

ESTUDIO CENSAL DE LAS COMUNIDADES DE PECES EN LOS EMBALSES DE EUGI, IRABIA Y EBRO.

TOMO 3. EMBALSE DEL EBRO

EXPEDIENTE: 107-10 / SNS

REF. INTERNA: EC10013-IF



Zaragoza, 29 de diciembre de 2010



ESTUDIO CENSAL DE LAS COMUNIDADES DE PECES EN LOS EMBALSES DE EUGI, IRABIA Y EBRO

TOMO 3. EMBALSE DEL EBRO

Dirección (Confederación Hidrográfica del Ebro)

Concha Durán Lalaguna

María José Rodríguez Pérez

Autores (Ecohydros SL)

Agustín Monteoliva Herreras

Gonzalo Alonso de Santocildes Marañón

Alberto Criado Delgado





ESTUDIO CENSAL DE LAS COMUNIDADES DE PECES EN LOS EMBALSES DE EUGI, IRABIA Y EBRO

TOMO 3. EMBALSE DEL EBRO

ÍNDICE

1	RESUMEN	1
2	INTRODUCCIÓN	3
2.1	Estudio cuantitativo de la fauna íctica	4
3	ÁMBITO DEL ESTUDIO	6
3.1	Caracterización físico-química del embalse. Perfiles verticales	8
4	METODOLOGÍA	10
4.1	Diseño del muestreo	11
4.2	Muestreos remotos: Hidroacústica	11
4.2.1	Prospección hidroacústica	11
4.2.2	Procesado de datos acústicos	13
4.3	Muestreos directos de pesca	14
4.3.1	Redes agalleras multipaño	14
4.3.2	Pesca eléctrica desde embarcación	15
4.3.3	Redes de cerco en zonas litorales	16
4.3.4	Redes de arrastre pelágicas	17
4.4	Interpolado espacial y estimaciones globales	17
5	RESULTADOS	20
5.1	Sondeo hidroacústico: Densidades	20
5.1.1	Comparativa con otros embalses del Ebro	24
5.2	Muestreos directos: Composición y biomasa específica	24
5.2.1	Especies presentes en el embalse	25
5.2.2	Composición y distribución de especies	26





5.2.2.1	Capturas con redes.....	26
5.2.2.2	Resultados de la pesca eléctrica.....	32
5.2.2.3	Resultados de las redes de cerco.....	33
5.2.2.4	Resultados de las redes de arrastre pelágico.....	34
5.3	Biomasa.....	35
5.3.1	Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro.....	38
5.4	Densidad y biomasa por especies.....	38
6	APROXIMACIÓN AL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE BASADO EN PECES.....	42
7	CONCLUSIONES.....	44
8	GLOSARIO.....	46
9	BIBLIOGRAFÍA.....	48

Relación de Figuras

Figura 1.	Ubicación del embalse del Ebro.....	6
Figura 2.	Variación del volumen del embalse en el año 2010 (hm ³).....	7
Figura 3.	Perfiles de temperatura, conductividad y oxígeno disuelto en el momento del muestreo.....	8
Figura 4.	Esquema del método de censado de poblaciones ícticas en un embalse.....	10
Figura 5.	Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico.....	12
Figura 6.	Recorridos de sondeo hidroacústico y posición de los puntos de muestreo directo (pescas científicas).....	20
Figura 7.	Distribución de frecuencias de densidad (ind/dam ³), estimada mediante ecosondeo.....	21
Figura 8.	Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad piscícola. Cada punto representa una celda de 50m de longitud.....	23
Figura 9.	Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro.....	24
Figura 10.	Ubicación de las redes de muestreo y transectos de pesca eléctrica.....	26
Figura 11.	Histograma de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm.....	31
Figura 12.	Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa piscícola.....	37
Figura 13.	Comparación de la biomasa con otros embalse de la cuenca del Ebro.....	38



Relación de ilustraciones

Ilustración 1. Vista del embalse del Ebro durante la campaña de muestreo..... 5

Ilustración 2: Red calada (izq.) y peces capturados (dcha.) 15

Ilustración 3. Muestreo de alevines en orillas tendidas mediante redes de cerco 16

Ilustración 4. Red de arrastre pelágico..... 17

Relación de Tablas

Tabla 1. Profundidad del disco de Secchi (2/10/2009, 19:00) 8

Tabla 2: Descripción de las redes de muestreo empleadas 14

Tabla 3: Caracterización de los estratos de profundidad definidos 18

Tabla 4. Densidad de peces (ind/dam³) por estratos, estimada mediante acústica 21

Tabla 5. Especies presentes en el embalse 25

Tabla 6: Resultados de las pescas con red por especies en el sector 1..... 27

Tabla 7: Resultados de las pescas con red por especies en el sector 2..... 28

Tabla 8: Resultados de las pescas con red por especies en el sector 3..... 29

Tabla 9. Resultados de los muestreos mediante redes de cerco en orilla (ind 0+/ha). 34

Tabla 10. Resultados del muestreo mediante arrastre pelágico (ind 0+/dam³) 35

Tabla 11. Biomasa de peces por estratos (g/m²) estimada mediante acústica. 35

Relación de ANEJOS

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

ANEJO II. RESULTADO DE LAS PESCAS..... **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 del Ebro**, situado en el río Ebro, en los términos municipales de Campoo de Yuso, Arija, Valdebezana, Campoo de Enmedio y Las Pozas, entre las provincias de Cantabria y Burgos.

Este trabajo ha supuesto un despliegue de medios, equipo y técnicas sin precedentes en España. Se ha empleado una combinación de **técnicas hidroacústicas** y de muestreo directo mediante **redes científicas, redes de cerco en orilla, redes de arrastre pelágico y pesca eléctrica desde embarcación**. Mediante las primeras se ha estimado la densidad de peces, así como su distribución dentro del embalse y el muestreo directo mediante redes agalleras ha servido para caracterizar la composición de especies y la estructura de tallas de cada una de ellas. La combinación de ambos resultados ha permitido obtener también la estimación y distribución de biomاسas por especie en el embalse.

El resto de técnicas de muestreo directo ha servido para caracterizar las poblaciones adultas asociadas a los hábitats de orilla (pesca eléctrica) y las poblaciones de alevines en zonas litorales (redes de cerco) y pelágicas (arrastre). El uso de estas técnicas activas de pesca, hasta ahora inéditas, abre nuevos horizontes de evaluación del estado de las poblaciones y por ende de valoración del potencial ecológico en embalses.

Se han encontrado las siguientes **especies**: barbo de Graells (*Barbus graellsii*), trucha común (*Salmo trutta fario*), gobio (*Gobio lozanoi*), madrilla o lolina (*Parachondrostoma miegi*) y lamprehuela (*Cobitis calderoni*), todas ellas son especies autóctonas. Así mismo, se han encontrado las siguientes especies alóctonas: carpa común (*Cyprinus carpio*), black bass (*Micropterus salmoides*) y trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*).

La **asociación de peces** está dominada en densidad por la madrilla con un 85% de los individuos del embalse, mientras que en biomasa, es la carpa la que mayor peso aporta al conjunto del embalse con el 63%. Le siguen en importancia la trucha (18%) y la propia madrilla (16%).

Mediante las técnicas de muestreo de alevines empleadas (redes de cerco de orilla y arrastre pelágico) se comprobó que la madrilla y el gobio dominan la comunidad de alevines en las zonas litorales. Se han obtenido similares resultados al caracterizar las poblaciones de adultos asociadas a las orillas mediante pesca eléctrica.





La **densidad media de peces**, a partir de la interpolación en celdas de 50 m, es de 3,5 individuos/dam³. Ese valor de densidad se puede considerar medio-bajo. En términos de abundancia absoluta, el número de peces estimado es de **1,2 millones de individuos**.

La mayor densidad media corresponde al sector 3 (cola del embalse) y más concretamente al estrato intermedio superior (MOW, 5-10 m).

La **biomasa** de peces obtenida en el embalse es de 12,6 g/m², o lo que es lo mismo, **126 kg/ha**; se trata de un valor muy elevado, propio de sistemas de alta productividad. La biomasa absoluta se estimó en **620 t**.

La mayor biomasa media corresponde al sector 1 (zona de presa). En lo que respecta a la distribución en profundidad las biomásas más altas se han detectado en los estratos MOW 1 y 2 (5-15m) del sector 1, MOW2 (10-15) del sector 2 y MOW (5-10) del sector 3.

Si bien no se dispone todavía de un sistema aprobado de evaluación del potencial ecológico basado en el indicador peces, no cabe esperar grandes desviaciones frente al buen potencial, aunque destacan ciertos aspectos que pueden influir negativamente: Elevada biomasa (en especial de carpa), baja densidad y biomasa de barbo.



2 INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el informe relativo al embalse del Ebro correspondiente a la Asistencia Técnica para el Estudio censal de las comunidades de peces en los embalses de Eugi, Irabia y Ebro (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 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 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.

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 los embalses de Eugi, Irabia y Ebro, 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. Vista del embalse del Ebro durante la campaña de muestreo



3 ÁMBITO DEL ESTUDIO

El embalse del Ebro se localiza en el río Ebro, en los términos municipales de Campoo de Yuso, Arija, Valdebezana, Campoo de Enmedio y Las Pozas, entre las provincias de Cantabria y Burgos. Tiene una superficie máxima de 6.253 ha y presenta una capacidad máxima de 541 hm³.

En la figura 1 se muestra un mapa con la ubicación del embalse.

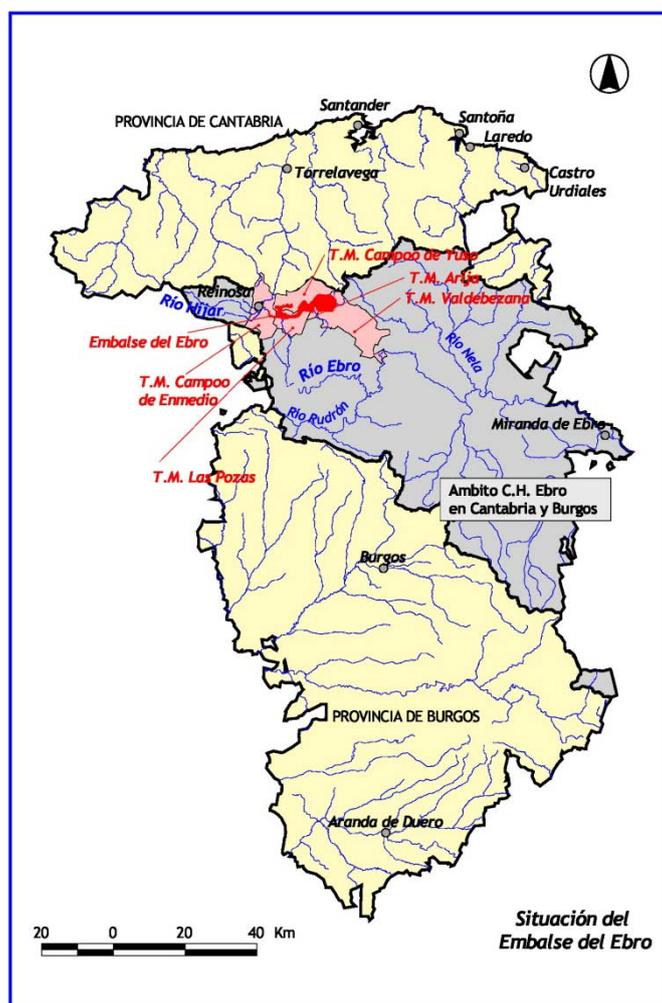


Figura 1. Ubicación del embalse del Ebro





En el momento del muestreo (28 de septiembre-1 de octubre de 2009), el embalse se encontraba aproximadamente al 66% de su capacidad máxima. De esta manera, se muestreó una superficie aproximada de 4.932 ha de las 6.253 ha posibles (máxima superficie al 100% de capacidad).

