
ESTUDIO DE LAS POBLACIONES DE PECES EN EMBALSES DE LA CUENCA DEL EBRO PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO.

TOMO 4. MEZALLOCHA





ESTUDIO DE LAS POBLACIONES DE PECES EN EMBALSES DE LA CUENCA DEL
EBRO PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO.
TOMO 4. MEZALLOCHA



PROMOTOR:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

SERVICIO:

CONTROL DEL ESTADO ECOLÓGICO

DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

Concha Durán Lalaguna, María José Rodríguez Pérez

EMPRESA CONSULTORA:

Ecohydros SL.

EQUIPO DE TRABAJO:

Agustín Monteoliva, Gonzalo Alonso de Santocildes, Alberto Criado, Rubén Torre, José Manuel Gómez, Elena Ruíz.

PRESUPUESTO DE LA ADJUDICACIÓN:

68.546,50 euros (Tomo 4 de 5)

CONTENIDO:

MEMORIA, ANEJOS y CD

AÑO DE EJECUCIÓN:

2013

FECHA ENTREGA:

NOVIEMBRE 2013



REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

- Superior izquierda: Atardecer en el embalse de Mezalocha, Ecohydros SL.
- Superior derecha: Barbo de Graells (*Barbus graellsii*) capturado en el embalse de Mezalocha, Ecohydros SL.
- Inferior izquierda: Rutilo (*Rutilus rutilus*) capturado en el embalse de Mezalocha, Ecohydros SL.
- Inferior derecha: Vista del embalse de Mezalocha, Ecohydros SL.

CITA DEL DOCUMENTO: "Confederación Hidrográfica del Ebro (2013). Estudio de las poblaciones de peces en embalses de la Cuenca del Ebro para la determinación del Potencial Ecológico. Tomo 4. Mezalocha, 55 pp. 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.

ESTUDIO DE LAS POBLACIONES DE PECES EN EMBALSES DE LA CUENCA DEL EBRO PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO TOMO 4. MEZALOCHA

En septiembre de 2013 se llevó a cabo un muestreo cuantitativo de las poblaciones de peces del embalse de Mezalocha con el objetivo de evaluar el potencial ecológico tal y como prescribe la DMA. Para ello se empleó una combinación de técnicas de muestreo directo: redes agalleras científicas (CEN-EN 14.757/2006) y pesca eléctrica desde embarcación con técnicas hidroacústicas que permiten la evaluación cuantitativa de las poblaciones de peces en términos de densidad y biomasa.

*Se encontró una dominancia de las especies alóctonas: Rutilo (*Rutilus rutilus*) (51%), alburno (*Alburnus alburnus*) (31%) y lucioperca (*Sander lucioperca*) (15%) son las especies más abundantes, sin embargo, es la carpa (66%) la especie de mayor importancia en biomasa. También se detectó la presencia del lucio (*Exos lucius*) y de dos especies autóctonas: el barbo de Graells (*Barbus graellsii*) y el blenio (*Salaria fluviatilis*).*

La densidad estimada fue de 8,5 ind/dam³, valor elevado que contrasta con una baja biomasa (1,4 g/m²), propia de sistemas menos productivos.

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”.

FISH STOCK EVALUATION OF EBRO BASIN RESERVOIRS IN ORDER TO ASSESS THEIR ECOLOGICAL POTENTIAL VOLUME 4. MEZALOCHA

In September 2013, a quantitative fish stock assessment survey was conducted on Mezalocha reservoir, in order to evaluate the Ecological Potential as stated by the WFD. Through a combination of both, remote sensing techniques (hydroacoustics) and direct sampling gears (gillnetting and boat electrofishing), the fish assemblage composition, abundance and biomass of all species present were assessed.

*Exotic species dominated the fish assemblage: Roach (*Rutilus rutilus*) (51%), bleak (*Alburnus alburnus*) (31%) and pikeperch (*Sander lucioperca*) (15%) were the most abundant species. However, carp (*Cyprinus carpio*) (66%) was the most important species in biomass. Pike (*Exos lucius*) and two native species: barbel (*Barbus graellsii*) and blenny (*Salaria fluviatilis*) were also detected.*

Estimated density for the reservoir was 8.5 ind/dam³ which is a high value in contrast with a low biomass (1,4 g/m²), typical of less productive systems.

Although there are not official fish-based ecological potential assessment methods, as a first approach, these results show that the ecological potential of Mezalocha reservoir is “MODERATE”. This work is currently under revision to be published.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	11
1.1.	ESTUDIO CUANTITATIVO DE LA FAUNA ÍCTICA	12
2.	ÁMBITO DE ESTUDIO.....	15
2.1.	SITUACIÓN.....	15
2.2.	CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA	16
2.3.	RÉGIMEN HIDROLÓGICO	17
2.4.	CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL EMBALSE. PERFILES VERTICALES	18
2.5.	POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO.....	19
3.	METODOLOGÍA.....	21
3.1.	DISEÑO DEL MUESTREO	22
3.2.	MUESTREOS REMOTOS: HIDROACÚSTICA.....	22
3.2.1.	<i>Prospección hidroacústica.....</i>	22
3.2.2.	<i>Procesado de datos acústicos.....</i>	23
3.3.	MUESTREOS DIRECTOS DE PESCA.....	25
3.3.1.	<i>Redes agalleras multipaño</i>	25
3.3.2.	<i>Pesca eléctrica desde embarcación.....</i>	26
3.4.	INTERPOLADO ESPACIAL Y ESTIMACIONES GLOBALES.....	27

3.5.	EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO.....	28
4.	RESULTADOS	31
4.1.	SONDEO HIDROACÚSTICO: DENSIDADES	31
4.1.1.	<i>Comparativa con otros embalses del Ebro.....</i>	36
4.2.	MUESTREOS DIRECTOS: COMPOSICIÓN Y BIOMASA ESPECÍFICA	36
4.2.1.	<i>Especies presentes en el embalse.....</i>	37
4.2.2.	<i>Composición y distribución de especies.....</i>	39
4.3.	BIOMASA	44
4.3.1.	<i>Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro</i>	47
4.4.	DENSIDAD Y BIOMASA POR ESPECIES	47
5.	APROXIMACIÓN AL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE BASADO EN PECES	49
6.	CONCLUSIONES	51
7.	GLOSARIO.....	53
8.	BIBLIOGRAFÍA	55

ÍNDICE DE ANEJOS

ANEJO I. ESPECIES PRESENTES	57
ANEJO II. RESULTADOS DE LAS PESCAS	59
ANEJO III. CELDAS DEL MUESTREO HIDROACÚSTICO	61
ANEJO IV. MAPAS INTERPOLADOS DE DENSIDAD Y BIOMASA	63

ÍNDICE FIGURAS Y TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS CORRESPONDIENTES A GRÁFICOS Y FOTOS

Figura 1. Vista del embalse de Mezalocha durante la campaña de muestreo	13
Figura 2. Vista de la presa (al fondo) del embalse de Mezalocha	13
Figura 3. Situación del embalse de Mezalocha	15
Figura 4. Batimetría del embalse de Mezalocha	16
Figura 5. Variación del volumen embalsado a lo largo del año hidrológico 2012-2013 (SAIH Ebro)	17
Figura 6. Perfiles físico-químicos realizados en el embalse de Mezalocha (29-8-13)	18
Figura 7. Esquema del método de censado de poblaciones ícticas en un embalse	21
Figura 8. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico	23
Figura 9: Acción de calado de las redes (izq.) y peces capturados (dcha.)	26
Figura 10. Pesca eléctrica desde embarcación.....	27
Figura 11. Ejemplo de ajuste de curva al semivariograma para el interpolado espacial	28
Figura 12. Recorridos de sondeo hidroacústico	31
Figura 13. Ejemplo de ecograma del embalse de Mezalocha en el que se observan abundantes señales en torno a la termoclina.	32
Figura 14. Distribución de frecuencias de densidad (ind/dam^3), estimada mediante ecosondeo (celdas con densidad mayor a 0).....	33
Figura 15. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces. Cada punto representa una celda de 50m de longitud	34
Figura 16. Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro	36
Figura 17. Efectos del ataque de un predador alóctono sobre un barbo	38

Figura 18. Ubicación de las redes y recorridos de pesca eléctrica	39
Figura 19. Composición de la asociación obtenida mediante redes	41
Figura 20. Histogramas de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm	42
Figura 21. Composición de la asociación obtenida mediante pesca eléctrica	44
Figura 22. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces	46
Figura 23. Comparación de la biomasa con otros embalse de la cuenca del Ebro	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estratos considerados en el embalse de Mezalocha.....	17
Tabla 2. Descripción de las redes de muestreo empleadas	25
Tabla 3. Métricas y coeficientes para el cálculo del QFBI	29
Tabla 4. Valores de corte del QFBI empleados para la clasificación del potencial ecológico.....	29
Tabla 5. Densidad de peces (ind/dam ³) por estratos, estimada mediante acústica.....	33
Tabla 6. Estimaciones de densidad obtenidas mediante métodos geoestadísticos.....	35
Tabla 7. Especies presentes en el embalse	37
Tabla 8. Resultados de las pescas con red por especies.....	40
Tabla 9. Resultados de la pesca eléctrica por especies.....	43
Tabla 10. Biomasa de peces por estratos (g/m ²) estimada mediante acústica.....	44
Tabla 11. Estimaciones de biomasa obtenidas mediante métodos geoestadísticos.....	45
Tabla 12. Densidades (ind/dam ³) y biomاسas (g/m ²) por especie	48
Tabla 13. Resultados del QFBI obtenidos para el embalse de Mezalocha	50

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el tomo 4 (embalse de Mezalocha) del informe final de la Asistencia Técnica para el Estudio censal de las comunidades de peces en los embalses de Cueva Foradada, Pena, La Tranquera, Mezalocha y Las Torcas (en adelante el Estudio) adjudicado a Ecohydros, S.L. por la Confederación Hidrográfica del Ebro (en adelante, CHE).

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 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 está siendo progresivamente aplicado, debido en gran medida a su incremento en portabilidad.

