



ESTUDIO DE LA POBLACIÓN PISCÍCOLA EN TRES EMBALSES DE LA CUENCA DEL EBRO, EN CUMPLIMIENTO DE LA DMA PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

TOMO 1. EMBALSE DE YESA

EXPEDIENTE: 074/11 - SNS

REF. INTERNA: EC11006-IF



Zaragoza, 29 de febrero de 2011



ESTUDIO DE LA POBLACIÓN PISCÍCOLA EN TRES EMBALSES DE LA CUENCA DEL EBRO, EN
CUMPLIMIENTO DE LA DMA PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

TOMO 1. EMBALSE DE YESA

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 DE LA POBLACIÓN PISCÍCOLA EN TRES EMBALSES DE LA CUENCA DEL EBRO, EN
CUMPLIMIENTO DE LA DMA PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

TOMO 1. EMBALSE DE YESA

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
4.4	Interpolado espacial y estimaciones globales	16
5	RESULTADOS	18
5.1	Sondeo hidroacústico: Densidades	18
5.1.1	Comparativa con otros embalses del Ebro	22
5.2	Muestreos directos: Composición y biomasa específica	22
5.2.1	Especies presentes en el embalse	23
5.2.2	Composición y distribución de especies	24
5.2.2.1	Capturas con redes	24
5.2.2.2	Resultados de la pesca eléctrica	27





5.3	Biomasa _____	28
5.3.1	Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro	31
5.4	Densidad y biomasa por especies _____	31
6	APROXIMACIÓN AL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE BASADO EN PECES	33
7	CONCLUSIONES	35
8	GLOSARIO	37
9	BIBLIOGRAFÍA	39

Relación de Figuras

Figura 1.	Vista de la presa desde el embalse de Yesa, durante la campaña de muestreo	5
Figura 2.	Ubicación del embalse de Yesa	6
Figura 3.	Variación del volumen de agua embalsado desde octubre de 2010 a febrero de 2012 (Hm ³)	7
Figura 4.	Perfiles de temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y pH en el momento del muestreo	8
Figura 5.	Esquema del método de censado de poblaciones ícticas en un embalse	10
Figura 6.	Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico	12
Figura 7:	Red calada (izq.) y peces capturados (dcha.)	15
Figura 8.	Recorridos de sondeo hidroacústico	18
Figura 9.	Ejemplo de ecograma en una de las zonas parcialmente sometidas a burbujeo en el embalse de Yesa	19
Figura 10:	Distribución de frecuencias de densidad (ind/dam ³), estimada mediante ecosondeo	19
Figura 11.	Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad piscícola. Cada punto representa una celda de 50m de longitud	21
Figura 12.	Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro	22
Figura 13.	Ubicación de las redes y recorridos de pesca eléctrica	24
Figura 14.	Composición de la asociación obtenida mediante redes	25
Figura 15.	Histograma de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm	26
Figura 16.	Composición de la asociación obtenida mediante pesca eléctrica	28



Figura 17. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa piscícola	30
Figura 18. Comparación de la biomasa con otros embalse de la cuenca del Ebro	31

Relación de Tablas

Tabla 1. Caracterización del perfil de parámetros físico químicos	8
Tabla 2: Descripción de las redes de muestreo empleadas	14
Tabla 3: Caracterización de los estratos de profundidad definidos	17
Tabla 4. Densidad de peces (ind/dam ³) por estratos, estimada mediante acústica	20
Tabla 5. Especies presentes en el embalse	23
Tabla 6: Resultados de las pescas con red por especies	25
Tabla 7: Resultados de la pesca eléctrica por especies	27
Tabla 8. Biomasa de peces por estratos (g/m ²) estimada mediante acústica	28
Tabla 9. Densidades (ind/dam ³) y biomásas (g/m ²) por especie	32

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 de Yesa**, situado en el río Aragón, en los términos municipales de Yesa en Navarra y Sigüés, Urriés, Undués de Lerda y los Pintanos en Zaragoza.

Para ello se ha empleado una combinación de **técnicas hidroacústicas** y de muestreo directo mediante **redes científicas**, según define la norma CEN 14.757:2.005 y **pesca eléctrica** desde embarcación adaptada. Mediante las primeras se ha estimado la densidad de peces, así como su distribución dentro del embalse y el muestreo directo 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 biomásas por especie en el embalse.

Se han encontrado las siguientes **especies**: alburno (*Alburnus alburnus*), *black-bass* (*Micropterus salmoides*), carpa común (*Cyprinus carpio*) y carpa de espejos (*Cyprinus carpio specularis*), todas ellas alóctonas, y barbo de Graells (*Barbus graellsii*), gobio (*Gobio lozanoi*), madrilla (*Parachondrostoma miegii*) y trucha común (*Salmo trutta fario*), que son las cuatro especies autóctonas detectadas en este embalse.

La **asociación de peces** está dominada en densidad por el alburno con un 79% de la abundancia seguida por la madrilla (15%) y el barbo (3%). En lo que respecta a la biomasa, las especies autóctonas dominan la asociación con un 58%, distribuido entre barbos (27%), madrillas (25%) y truchas (5%). En las zonas litorales el alburno tiene menor peso en la asociación y sin embargo las otras especies alóctonas, carpas y *black bass* dominan en biomasa.

La **densidad media de peces**, estimada a partir de la interpolación espacial de los datos acústicos en celdas de 50 m, es de **8,66 individuos/dam³**. En términos de abundancia absoluta, la estimación de peces ronda los 600.000 individuos.

La **biomasa** obtenida es de 7,71 g/m² o lo que es lo mismo, **77,1 kg/ha**. Se trata de valores elevados, propios de sistemas más productivos que el embalse de Yesa. La biomasa absoluta (*standing stock*) estimada es de 58 t.





La elevada densidad y biomasa se explican por el bajo nivel del embalse en el momento del muestreo y por la presencia del alburno. Si se corrigen la densidad y biomasa para los niveles medios anuales, se obtienen valores más moderados, acordes con la productividad del embalse.

Si bien no se dispone todavía de un sistema aprobado de evaluación del potencial ecológico basado en el indicador peces, la dominancia del alburno con la consecuente elevada densidad y biomasa puede suponer la principal desviación frente al buen potencial.





2 INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el informe relativo al embalse de Yesa correspondiente a la Asistencia Técnica para el Estudio de la Población Piscícola en tres Embalses de la Cuenca del Ebro, en Cumplimiento de la DMA para la Determinación del Potencial Ecológico (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 ANEXOS, en los que se facilitan *in extenso* los datos que dan lugar las estimaciones sintéticas, tanto en forma de fichas y tablas alfanuméricas como en forma de mapas, según proceda. Se acompaña además de un CD en el que se facilitan los documentos y datos en formato electrónico.

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 Yesa, Talarn y Sobrón, al tiempo que se somete a contraste el rendimiento de las técnicas hidroacústicas combinadas con muestreos directos de verificación, como futura metodología de aplicación en las masas de agua no vadeables para evaluar su estado (potencial) ecológico en función del elemento bioindicador que representa la fauna íctica en el contexto de la Directiva Marco del Agua.



Figura 1. Vista de la presa desde el embalse de Yesa, durante la campaña de muestreo





3 ÁMBITO DEL ESTUDIO

El embalse de Yesa se localiza en el río Aragón, en los términos municipales de Yesa en Navarra y Sigüés, Urriés, Undués de Lerda y los Pintanos en Zaragoza. Se sitúa a una altitud de 413 m sobre el nivel del mar y presenta una capacidad máxima de 447 hm³.

En la figura 2 se muestra un mapa con la ubicación del embalse.

