismo, **21,4 kg/ha**; se trata de un valor bajo, propio de sistemas menos eutrofizados. La biomasa absoluta se estimó en **22 t**.
- La aportación a la biomasa del embalse de las capas inferiores es ínfima y dentro del estrato superficial las biomazas más altas se aprecian en el sector sur del embalse, cerca de la cola.
- Se presume que la dominancia de especies exóticas junto a la restricción que pueda imponer la depleción hipolímnetica de oxígeno durante el periodo estival, en el que disminuye además la reserva de agua, puedan ser los factores de presión más relevantes para la comunidad piscícola autóctona.





## 8 GLOSARIO

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

**CPUE:** Captura por Unidad de Esfuerzo. El número de capturas obtenidas durante las pescas científicas se normaliza a un esfuerzo de referencia, que corresponde a una red bentónica (45 m<sup>2</sup>) expuesta durante 12 horas.

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

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

**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 3dB más que otro, es lo mismo que decir que refleja dos veces más energía. Un blanco de -20dB, un atún o un siluro de gran talla quizás, produce un eco 10000 veces más fuerte que un blanco de -60dB, 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.







## 9 BIBLIOGRAFÍA

CEN 14757:2.005. Water quality - Sampling of fish with multi-mesh gillnets.

CEDEX, 2005. Directiva 200/60/CE. Análisis de las características de las Demarcaciones. Caracterización de los tipos de ríos, lagos y embalses (versión 5.0). Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 313 Págs.

CHEbro (2.008). Informe final de seguimiento biológico de embalses.

CHEbro (2.009a). Guía de campo de Peces de la Cuenca del Ebro.

CHEbro (2.009b). Control del estado de las Masas de Agua C.E.A.S. Informe de situación año 2008.

Doadrio, I. (2.001). Atlas y libro rojo de los peces continentales de España. Madrid, MMA. Dirección General de Conservación de la Naturaleza.

Embalses.net. Estado de los embalses y pantanos de España (2009). <http://www.embalses.net/>. Julio, 2.009.

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

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

SAIH Ebro. <http://195.55.247.237/saihebro/index.php?url=/historicos/peticion>. Noviembre 2009.







# ANEJOS