El uso principal del embalse es la producción hidroeléctrica y el abastecimiento, su titular es el Estado. En lo referente a usos lúdicos, los principales son la pesca, con un acotado para la pesca de ciprínidos en la parte cántabra, y los deportes acuáticos, principalmente *windsurf* y *kitesurf* aunque actualmente la navegación está suspendida hasta acondicionamiento de la estación de limpieza oficial (www.chebro.es). Está declarado con presencia de mejillón cebra (www.chebro.es)

Se trata de un embalse monomítico, calcáreo, ubicado en la zona húmeda, con un área de cuenca menor de 1.000 km² y una temperatura media anual menor de 15°C, lo que lo sitúa en el tipo 7, según los criterios del CEDEX (2005) y como queda recogido en la Instrucción de Planificación Hidrológica (ARM/2656/2008).

En lo que respecta al estado trófico, ha sido clasificado como oligotrófico y con potencial ecológico Bueno, según el Informe de Situación del año 2009 del CEMAS (CHE, 2010).

En el gráfico siguiente se muestra el gráfico de variación de volumen del último año. (Fuente: SAIH Ebro), apreciándose que el descenso acusado de la reserva hídrica se inicia ya bien entrado el verano

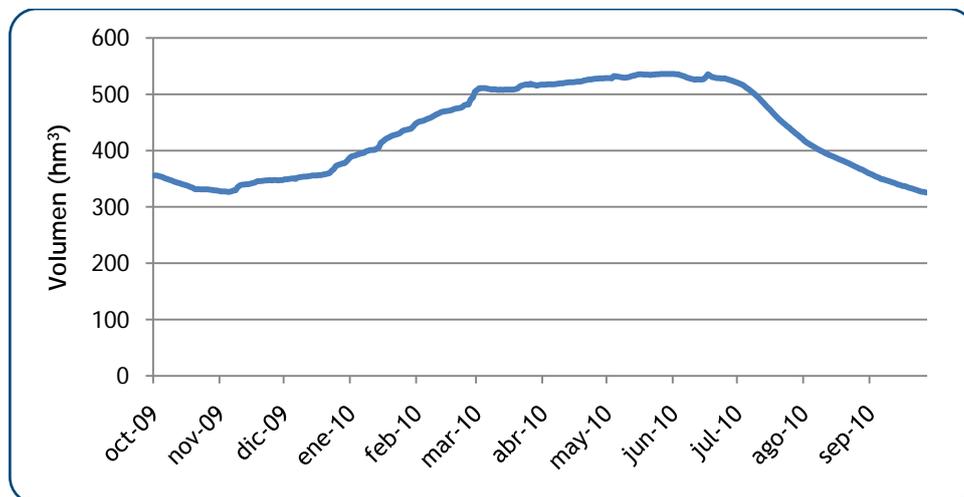


Figura 2. Variación del volumen del embalse en el año 2010 (hm³)





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 realizaron en las zonas de máxima profundidad de los distintos sectores, perfiles verticales de temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto. Igualmente se midió la profundidad del disco de Secchi. Los resultados obtenidos son similares entre zonas por lo que únicamente se presenta el perfil correspondiente al sector 1:

Tabla 1. Profundidad del disco de Secchi (2/10/2009, 19:00)

Temperatura ambiente (°C)	Profundidad (m)	Disco de Secchi (m)	Capa fótica (m)
17,2	15,0	4,2	11,34

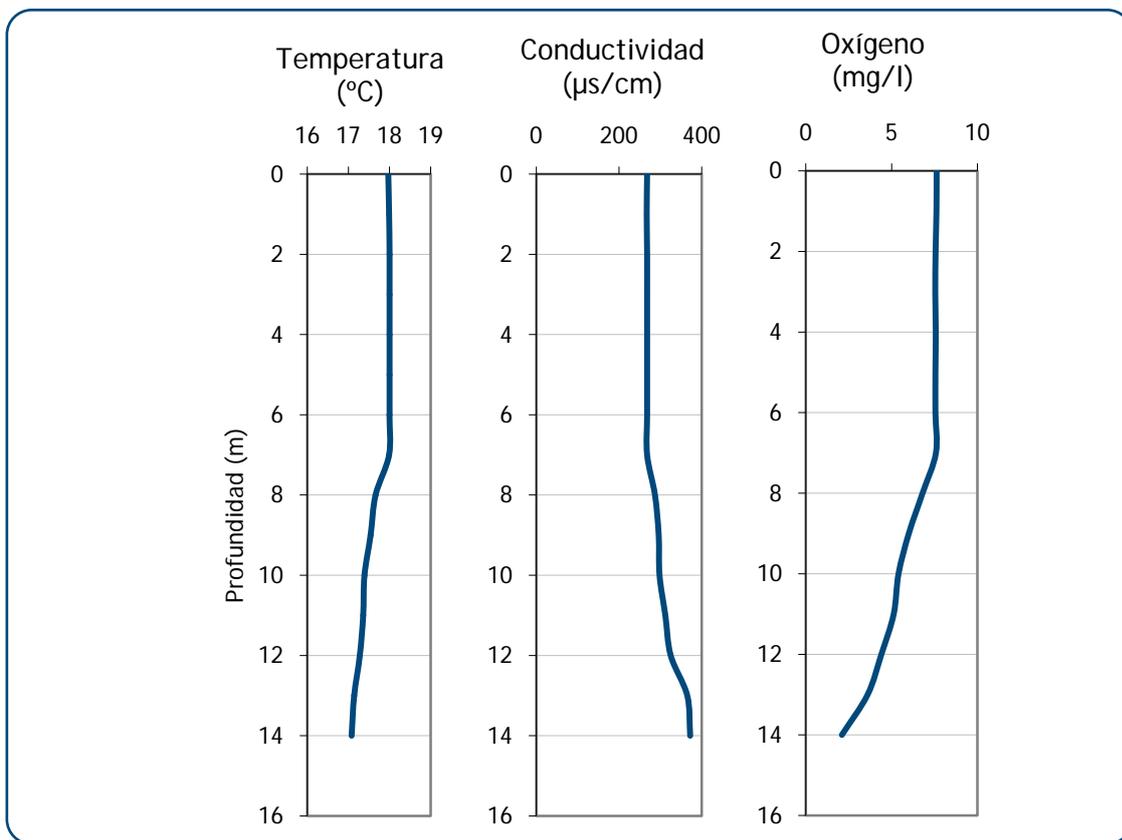


Figura 3. Perfiles de temperatura, conductividad y oxígeno disuelto en el momento del muestreo





Se aprecia una ligera estratificación con la termoclina situada a 7 metros. Los niveles de oxígeno descienden ligeramente a partir de dicha profundidad y pueden suponer una limitación a la vida piscícola en las capas inferiores.





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 y pesca eléctrica desde embarcación.

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 biomاسas por especies y sectores.

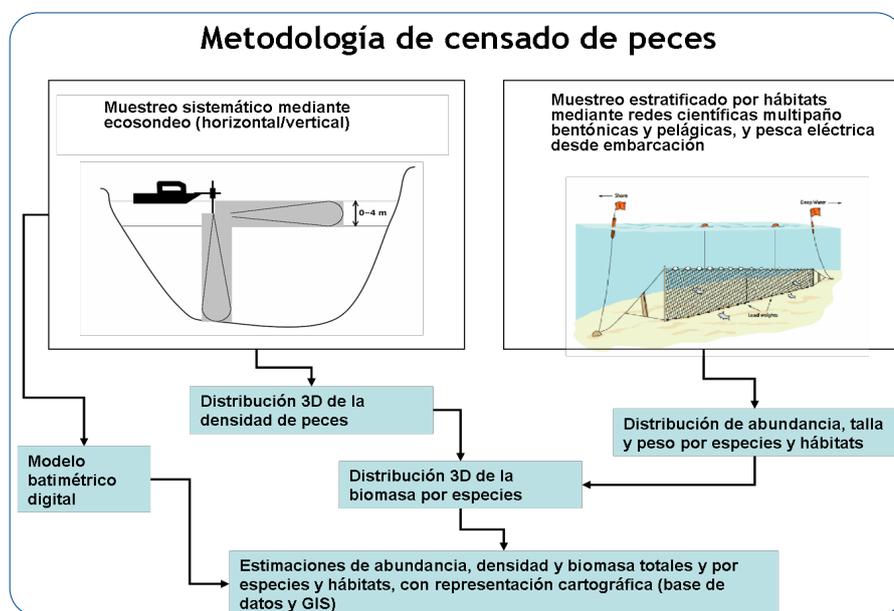


Figura 4. Esquema del método de censo de poblaciones ícticas en un embalse





4.1 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. En las zonas litorales, además se realizaron transectos de pesca eléctrica desde embarcación y se emplearon redes de cerco para caracterizar las poblaciones de alevines.

4.2 Muestreos remotos: Hidroacústica

4.2.1 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.