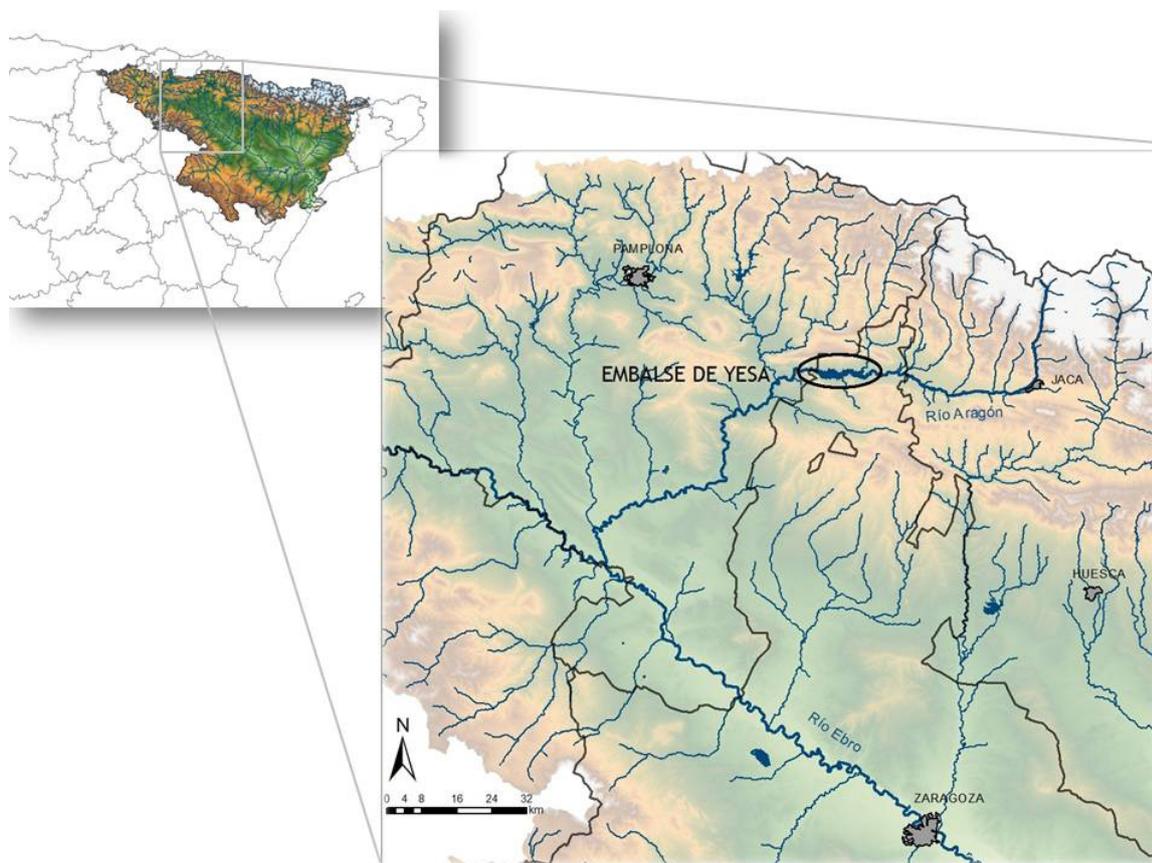


Figura 2. Ubicación del embalse de Yesa

Su titular es la CHE y los usos principales del embalse son el abastecimiento y la generación hidroeléctrica. En lo referente a los usos lúdicos, los principales son la navegación y la pesca.





Se trata de una zona ciprinícola de pesca intensiva en la parte aragonesa (permitida la pesca todo el año) y de un acotado intensivo de pesca de trucha entre el 1 de marzo y el 31 de octubre en la parte navarra. Las principales especies objeto de pesca son la trucha y el *black bass*.

Se trata de un embalse monomítico, calcáreo de zonas húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal, lo que lo sitúa en el tipo 9, según los criterios del CEDEX (2005).

En lo que respecta al estado trófico, ha sido clasificado como oligotrófico y con potencial ecológico bueno, según el Informe de Situación del año 2010 del CEMAS (CHE, 2011).

En el momento del muestreo (septiembre de 2011), el embalse se encontraba aproximadamente al 21 % de su capacidad máxima. De esta manera, se muestreó una superficie aproximada de 757 ha de las 2.089 ha a máxima capacidad.

En el gráfico siguiente se muestra la variación de volumen del año hidrológico 2011 y parte del 2012. Se han señalado en rojo las fechas de muestreo. (Fuente: SAIH Ebro)

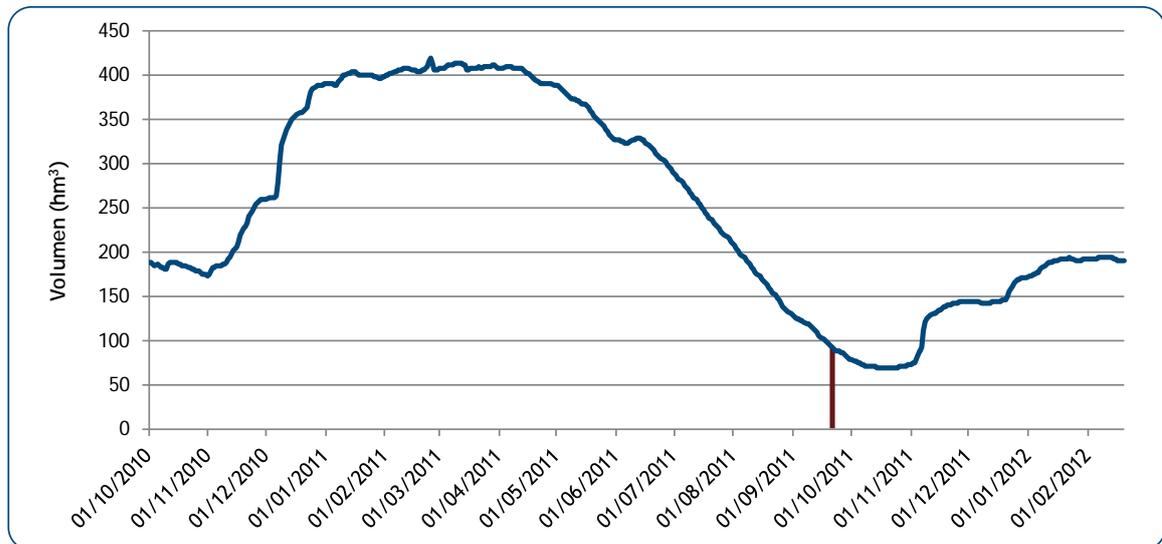


Figura 3. Variación del volumen de agua embalsado desde octubre de 2010 a febrero de 2012 (Hm³)

Se aprecia un ciclo anual con una fuerte variación del volumen embalsado, con diferencias máximas de 350 hm³ en el periodo considerado. En el momento de muestreo, el embalse se encontraba cerca del mínimo anual.





3.1 Caracterización físico-química del embalse. Perfiles verticales

Para orientar la definición de macrohábitats y establecer la velocidad real del sonido en el agua (parámetro fundamental para el ecosondeo), se realizó en la zona de máxima profundidad un perfil vertical de temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y pH. Así mismo se midió la penetración de la luz mediante disco de Secchi. En la tabla y gráficos siguientes se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 1. Caracterización del perfil de parámetros físico químicos

Temperatura ambiente (°C)	Profundidad (m)	Disco de Secchi (m)	Capa fótica (m)
18	25,0	1,8	4,86