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 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 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 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 ANEJOS, en los que se facilitan in extenso los datos que dan lugar las estimaciones sintéticas, tanto en forma de fichas y tablas alfanuméricas como en forma de mapas, según proceda. Se acompaña además de un CD en el que se facilitan los documentos y datos en formato electrónico.

1.1. ESTUDIO CUANTITATIVO DE LA FAUNA ÍCTICA

La ictiofauna 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 de peces.

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.

Mediante el presente estudio, se pretende evaluar las poblaciones de peces en los embalses de Cueva Foradada, Pena, la Tranquera, Mezalocha y Las Torcas, al tiempo que se somete a contraste el rendimiento de las técnicas hidroacústicas combinadas con muestreos directos de verificación, como futura metodología de aplicación en las masas de agua no vadeables para evaluar su estado (potencial) ecológico en función del elemento bioindicador que representa la fauna íctica en el contexto de la Directiva Marco del Agua.



Figura 1. Vista del embalse de Mezalocha durante la campaña de muestreo



Figura 2. Vista de la presa (al fondo) del embalse de Mezalocha



2. ÁMBITO DE ESTUDIO

2.1. SITUACIÓN

El embalse de Mezalocha se localiza en el término municipal del mismo nombre, en la provincia de Zaragoza; se sitúa a una altitud de 470 m sobre el nivel del mar y recoge las aguas del río Huerva que han sido previamente embalsadas por el embalse de Las Torcas, situado 16 km aguas arriba.

La construcción de la presa original data del siglo XVIII (1728) y la presa actual de principios del siglo pasado (1913). Su titular es el Sindicato Central de Riegos río Huerva y el uso principal es el riego y el abastecimiento. En lo referente a los usos lúdicos, los principales son la navegación (solo permitida a remo) y la pesca (tramo de pesca intensiva). En la figura siguiente se presenta su situación:

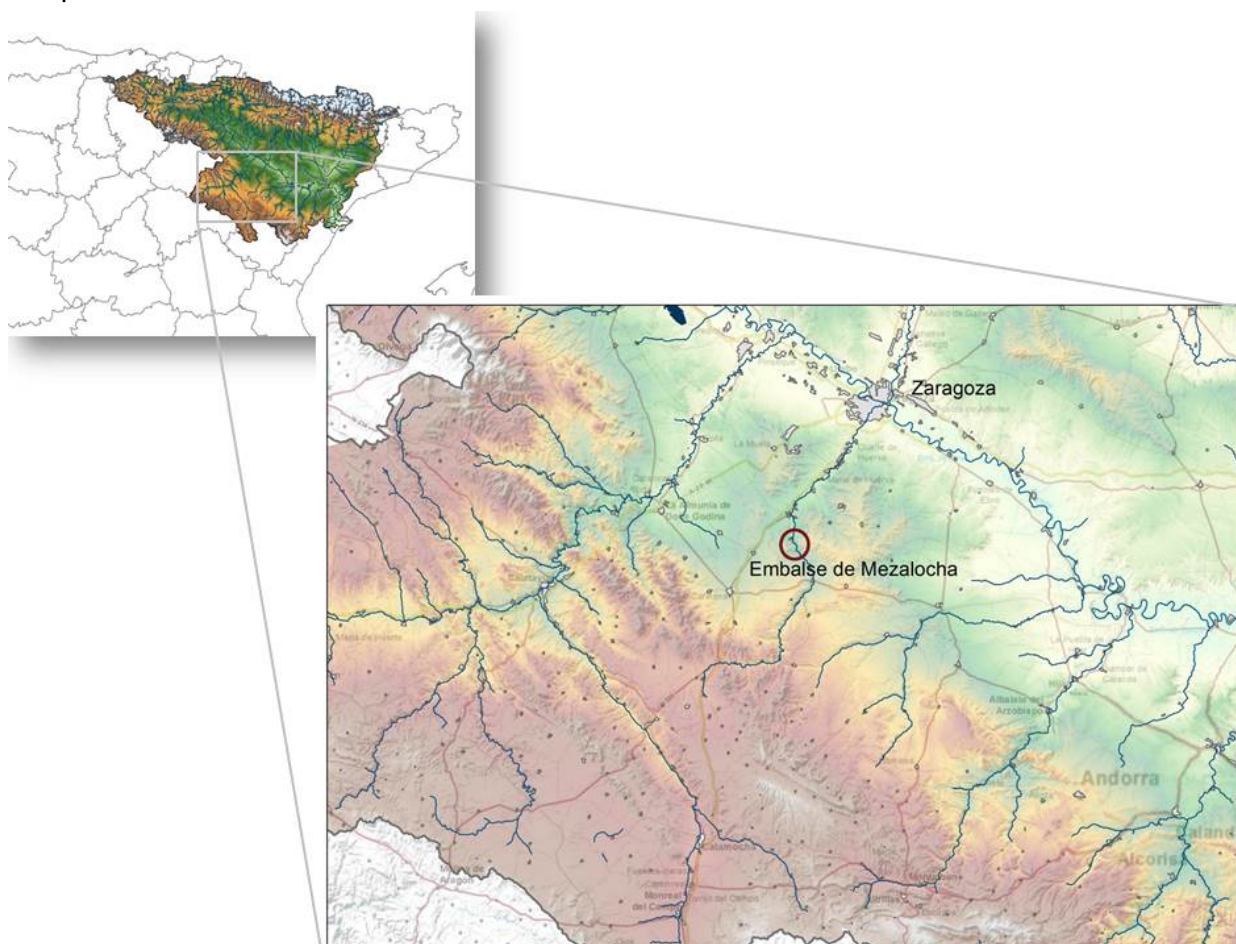


Figura 3. Situación del embalse de Mezalocha

2.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

El embalse tiene una capacidad máxima de $4,5 \text{ hm}^3$ y ocupa una superficie de 41 ha, lo que supone una profundidad media de 11 m. La profundidad máxima es de 30 m.

El muestreo hidroacústico, como se explica más adelante en el apartado de metodología, permite obtener una batimetría que se emplea para cubicar los diferentes estratos y ponderar las densidades y biomásas obtenidas para cada uno de ellos.

En la figura siguiente se representa la batimetría obtenida en planta y en 3D (Z x10).

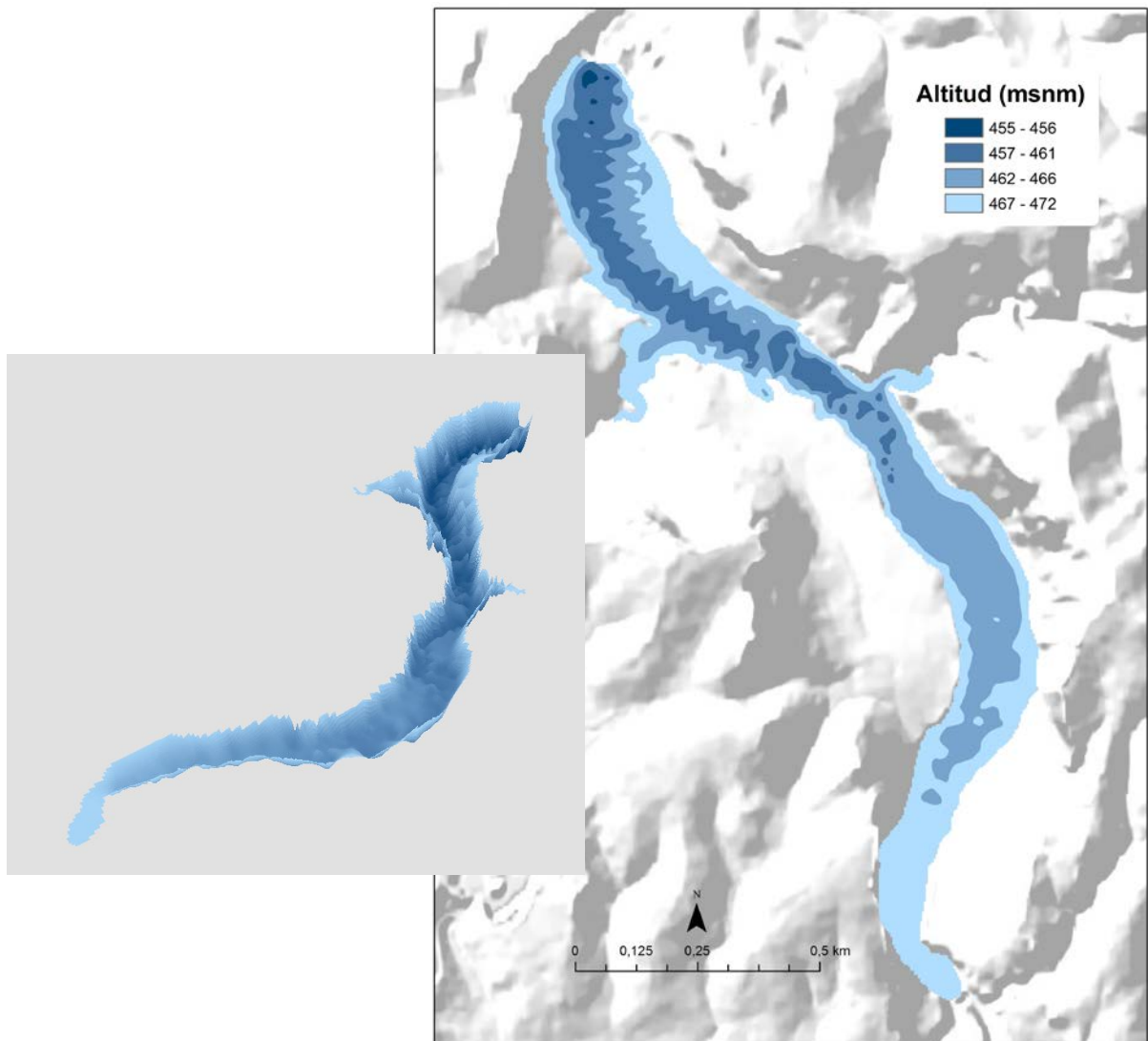


Figura 4. Batimetría del embalse de Mezalocha

En la tabla siguiente se presentan los volúmenes y superficies de cada uno de los estratos considerados, obtenidos a partir de la batimetría anterior. Obsérvese que la suma de los volúmenes no coincide exactamente con el volumen proporcionado por el SAIH (figura 5). Los motivos de esta desviación son múltiples (resolución de la batimetría, acumulación de sedimentos...etc.). No obstante, más que los valores absolutos, lo importante es conocer la importancia relativa de cada estrato para la ponderación de las densidades.