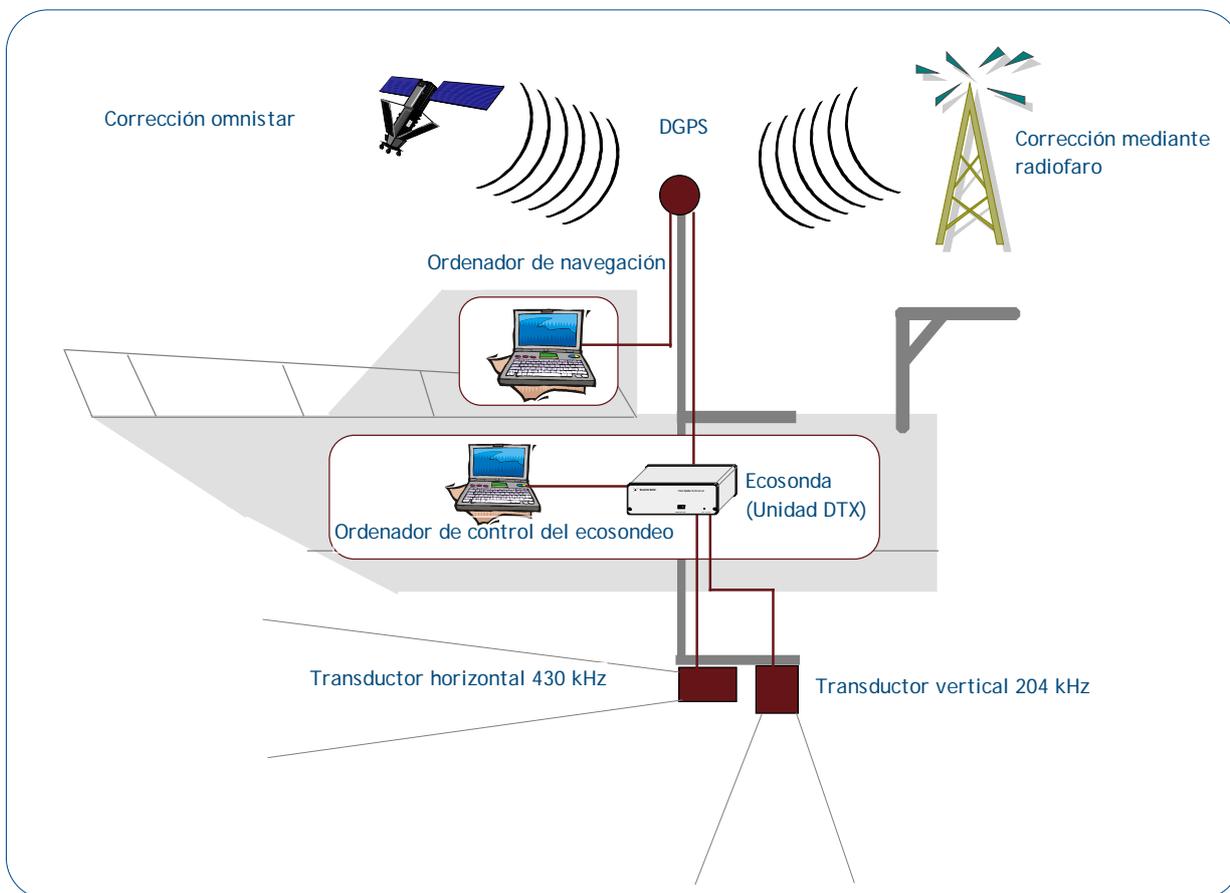


Figura 5. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico

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.

4.2.2 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 cronovisible) específica para ecoconteo (40LogR) y para eointegración (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 eointegración 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 eointegración 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).





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* 2000:1), desarrolladas por el *Nordic Freshwater Fish Group* y que constituye un estándar internacional (EN 14.757:2005).

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.

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
16 x 4,5	15 x 2,5 m	5 - 135	40 x 4,5	4
4 x 1,5	4 x 10 m	70 - 135	40 x 1,5	1,33
4 x 4,5	4 x 10 m	70 - 135	40 x 4,5	4

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 estratificado más que sistemático.



Ilustración 2: Red calada (izq.) y peces capturados (dcha.)

4.3.2 Pesca eléctrica desde embarcación

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

Para la pesca eléctrica se utilizó una embarcación de aluminio de 4 m eslora propulsada por un motor de cuatro tiempos de 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.

4.3.3 Redes de cerco en zonas litorales

Para obtener información sobre la población de individuos del año (0+) se llevó a cabo un muestreo nocturno mediante redes de cerco en zonas de orilla tendida tipo playa, y sustrato fino (no fangoso).

Las redes empleadas fueron pequeñas redes de cerco de 10 m de largo y 2 m de alto con luz de malla rectangular de 1 x 1,35 mm. La red dispone de flotadores en la parte superior y plomada en la inferior.

La forma de operar es la siguiente: un técnico se introduce en el agua vadeando perpendicularmente a la orilla. Cuando se encuentra a una distancia aproximada de 20 metros, dispone la red paralela a la orilla. A continuación, 2 técnicos recogen la red hacia la orilla mediante unos cabos amarrados a los extremos de la misma. La superficie muestreada es un trapecio con una superficie de 166 m² o bien 83 m² cuando debido a la profundidad no es posible penetrar en el agua más de 10 m.

Cuando la red con las capturas se encuentra en aguas muy someras, se procede a liberar los peces mayores de 0+ y se recogen los 0+ en botes fijados con formol para su posterior procesado en laboratorio.



Ilustración 3. Muestreo de alevines en orillas tendidas mediante redes de cerco



4.3.4 Redes de arrastre pelágicas

El objetivo de esta técnica es el muestreo de alevines en la zona pelágica (Jůza & Kubečka, 2007). Para ello se empleó una red de arrastre con boca cuadrada de 3 x 3 m y luz de malla de 6 mm en la panza y 4 mm en el extremo final, equipado a su vez con un dispositivo para evitar el escape de los peces capturados.

La técnica de muestreo consiste en el arrastre de la red mediante una embarcación con suficiente potencia en transectos rectilíneos. Los trabajos se desarrollaron por la noche, como se recomienda para reducir la posibilidad de huida de los peces (North & Murray, 1992; Guest *et al*, 2003).



Ilustración 4. Red de arrastre pelágico

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 cubicados 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/dam³ y la biomasa en g/m² (aplicando la relación longitud/peso de las capturas) así como la distribución de tallas de los peces detectados.

En el embalse del Ebro se han considerado tres sectores: Sector 1, en la zona de presa, sector 2, en la zona somera al este y sector 3 la entrada del río Ebro en el embalse (lámina 2 del ANEJO IV). A su vez, estos sectores, se han dividido en estratos verticales. En el estrato superior, además, se diferencia la zona litoral ("LIT") de la de aguas libres.

En los mapas del ANEJO IV, se ha empleado la nomenclatura internacional para designar a cada uno de los estratos verticales en la zona de aguas libres:

- *Upper Open Water* (UOW): Estrato superior
- *Middle Open Water* (MOW): Estrato medio (a su vez se divide en MOW1 y MOW2)
- *Lower Open Water* (LOW): Estrato inferior

En la tabla siguiente se presentan los diferentes sectores y estratos considerados y sus características de profundidad, volumen y superficie.

Tabla 3: Caracterización de los estratos de profundidad definidos

Sector	Estrato	Haz	Límites	Volumen (hm ³)	Superficie (ha)
S1	LIT	Horizontal	0 a -5	10,38	369,60
	UOW	Horizontal	0 a -5	38,97	779,34
	MOW 1	Vertical	5 a -10	27,34	779,34
	MOW 2	Vertical	-10 a -15	8,38	333,55
	LOW	Vertical	-15 a -20	0,95	30,91
	Total				86,02



Sector	Estrato	Haz	Límites	Volumen (hm ³)	Superficie (ha)
S2	LIT	Horizontal	0 a -5	31,91	1.257,99
	UOW	Horizontal	0 a -5	149,29	2.383,46
	MOW 1	Vertical	5 a -10	67,70	2.383,46
	MOW 2	Vertical	-10 a -15	5,62	311,56
	MOW 3	Vertical	-15 a -20	0,13	26,26
	LOW	Vertical	-20 a -24	0,12	7,54
	Total			254,78	3.641,46
S3	LIT	Horizontal	0 a -5	2,27	92,79
	UOW	Horizontal	0 a -5	2,46	48,43
	MOW 1	Vertical	-5 a -10	1,35	48,43
	LOW	Vertical	-10 a -15	0,04	6,67
	Total			6,12	141,22
Total embalse				346,91	4.931,61

Es posible apreciar que el sector de mayor importancia en volumen y superficie corresponde al sector 2, que comprende a la parte este del embalse y supone más de un 70% de la superficie y volumen. La zona de cola (S3) supone un volumen y superficie pequeños dentro del conjunto del embalse (2 y 3 %).





5 RESULTADOS

5.1 Sondeo hidroacústico: Densidades

Los recorridos móviles de ecosondeo han cubierto una longitud total de 20.350 m (con dos transductores), lo que supone un valor del índice de cobertura (D_a) de 23. Los recorridos completos sobre el mapa batimétrico, se presentan en la siguiente figura. En la lámina 1 del ANEJO IV, se puede encontrar la misma figura ampliada.

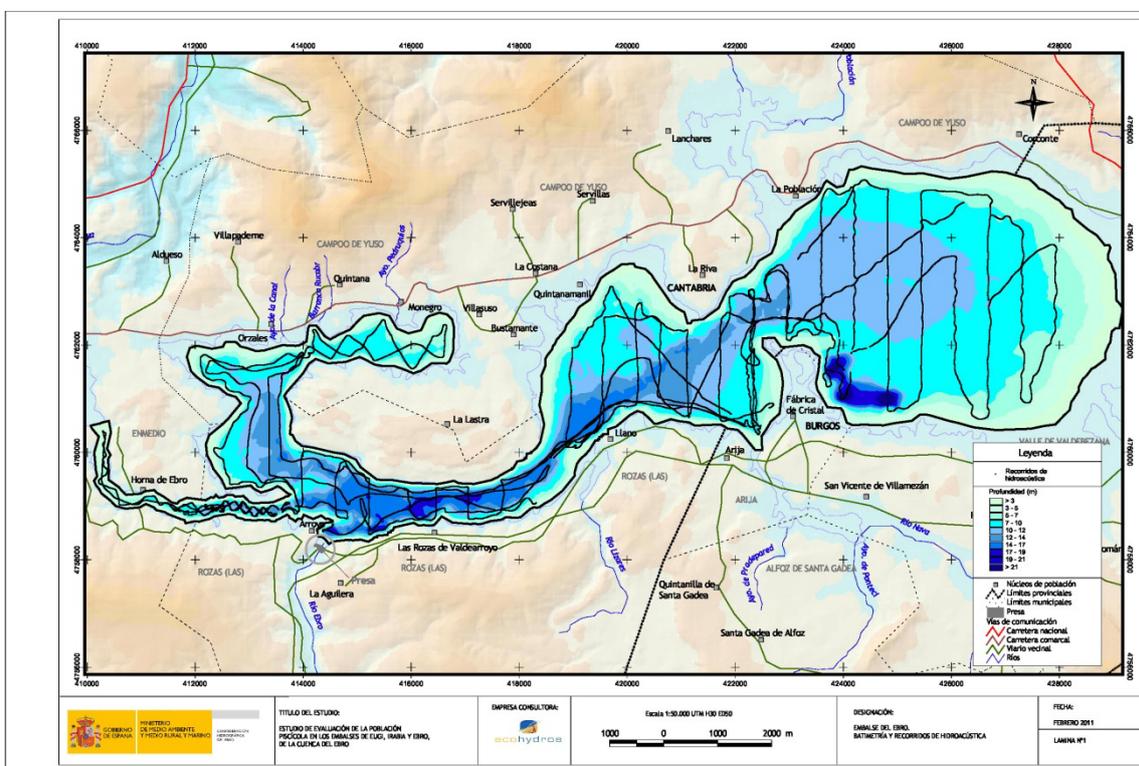


Figura 6. Recorridos de sondeo hidroacústico y posición de los puntos de muestreo directo (pescas científicas)

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, sector, 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. La densidad se ha expresado en individuos por decámetro cúbico (=1.000 m³).