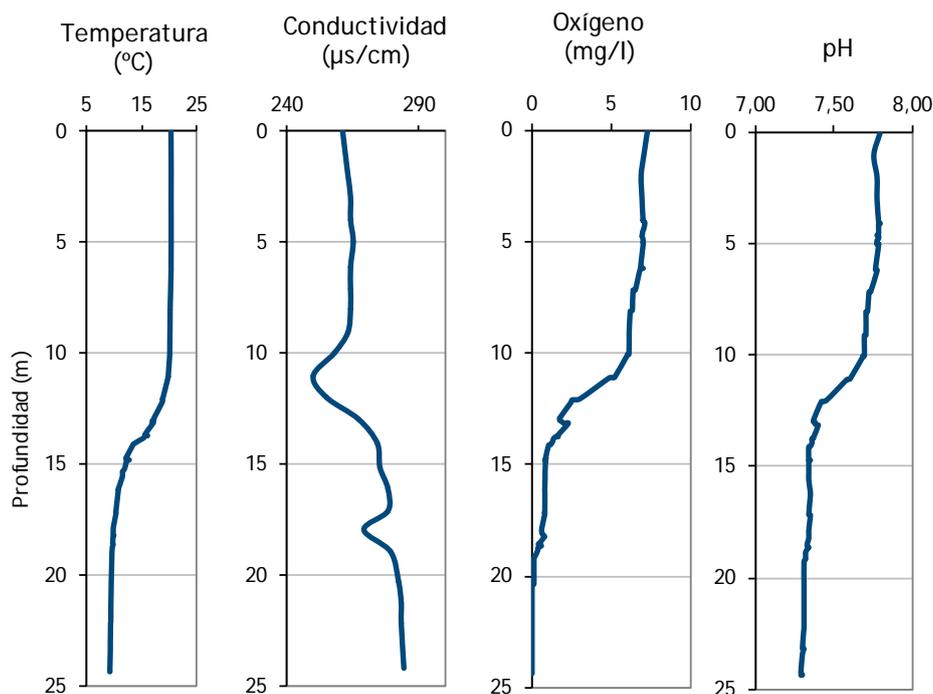


Figura 4. Perfiles de temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y pH en el momento del muestreo

Se observa una estratificación térmica en torno a los 12 metros, profundidad a partir de la cual las condiciones de oxigenación empeoran drásticamente, la conductividad aumenta ligeramente y el pH muestra un ligero descenso. Las condiciones para la vida piscícola están muy limitadas





por la escasez de oxígeno disuelto a partir de los 15 metros de profundidad, por lo que solo determinadas especies muy resistentes, como las carpas, pueden habitar a mayores profundidades. El estrato epilimnético mantiene una temperatura que no es excesiva para los salmónidos, haciendo habitable para la trucha prácticamente la mitad superior de la columna de agua.





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 5, 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 biomásas por especies y sectores.

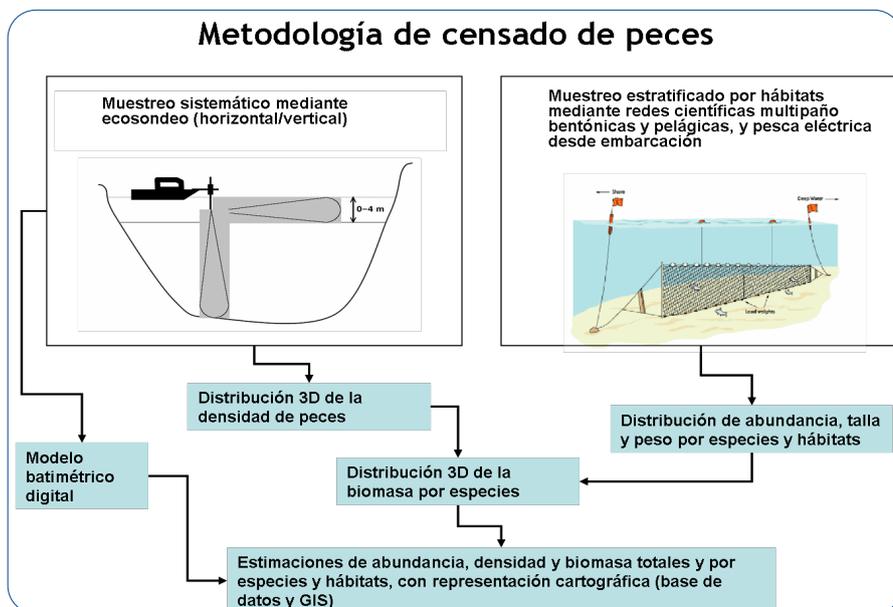


Figura 5. Esquema del método de censo de poblaciones ícticas en un embalse





4.1 Diseño del muestreo

Se ha optado por una distribución sistemática en *zig-zag* de los transectos de muestreo acústico, con una separación variable entre 50 y 100 m.

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.

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.



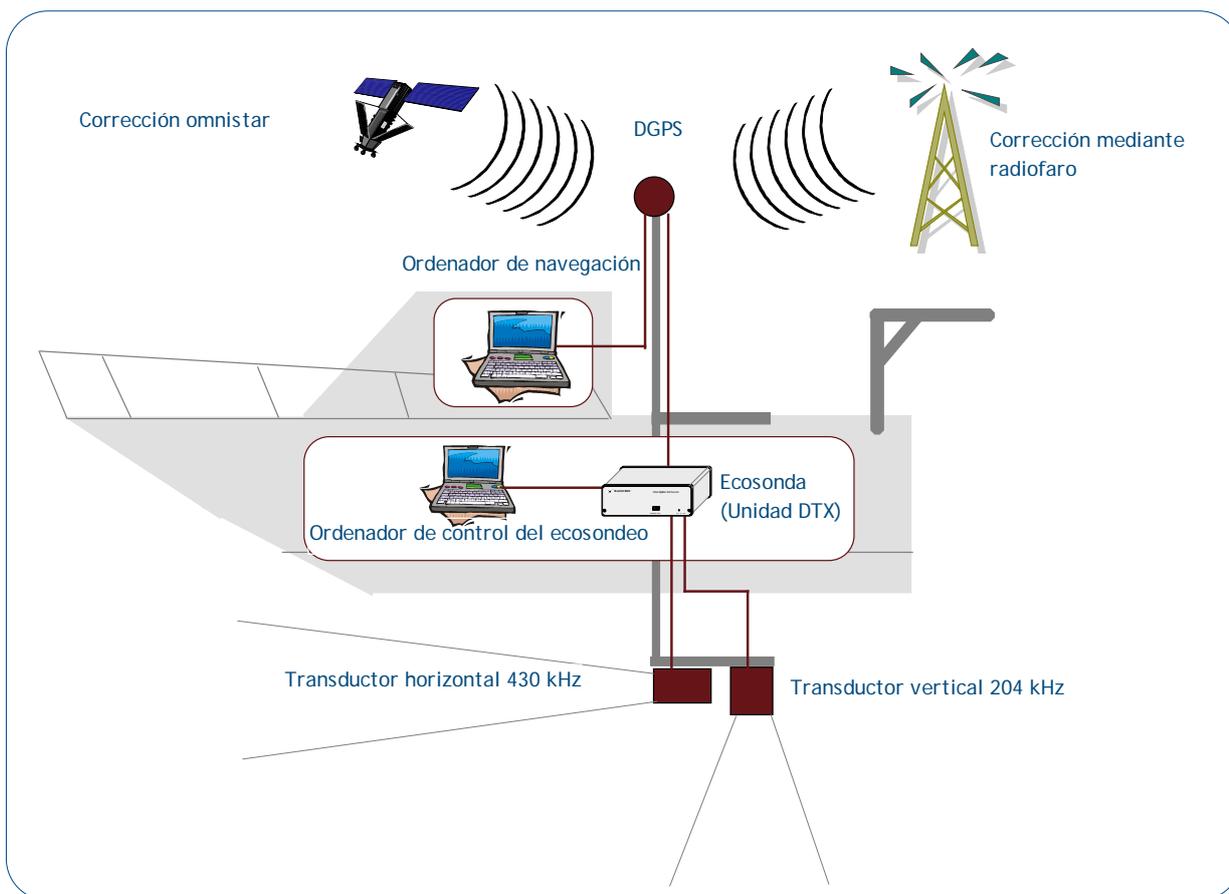


Figura 6. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico

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 cronovariante) 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 (1.977). 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* 2.000:1), desarrolladas por el *Nordic Freshwater Fish Group* y que constituye un estándar internacional (EN 14.757:2.005).

Constan estas redes de 11, 12 o 16 paños agalleros de luz creciente, que va desde 5 hasta 55 mm, en una longitud total de 27,5 m, 30 m o 40 m de largo y de 1,5 o 6 m de alto. El ratio entre la luz de paños consecutivos es de 1,25 y sigue una progresión geométrica. Este tipo de red constituye un arte de pesca no sesgado, puesto que captura con igual probabilidad todas las tallas.

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

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

Tabla 2: Descripción de las redes de muestreo empleadas

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

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.