Tabla 1. Estratos considerados en el embalse de Mezalocha

Sector	Estrato	Volumen (hm ³)	Superficie (ha)
1	1	1,31	32,70
	2	0,69	20,62
	3	0,17	7,44

2.3. RÉGIMEN HIDROLÓGICO

El embalse sufrió un importante descenso de nivel durante el ciclo hidrológico 2011-2012, que se ha recuperado hasta alcanzar prácticamente el máximo llenado durante el ciclo anual siguiente (2012/13), tal y como se puede apreciar en el gráfico de la figura siguiente, donde se representa la variación de volumen a lo largo del último año hidrológico. Se ha marcado en color rojo la fecha del muestreo.

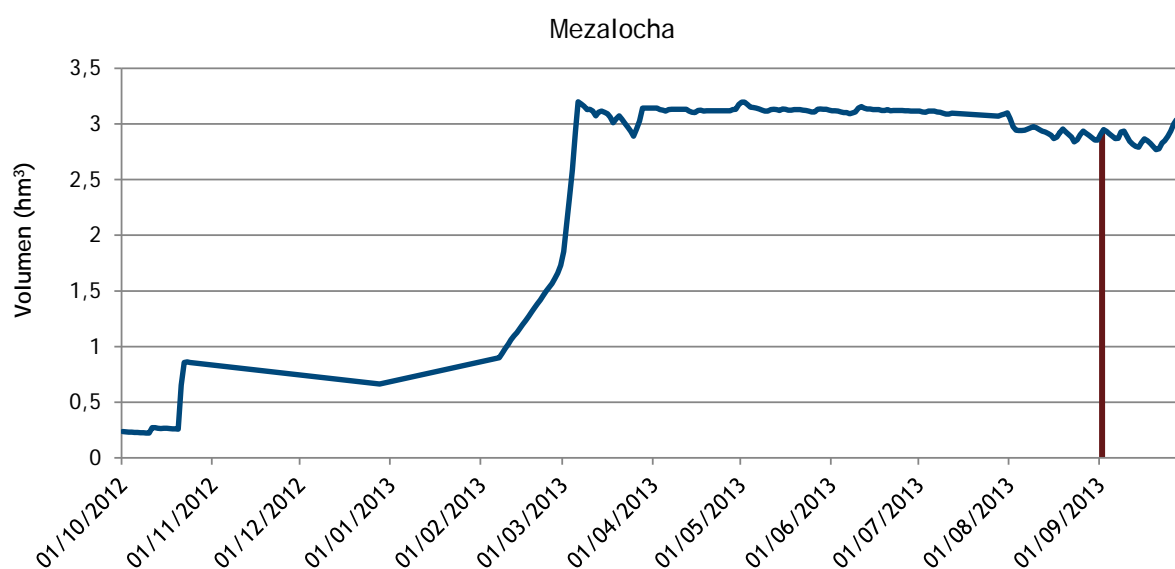


Figura 5. Variación del volumen embalsado a lo largo del año hidrológico 2012-2013 (SAIH Ebro)

Se aprecia que durante el muestreo el embalse se encontraba prácticamente en el nivel más alto del año (91% del máximo anual) y 65% de la capacidad.

2.4. 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 en la zona de máxima profundidad un perfil vertical de temperatura, conductividad eléctrica, pH y oxígeno disuelto. En los gráficos siguientes se presentan los perfiles obtenidos.

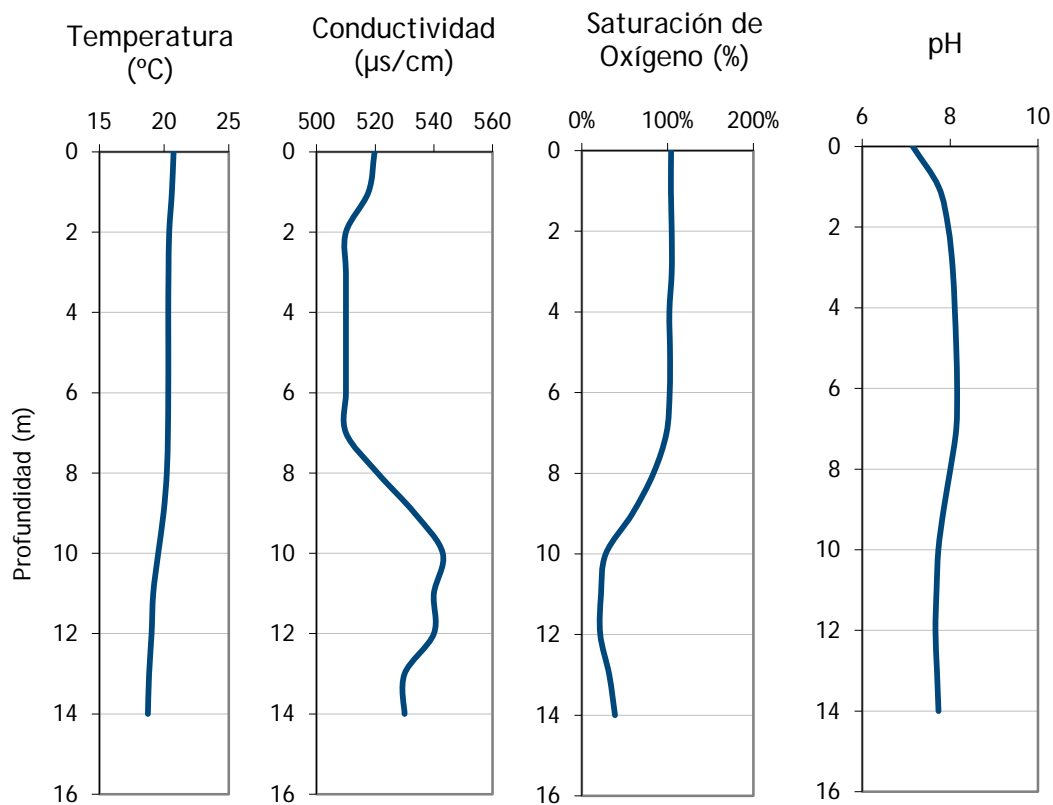


Figura 6. Perfiles físico-químicos realizados en el embalse de Mezalocha (29-8-13)

Se puede apreciar que el embalse se encuentra estratificado y la termoclina se sitúa en torno a los 7 metros de profundidad, a partir de la que se produce una caída del oxígeno disuelto hasta los 10 m. A pesar de ello, se detectaron peces en profundidad (estrato 3) lo que se aborda en el capítulo 4.1.

2.5. POTENCIAL ECOLÓGICO Y ESTADO TRÓFICO

Se trata de un embalse monomítico, calcáreo de zonas no húmedas ($IH < 0,74$), pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos (área de cuenca $< 1.000 \text{ km}^2$), lo que permite clasificar esta masa de agua en el tipo 10, según los criterios del CEDEX (2005).

En lo que respecta al estado trófico, se ha catalogado el embalse como hipereutrófico y con potencial ecológico moderado, según el Informe de Situación del año 2012 del CEMAS (CHE, 2013), pero el año anterior había sido clasificado como mesotrófico (CHE, 2012).



3. 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 y pesca eléctrica desde embarcación.

El procedimiento general empleado, que se plasma en la figura 7, establece diferentes técnicas de muestreo en función de los macrohábitats diferenciados. Como se puede observar en la citada figura, el procedimiento de trabajo se basa en la combinación optimizada de diferentes técnicas prospectivas y de análisis. Mediante los sondeos acústicos en posición vertical y horizontal se obtiene una alta densidad muestral relativa a la densidad y talla acústica de los peces, y cada elemento de análisis se posiciona en tres dimensiones (latitud, longitud y profundidad). Además, se obtiene un levantamiento del fondo que permite elaborar un modelo batimétrico digital, que sirve para ubicar adecuadamente las estimaciones poblacionales en cada macrohábitat.

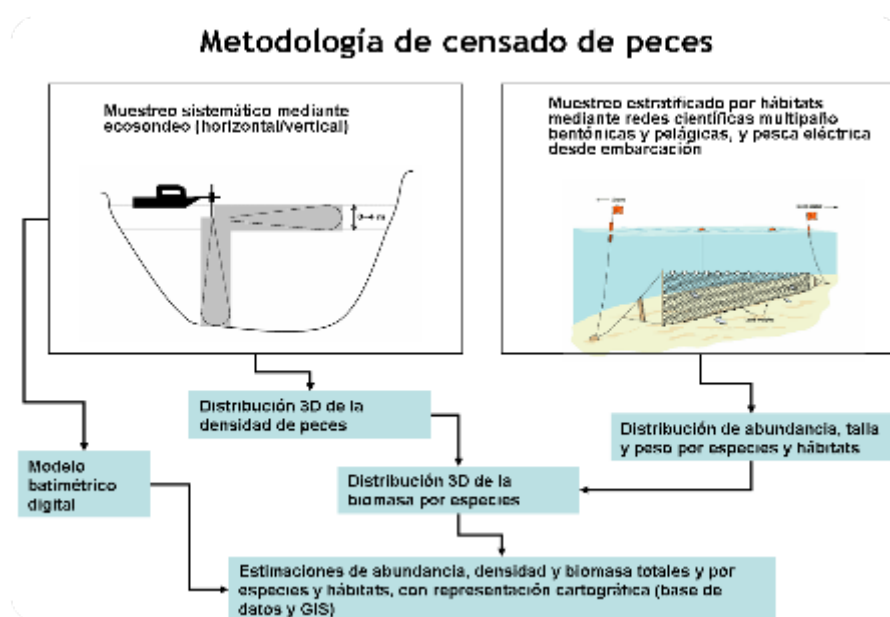


Figura 7. Esquema del método de censo de poblaciones ícticas en un embalse

Mediante el muestreo con métodos directos de pesca científica en lugares representativos de los diferentes sectores definidos (macrohábitats), se alcanza un conocimiento de la distribución de especies y relaciones entre la talla y el peso, que permiten finalmente estimar biomazas por especies y sectores.