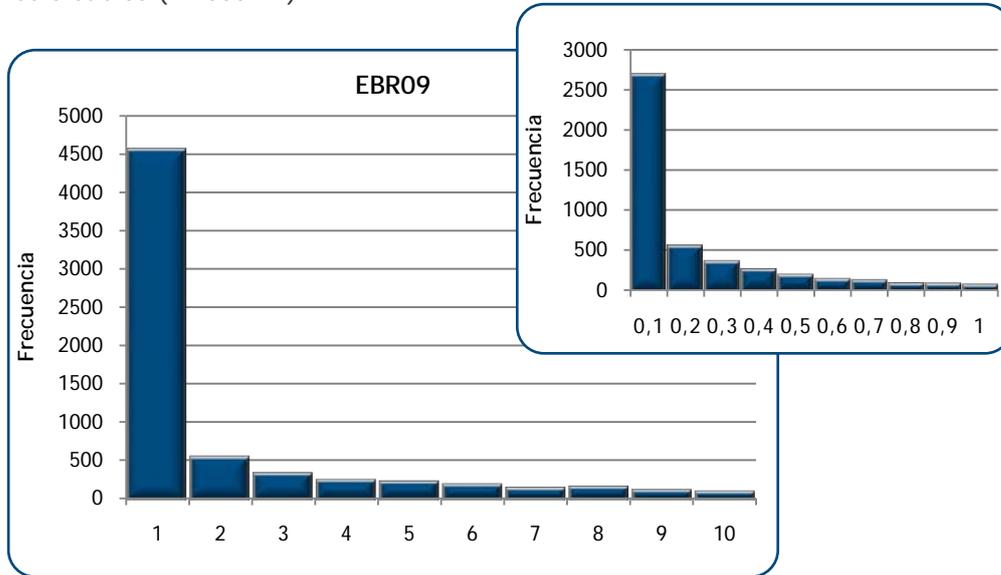


Figura 7: Distribución de frecuencias de densidad (ind/dam³), estimada mediante ecosondeo

Tabla 4. Densidad de peces (ind/dam³) por estratos, estimada mediante acústica

Sector	Estrato	Densidad media (ind/dam ³)	Densidad máxima (ind/dam ³)	Número de casos	Número de casos con valor 0	Desviación típica
S1	LIT	6,06	767,77	180	7	57,15
	UOW	2,59	556,39	983	34	24,43
	MOW 1	5,44	79,85	1.079	522	8,82
	MOW 2	2,91	28,17	507	196	4,30
	LOW	4,19	43,78	47	24	9,64
S2	LIT	2,52	101,80	296	7	8,06
	UOW	2,89	330,50	1.605	6	14,21
	MOW 1	4,54	80,57	1.637	850	8,73
	MOW 2	3,47	49,52	268	126	6,61
	MOW 3	5,04	21,12	49	8	4,84
LOW	1,67	8,57	28	10	2,49	
S3	LIT	3,65	93,45	99	3	11,07
	UOW	0,67	14,10	248	0	1,18
	MOW 1	12,93	167,29	268	49	19,49
	LOW	3,93	56,82	46	31	9,62





Estos valores medios se han ponderado con el volumen de cada estrato y sector (tabla 3), para obtener unas densidades de 4; 3,3 y 4,5 en los sectores 1, 2 y 3 respectivamente y una densidad total del embalse de 3,5 ind/dam³.

La distribución espacial de la densidad piscícola se presenta interpolada en las láminas 3 a 7 (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 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. 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 que los puntos de mayor concentración de peces del embalse se encuentran en el sector 1 en la capa superior (UOW y litoral), mientras que la mayor densidad media corresponde a la capa intermedia superior (MOW, 5-10 m) del sector 3, con una densidad media de 13 ind/dam³.

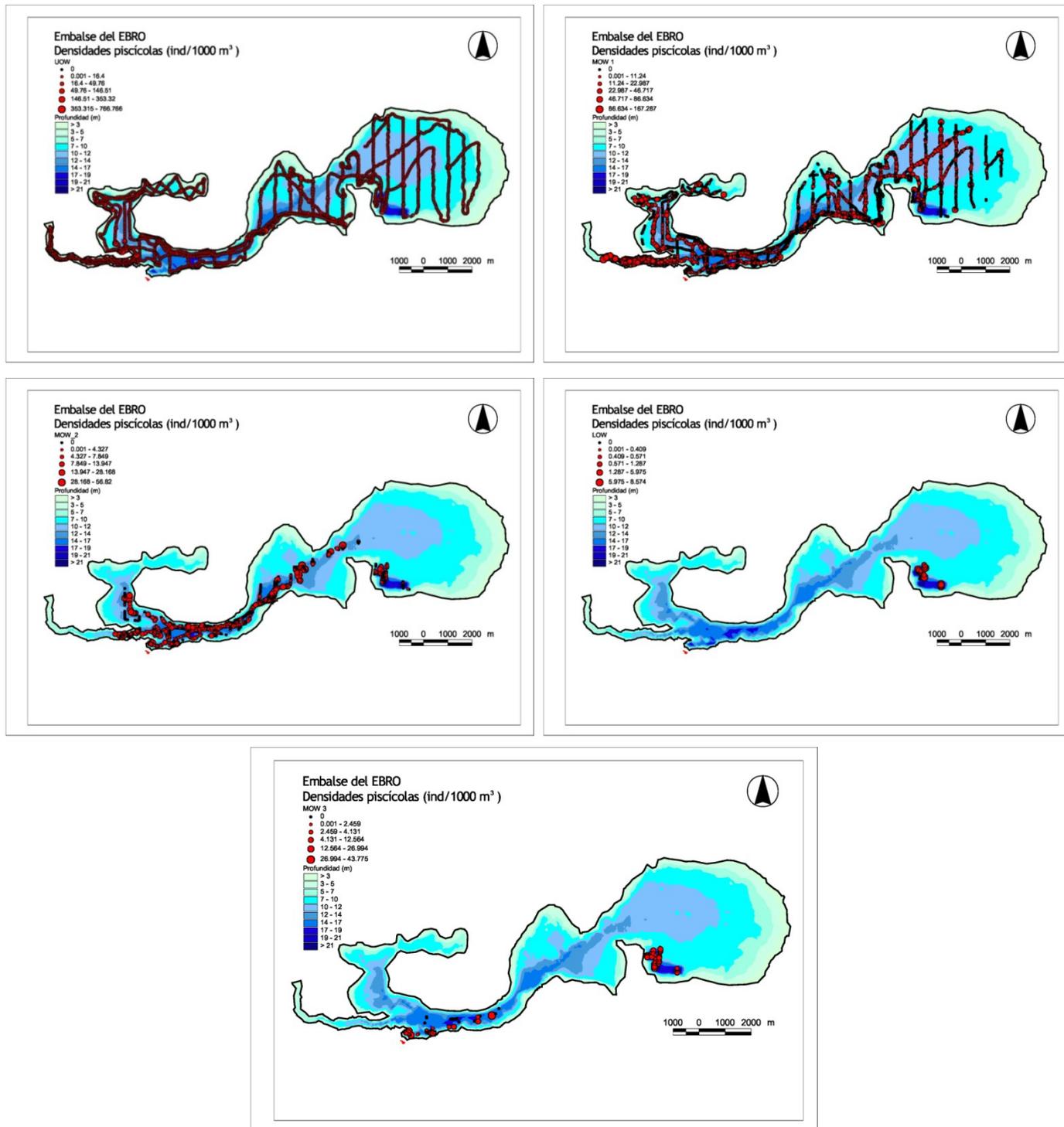


Figura 8. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad piscícola. Cada punto representa una celda de 50m de longitud



5.1.1 Comparativa con otros embalses del Ebro

En el diagrama de barras siguiente se presentan los resultados de densidad obtenidos en el embalse del Ebro 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.

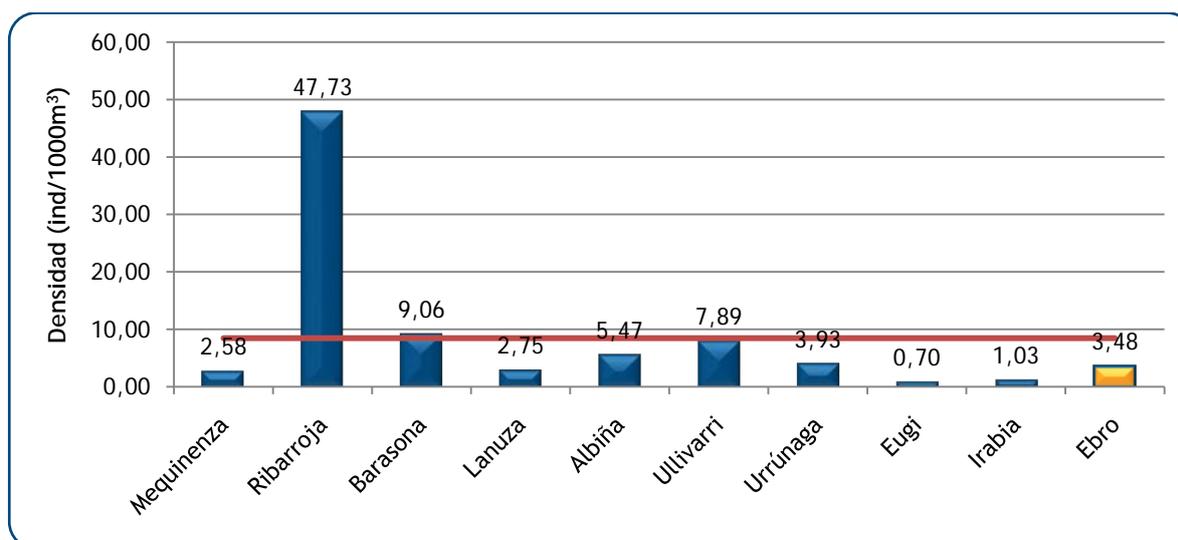


Figura 9. Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro

Se constata que este valor está en el rango medio-bajo de densidad de peces de los embalses de la cuenca del Ebro para los que se dispone de cuantificaciones realizadas con técnicas comparables.

5.2 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. Para las redes de cerco se emplea como unidad el número de individuos por unidad de superficie y para las de arrastre el número de individuos por volumen.

- **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. Para las redes de cerco y arrastre se emplean como unidades de estandarización la superficie y el volumen muestreado.