Figura 7: 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, debido a la considerable mejora de la eficacia del muestreo en la oscuridad.

4.4 Interpolado espacial y estimaciones globales

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

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

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

Para cada celda, se obtiene la densidad en ind/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 de Yesa se ha considerado un único sector que a su vez se divide en tres estratos verticales.

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
- *Lower Open Water* (LOW): Estrato inferior





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

Tabla 3: Caracterización de los estratos de profundidad definidos

Estrato	Haz	Límites	Volumen (hm ³)	Superficie (ha)
UOW	Horizontal	0 a -5	32,67	757,24
MOW	Vertical	-5 a -15	31,71	519,73
LOW	Vertical	-15 a -25	5,26	139,37





5 RESULTADOS

5.1 Sondeo hidroacústico: Densidades

Los recorridos móviles de ecosondeo han cubierto una longitud total de 23 km (con dos transductores), lo que supone un valor del índice de cobertura (D_a) de 16. Los recorridos completos sobre el mapa batimétrico, se presentan en la siguiente figura.

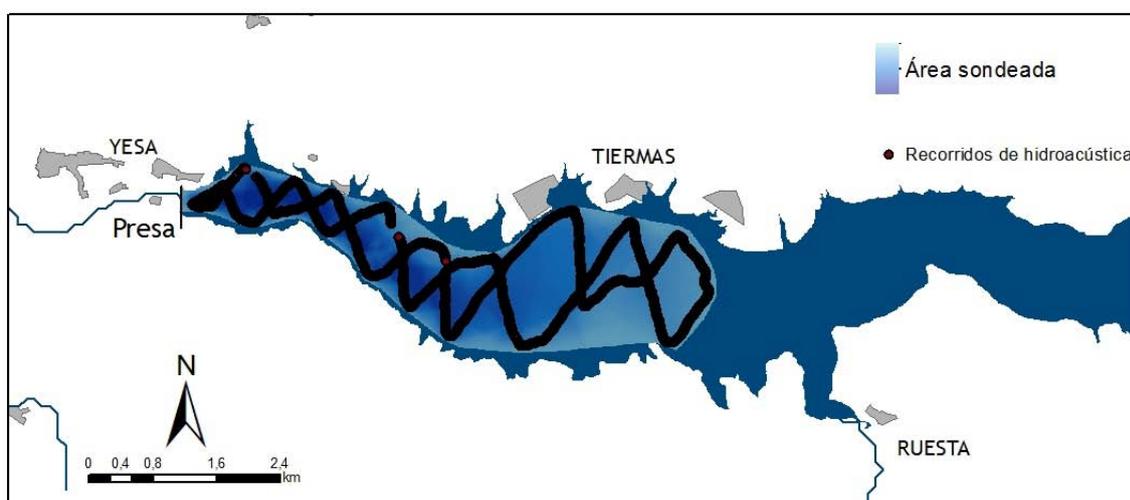


Figura 8. Recorridos de sondeo hidroacústico

Mediante el método descrito, se ha obtenido una estimación de densidad en celdas de 50 m y también la talla acústica corregida de cada uno de los blancos y rastros de peces. En el ANEJO III, se presenta un listado completo de estas celdas de análisis, detallando sus coordenadas, estrato, densidad y biomasa.

En este embalse se ha detectado un intenso burbujeo en algunas zonas, debido a la descompresión de los sedimentos por el acusado descenso de la lámina de agua, lo que genera una gran dificultad en el procesado de datos acústicos (figura 9), hasta el punto de que ha sido necesario desarrollar y validar un algoritmo específico para discriminar entre las burbujas de gas y los peces, que en los ecogramas presentan un aspecto muy similar.

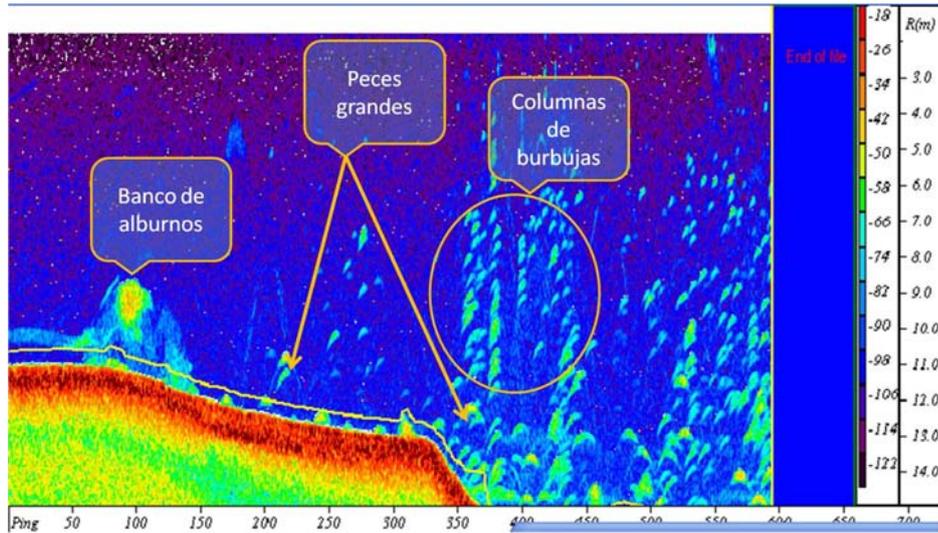


Figura 9. Ejemplo de ecograma en una de las zonas parcialmente sometidas a burbujeo en el embalse de Yesa

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).

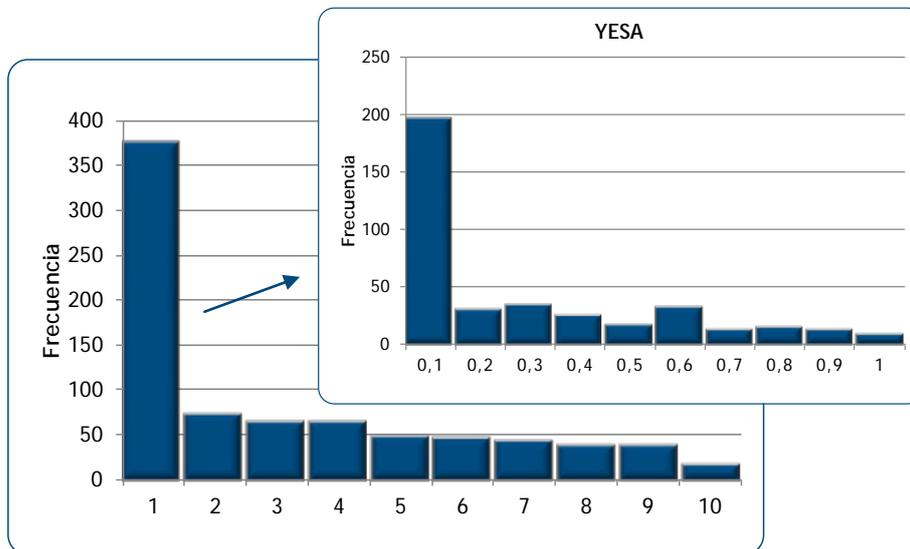


Figura 10: Distribución de frecuencias de densidad (ind/dam³), estimada mediante ecosondeo



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

Estrato	Densidad media (ind/dam ³)	Densidad máxima (ind/dam ³)	Número de casos	Número de casos con valor 0	Desviación típica
1	7,83	289	459	28	23,51
2	10,34	386	376	71	22,86
3	3,76	19	159	40	3,49

Estos valores medios se han ponderado con el volumen de cada estrato y sector (tabla 3), para obtener una densidad total del embalse de **8,663 ind/dam³**.

Este elevado valor se explica en parte por las bajas reservas hídricas con las que contaba el embalse en el momento del muestreo. Con el fin de corregir el efecto de acumulación de peces durante los fuertes estiajes, se ha corregido la densidad para el volumen medio del año hidrológico (295 hm³) con lo que se ha obtenido una densidad de **2,7 ind/dam³**, que se trata de un valor mucho más acorde con las características productivas del embalse.