3.1. DISEÑO DEL MUESTREO

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. Además, en las zonas litorales se realizaron transectos de pesca eléctrica desde embarcación.

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 partido de 430 kHz en posición horizontal y un transductor digital de haz partido de 200 kHz en posición vertical. Estos sistemas, ofrecen un rango dinámico muy superior a los analógicos. El transductor utilizado en orientación vertical tiene un ángulo de apertura de 10°, lo que permite obtener un volumen muestral que casi duplica los de los transductores estándar.

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

Durante la adquisición de datos, las posiciones proporcionadas por el sistema GPS se incorporan de forma automática y directa a los ficheros de datos, de modo que los datos de cada medición efectuada por la ecosonda van vinculados de forma inequívoca a sus respectivas posiciones.

Con cada pulso o muestra, el sistema adquiere información sobre todos los objetos que se encuentran en ese momento en la columna de agua y dentro del haz acústico que emite la sonda.

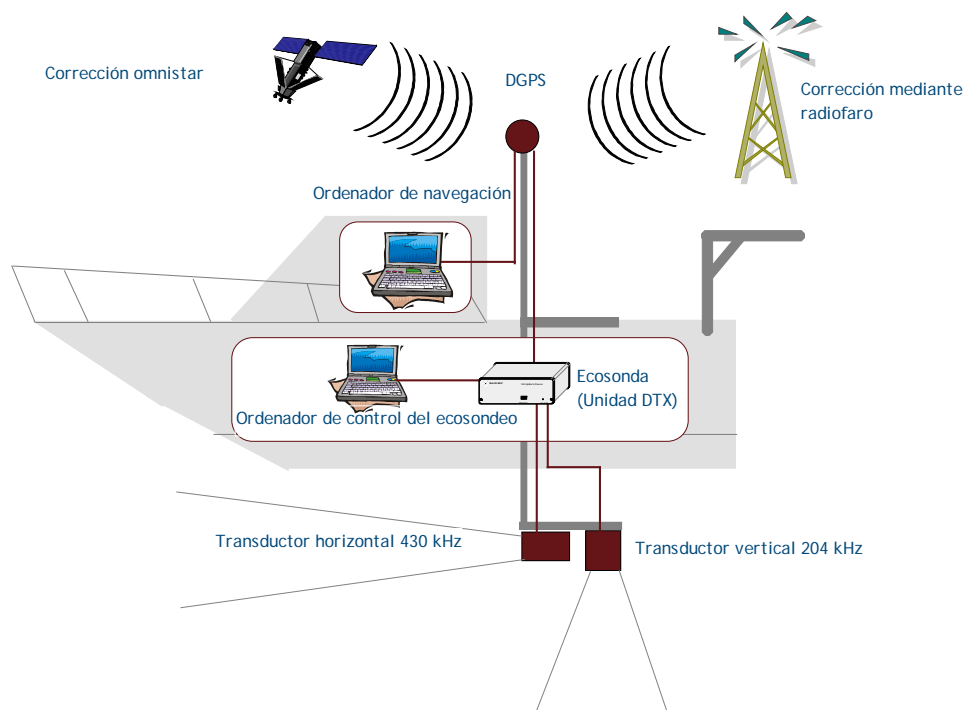


Figura 8. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico

Los datos adquiridos se someten a un trabajo de 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 ecoconteo y eointegración. La técnica del ecoconteo permite, para cada ping o muestra, catalogar cada señal como blanco (pez) y estimar su intensidad acústica, mientras que en el caso de la eointegración, se estima la intensidad acústica de una agrupación de peces y se asigna una intensidad media por individuo.

Esta última técnica se aplica a las agrupaciones densas (bancos) de peces, que no permite a los sistemas acústicos resolver ecos individuales.

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 blanco en el espacio tridimensional formado por el haz acústico.

A partir de estos blancos verificados y corregidos, se ha aplicado un análisis para la evaluación de la densidad y biomasa de peces, basado en el recuento (ecoconteo) de blancos clasificados en intervalos de análisis definidos o ecointegración en el caso del estrato superior.

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, 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 sección transversal (backscattering cross section) utilizando regresiones *ad hoc* (Kubecka et al., 2009).

La profusión de burbujas en este embalse, producto de la desgasificación de los sedimentos, ha condicionado el procesado de datos acústicos hasta el punto de que se ha hecho necesario desarrollar e implementar en el software un nuevo filtro que permite discriminar y eliminar de las estimaciones la contribución de las burbujas a la densidad y biomasa equivalente. Este filtro se basa -no sólo, pero principalmente- en la posibilidad de estimar la velocidad de ascenso de los blancos detectados dentro de un haz dividido y su desarrollo constituye una solución original en las aplicaciones acústicas de este tipo. Se está trabajando además en una solución equivalente para sondeos horizontales.

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 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 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 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

Código	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

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”. Esto responde a un planteamiento muestral más de tipo estratificado que sistemático.



Figura 9: Acción de calado de las redes (izq.) y peces capturados (dcha.)

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 ha realizado 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 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 recolecta 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.

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 es de 100 metros de orilla. Los muestreos de pesca eléctrica se realizan durante la noche.



Figura 10. Pesca eléctrica desde embarcación

3.4. INTERPOLADO ESPACIAL Y ESTIMACIONES GLOBALES

Para presentar los resultados obtenidos, todas las posiciones contenidas en los ficheros tienen que convertirse a UTM en datum ETRS89 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 cubiertos mediante el modelo batimétrico digital. Esta estratificación se ha efectuado considerando los registros verticales de temperatura y oxígeno disuelto y de la penetración de la luz, obtenidos durante el muestreo, así como criterios relativos a la orientación del transductor y a la coherencia del haz acústico en horizontal.

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

Para ello en primer lugar se ha ajustado una curva al semivariograma (ver ejemplo en la figura 11) y en base a ese modelo, se ha procedido al interpolado propiamente dicho mediante kriging ordinario. Con ello se obtiene una superficie continua de densidad o biomasa que permite, además de visualizar las zonas de mayor concentración de peces, realizar estimaciones poblacionales.

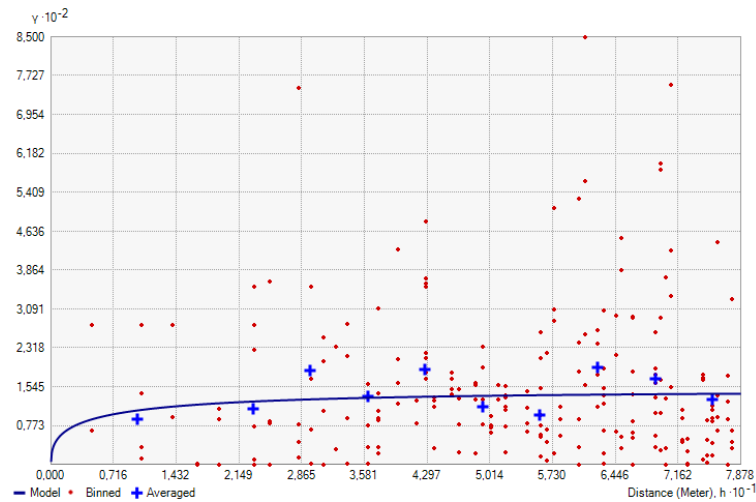


Figura 11. Ejemplo de ajuste de curva al semivariograma para el interpolado espacial

El interpolado se realiza independientemente para cada estrato considerado (tabla 1) que se han nombrado utilizando la siguiente nomenclatura internacional:

Upper Open Water (UOW): Estrato superior

Middle Open Water (MOW): Estrato medio

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” (Expdte.: 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 para su futura publicación.

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. De esta manera mediante regresión logística (*stepwise*) se seleccionaron cinco métricas que combinadas ofrecen 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



4. RESULTADOS

4.1. SONDEO HIDROACÚSTICO: DENSIDADES

Los recorridos móviles de ecosondeo han cubierto una longitud total de 17 km (con dos transductores), lo que supone un valor del índice de cobertura (Da) de 30. Los recorridos completos sobre el mapa batimétrico, se presentan en la siguiente figura.

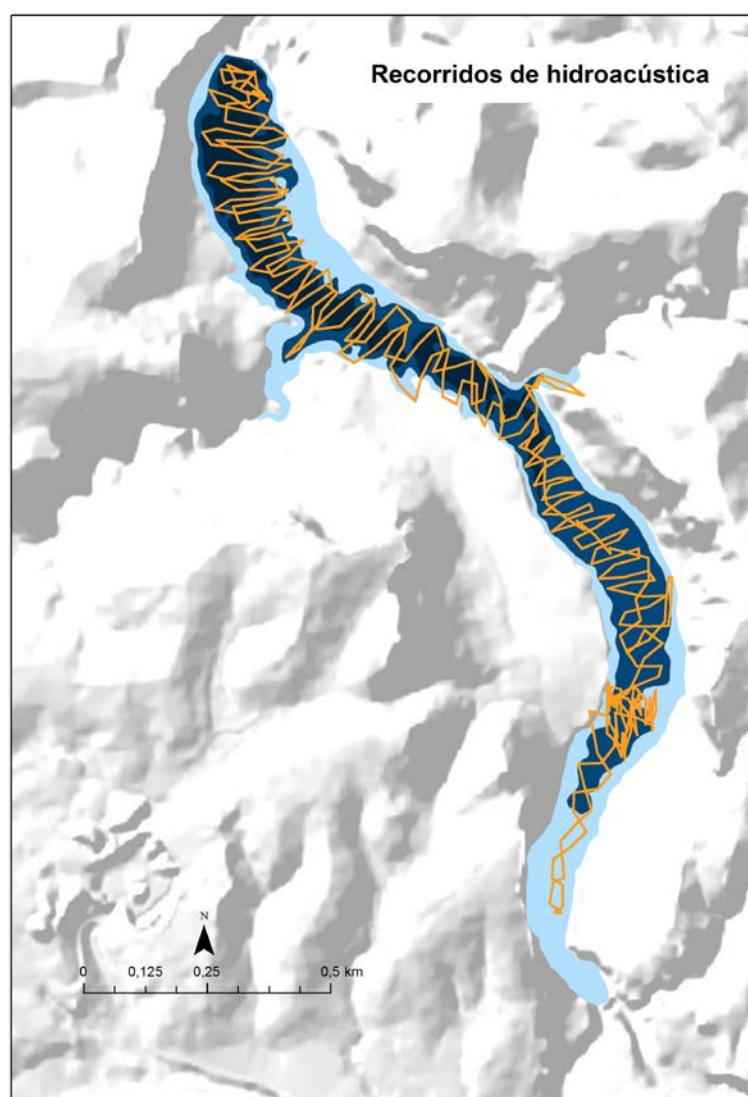


Figura 12. Recorridos de sondeo hidroacústico

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 la

documentación del CD adjunto a la presente memoria, se entrega un listado completo de estas celdas de análisis, detallando sus coordenadas, estrato, densidad y biomasa.

