



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 3. EMBALSE DE SOBRÓN

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 3. EMBALSE DE SOBRÓN

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 3. EMBALSE DE SOBRÓN

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	29
5.3.1	Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro	30
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 Sobrón durante la campaña de muestreo	5
Figura 2.	Ubicación del embalse de Sobrón	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 sometidas a intenso burbujeo en el embalse de Sobrón	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 (amarillo) y recorridos de pesca eléctrica (rojo)	24
Figura 14.	Composición de la asociación obtenida mediante redes	26
Figura 15.	Histograma de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm	27
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	28
Tabla 8. Biomasa de peces por estratos (g/m ²) estimada mediante acústica	29
Tabla 9. Densidades (ind/dam ³) y biomاسas (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 Sobrón**, situado en el río Ebro, en los términos municipales de Bozoo, Lantarón y principalmente del Valle de Tobalina, entre las provincias de Burgos y Álava.

Para ello se ha empleado una combinación de **técnicas hidroacústicas** y de muestreo directo mediante **redes científicas**, según define la norma CEN 14.757:2.005. Mediante las primeras se ha estimado la densidad de peces, así como su distribución dentro del embalse y 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**: barbo de Graells (*Barbus graellsii*) y madrilla (*Parachondrostoma miegii*), autóctonas y *black bass* (*Micropterus salmoides*); carpa común (*Cyprinus carpio*), carpa de espejos (*Cyprinus carpio specularis*) y pez sol (*Lepomis gibbosus*), alóctonas. Es altamente probable la presencia del siluro (*Silurus glanis*) debido a su reciente introducción ilegal. Su población no es abundante pero sería muy recomendable un seguimiento de su evolución que permitiera adoptar medidas ágiles en el caso de que se observara una consolidación de la especie.

El embalse de Sobrón está dentro del área de distribución natural de varias especies autóctonas que, sin embargo, no fueron detectadas concluyendo que no están presentes o su población es muy reducida: trucha, gobio, bermejuela, blenio, bagre y barbo colirrojo son las más destacadas.

La **asociación de peces** está dominada por las dos especies de centrárquidos: *black bass* y pez sol con un 49 y un 28 % de la densidad, respectivamente. La madrilla es la especie autóctona con mayor representación, ya que supone el 16 % de la asociación. En lo que respecta a la biomasa, las carpas representan el 78 % del total, y es el *black bass* la segunda especie en importancia

La asociación de las zonas litorales no difiere en exceso de la del resto del embalse, únicamente adquiere mayor importancia el *black bass*, tanto en densidad como en biomasa.





Esta especie tiene querencia por hábitats litorales y está ligada a la presencia de macrófitos, vegetación de ribera y detritos leñosos.

La **densidad media de peces**, estimada mediante interpolación de los datos acústicos en celdas de 50 m, es de **2,88 individuos/dam³**, valor ligeramente bajo, propio de un ecosistema lenítico de moderada productividad biológica. En términos de abundancia absoluta, se estima una población de en torno a 30.000 individuos.

La **biomasa** de peces obtenida en el embalse es de 4,72 g/m², o lo que es lo mismo, **47,2 kg/ha**, lo que significa que la biomasa absoluta de la zona sondeada se estima en **6,4 t**.

Los valores máximos de densidad y biomasa se encuentran en la capa intermedia (5-15 m), y no muestran un patrón de distribución espacial definido.

Si bien no se dispone todavía de un sistema oficialmente aprobado de evaluación del potencial ecológico basado en el indicador peces, la dominancia de especies alóctonas y la desaparición de varias especies autóctonas deben suponer desviaciones significativas del buen potencial ecológico.

Una de las posibles opciones para la mejora del potencial ecológico del embalse es la lucha para la contención de las especies alóctonas, a través de una gestión de la pesca deportiva agresiva con dichas especies, para lo cual es imprescindible la coordinación de las administraciones autonómicas competentes.