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, 2001; CHE, 2009 y fishbase.org; fotografías de Ecohydros SL).

En la siguiente tabla se enumeran todas las especies capturadas, se indica su carácter autóctono o alóctono y con qué técnicas de muestreo han sido detectadas:

Tabla 5. Especies presentes en el embalse

Especie	Autóctona / Alóctona	Agalleras	Cerco	Arrastre
Carpa común (<i>Cyprinus carpio</i>)	Alóctona	X	X	
Barbo de Graells (<i>Barbus graellsii</i>)	Autóctona	X	X	
Black bass (<i>Micropterus salmoides</i>)	Alóctona	X		
Trucha común (<i>Salmo trutta fario</i>)	Autóctona	X		
Gobio (<i>Gobio lozanoi</i>)	Autóctona	X	X	
Madrilla (<i>Parachondrostoma miegii</i>)	Autóctona	X	X	X
Trucha arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Alóctona	X		
Lamprehuela (<i>Cobitis calderoni</i>)	Autóctona		X	





5.2.2 Composición y distribución de especies

5.2.2.1 Capturas con redes

El total de capturas con redes fue de 3.028 peces con un peso total de 596 kg, lo que supone 2.319 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 300 kg de Biomasa por unidad de esfuerzo. Se emplearon un total de 69 redes en 966 horas de pesca (157 unidades de esfuerzo). La ubicación de las redes de muestreo, así como de las otras técnicas de muestreo, se refleja en la figura siguiente (RA: Red agallera; PE: Pesca eléctrica; RC: Red cerco):

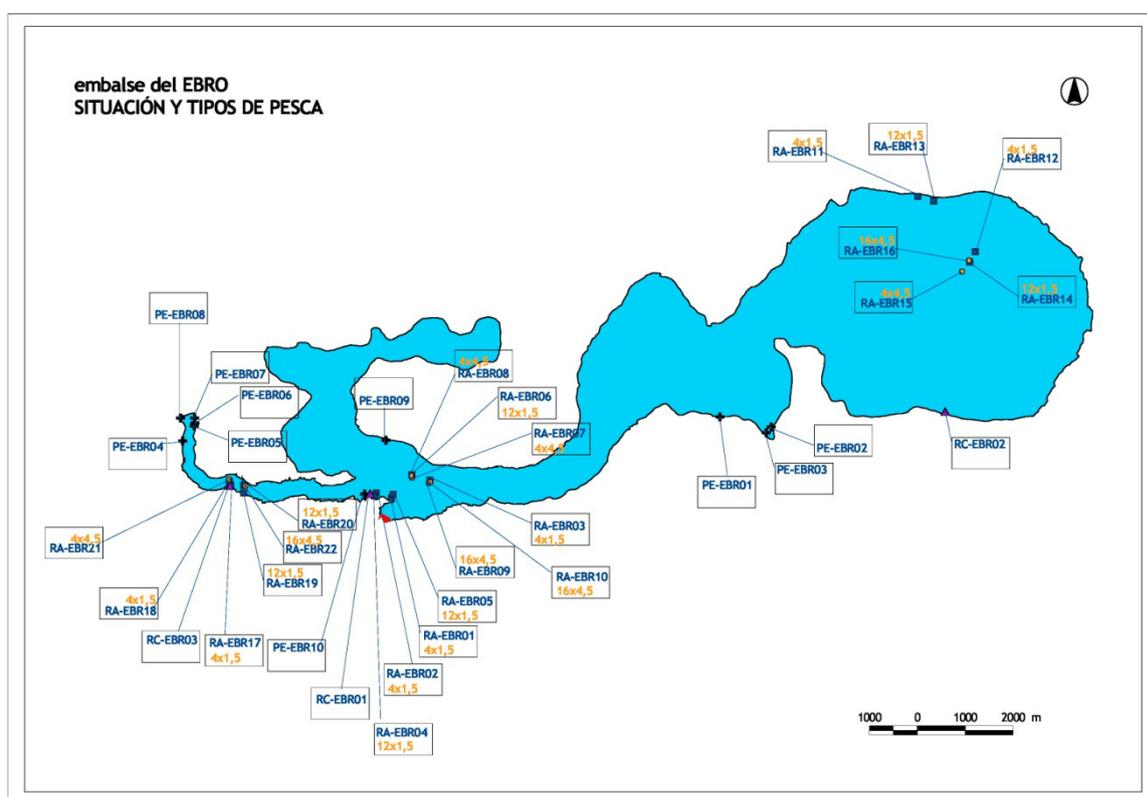


Figura 10. Ubicación de las redes de muestreo y transectos de pesca eléctrica

En las tablas 5, 6 y 7 se facilitan los resultados obtenidos de las redes, agregados por especies, para cada uno de los sectores del embalse. Se han capturado un total de 7 especies diferentes con esta técnica.



Tabla 6: Resultados de las pescas con red por especies en el sector 1.

Sector	Hábitat	Variable	Carpa común	Barbo	Black bass	Trucha común	Gobio	Madrilla	Trucha arcoíris	Total
S1	LIT	Capturas	22	4	5	2	136	238	1	408
		CPUE	19	4	5	2	136	238	1	405
		% CPUE	5%	1%	1%	0%	34%	59%	0%	100%
		PF total (g)	50.418	4.427	882	1.299	753	5.247	1.175	64.201
		Peso medio (g)	2.292	1.107	176	649	6	22	1.175	157
		BPUE (g)	40.500	3.856	882	1.299	753	5.247	1.175	53.713
		% BPUE	75%	7%	2%	2%	1%	10%	2%	100%
		LF media (mm)	379	375	192	353	63	101	460	109
S1	UOW	Capturas	18	1		4		33		56
		CPUE	5	0		1		8		14
		% CPUE	32%	2%	0%	7%	0%	59%	0%	100%
		PF total (g)	59.651	2.719		4.135		161		66.667
		Peso medio (g)	3.314	2.719		1.034		5		1.190
		BPUE (g)	14.913	680		1.034		40		16.667
		% BPUE	89%	4%	0%	6%	0%	0%	0%	100%
		LF media (mm)	505	560		404		64		239
S1	MOW1/MOW2	Capturas	10		1	5		109		125
		CPUE	3		0	1		27		31
		% CPUE	8%	0%	1%	4%	0%	87%	0%	100%
		PF total (g)	25.463		293	3.851		1.148		30.755
		Peso medio (g)	2.546		293	770		11		246
		BPUE (g)	6.366		73	963		287		7.689
		% BPUE	83%	0%	1%	13%	0%	4%	0%	100%
		LF media (mm)	447		230	367		75		118
S1	LOW	Capturas	61	4		4	6	272		347
		CPUE	61	4		4	6	272		346
		% CPUE	17%	1%	0%	1%	2%	79%	0%	100%
		PF total (g)	6.114	7.954		3.213	52	4.441		21.774
		Peso medio (g)	100	1.989		803	9	16		63
		BPUE (g)	5.497	7.241		3.213	52	2.808		18.812
		% BPUE	29%	38%	0%	17%	0%	15%	0%	100%
		LF media (mm)	92	495		371	79	74		86

En el sector 1, situado en la presa, destaca en capturas la madrilla en todos los hábitats, especialmente en los intermedios e inferior donde alcanza valores del 80 % de las CPUE. En lo que respecta a la biomasa, destaca la carpa en todos los estratos (valores en torno al 80 % de la BPUE) salvo en el inferior, en el que comparte importancia con el barbo común.





Tabla 7: Resultados de las pescas con red por especies en el sector 2.

Sector	Habitat		Carpa común	Barbo de Graells	Black bass	Trucha común	Gobio	Madrilla	Trucha arcoiris	Total
S2	LIT	Capturas	12			6	9	161	2	190
		CPUE	9			6	9	161	2	187
		% CPUE	5%	0%	0%	3%	5%	86%	1%	100%
		PF total (g)	31.478			8.018	70	7.282	701	47.548
		Peso medio (g)	2.623			1.336	8	45	350	250
		BPUE (g)	23.609			8.018	70	7.282	701	39.678
		% BPUE	60%	0%	0%	20%	0%	18%	2%	100%
		Long furcal media (mm)	463			450	75	133	308	163
S2	UOW/MOW2/ MOW3/LOW	Capturas	9		1	16	1	287	3	317
		CPUE	2		0	4	0	72	1	79
		% CPUE	3%	0%	0%	5%	0%	91%	1%	100%
		PF total (g)	31.757		169	16.870	5	14.904	837	64.541
		Peso medio (g)	3.529		169	1.054	5	52	279	204
		BPUE (g)	7.939		42	4.217	1	3.726	209	16.135
		% BPUE	49%	0%	0%	26%	0%	23%	1%	100%
		Long furcal media (mm)	511		200	415	65	140	285	166
S2	MOW1	Capturas	4	1		3	1	77		86
		CPUE	3	1		3	1	77		85
		% CPUE	4%	1%	0%	4%	1%	91%	0%	100%
		PF total (g)	12.853	1.090		3.690	7	4.532		22.173
		Peso medio (g)	3.213	1.090		1.230	7	59		258
		BPUE (g)	9.640	1.090		3.690	7	4.532		18.960
		% BPUE	51%	6%	0%	19%	0%	24%	0%	100%
		Long furcal media (mm)	493	400		437	75	145		173

En el sector 2, que cubre la zona somera al este del embalse, el panorama es muy similar al del sector 1, si bien la madrilla destaca aún más en CPUE con valores en torno al 90% y la carpa comparte su importancia en biomasa con la trucha común, cuyos pesos medios son sensiblemente elevados.



Tabla 8: Resultados de las pescas con red por especies en el sector 3.

Sector	Habitat		Carpa común	Barbo de Graells	Black bass	Trucha común	Gobio	Madrilla	Trucha arcoiris	Total
S3	LIT	Capturas	15	5	16	2	353	209		600
		CPUE	13	5	16	2	353	209		597
		% CPUE	2%	1%	3%	0%	59%	35%	0%	100%
		PF total (g)	32.096	6.235	2.546	1.379	18.571	4.688		65.514
		Peso medio (g)	2.140	1.247	159	689	53	22		109
		BPUE (g)	24.164	4.791	2.546	1.379	2.510	4.688		40.076
		% BPUE	60%	12%	6%	3%	6%	12%	0%	100%
		Long furcal media (mm)	362	331	177	350	68	100		92
S3	UOW/MOW	Capturas	26	1	4	11		384		426
		CPUE	7	0	1	3		96		107
		% CPUE	6%	0%	1%	3%	0%	90%	0%	100%
		PF total (g)	78.165	2.654	579	7.840		46.350		135.588
		Peso medio (g)	3.006	2.654	145	713		121		318
		BPUE (g)	19.541	664	145	1.960		2.426		24.735
		% BPUE	79%	3%	1%	8%	0%	10%	0%	100%
		Long furcal media (mm)	484	555	186	346		101		133
S3	LOW	Capturas	46	2	2	1	70	146		267
		CPUE	44	2	2	1	70	146		265
		% CPUE	16%	1%	1%	0%	26%	55%	0%	100%
		PF total (g)	32.247	3.383	115	113	424	3.323		39.605
		Peso medio (g)	701	1.691	58	113	6	23		148
		BPUE (g)	24.321	3.383	115	113	424	3.323		31.679
		% BPUE	77%	11%	0%	0%	1%	10%	0%	100%
		Long furcal media (mm)	163	470	135	200	65	99		105

En el sector 3, situado en la cola del embalse, gana importancia en capturas el Gobio, en las zonas litorales y bentónicas donde incluso llega a dominar la comunidad (59 % de CPUE en el litoral). La carpa es de nuevo la especie de mayor importancia en lo que respecta a la biomasa. En este sector no se obtuvo ninguna captura de trucha arcoiris.