Debido al elevado nivel del agua durante el muestreo en el embalse de Mezalocha, apenas se detectó el burbujeo ocasionado por la descompresión de los sedimentos. El burbujeo, cuando aparece, genera una gran dificultad en el procesado de datos acústicos debido a la dificultad en discriminar entre las burbujas de gas y los peces, que en los ecogramas presentan un aspecto muy similar. En la figura siguiente se muestra un ecograma del embalse de Mezalocha, en el que se aprecian abundantes señales, principalmente asociadas a la termoclina (8-10 m).

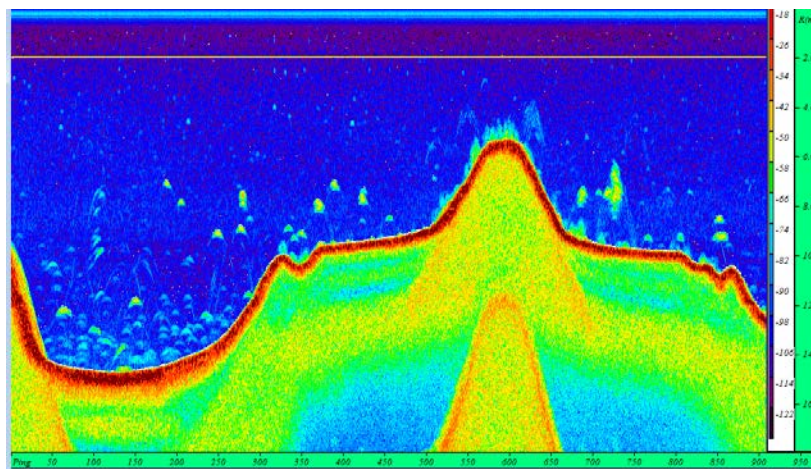


Figura 13. Ejemplo de ecograma del embalse de Mezalocha en el que se observan abundantes señales en torno a la termoclina.

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. La densidad se ha expresado en individuos por decámetro cúbico ($\text{dam}^3=1.000 \text{ m}^3$).

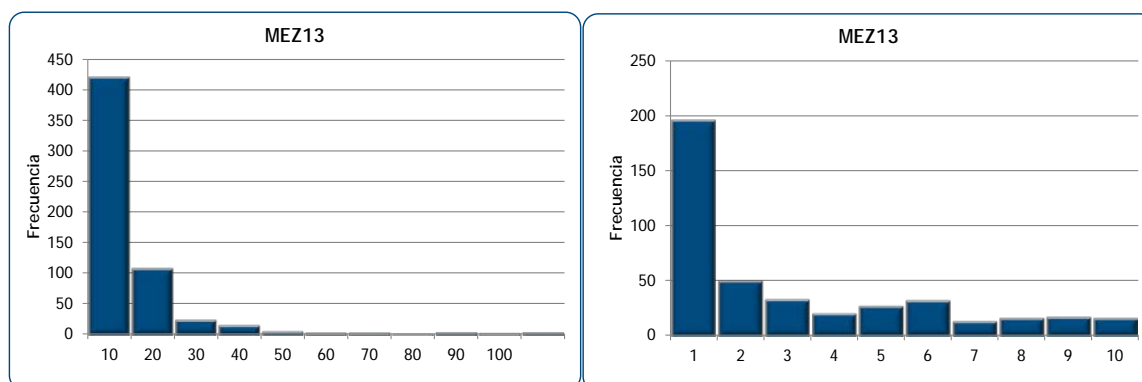


Figura 14. Distribución de frecuencias de densidad (ind/dam³), estimada mediante ecosondeo (celdas con densidad mayor a 0)

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

Sector	Estrato	Densidad media (ind/1000m ³)	Densidad máxima (ind/1000m ³)	Número de casos	Numero de casos con valor 0	Desviación típica
1	1	1,58	21	341	36	2,77
	2	21,65	395	298	82	42,71
	3	8,78	255	116	33	24,07

Estos valores medios se han ponderado con el volumen de cada estrato y sector (tabla 1), para obtener una densidad total del embalse de 8,53 ind/dam³. Se trata de un valor elevado a pesar del volumen de agua en el embalse en el momento del muestreo. En el año 2012, este embalse alcanzó niveles extremadamente bajos (figura 5), motivo por el cual se pospuso su muestreo a 2013, ahora se puede apreciar que esa situación de escasez de reserva hídrica en el año anterior puso en riesgo de mortandad masiva, pues la densidad de peces tuvo que ser alta.

La distribución espacial de la densidad de peces se presenta interpolada en las láminas 1 a 3 (ANEJO IV) para los tres estratos considerados.

En la figura 15 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 han utilizado como valores de corte, la mitad de la densidad media, la densidad media y el doble de la misma.

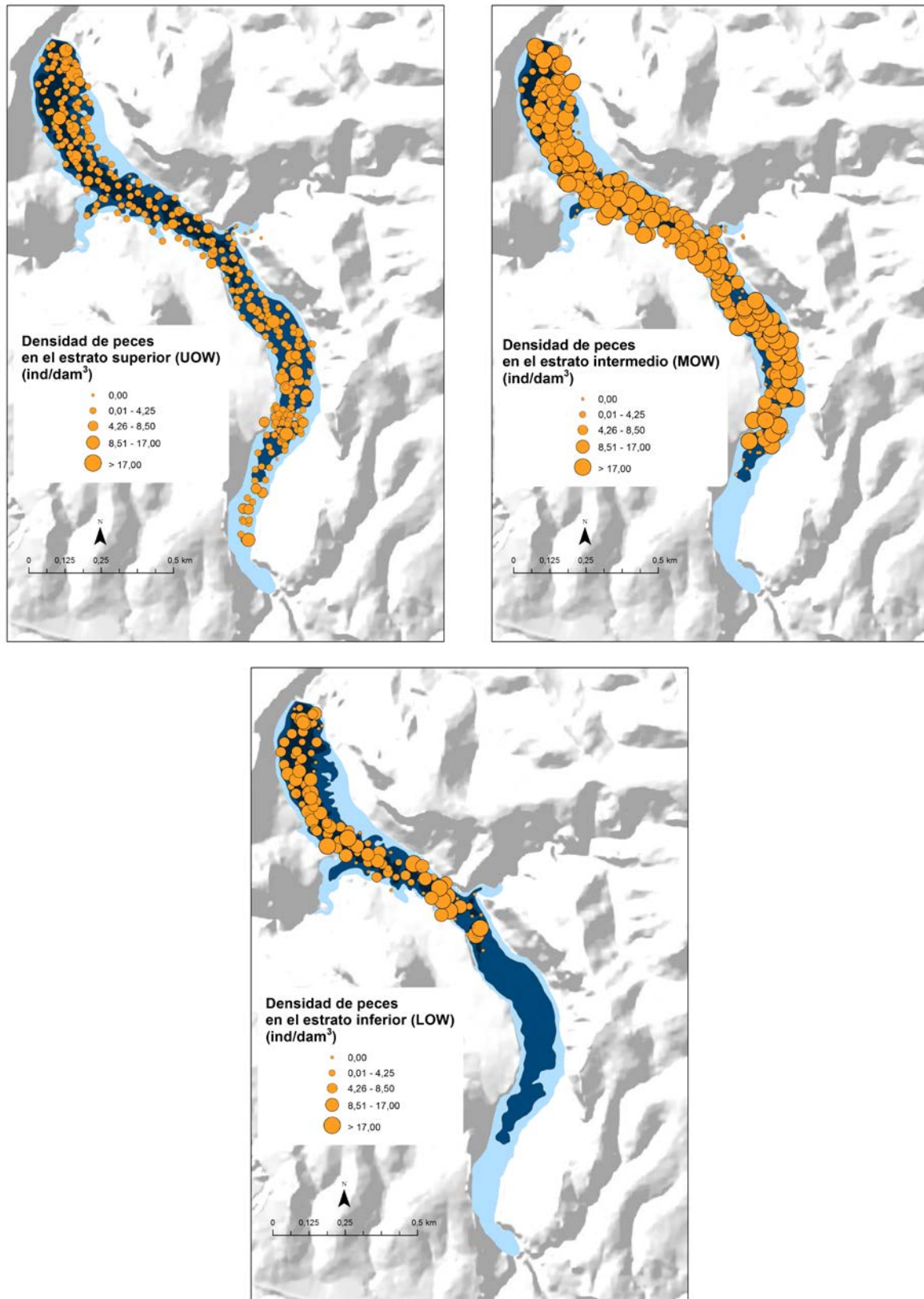


Figura 15. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad de peces. Cada punto representa una celda de 50m de longitud

Es posible apreciar que la mayor concentración de peces del embalse se encuentra en la capa intermedia (MOW, de 5 a 10 metros) con una distribución horizontal más o menos homogénea. La densidad de peces en la capa inferior es también elevada a pesar de las malas condiciones de oxigenación (figura 6). Se ha observado que los peces de esta capa se encuentran principalmente asociados a la termoclina, ligeramente por debajo de la misma (10-11 m), y que probablemente se trate de las dos especies de ciprínidos tolerantes a bajos niveles de oxígeno que se encontraron en el embalse: la carpa (*Cyprinus carpio*) y el rutilo (*Rutilus rutilus*).