2 INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el informe relativo al embalse de Sobrón, en el contexto de 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 Sobrón durante la campaña de muestreo





3 ÁMBITO DEL ESTUDIO

El embalse de Sobrón se localiza en el río Ebro, en los términos municipales de Bozoo, Lantarón y principalmente del Valle de Tobalina, entre las provincias de Burgos y Álava. Se sitúa a una altitud de 478 m sobre el nivel del mar y presenta una capacidad máxima de 20 hm³.

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

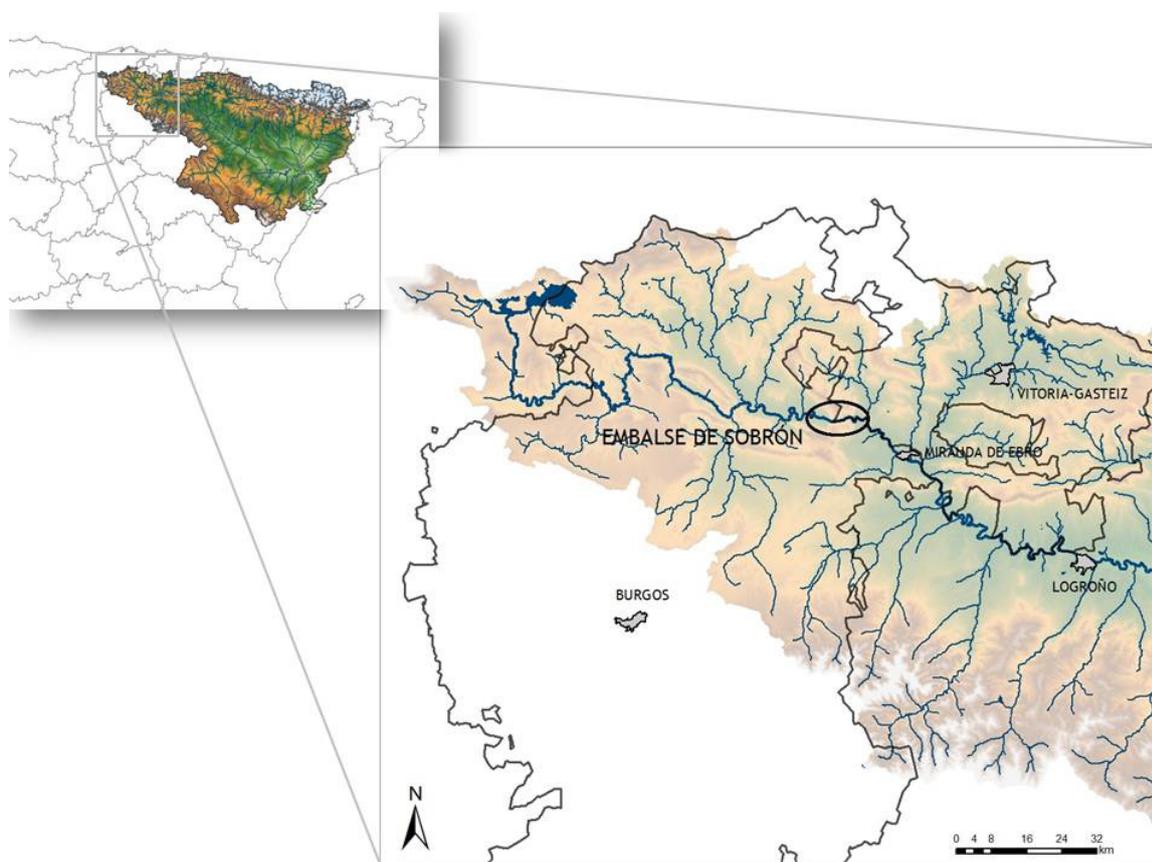


Figura 2. Ubicación del embalse de Sobrón

El uso principal del embalse es la producción hidroeléctrica (su titular es Iberdrola) y la refrigeración de la central Nuclear de Santa María de Garoña que se sitúa en la cola del embalse. En lo referente a los usos lúdicos, el principal es la pesca en la parte burgalesa ya que la parte alavesa se encuentra vedada. Esta incongruencia en materia de gestión de pesca lleva



a situaciones tan llamativas como poder pescar en una margen estando prohibido hacerlo en la opuesta.