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

En la figura 10 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.

Es posible apreciar que las mayores concentraciones de peces del embalse se encuentran en la capa intermedia (MOW, de 5 a 15 metros) y en la capa superior (UOW) en la zona de cola. Como es lógico, en la capa inferior las densidades son menores debido a las condiciones de anoxia, se trata posiblemente de carpas que se sitúan cerca de la termoclina.

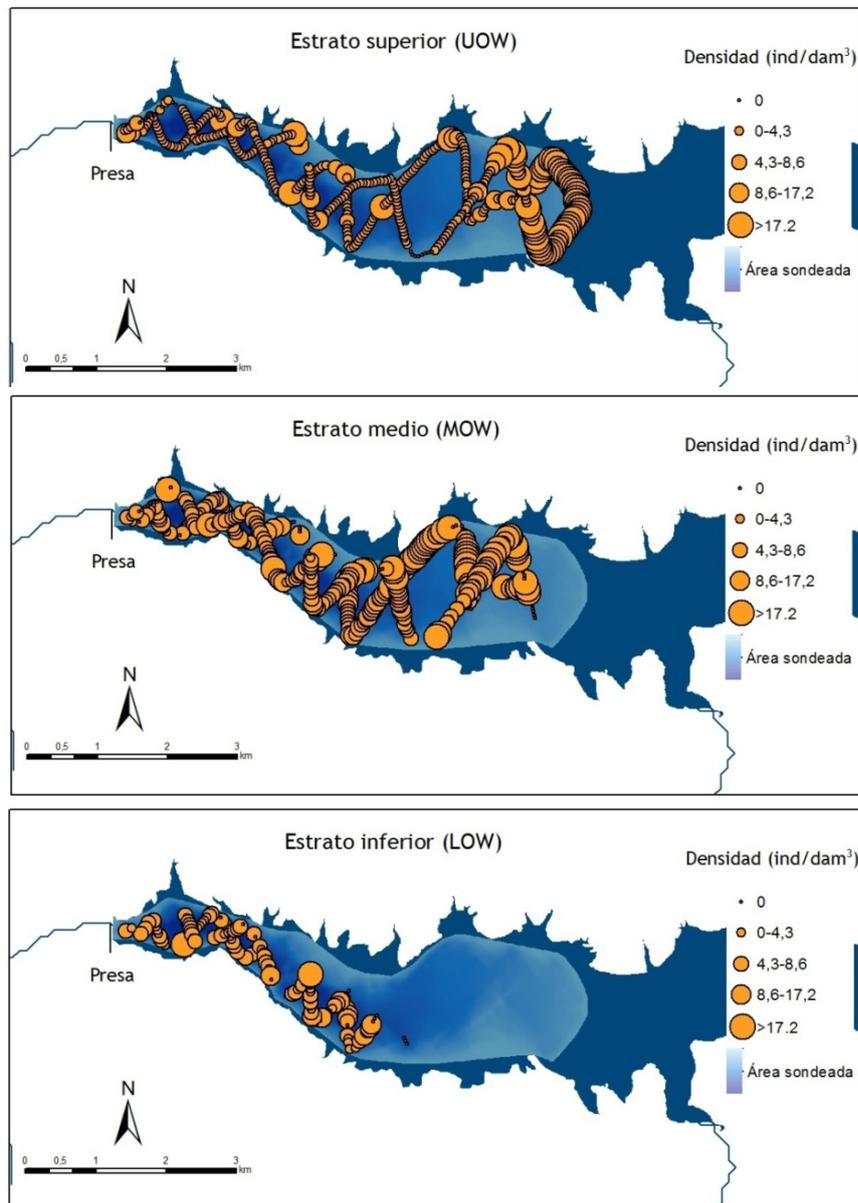


Figura 11. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad piscícola. Cada punto representa una celda de 50m de longitud



5.1.1 Comparativa con otros embalses del Ebro

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

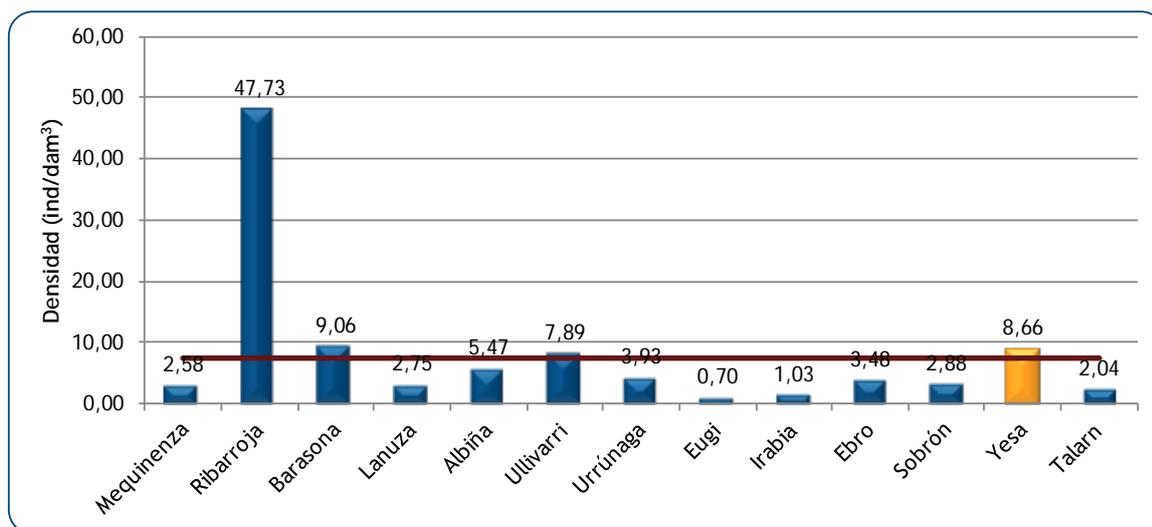


Figura 12. Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro

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 elevada densidad se explica parcialmente por el bajo nivel en el que se encontraba el embalse en el momento del muestreo. La densidad corregida para el valor de la reserva media anual es de 2,7 ind/dam³, que se encuentra en el rango bajo de los valores obtenidos para los embalses del Ebro.

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.
- **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.

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; 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 5. Especies presentes en el embalse

Nombre común	Nombre científico	Autóctono/alóctono
Alburno	<i>Alburnus alburnus</i>	Alóctono
Barbo de Graells	<i>Barbus graellsii</i>	Autóctono
Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>	Alóctono
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	Alóctono (anterior a 1900)
Carpa de espejos	<i>Cyprinus carpio specularis</i>	Alóctono (anterior a 1900)
Gobio	<i>Gobio lozanoi</i>	Autóctono
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	Autóctono
Trucha común	<i>Salmo trutta fario</i>	Autóctono





5.2.2 Composición y distribución de especies

5.2.2.1 Capturas con redes

El total de capturas con redes fue de 1.927 peces con un peso total de 64,7 kg, lo que supone 1.343 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 44,6 kg de Biomasa por unidad de esfuerzo. Se emplearon un total de 11 redes en 185 horas de pesca (16,7 unidades de esfuerzo). La ubicación de las redes de muestreo, junto a los recorridos de pesca eléctrica, se refleja en la figura siguiente:

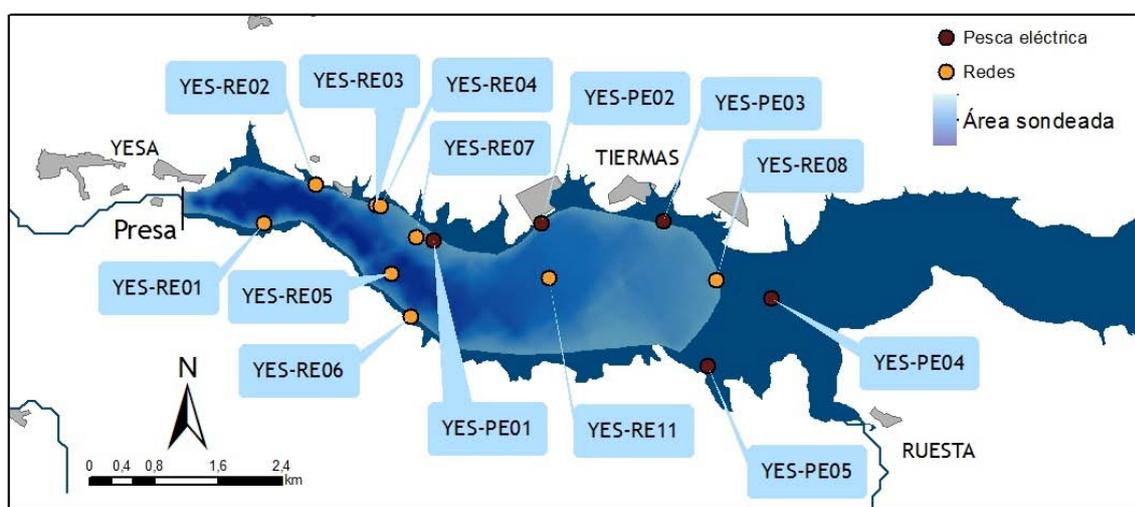


Figura 13. Ubicación de las redes y recorridos de pesca eléctrica

En la tabla 6 y en la figura 13, 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 7 especies diferentes. El gobio fue únicamente capturado mediante pesca eléctrica.



Tabla 6: Resultados de las pescas con red por especies

	Alburno	Barbo de Graells	Black bass	Carpa común	Carpa de espejos	Gobio	Madrilla	Trucha común	Total
Capturas	1.532	68	19	19	13	0	271	5	1.927
CPUE	1.063	44	14	12	9	0	196	4	1.343
% CPUE	79%	3%	1%	1%	1%	0%	15%	0%	100%
PF total (g)	16.804	18.389	2.101	6.094	2.743	0	15.774	2.801	64.704
BPUE (g)	11.551	12.204	1.519	3.820	1.891	0	11.306	2.274	44.566
% BPUE	26%	27%	3%	9%	4%	0%	25%	5%	100%
Long furcal media (mm)	98	237	174	230	219		160	328	115
Peso medio (g)	11	270	111	321	211		58	560	34

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
- **BPUE:** Biomasa por unidad de esfuerzo. Peso total de los peces ponderado por el esfuerzo de la red en la que han sido capturados, expresado en gramos.
- **% BPUE:** Biomasa por unidad de esfuerzo expresada en porcentaje
- **L. furcal:** Longitud furcal media en mm.
- **Peso medio:** expresado en g.

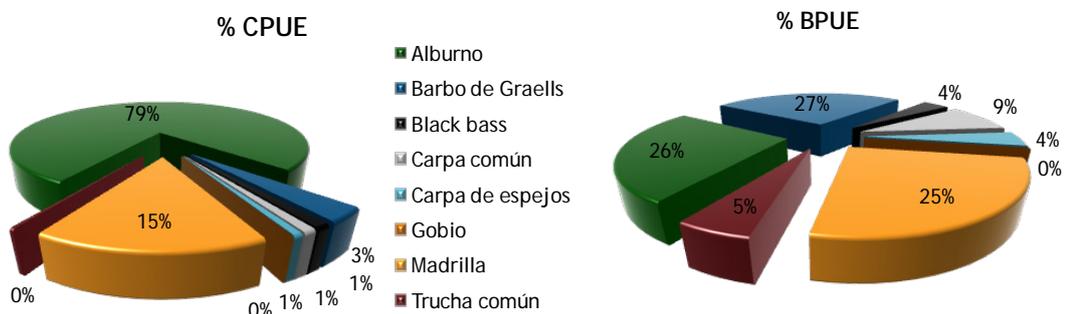


Figura 14. Composición de la asociación obtenida mediante redes





La especie que domina con claridad la asociación es el alburno, que representa el 78 % de las CPUE. Le siguen en importancia la madrilla (15%) y el barbo (3%). EL resto de las especies tienen una importancia mucho menor con apenas el 3%.

En biomasa, pese a que el alburno mantiene relativa importancia con un 25%, dominan la asociación, con un 58% de la BPUE, las especies autóctonas entre las que destacan el barbo (27%), la madrilla (25%) y la trucha (5%).

En la figura 14 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.

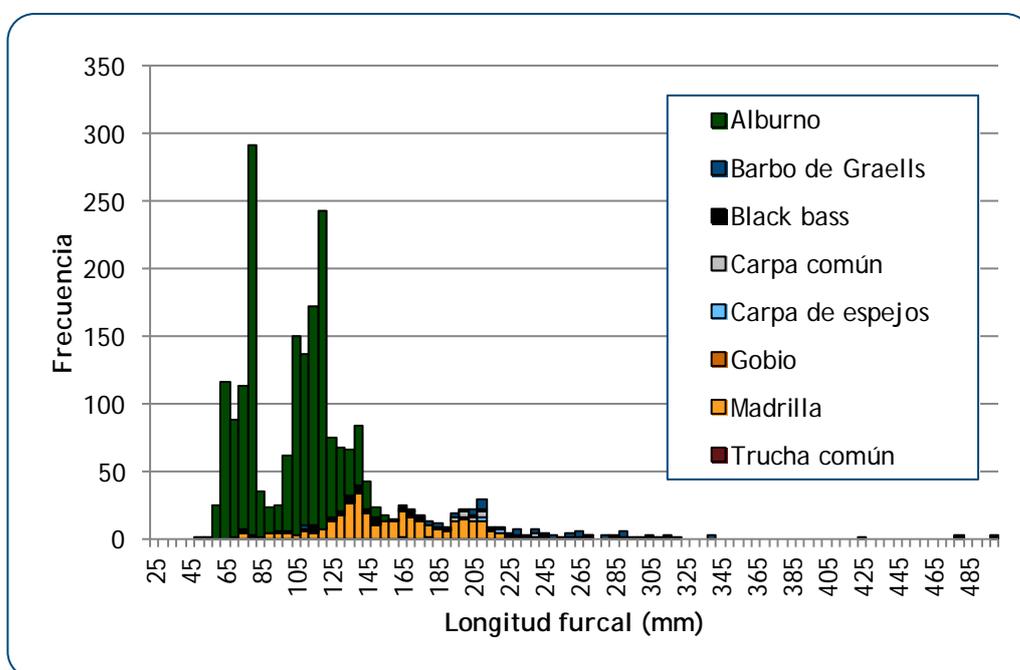


Figura 15. Histograma de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm

Las tallas más pequeñas, hasta 90 mm, corresponden casi en su totalidad al alburno, que presenta dos modas que se corresponden con las clases 0+ y 1+. La madrilla presenta una moda en torno a los 135 mm (individuos 1+) y otra menos clara en 165 (2+). Los individuos de menor tamaño probablemente se encuentren todavía en los tramos fluviales donde tiene lugar la reproducción de la especie. Las tallas mayores corresponden a carpas, barbos y truchas.





5.2.2.2 Resultados de la pesca eléctrica

El total de capturas con pesca eléctrica fue de 253 peces con un peso total de 16,5 kg, lo que supone 204 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 13,6 kg de BPUE. Se realizaron un total de 5 transectos que cubrieron 709 m de orilla.

La ubicación de los transectos de muestreo se puede observar en el mapa de figura 12 (apartado 5.2.2.1), donde se presentó, además, la ubicación de las redes.

En la tabla 7 se facilitan los resultados obtenidos, agregados por especies. Se han capturado 7 especies diferentes. La trucha únicamente se capturó mediante redes.

Tabla 7: Resultados de la pesca eléctrica por especies.