Además de las evaluaciones ofrecidas anteriormente (obtenidas como media aritmética de las celdas de análisis), se han calculado los mismos parámetros poblacionales mediante métodos geoestadísticos, a partir de los mapas interpolados presentados en el anejo IV.

Esta forma de evaluar la densidad y biomasa del embalse está condicionada por el método y configuración de la interpolación, por lo que por su estandarización se hace más difícil y con ello la comparabilidad de resultados de los diferentes sistemas.

En la tabla siguiente se presentan los resultados de densidad obtenidos para el embalse de Mezalocha.

Tabla 6. Estimaciones de densidad obtenidas mediante métodos geoestadísticos

Estrato	Densidad media (ind/dam ³)	Desviación estándar
1	1,62	1,05
2	20,28	10,53
3	8,11	6,04
Total	8,07	

Se aprecia que apenas existen diferencias en las densidades obtenidas, tanto por estratos como para el conjunto del embalse, lo que nos indica que ambos métodos de cálculo son equivalentes para el caso de Mezalocha.

4.1.1. Comparativa con otros embalses del Ebro

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

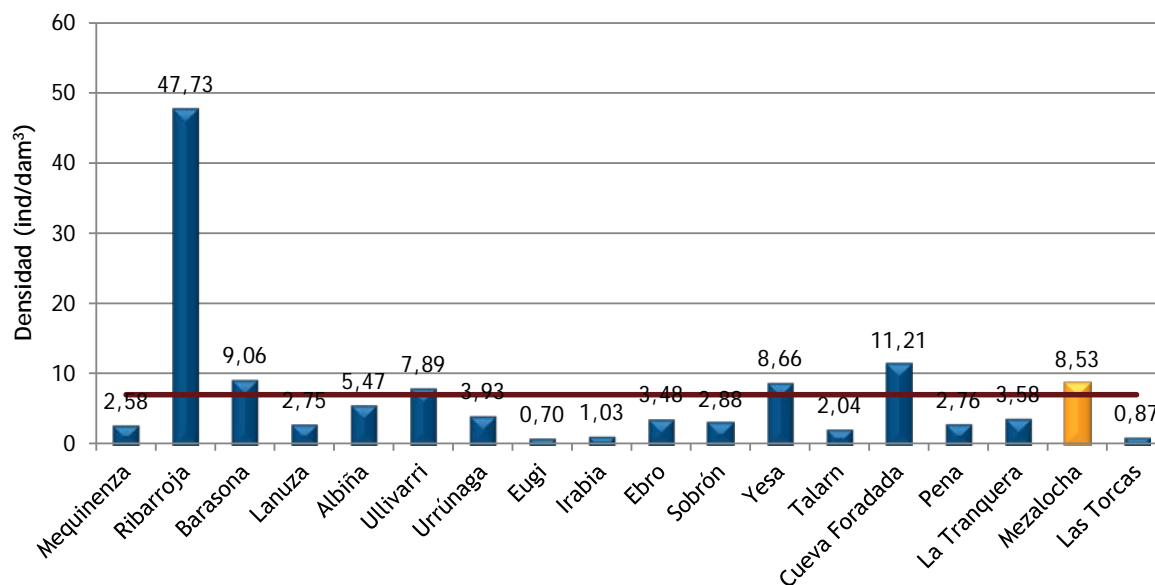


Figura 16. Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro

Se constata que este valor está en el rango alto de densidad de peces de los embalses de la cuenca del Ebro para los que se dispone de cuantificaciones realizadas con técnicas comparables. No obstante, como se ha apuntado anteriormente, la densidad se ve disminuida por el elevado nivel en el que se encontraba el embalse en el momento del muestreo.

4.2. MUESTREOS DIRECTOS: COMPOSICIÓN Y BIOMASA ESPECÍFICA

Los muestreos directos se han realizado mediante la 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.

Los detalles de cada una de las pescas se han recogido en fichas de campo. En estas fichas, facilitadas en el ANEJO II, se detallan los datos relativos a cada muestreo, 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 m² de red multipaño (red bentónica) o bien, en caso de tratarse de pesca eléctrica, número de ejemplares capturado por 100 m de orilla recorridos.

Biomasa por unidad de esfuerzo (BPUE), es decir, el peso acumulado estandarizado a 12 h de pesca y 45 m² de red multipaño (red bentónica), o bien, en caso de tratarse de pesca eléctrica, peso total de los ejemplares capturado por 100 m de orilla recorridos.

4.2.1. 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, 2001; CHE, 2009; fishbase.org y wikipedia. Fotografías de Ecohydros SL).

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

Tabla 7. Especies presentes en el embalse

Nombre común	Nombre científico	Autóctono/alóctono
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	Alóctono
Barbo de Graells	<i>Luciobarbus graellsii</i>	Autóctono
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	Alóctono (anterior a 1900)
Fraile	<i>Salaria fluviatilis</i>	Autóctono
Lucio	<i>Exos lucius</i>	Alóctono
Lucioperca	<i>Sander Lucioperca</i>	Alóctono
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i>	Alóctono

Como se puede apreciar, únicamente se detectaron dos especies autóctonas. El resto de especies, introducidas ilegalmente, conforman una asociación típicamente centroeuropea que cada vez va siendo más frecuente en los embalses de la cuenca. Las especies autóctonas de menor tamaño como la madrilla (*Parachondrostoma miegii*) (CHE, 1996) desaparecen. Las primeras y las de mayor tamaño, como el barbo, sobreviven a pesar de la importante presión por parte de los predadores alóctonos; prueba de ello es la imagen siguiente en la que se aprecian los efectos del ataque de un predador (probablemente lucio o lucioperca) sobre uno de los barbos capturados de 40 cm de longitud.



Figura 17. Efectos del ataque de un predador alóctono sobre un barbo

El blenio o fraile (*Salaria fluviatilis*) puede resistir la presencia de los grandes predadores alóctonos gracias a su pequeño tamaño y hábitos bentónicos. Se trata de una especie de elevada importancia debido a su carácter de hospedante de los gloquidios de ciertas especies de náyades o almejas de río.

4.2.2. Composición y distribución de especies

Capturas con redes

El total de capturas con redes fue de 176 peces, con un peso total de 13,5 kg, lo que supone 88 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 8 kg de biomasa por unidad de esfuerzo. Se emplearon un total de 7 redes en 105 horas de pesca (14,3 unidades de esfuerzo). La ubicación de las redes de muestreo, junto a los recorridos de pesca eléctrica, se refleja en la figura siguiente:

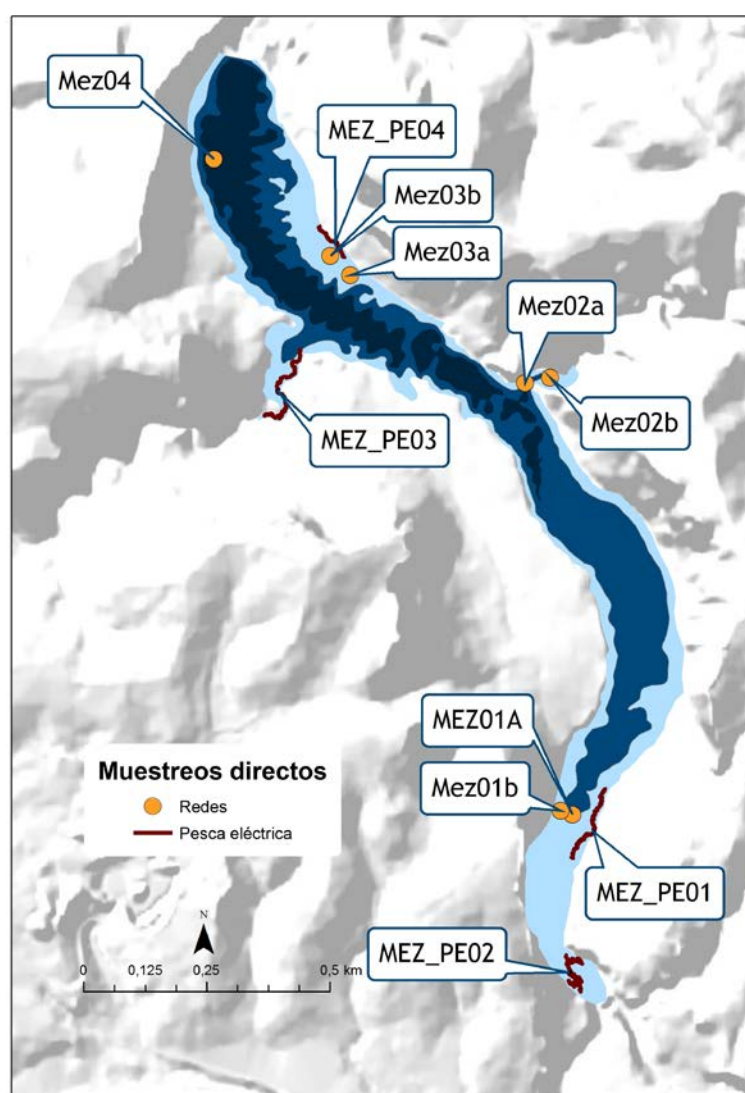


Figura 18. Ubicación de las redes y recorridos de pesca eléctrica

En la tabla 8 y en la figura 19, se facilitan los resultados obtenidos de las redes, agregados por especies, para cada uno de los estratos del embalse. Se han capturado un total de 5 especies diferentes.

Tabla 8. Resultados de las pescas con red por especies

	<i>Alburnus alburnus</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Luciobarbus graellsii</i>	<i>Rutilus rutilus</i>	<i>Sander Lucioperca</i>	Total
Capturas	71	3	1	83	18	176
CPUE	27	2	1	45	13	88
% CPUE	31%	2%	1%	51%	15%	100%
MCPUE12	6,7	0,0	0,2	11,2	3,4	21,5
MCPUE4	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,6
PF total (g)	1.378	8.989	854	1.470	832	13.523
BPUE (g)	538	5.315	650	943	639	8.085
% BPUE	7%	66%	8%	12%	8%	100%
MBPUE12	135	0	163	236	160	692,5
MBPUE4	0	1.772	0	0	0	1.771,7
Long furcal media (mm)	114	547	372	96	129	45
Peso medio (g)	19	2.996	854	18	46	77

Los términos empleados para describir la asociación de peces del embalse 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

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)

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

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)

L. furcal: Longitud furcal media en mm.

Peso medio: expresado en g.