La parte perteneciente a la provincia de Burgos es una zona de pesca libre entre el 1 de abril y 30 de septiembre, en la que se autoriza la pesca desde embarcación en el tramo en el que está permitida la navegación (entre el puente de Tobalinilla y la presa). La principal especie objeto de pesca es el *black bass*.

Se trata de un embalse monomítico, calcáreo de zonas húmedas, perteneciente a ríos de la red principal, lo que permite su asignación al tipo 9, según los criterios del CEDEX (2005).

En lo que respecta al estado trófico, ha sido clasificado como mesotrófico y con potencial ecológico moderado, 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 90 % de su capacidad máxima. De esta manera, se muestreó una superficie aproximada de 140 ha.

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)

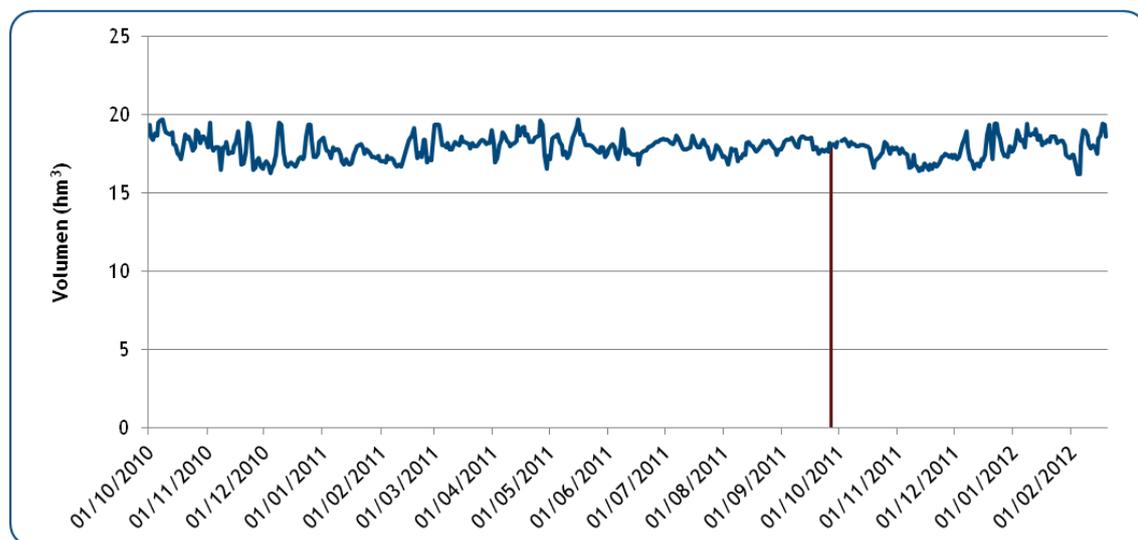


Figura 3. Variación del volumen de agua embalsado desde octubre de 2010 a febrero de 2012 (hm^3)

Se aprecia que la variación del volumen embalsado es muy pequeña, con diferencias máximas de 3 hm^3 en el periodo considerado y que no sigue ningún patrón estacional. Este hecho, junto





a la elevada temperatura del agua, contribuye al desarrollo de importantes masas de macrófitos sumergidos y helófitos en las orillas.