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
- **PF total:** Peso fresco total de los peces capturados expresado en gramos
- **Peso medio:** Peso medio de los individuos capturados 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
- **LF media:** Longitud furcal media en mm.
- **Peso medio:** expresado en g.

La madrilla o lolina domina la asociación en todos los sectores y estratos salvo en la zona litoral del sector de cola (S3) con valores de CPUE que oscilan entre un 55% del estrato inferior del sector 3 y un 91% en las aguas libres del sector S2.

En lo que respecta a la biomasa, las especies de gran tamaño cobran importancia, especialmente la carpa, que alcanza el 89% de la BPUE en la capa superior de las aguas libres del sector 1, pese a que los hábitats más propicios para esta especie son los estratos inferiores.

En la figura 11 se muestra el histograma de frecuencias de las capturas por clases de talla de 5 mm. Se han incluido las capturas realizadas mediante pesca eléctrica cuyos resultados se exponen en el apartado siguiente.



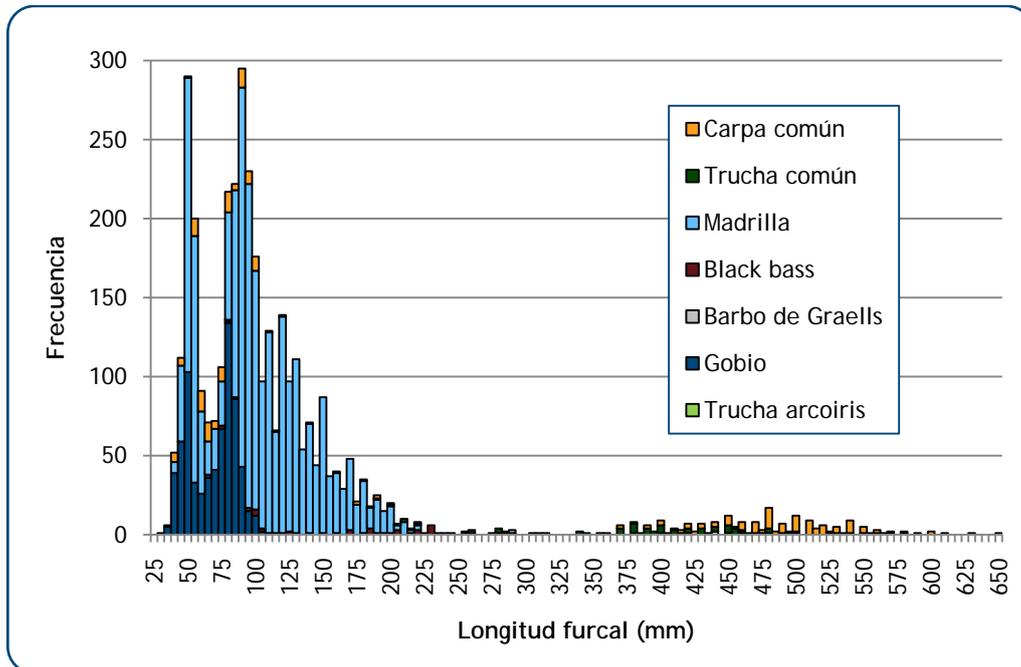


Figura 11. Histograma de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm

En el Anejo I, se presentan los histogramas separados por especies.

Se aprecian dos modas claras que se corresponden con las clases 0+ y 1+. Se ha determinado mediante la lectura de escamas que el corte entre estas clases de edad es de 70 mm para la madrilla, 100 para la carpa, 55 para el gobio y 85 para el barbo.

La carpa presenta abundantes efectivos de la clase 0+ y de las clases superiores a 7+ (>355 mm) pero sin embargo presenta una importante ausencia de las clases intermedias. Es posible que las propias condiciones del embalse dificulten el crecimiento y desarrollo de los alevines que no superan con éxito las primeras clases de edad o bien que las condiciones para la reproducción no han sido adecuadas durante los últimos años.

La trucha común, como es relativamente habitual en los embalses, únicamente presenta efectivos mayores de 2 años y el grueso se centra en la clase 4+ y superiores.

Se han capturado ejemplares de trucha arcoiris de las clases 2+ y 3+ cuya procedencia se desconoce ya que las repoblaciones con esta especie cesaron hace más de 5 años (Serdio A.; Martínez Juliá MC. com. pers.). Es posible que su presencia se deba a introducciones ilegales por parte de pescadores o que algunos ejemplares consiguieran reproducirse en libertad, hecho altamente improbable ya que las repoblaciones se realizaban con individuos triploides.





El barbo por su parte presenta unas poblaciones bastante envejecidas con la mayor parte de los efectivos en clases superiores a la 7+ y apenas individuos de las 4 primeras clases de edad.

5.2.2.2 Resultados de la pesca eléctrica

El total de capturas con pesca eléctrica fue de 556 peces con un peso total de 33 kg, lo que supone 315 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 14,5 kg de BPUE. Se realizaron un total de 10 transectos que cubrieron un total de 2.283 m de orilla.

La ubicación de los transectos de muestreo se puede observar en el mapa de figura 10 (apartado 5.2.2.1), donde se presentó, además, la ubicación de las redes.

En la tabla 6 se facilitan los resultados obtenidos, agregados por especies, para cada uno de los sectores del embalse. Se han capturado un total de 6 especies diferentes.

Tabla 6: Resultados de las pescas eléctricas por especies.

Sector	Variable	Carpa común	Barbo	Black bass	Trucha común	Gobio	Madrilla	Total
S1	Capturas				4	14	28	46
	CPUE				2	5	8	14
	% CPUE	0%	0%	0%	11%	36%	53%	100%
	PF total (g)				2.863	110	412	3.384
	Peso medio (g)				716	7,82	14,70	74
	BPUE (g)				735	34	101	870
	% BPUE	0%	0%	0%	84%	4%	12%	100%
	LF media (mm)				353	73	96	111
S2	Capturas			17	1	47	91	156
	CPUE			8	1	22	45	75
	% CPUE	0%	0%	10%	1%	29%	60%	100%
	PF total (g)			1417	885	464	1.981	4.747
	Peso medio (g)			83	885	10	22	30
	BPUE (g)			646	563	215	947	2.372
	% BPUE	0%	0%	27%	24%	9%	40%	100%
	LF media (mm)			131	395	78	106	102
S3	Capturas	5	2	2	11	34	300	354
	CPUE	2	0	1	5	12	205	225
	% CPUE	1%	0%	1%	2%	5%	91%	100%
	PF total (g)	4.857	4.091	157	7.891	245	8.046	25.287
	Peso medio (g)	971	2.045	78	717	7	27	71



Sector	Variable	Carpa común	Barbo	Black bass	Trucha común	Gobio	Madrilla	Total
	BPUE (g)	1.046	878	37	3.853	91	5280	11.185
	% BPUE	9%	8%	0%	34%	1%	47%	100%
	LF media (mm)	208	500	128	332	70	112	118

Los resultados obtenidos mediante pesca eléctrica son consistentes con los reflejados por las redes agalleras si bien la comunidad de la orilla, caracterizada mediante esta técnica, difiere ligeramente del resto de zonas.

La madrilla continua siendo la especie dominante en todos los sectores, junto con el gobio (sectores 1 y 2). La presencia de la carpa y el barbo es menor (únicamente en el sector 3) y la trucha (S1) y el black bass (S2) cobran importancia, especialmente en la biomasa.

5.2.2.3 Resultados de las redes de cerco

El total de capturas de individuos 0+ mediante redes de cerco de orilla fue de 540 peces, lo que supone una densidad media de 4.230 ind/ha. Se realizaron un total de 3 lances por sector, es decir 9 lances para el total del embalse que cubren una superficie de 1.411 m².

La ubicación de los transectos de muestreo se puede observar en el mapa de figura 10 (apartado 5.2.2.1), donde se presentó, además, la ubicación de las redes.

En la siguiente tabla se presentan los resultados de densidad obtenidos para cada sector así como los resultados para el conjunto del embalse obtenidos a partir de la ponderación de los anteriores (por el perímetro de cada sector).

Como se aprecia, las dos especies dominantes continúan siendo la madrilla y el gobio mientras que la presencia de las otras especies es testimonial. Destaca la aparición de una especie que no se ha capturado con ninguna otra técnica. Se trata de la lamprehuela, que a pesar de que generalmente debería encontrarse en la zona de entrada del río, aparece en el sector 1 (Presa). Cabe recordar, no obstante que por la propia configuración del embalse el tramo de cola y de presa son muy cercanos geográficamente frente a la configuración habitual de los embalses en que se sitúan en los extremos opuestos.





En la ponderación final se observa que pese a que el gobio es más abundante en los sectores 2 y 3, es la madrilla la que mayor porcentaje supone para el conjunto del embalse (67%).

Tabla 9. Resultados de los muestreos mediante redes de cerco en orilla (ind 0+/ha).

		Barbo de Graells	Carpa común	Gobio	Madrilla	Lamprehuela	Total
S1	Lance 1	60	181	1.145	4.096	60	5.542
	Lance 2	120	60	2.892	1.446	60	4.578
	Lance 3		241	2.048	23.855		26.145
	Promedio	60	161	2.028	9.799	40	12.088
	Porcentaje	0%	1%	17%	81%	0%	100%
S2	Lance 1			964	120		1.084
	Lance 2			482	60		542
	Lance 3		120	1.024			1.145
	Promedio		40	823	60		924
	Porcentaje	0%	4%	89%	7%	0%	100%
S3	Lance 1		120	301	241		663
	Lance 2		301	783	120		1.205
	Lance 3		60	4.398	241		4.699
	Promedio		161	1.827	201		2.189
	Porcentaje	0%	7%	83%	9%	0%	100%
Total embalse		17	89	1.284	2.830	11	4.230
		0%	2%	30%	67%	0%	100%

5.2.2.4 Resultados de las redes de arrastre pelágico

Se han realizado un total de 10 transectos con redes de arrastre pelágico, lo que supone una longitud recorrida de 6.538 m y un volumen muestreado de 58.842 m³. El número total de peces capturado es de 22, con lo que se obtiene una densidad media de individuos 0+ en la zona pelágica de 0,222 ind/dam³ (individuos por decámetro cúbico o lo que es lo mismo 1.000 m³).