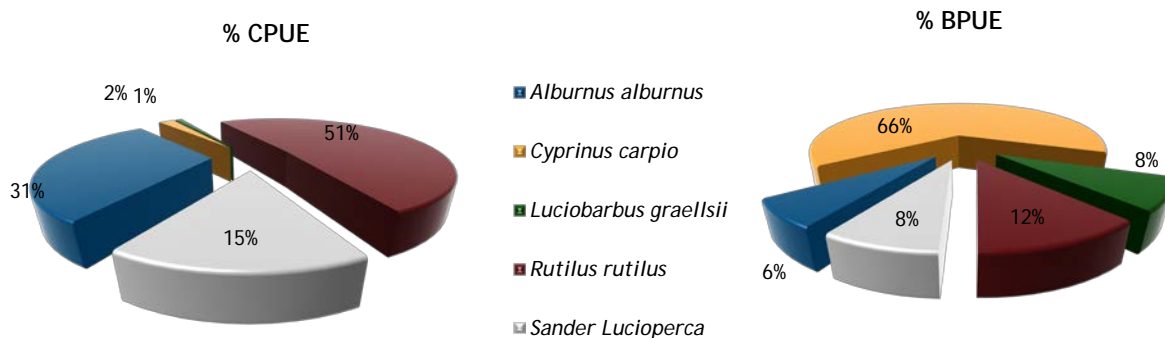


Figura 19. Composición de la asociación obtenida mediante redes

Se trata de una asociación de peces típicamente centroeuropea formada mayoritariamente por un predador piscívoro (la lucioperca) y dos especies de ciprínidos de tamaño pequeño y medio, el alburno y el rutilo. Éste último domina la asociación. La carpa común, con un elevado tamaño medio, supone el 66% de biomasa de la asociación. El lucio, únicamente capturado mediante pesca eléctrica, es una especie con una capturabilidad muy baja en las redes debido a sus hábitos de caza en estático por lo que es habitual subestimar su población. No obstante, como se comentará en el apartado relativo a la pesca eléctrica, la lucioperca parece ser la especie predatora dominante. En la figura 20 se muestran los histogramas de frecuencias de las

Lo más destacable es la buena reproducción que presentan la lucioperca, el rutilo y en menor medida el alburno, que contrastan con las poblaciones envejecidas de carpas y barbos. El lucio parece mantener una pequeña población pero parece desplazado por la lucioperca.

Resultados de la pesca eléctrica

El total de capturas con pesca eléctrica fue de 171 peces con un peso total de 18,3 kg, lo que supone 81 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 8,1 kg de BPUE. Se realizaron un total de 4 transectos que cubrieron 1.022 m de orilla.

La ubicación de los transectos de muestreo se puede observar en el mapa de figura 18, donde se presentó, además, la ubicación de las redes.

En la tabla 9 se facilitan los resultados obtenidos, agregados por especies. Se han capturado 7 especies diferentes.

Tabla 9. Resultados de la pesca eléctrica por especies

	<i>Alburnus alburnus</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Luciobarbus graellsii</i>	<i>Rutilus rutilus</i>	<i>Sander lucioperca</i>	<i>Esox lucius</i>	<i>Salaria fluviatilis</i>	Total
Capturas	50	1	11	54	45	7	3	171
CPUE	15	1	4	30	26	4	1	81
% CPUE	19%	1%	5%	37%	32%	4%	1%	100%
MCPUE	3,8	0,2	1,0	7,6	6,6	0,9	0,3	20,3
PF total (g)	1.103	2.731	10.333	835	330	3.008	2	18.342
BPUE (g)	323	2.308	3.783	416	198	1.100	1	8.129
% BPUE	4%	28%	47%	5%	2%	14%	0%	100%
MBPUE	81	577	946	104	50	275	0	2.032,3
Long furcal media (mm)	122	530	379	94	98	268	37	30
Peso medio (g)	22	2.731	939	15	7	430	1	107

Es posible apreciar que en las zonas litorales los resultados no difieren excesivamente de los de la zona pelágica. La asociación está dominada en abundancia por las mismas tres especies (con un aumento de la importancia de la lucioperca, cuyos alevines son típicamente litorales) mientras que en biomasa, el barbo pasa a ser la de mayor importancia seguida por la carpa y el lucio.

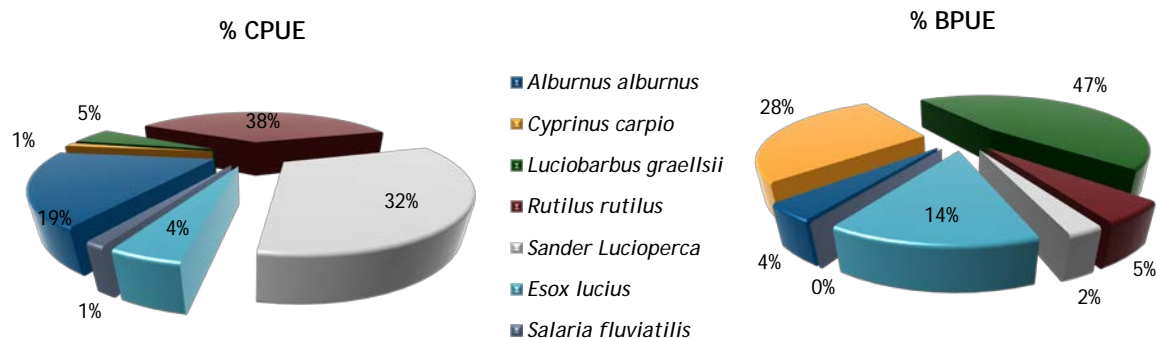


Figura 21. Composición de la asociación obtenida mediante pesca eléctrica

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 10 se presentan los resultados del análisis de biomasa por celdas.

Tabla 10. Biomasa de peces por estratos (g/m^2) estimada mediante acústica

Sector	Estrato	Biomasa media (g/m^2)	Biomasa máxima (g/m^2)	Número de casos	Número de casos con valor 0	Desviación típica
1	1	0,52	9	341	48	0,96
	2	1,35	24	298	87	2,58
	3	0,23	2	116	39	0,32

La biomasa media del embalse se calcula sumando las biomasa de cada uno de los estratos y refiriéndolo a la superficie del embalse, de esta manera se obtiene una biomasa media de $1,43 \text{ g/m}^2$, o lo que es lo mismo: $14,3 \text{ kg/ha}$. Se trata de un valor bajo de biomasa, que contrasta con la relativamente elevada densidad. La explicación reside en la dominancia de especies de pelágicas de tamaño pequeño-medio: el alburno y el rutilo.

La distribución espacial de la biomasa de peces se presenta interpolada en las láminas 4 a 6 (ANEJO IV) para los tres estratos considerados.

En los mapas de la figura 22 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. Se han empleado como valores de corte la mitad de la biomasa media del embalse, la biomasa media y el doble de la misma. La mayor biomasa media se observa en el estrato intermedio (MOW, 5-10m), al igual que ocurría con la densidad.

Además de las evaluaciones ofrecidas anteriormente (obtenidas como media aritmética de las celdas de análisis), se han calculado los mismos parámetros poblacionales mediante métodos geoestadísticos, a partir de los mapas interpolados presentados en el anejo IV.

Esta forma de evaluación la densidad y biomasa del embalse, está condicionada por el método y configuración de la interpolación por lo que por su estandarización se hace más difícil y con ello la comparabilidad de resultados de los diferentes sistemas.

En la tabla siguiente se presentan los resultados de biomasa obtenidos para el embalse de Mezalocha.

Tabla 11. Estimaciones de biomasa obtenidas mediante métodos geoestadísticos

Estrato	Biomasa media (g/m ²)	Desviación estándar
1	0,54	0,47
2	1,43	0,73
3	0,25	0,11
Total	1,50	

Se aprecia que apenas existen diferencias en las biomásas obtenidas, tanto por estratos como para el conjunto del embalse. Las escasas diferencias nos indican que ambos métodos de cálculo son equivalentes para el caso de Mezalocha.