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)
22	20,0	3	8,1

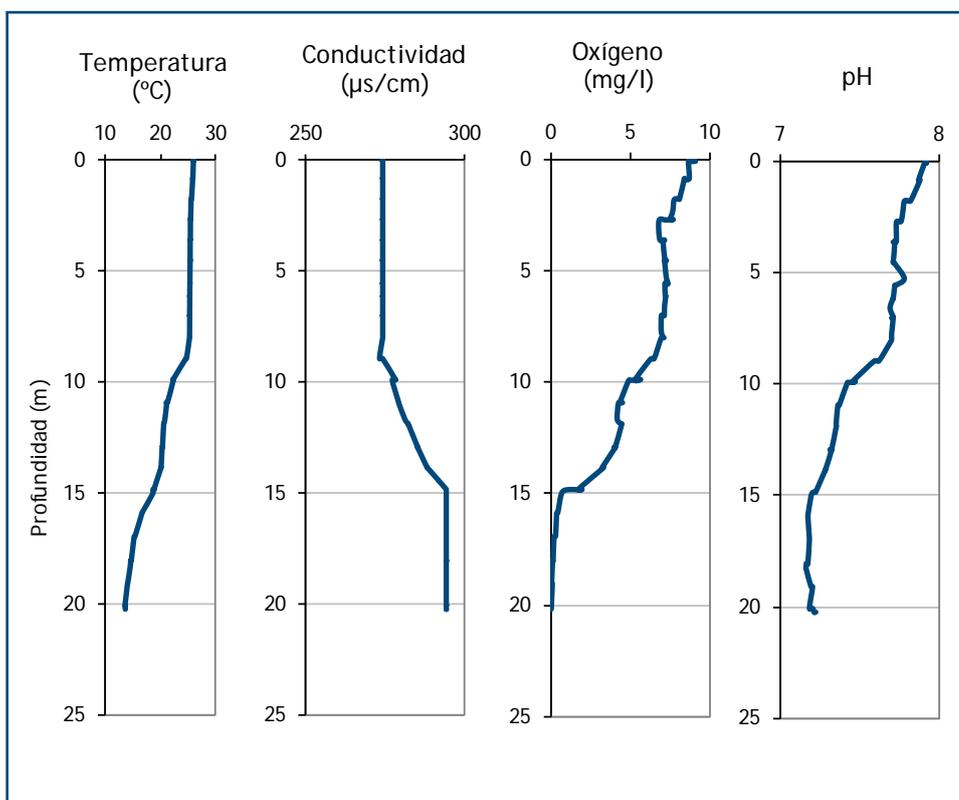


Figura 4. Perfiles de temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y pH en el momento del muestreo





Se observa una estratificación térmica en torno a los 9 metros, profundidad a partir de la cual las condiciones de oxigenación empeoran drásticamente y la conductividad aumenta ligeramente. El pH muestra un descenso más o menos constante entre los valores de 8 y 7. Las condiciones para la vida piscícola están muy limitadas a partir de los 10 metros de profundidad, por lo que solo determinadas especies muy resistentes, como las carpas, pueden habitar en mayores profundidades.





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.