La escasa presencia de individuos 0+ en la zona pelágica del embalse tiene una clara explicación a la vista de las especies dominantes en el embalse (gobios y madrillas), ambas reófilas y cuyos alevines aparecen en las zonas litorales y ambientes fluviales.

En la tabla siguiente se presentan detalladamente los resultados de cada uno de los recorridos realizados con redes de arrastre pelágico. Únicamente se ha capturado una especie, la madrilla.



Tabla 10. Resultados del muestreo mediante arrastre pelágico (ind 0+/dam³)

	Recorrido	Duración	Profundidad	Longitud	volumen (m ³)	Madrilla
S1	3,00	15:00	0-3	840	7.560	0,000
	4,00	15:00	0-3	820	7.380	0,000
	5,00	6:40	6-9	340	3.060	2,614
	6,00	10:00	3-6	626	5.634	0,177
	7,00	10:00	3-6	560	5.040	0,397
	8,00	10:00	6-9	616	5.544	0,000
	Total			3.802	34.218	0,321
S2	9,00	10:00	0-3	642	5.778	0,000
	10,00	10:00	0-3	609	5.481	0,365
	Total			1.251	11.259	0,178
S3	1,00	10:00	0-3	600	5.400	0,556
	2,00	15:00	0-3	885	7.965	0,753
	Total			1.485	13.365	0,673
Total				6.538	58.842	0,222

5.3 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 7 se presentan los resultados del análisis de biomazas por celdas.

Tabla 11. Biomasa de peces por estratos (g/m²) estimada mediante acústica.

Sector	Estrato	Biomasa media (g/m ²)	Biomasa máxima (g/m ²)	Número de casos	Numero de casos con valor 0	Desviación típica
S1	LIT	5,12	647,65	180	7	48,28
	UOW	2,19	469,96	983	34	20,64
	MOW 1	17,23	4.223,39	1.079	524	167,66
	MOW 2	18,94	1.282,23	507	202	117,07
	LOW	0,11	1,91	47	24	0,30
S2	LIT	2,13	85,99	296	7	6,81





Sector	Estrato	Biomasa media (g/m ²)	Biomasa máxima (g/m ²)	Número de casos	Numero de casos con valor 0	Desviación típica
	UOW	2,44	279,16	1.605	6	12,00
	MOW 1	8,97	2.358,72	1.637	851	102,07
	MOW 2	23,82	1.244,89	268	131	122,76
	MOW 3	3,25	31,63	49	8	6,03
	LOW	1,79	23,07	28	11	4,90
S3	LIT	3,08	78,94	99	3	9,35
	UOW	0,56	11,91	248	0	0,99
	MOW 1	17,54	549,22	268	49	60,84
	LOW	5,35	198,68	46	31	29,18

La biomasa media del embalse se calcula sumando las biomásas absolutas de cada uno de los estratos y refiriéndolo a la superficie del embalse, de esta manera se obtienen unas biomásas medias de 20,3 g/m² (S1), 10,3 g/m² (S2) y 8,6 g/m² (S3) y de 12,6 g/m² para el total del embalse.

Es de señalar que pese a que las densidades medias obtenidas para cada uno de los sectores eran muy similares, las biomásas difieren significativamente. Destaca el sector 1 (presa) con una biomasa que duplica a la de los otros dos sectores. En el sector de cola, si bien la densidad es la más elevada del embalse, su biomasa media es la menor, hecho que no sorprende ya que la ictiofauna asociada a la entrada del río suele asemejarse a la de los sistemas fluviales y por lo tanto su tamaño medio es menor.

La distribución espacial de la biomasa piscícola se presenta interpolada en las láminas 8 a 12 (ANEJO IV) para los cuatro 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 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. Los intervalos empleados son diferentes para cada estrato ya que se ha usado el método de intervalos naturales que maximiza las diferencias entre grupos.

Los hábitats de mayor biomasa media son las capas intermedias de la zona de aguas libres entre 5 y 15 metros (S1), 10 -15 m (S2) y 5-10 m (S3).

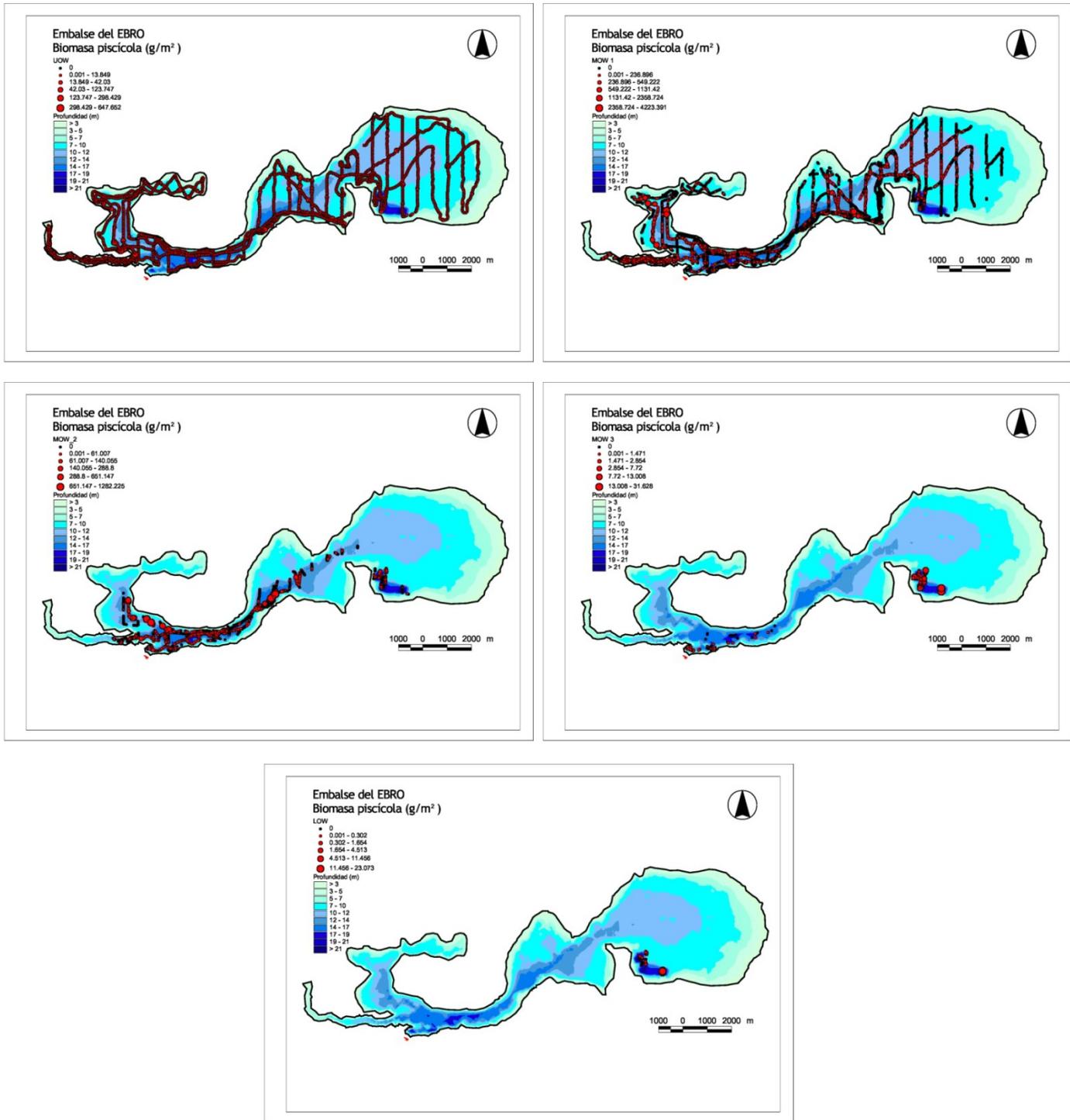


Figura 12. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa piscícola





5.3.1 Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro

En el diagrama de barras siguiente se presentan los resultados de biomasa obtenidos en el embalse del Ebro 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.

Se aprecia que la biomasa, pese a no ser comparable con la de sistemas más eutróficos del bajo Ebro como Mequinzenza y Ribarroja u otros como Barasona en los que se encontró una acumulación de peces extraordinaria, es muy superior a la de otros sistemas con asociaciones de peces similares.

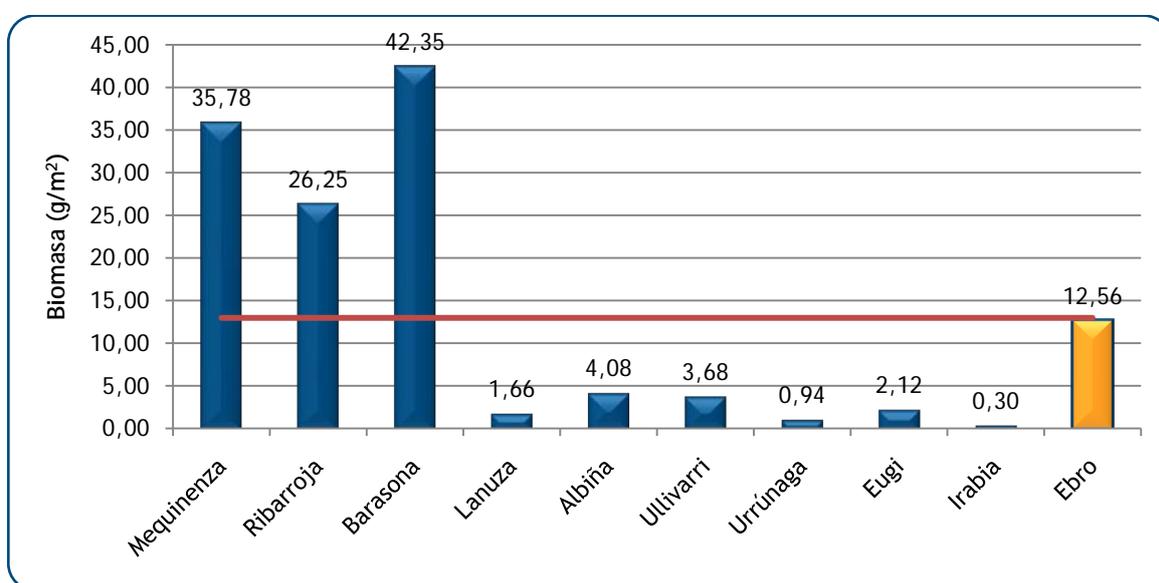


Figura 13. Comparación de la biomasa con otros embalse de la cuenca del Ebro

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 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 cada uno de los sectores y estratos y para el conjunto del embalse.