	Alburno	Barbo de Graells	Black bass	Carpa común	Carpa de espejos	Gobio	Madrilla	Trucha común	Total
Capturas	128	11	30	10	12	1	61	0	253
CPUE	102	6	24	11	13	1	48	0	204
% CPUE	50%	3%	12%	5%	6%	0%	23%	0%	100%
PF total (g)	1.873	3.005	1.735	2.715	4.898	6	2.282	0	16.514
BPUE (g)	1.498	1.814	1.399	2.831	4.286	4	1.738	0	13.569
% BPUE	11%	13%	10%	21%	32%	0%	13%	0%	100%
Long furcal media (mm)	110	199	138	210	242	80	138		134
Peso medio (g)	15	273	58	271	408	6	37		65

Es posible apreciar que en las zonas litorales, los resultados difieren sensiblemente de la zona pelágica. El alburno pierde importancia a favor de las otras especies alóctonas: carpas y *black bass* alcanzan el 11% y 12 % respectivamente. En cuanto a las autóctonas, la madrilla es la segunda especie en importancia (23%) mientras que el barbo mantiene el 3% en abundancia.

En biomasa, las especies alóctonas dominan la asociación litoral con un 53% de las carpas, 11% de alburnos y 10% de *black bass*. Las especies autóctonas representan el 26% repartido entre madrillas y barbos.



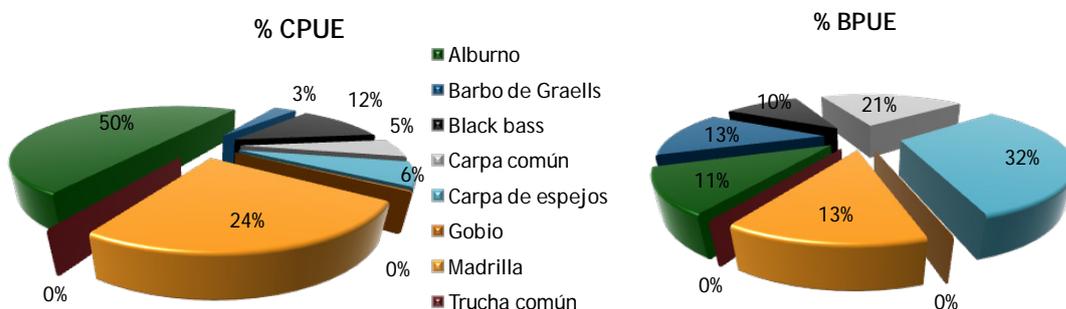


Figura 16. Composición de la asociación obtenida mediante pesca eléctrica

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

Tabla 8. Biomasa de peces por estratos (g/m^2) estimada mediante acústica

Estrato	Biomasa media (g/m^2)	Biomasa máxima (g/m^2)	Número de casos	Número de casos con valor 0	Desviación típica
1	2,67	71,23	459	29	7,29
2	7,06	1.553,57	376	70	83,82
3	1,05	55,81	159	36	4,67

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 $7,707 g/m^2$, o lo que es lo mismo: $77,07 kg/ha$.

Se trata de un valor elevado de biomasa, que como en el caso de la densidad, está fuertemente condicionado por el bajo nivel del embalse. La corrección en el caso de la densidad no es tan evidente, ya que está referida a unidad de superficie y no se dispone de información acerca de la superficie del día de muestreo ni de la superficie media del embalse a lo largo del año hidrológico. En cualquier caso, se puede asegurar que no experimentará variaciones tan





significativas como la densidad. Una estimación grosera apunta a valores entre un 30 y un 40% menores que el obtenido, al referir la biomasa a la superficie media anual.

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

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. Se han empleado como valores de corte la mitad de la biomasa media del embalse, la biomasa media y el doble de la misma.

Como en el caso de la densidad, las biomásas mayores se observan en la capa intermedia (MOW, de 5 a 15 metros), y en la zona de cola en la capa superior.

La biomasa media obtenida es alta, propia de sistemas más productivos que el embalse de Yesa. Como ya se adelantó en el apartado 5.1, las relativamente elevadas densidades y biomásas del embalse se explican en parte por el bajo nivel en el que se encontraba el embalse en el momento del muestreo pero también por la presencia del alburno, especie introducida, pelágica y extraordinariamente prolífica.



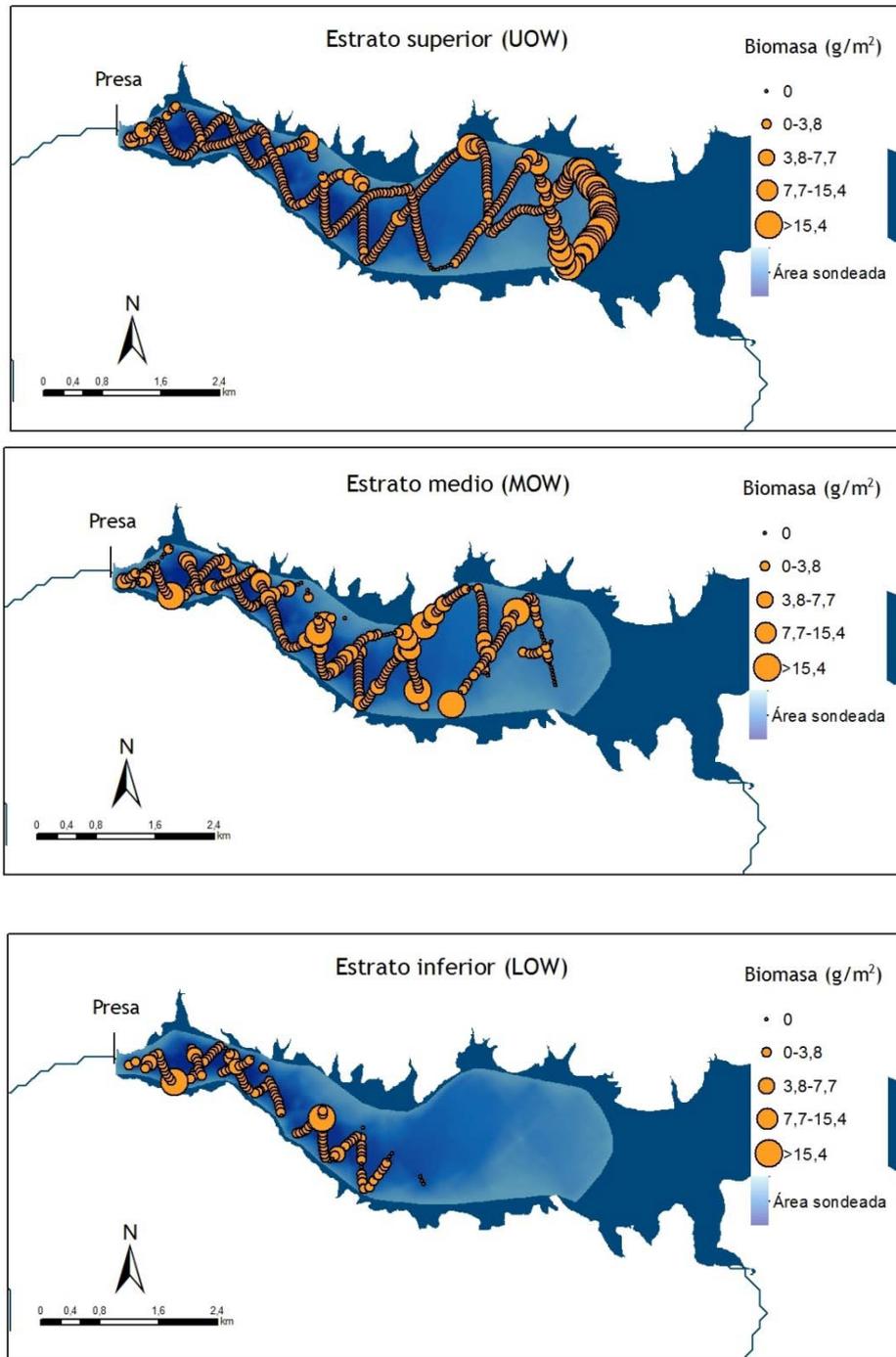


Figura 17. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa piscícola





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 Yesa en comparación con otros embalses de la Cuenca del Ebro donde se ha trabajado con técnicas hidroacústicas y se dispone de datos cuantitativos de densidad y biomasa. La línea roja representa el valor promedio de los embalses considerados.