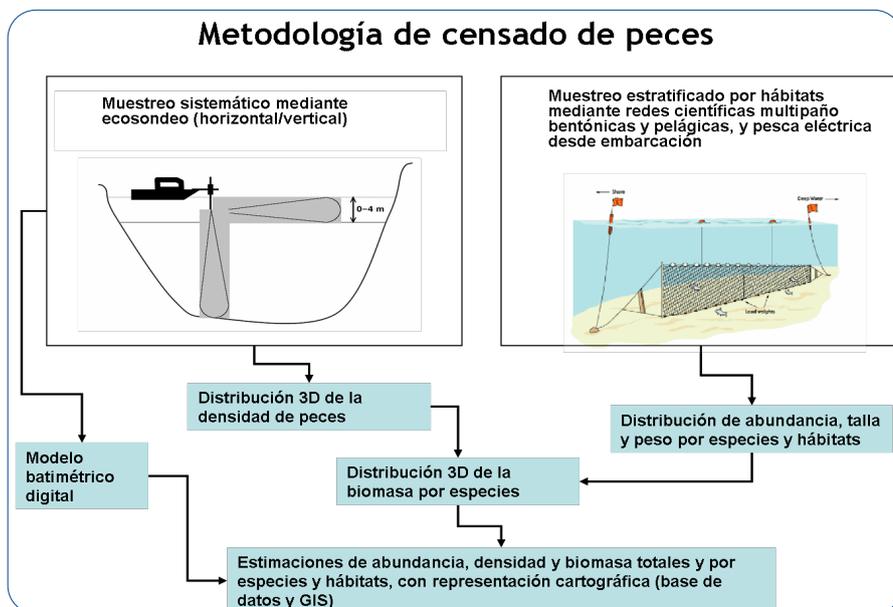


Figura 5. Esquema del método de censo de poblaciones ícticas en un embalse





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, se realizaron además recorridos 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.



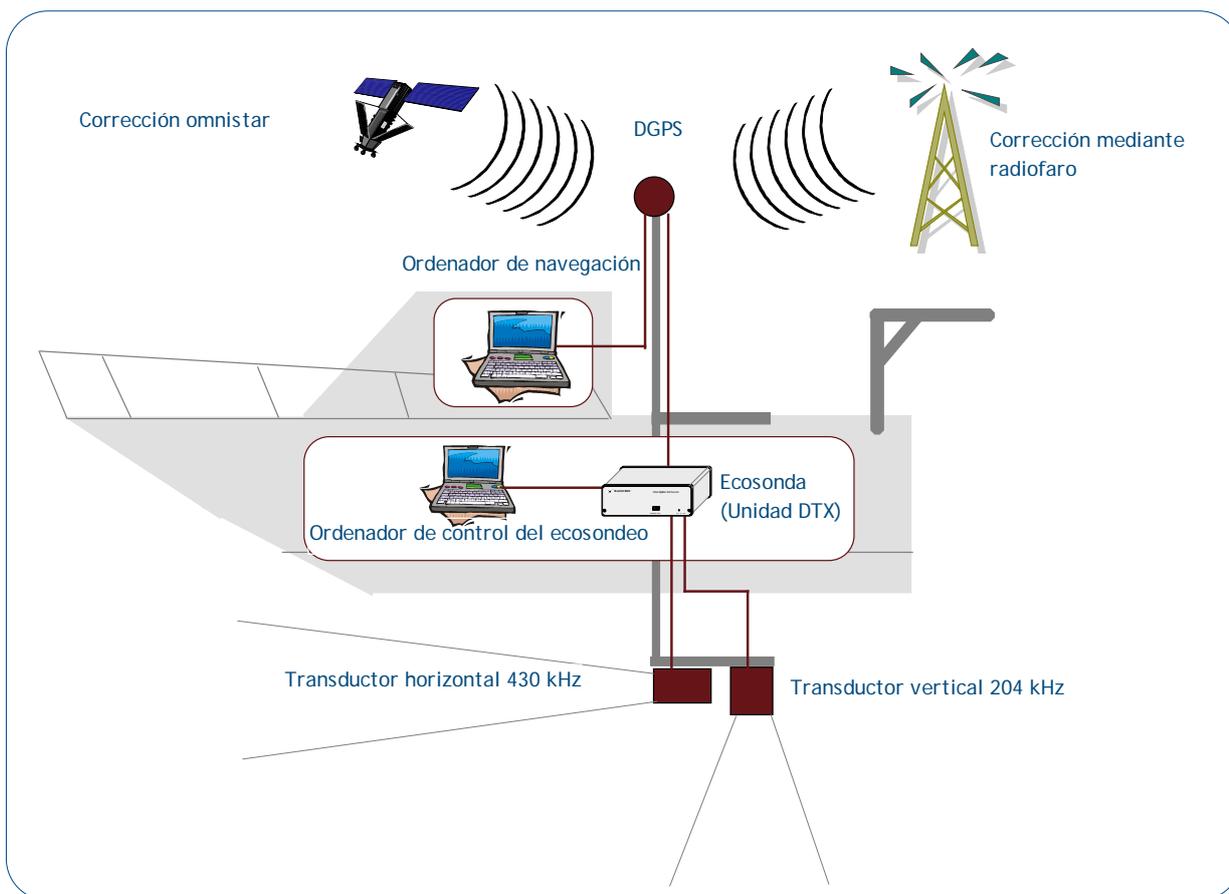


Figura 6. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico

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 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* 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 Sobrón 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	5,52	136,12
MOW	Vertical	-5 a -15	4,23	82,38
LOW	Vertical	-15 a -25	0,70	17,74