Tabla 8. Densidades por especie para cada sector (ind/dam³)

Sector	Habitat	Barbo de Graells	Carpa común	Gobio	Black bass	Trucha arcoiris	Madrilla	Trucha común	Total
S1	Litoral	0,06	0,29	2,03	0,07	0,01	3,56	0,03	6,06
	UOW	0,05	0,83	0,00	0,00	0,00	1,53	0,19	2,59
	MOW1	0,00	0,44	0,00	0,04	0,00	4,74	0,22	5,44
	MOW2	0,00	0,23	0,00	0,02	0,00	2,53	0,12	2,91
	LOW	0,05	0,73	0,07	0,00	0,00	3,29	0,05	4,19
	Total S1	0,03	0,58	0,25	0,03	0,00	2,91	0,17	3,96
S2	Litoral	0,00	0,12	0,12	0,00	0,03	2,17	0,08	2,52
	UOW	0,00	0,08	0,01	0,01	0,03	2,61	0,15	2,89
	MOW1	0,05	0,16	0,05	0,00	0,00	4,12	0,16	4,54
	MOW2	0,00	0,10	0,01	0,01	0,03	3,14	0,18	3,47
	MOW3	0,00	0,14	0,02	0,02	0,05	4,57	0,25	5,04
	LOW	0,00	0,05	0,01	0,01	0,02	1,51	0,08	1,67
	Total S2	0,01	0,11	0,04	0,01	0,02	2,97	0,14	3,30
S3	Litoral	0,03	0,08	2,16	0,10	0,00	1,28	0,01	3,65
	UOW	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,60	0,02	0,67
	MOW	0,03	0,79	0,00	0,12	0,00	11,65	0,33	12,93
	LOW	0,03	0,65	1,04	0,03	0,00	2,17	0,01	3,93
	Total S3	0,02	0,22	0,81	0,07	0,00	3,30	0,09	4,5
Densidad media (ind/dam ³)		0,02	0,23	0,10	0,01	0,02	2,96	0,15	3,48
% Densidad media		0,51%	6,53%	2,90%	0,33%	0,44%	85,05%	4,24%	100,00%

Como es evidente, al integrar todos los resultados por sectores y estratos para todo el embalse, la madrilla domina con claridad la asociación ya que representa el 85 % de los peces presentes. Le siguen en importancia la carpa común, la trucha común y el gobio. El barbo y la trucha arcoiris tienen una importancia menor en la asociación.



Tabla 9. Biomasa por especie para cada sector (g/m²)

Sector	Habitat	Barbo de Graells	Carpa común	Gobio	Black bass	Trucha arcoiris	Madrilla	Trucha común	Total
S1	Litoral	0,37	3,86	0,07	0,08	0,11	0,50	0,12	5,12
	UOW	0,09	1,96	0,00	0,00	0,00	0,01	0,14	2,19
	MOW1	0,00	14,27	0,00	0,16	0,00	0,64	2,16	17,23
	MOW2	0,00	15,68	0,00	0,18	0,00	0,71	2,37	18,94
	LOW	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,11
	Total S1	0,18	16,80	0,02	0,19	0,04	0,81	2,28	20,32
S2	Litoral	0,00	1,27	0,00	0,00	0,04	0,39	0,43	2,13
	UOW	0,00	1,20	0,00	0,01	0,03	0,56	0,64	2,44
	MOW1	0,52	4,56	0,00	0,00	0,00	2,15	1,75	8,97
	MOW2	0,00	11,72	0,00	0,06	0,31	5,50	6,23	23,82
	MOW3	0,00	1,60	0,00	0,01	0,04	0,75	0,85	3,25
	LOW	0,00	0,88	0,00	0,00	0,02	0,41	0,47	1,79
Total S2	0,34	5,23	0,00	0,01	0,06	2,38	2,25	10,27	
S3	Litoral	0,37	1,86	0,19	0,20	0,00	0,36	0,11	3,08
	UOW	0,02	0,44	0,00	0,00	0,00	0,06	0,04	0,56
	MOW	0,47	13,85	0,00	0,10	0,00	1,72	1,39	17,54
	LOW	0,57	4,11	0,07	0,02	0,00	0,56	0,02	5,35
	Total S3	0,44	6,32	0,13	0,17	0,00	0,87	0,56	8,48
Biomasa media (g/m ²)		0,30	7,95	0,01	0,06	0,05	1,97	2,21	12,56
% Biomasa media		2,42%	63,32%	0,10%	0,45%	0,42%	15,71%	17,58%	100,00%

En el caso de la biomasa, la carpa domina la asociación con un 63 % de la biomasa del embalse. La trucha común, por su parte tiene una importancia relativa elevada junto con la madrilla (18 y 16 % respectivamente).

A la vista de los resultados de densidad y biomasa obtenidos para el conjunto del embalse, se presenta la siguiente tabla sintética en la que se incluyen los resultados de abundancia absoluta (*Standing stock*) y de peso fresco total por especies.



Tabla 10. Resultados finales por especies

	Barbo de Graells	Carpa común	Gobio	Black bass	Trucha arcoiris	Madrilla	Trucha común	Total
Densidad media (ind/dam ³)	0,01	0,35	0,09	0,03	0,02	4,40	0,18	5,09
N individuos	6.158	78.937	35.034	3.986	5.288	1.027.370	51.244	1.208.017
Biomasa media (g/m ²)	0,28	12,35	0,01	0,10	0,05	1,77	2,04	16,62
Biomasa total (kg)	14.980	392.277	591	2.775	2.615	97.329	108.938	619.505





6 APROXIMACIÓN AL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE BASADO EN PECES

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

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

Solamente utilizando indicadores que explícitamente se vinculen a la disponibilidad de hábitats (aguas litorales y abiertas, estratos de profundidad, sustratos y vegetación acuática, gradientes tróficos longitudinales, ...) será posible dar una salida práctica a la información relativa a los peces en los embalses, puesto que se podrá evaluar separadamente la incidencia que una determinada estrategia de explotación hidráulica pueda tener sobre la 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 métricas 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. Expte.: 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, ofrecer una valoración del potencial ecológico basándose en las comunidades de peces, se pueden apuntar las principales características que podrían definirlo:





- Dominancia clara de las especies autóctonas en abundancia y presencia de todas las que cabría esperar. Éxito reproductivo asegurado de las de mayor importancia.
- Presencia de tres especies alóctonas, dos de ellas con capacidad limitada de colonizar los medios fluviales (la carpa y black bass) y la tercera sin capacidad reproductiva *a priori* (trucha arcoíris).
- Dominancia en biomasa de una especie alóctona, la carpa. Se ha comprobado la presencia de alevines si bien su éxito no está asegurado ya que es patente la debilidad de las clases 1+ a 6+.
- Abundancia y biomasa relativas y absolutas bajas del barbo de Graells, con escasa presencia de alevines.
- Abundancia y biomasa relativas y absolutas adecuadas de trucha común. No se han encontrado alevines y juveniles en el embalse sin embargo el éxito reproductivo en los tributarios ha sido comprobado por este mismo equipo técnico (Gov. Cantabria, 2010).
- Densidad de peces baja y biomasa relativamente elevada. Esta circunstancia está condicionada por la presencia de la carpa común cuyos ejemplares alcanzan tamaños considerables. Los valores obtenidos, en especial de la biomasa corresponden a sistemas con mayor grado de eutrofización.
- En todo caso, *a priori*, estas apreciaciones son suficientes como para anticipar que no se prevén grandes desviaciones respecto al buen potencial ecológico, en lo que se refiere al elemento biológico peces, a falta de conocer las implicaciones concretas de las altas biomásas (en especial de carpa común) y la baja densidad y biomasa de barbo, en el potencial ecológico, y por supuesto, de establecer el peso que finalmente tendrá la presencia de exóticas en la evaluación del potencial ecológico de los embalses





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 combinación de técnicas de muestreo directo) 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 **ocho especies**: barbo de Graells (*Barbus graellsii*), gobio (*Gobio lozanoi*), Lamprehuela (*Cobitis calderoni*), madrilla o Ioina (*Parachondrostoma miegii*), trucha común (*Salmo trutta fario*), Black bass (*Micropterus salmoides*), Carpa común (*Cyprinus carpio*) y Trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*). Las tres últimas son especies alóctonas.
- La **asociación de peces** está dominada en densidad por la madrilla con un 85% de los individuos del embalse, mientras que en biomasa, es la carpa la que mayor peso aporta al conjunto del embalse con el 63%. Le siguen en importancia la trucha (18%) y la propia madrilla (16%).
- Mediante las técnicas de muestreo de alevines empleadas (redes de cerco de orilla y arrastre pelágico) se comprobó que la madrilla domina igualmente la comunidad de alevines. En las zonas litorales junto al gobio. Semejantes resultados se obtienen al caracterizar las poblaciones de adultos asociadas a las orillas mediante pesca eléctrica.
- La **densidad media de peces**, a partir de la interpolación en celdas de 50 m, es de 3,5 individuos/dam³. Ese valor de densidad se puede considerar medio-bajo. En términos de abundancia absoluta, el número de peces estimado es de 1,2 millones de individuos.



- La mayor densidad media corresponde al sector 3 (cola del embalse) y más concretamente al estrato intermedio superior (MOW, 5-10 m)
- La **biomasa** de peces obtenida en el embalse es de $12,6 \text{ g/m}^2$, o lo que es lo mismo, **126 kg/ha**, se trata de un valor muy elevado, propio de sistemas más eutróficos. La biomasa absoluta se estimó en **620 t**.
- La mayor biomasa media corresponde al sector 1 (presa). En lo que respecta a la distribución en profundidad las mayores biomásas se encuentran en los estratos MOW 1 y 2 (5-15m) del sector 1, MOW2 (10-15) del sector 2 y MOW (5-10) del sector 3.
- Si bien no se dispone todavía de un sistema aprobado de evaluación del potencial ecológico basado en el indicador peces, no caben esperar grandes desviaciones frente al buen potencial, aunque destacan ciertos aspectos que pueden influir negativamente: Elevada biomasa (en especial de carpa), baja densidad y biomasa de barbo.





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 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: 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 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:

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





9 BIBLIOGRAFÍA

ORDEN ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica. (BOE, 22/09/2008)

CEN 14757:2005. 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.

CHE (2008). Informe final de seguimiento biológico de embalses.

CHE (2009). Guía de campo de Peces de la Cuenca del Ebro.

CHE (2010). Control del Estado de las Masas de Agua C.E.A.S. Informe de situación año 2009.

Doadrio, I. (2001). 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 (2010). <http://www.embalses.net/>.

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.

Navallas, A, 1991. El agua en Navarra. Caja de Ahorros de Navarra

SAIH Ebro. <http://195.55.247.237/saihebro/index.php?url=/historicos/peticion>. Diciembre 2010.





ANEJOS