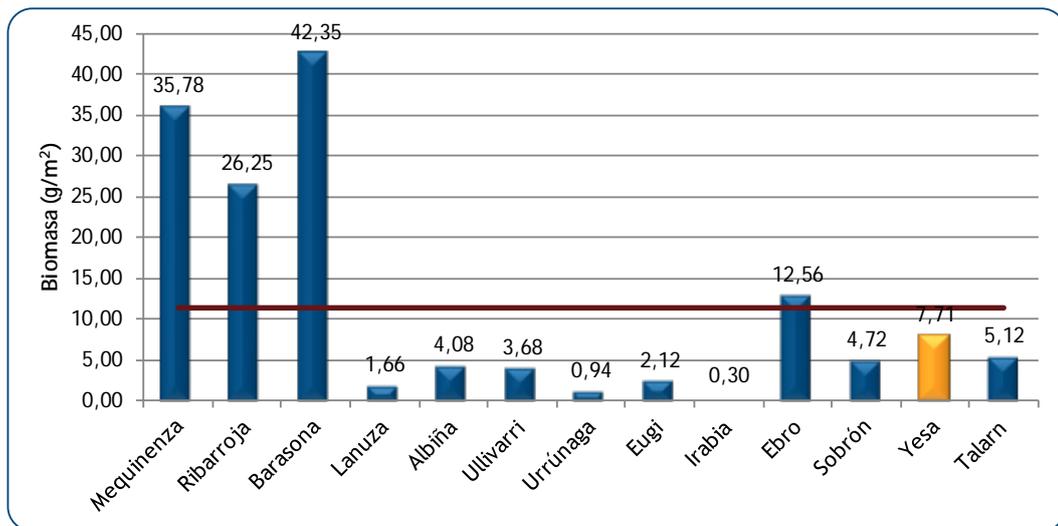


Figura 18. Comparación de la biomasa con otros embalse de la cuenca del Ebro

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 (dm³) y superficie (m²) respectivamente, para el conjunto del embalse.



Tabla 9. Densidades (ind/dam³) y biomasa (g/m²) por especie

	Alburno	Barbo de Graells	Black bass	Carpa común	Carpa de espejos	Madrilla	Trucha común	Total
Densidad media (ind/dam ³)	6,86	0,29	0,09	0,08	0,06	1,27	0,03	8,66
Abundancia Total (ind)	477.767	19.975	6.139	5.584	3.951	88.214	1.792	603.422
Biomasa media (g/m ²)	2,00	2,11	0,26	0,66	0,33	1,96	0,39	7,71
Peso total (kg)	15.126	15.981	1.989	5.003	2.477	14.805	2.977	58.358

En este cuadro se resumen las observaciones ya realizadas en cuanto a la abundancia y biomasa de las especies, así como su importancia relativa en la asociación de peces del embalse. La asociación está dominada en densidad por alburnos, mientras que madrillas y barbos tienen una importancia relativa alta por su aporte a la biomasa del embalse.

La entrada del alburno en el embalse y su clara aclimatación y expansión son el principal problema que presenta este embalse. Se trata de una especie muy prolífica, de escaso interés para la pesca (salvo como cebo para otras especies) y muy difícil de erradicar una vez establecida en un embalse. Su gran capacidad de colonización puede suponer un problema en los tramos fluviales aguas arriba y aguas abajo del embalse.



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 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 métricos a nivel nacional, en el marco de las iniciativas de intercalibración de lagos y embalses y de un proyecto de I+D+i del MARM (*Investigación de la respuesta hidroacústica específica y desarrollo de métodos para la evaluación cuantitativa de las comunidades de peces y del potencial ecológico en embalses. Expdte.: 082/RN08/01.1*) coordinado por el equipo de Ecohydros. Indudablemente, en la medida en que en el futuro se tengan datos de una población suficiente de embalses y de lagos, será posible ofrecer un diagnóstico concreto para estos casos y otros que se vayan muestreando con este tipo de técnicas.





Pese a no ser posible por el momento, ofrecer una valoración del potencial ecológico basándose en las comunidades de peces, se pueden apuntar las principales características que podrían definirlo:

- Dominio en densidad del alburno, especie alóctona con gran capacidad de colonización de los espacios fluviales adyacentes, pero cuya influencia negativa sobre las especies autóctonas no es evidente, al no tratarse de un predador.
- El resto de las especies alóctonas presentes, carpas y *black bass*, están ligadas a sistemas lénticos y con limitada capacidad de colonización del medio fluvial aguas arriba del embalse.
- Dominio en biomasa de las especies autóctonas, principalmente barbos, madrillas y trucha común.
- Densidad y biomasa elevadas, propias de sistemas más productivos que el embalse de Yesa, pero que responden a una situación excepcional de baja reserva hídrica en el embalse. Si se corrigen la densidad y biomasa para los niveles medios anuales, se obtienen valores más moderados, acordes con la productividad del embalse.
- En todo caso, *a priori*, estas apreciaciones son suficientes como para prever desviaciones moderadas respecto al buen potencial ecológico, en lo que se refiere al elemento biológico peces, dejando fuera de consideración la incidencia no valorada que la elevada densidad de alburno pueda tener sobre el potencial ecológico.





7 CONCLUSIONES

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

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

- Se han encontrado las siguientes **especies**: alburno (*Alburnus alburnus*), *black bass* (*Micropterus salmoides*), carpa común (*Cyprinus carpio*) y carpa de espejos (*Cyprinus carpio specularis*), alóctonas y barbo de Graells (*Barbus graellsii*), gobio (*Gobio lozanoi*), madrilla (*Parachondrostoma miegii*) y trucha común (*Salmo trutta fario*) autóctonas.
- La **asociación de peces** está dominada en densidad por el alburno con un 79% de la abundancia seguida por la madrilla (15%) y el barbo (3%). En lo que respecta a la biomasa, las especies autóctonas dominan la asociación con un 58%, distribuido entre barbos (27%), madrillas (25%) y truchas (5%)
- La asociación de las zonas litorales difiere ligeramente de la de las aguas libres. El alburno tiene menor peso en la asociación y sin embargo las otras especies alóctonas, carpas y *black bass* dominan en biomasa.
- La **densidad media de peces**, a partir de la interpolación en celdas de 50 m, es de **8,66 ind/dam³**. Ese valor de densidad se puede considerar alto y está condicionado por las bajas reservas en las fechas de muestreo. Si se corrige el valor de la densidad al volumen embalsado medio a lo largo del año se obtiene una densidad de **2,7 ind/dam³**, que se trata de un valor más acorde con la productividad del embalse





- La **biomasa** de peces obtenida en el embalse es de $7,71 \text{ g/m}^2$, o lo que es lo mismo, **77,1 kg/ha**, se trata de un valor elevado. A diferencia del caso de la densidad, la corrección para biomasa no es directa, si bien no se espera una reducción tan drástica en este valor (en torno al 30%).
- La elevada densidad y biomasa se explican por el bajo nivel del embalse en el momento del muestreo y por la presencia del alburno. Si se corrigen la densidad y biomasa para los niveles medios anuales, se obtienen valores más moderados, acordes con la productividad del embalse.
- Si bien no se dispone todavía de un sistema aprobado de evaluación del potencial ecológico basado en el indicador peces, la dominancia del alburno y su incidencia en los valores elevados de densidad y biomasa podría suponer la principal desviación frente al buen potencial. No se debe dejar a un lado la posibilidad de que esta especie pueda constituir un nuevo recurso trófico para la trucha común, como depredador natural de esta masa de agua y en consecuencia incrementar sus poblaciones.





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:

$$D_a = \frac{\text{Long de muestreo acústico}}{\sqrt[2]{\text{Superficie embalse}}}$$





9 BIBLIOGRAFÍA

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

CEDEX, 2.005. 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 (2.008). Informe final de seguimiento biológico de embalses.

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

CHE (2.010). Control del Estado de las Masas de Agua C.E.A.S. Informe de situación año 2.009.

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

Embalses.net. Estado de los embalses y pantanos de España (2.010). <http://www.embalses.net/>.

Fishbase (2.009). <http://www.fishbase.org/search.php>. Marzo,2009.

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

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

Wikipedia.org





ANEJOS