5 RESULTADOS

5.1 Sondeo hidroacústico: Densidades

Los recorridos móviles de ecosondeo han cubierto una longitud total de 26 Km (con dos transductores), lo que supone un valor del índice de cobertura (D_a) de 44. Los recorridos completos 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, 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.

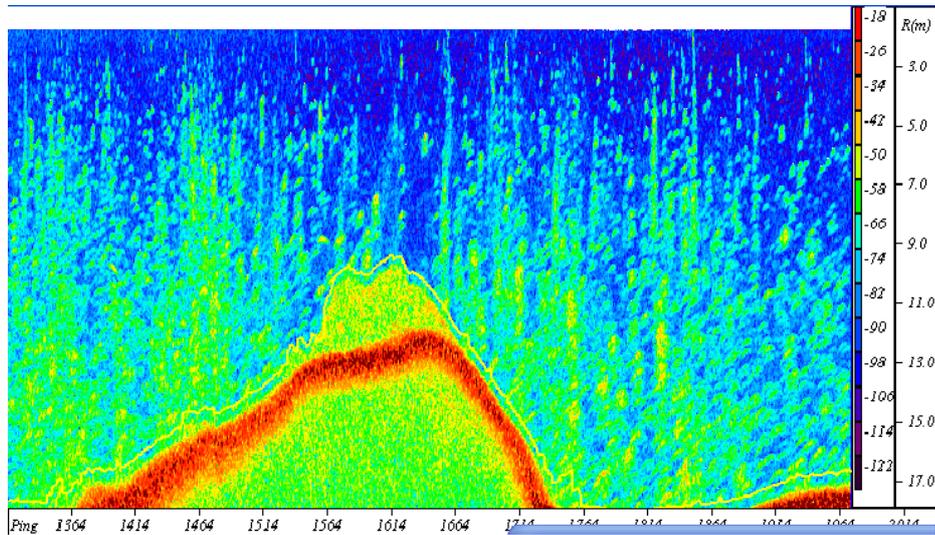


Figura 9. Ejemplo de ecograma en una de las zonas sometidas a intenso burbujeo en el embalse de Sobrón

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).

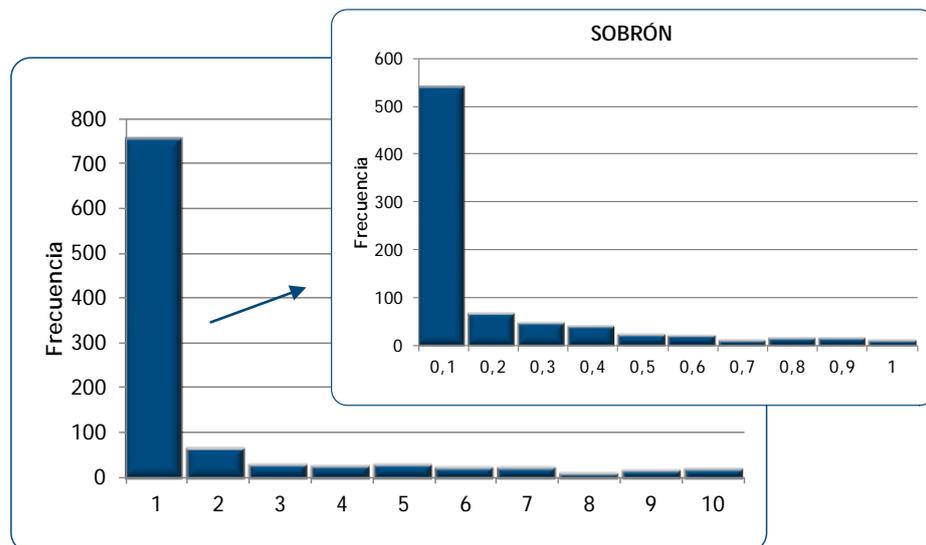


Figura 10: Distribución de frecuencias de densidad (ind/dam³), estimada mediante ecosondeo