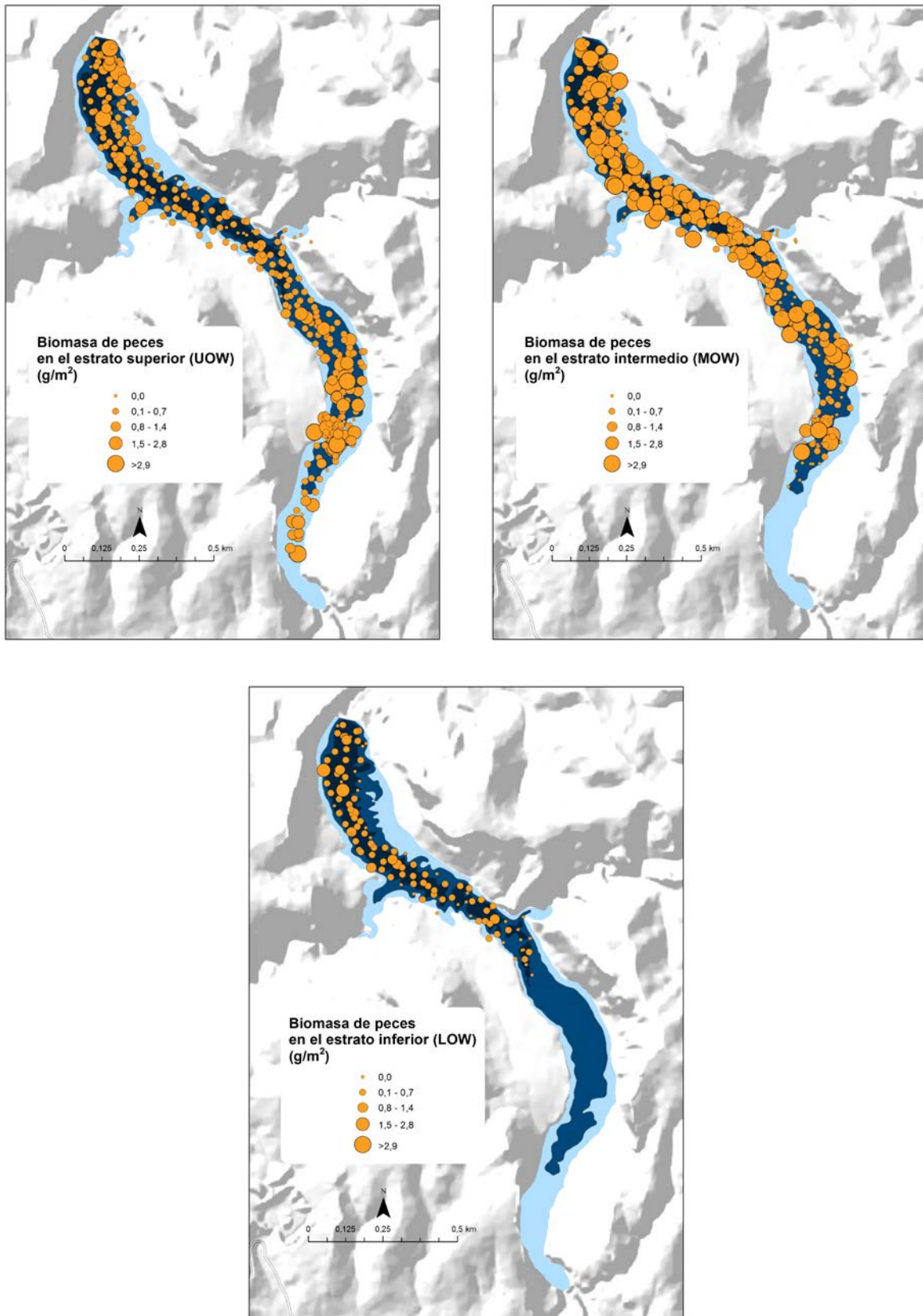


Figura 22. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa de peces

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 Mezalocha, 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. Como ya se ha adelantado, se trata de un valor bajo que contrasta con la elevada densidad.

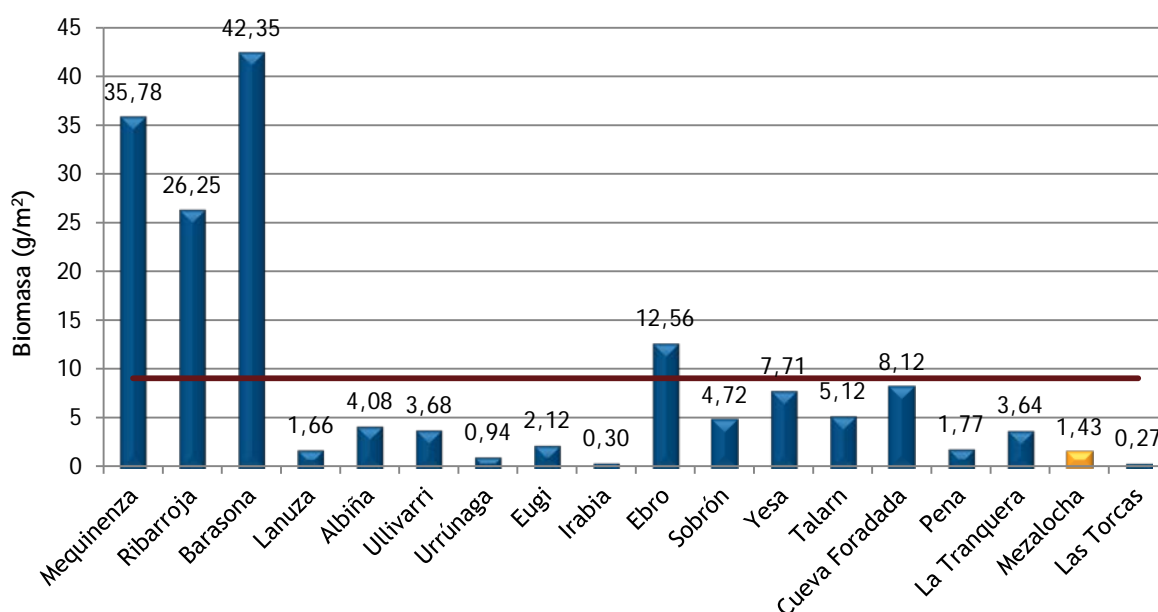


Figura 23. Comparación de la biomasa con otros embalses de la cuenca del Ebro

Como se puede apreciar, el embalse de Mezalocha presenta un valor de biomasa que se sitúa en el rango inferior de los embalses de la cuenca. Es un valor inferior al que cabría esperar en un sistema altamente productivo, que se explica por el bajo nivel del agua a finales del año hidrológico pasado y por el pequeño tamaño de las especies presentes.

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 las tablas que se muestran a continuación se han calculado la densidad y biomasa relativas por especie, referidas a volumen (dam^3) y superficie (m^2) respectivamente, para el conjunto del embalse.

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

	<i>Alburnus alburnus</i>	<i>Luciobarbus graellsii</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Sander lucioperca</i>	<i>Rutilus rutilus</i>	Total
Densidad media (ind/dam^3)	2,61	0,07	0,17	1,30	4,37	8,53
% Abundancia	31%	1%	2%	15%	51%	100%
Biomasa media (g/m^2)	0,10	0,11	0,94	0,11	0,17	1,43
% Biomasa	7%	8%	66%	8%	12%	100%

En este cuadro se resumen las observaciones ya realizadas 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 18.500 peces con una biomasa de 0,5 t. 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 el fin último de estos trabajos.

La mayor parte de las especies presentes son exóticas invasoras que han podido desplazar a los ciprínidos autóctonos de menor tamaño como la madrilla. La asociación está dominada en densidad por el rutilo, el alburno y la lucioperca, mientras que las carpas aportan la mayor parte de la biomasa del embalse.

5. APROXIMACIÓN AL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE BASADO EN PECES

Aunque este método de muestreo se ha aplicado en una reducida, aunque creciente, población de embalses de la Península Ibérica, 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.

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 comunidades de peces que se ofrece más adelante de forma tentativa, se destacan las siguientes características, que podrían condicionar una evaluación definitiva:

- Densidad elevada, propia de sistemas muy productivos como el embalse de Mezalocha, que contrasta con una biomasa baja, debida al pequeño tamaño medio de las especies presentes.
- Dominio en densidad de especies exóticas invasoras: Rutilo (*Rutilus rutilus*), alburno (*Alburnus alburnus*) y lucioperca (*Sander lucioperca*), que además presentan cierta capacidad de colonización de los ecosistemas fluviales situados aguas arriba, especialmente las dos últimas.

- Dominio claro en biomasa de las carpas, principalmente ligadas a sistemas lénticos y con limitada capacidad de colonización del medio fluvial aguas arriba del embalse.
- Presencia del barbo (*Barbus graellsii*), que domina en biomasa la asociación litoral y del blenio de río (*Salaria fluviatilis*), ambas especies autóctonas.
- Presencia de otra especie de predador exótico, el lucio (*Exos lucius*), aunque de menor importancia que la lucioperca (*Sander lucioperca*)

Como se ha apuntado en el apartado de metodología, como aproximación a la evaluación del potencial ecológico se ha empleado el QFBI (*Quantitative Fish Biotic Index*), aún en proceso de ajuste, pero que de forma tentativa nos ofrece una indicación del potencial ecológico basado en los peces.

El potencial ecológico del embalse es moderado según esta metodología. En la tabla siguiente se presentan los resultados de las diferentes métricas, así como del QFBI, obtenidos para el embalse de Mezalocha:

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

Métrica	MEZ13
LOG_BIO	4,27
LOG_BIO_native	3,17
LOG_%_BIO_PISC_Exotic	0,03
LOG_BIO_PISC_Exotic	3,16
LOG_BIO_ciprin_native	3,17
QFBI	0,56
Potencial	Moderado

6. 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 ictiofauna 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*), carpa común (*Cyprinus carpio*), lucio (*Exos lucius*), lucioperca (*Sander lucioperca*) y rutilo (*Rutilus rutilus*), todas ellas exóticas invasoras y únicamente dos especies autóctonas: El barbo (*Barbus graellsii*) y el blenio o fraile (*Salaria fluviatilis*)
- La asociación de peces está dominada en densidad por el rutilo, con un 51 %, seguido del alburno con un 31% y la lucioperca (15%). En lo que se refiere a la biomasa, las carpas dominan la asociación con un 66%.
- La asociación de las zonas litorales difiere ligeramente de la de las aguas libres. Si bien las especies más abundantes son las mismas, con una mayor presencia de la lucioperca, principalmente alevines, aparecen nuevas especies (el lucio y el blenio) y el barbo adquiere una elevada importancia en biomasa con un 47%.
- La densidad media de peces, a partir de la interpolación en celdas de 50 m, es de 8,5 ind/dam³. Se trata de un valor alto, que contrasta con la baja biomasa, 1,4 g/m², o lo que es lo mismo, 14 kg/ha, que es un valor muy inferior al que cabría esperar en un sistema tan productivo. Es probable que este valor esté condicionado por unas reservas hídricas elevadas en el momento del muestreo y muy bajas tan solo unos meses antes (efecto de cuello de botella poblacional).



- 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, a partir del cual se ha obtenido un potencial ecológico “Moderado”.

7. 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 m²) 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 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.

Ping: 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 10.000 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.



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:

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

8. BIBLIOGRAFÍA

CEN EN 14.757:2006. 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 pp.

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, 2012. Control del Estado de las Masas de Agua C.E.A.S. Informe de situación año 2011.

CHE, 2013. Control del Estado de las Masas de Agua C.E.A.S. Informe de situación año 2012.

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

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

Embalses.net. Estado de los embalses y pantanos de España (2010). <http://www.embalses.net/>.

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

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 2013.





ANEJO I. ESPECIES PRESENTES





ANEJO II. RESULTADOS DE LAS PESCAS





ANEJO III. CELDAS DEL MUESTREO HIDROACÚSTICO





ANEJO IV. MAPAS INTERPOLADOS DE DENSIDAD Y BIOMASA