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	1,38	104	520	104	6,84
2	5,33	169	437	192	11,04
3	0,00	0	107	107	0,00

Estos valores medios se han ponderado con el volumen de cada estrato y sector (tabla 3), para obtener una densidad total del embalse de 2,884 ind/dam³.

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.

No se ha representado la capa inferior (<15 m de profundidad) ya que no se han detectado peces en la misma, lo que se explica por las condiciones de anoxia que tiene dicho estrato.

Es posible apreciar que las zonas con mayor concentración de peces del embalse se encuentran en la capa intermedia (MOW, de 5 a 15 metros). No se aprecia un claro gradiente longitudinal de densidad.

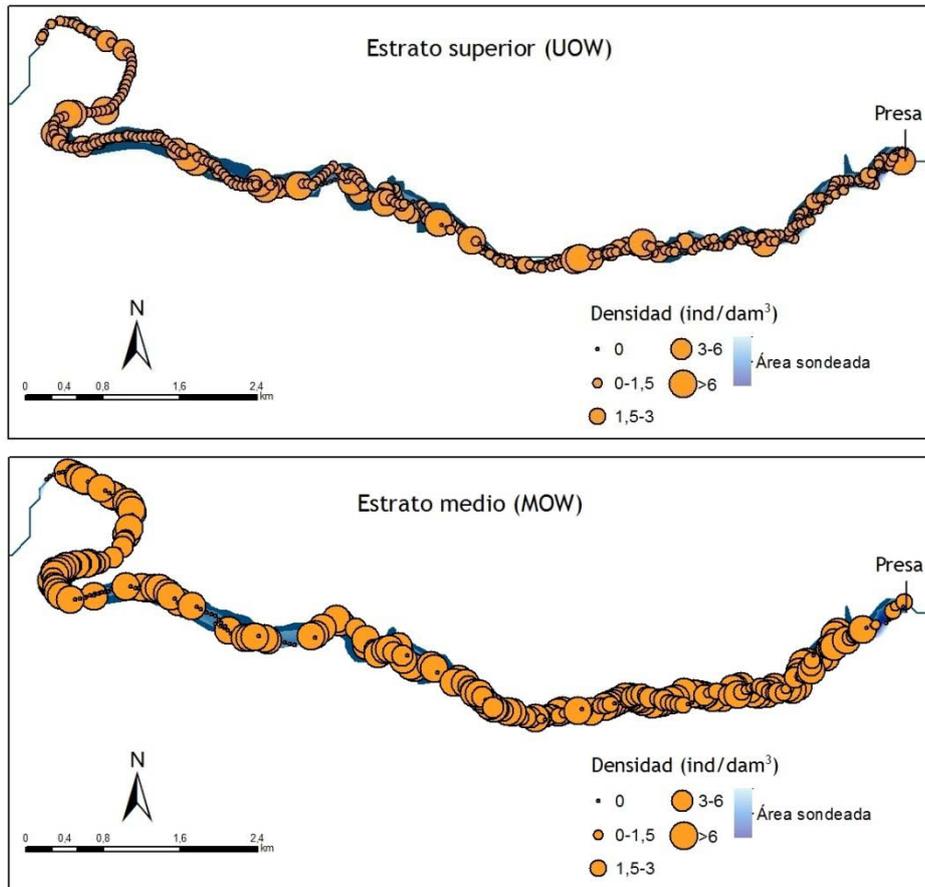


Figura 11. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad piscícola. Cada punto representa una celda de 50m de longitud





5.1.1 Comparativa con otros embalses del Ebro

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

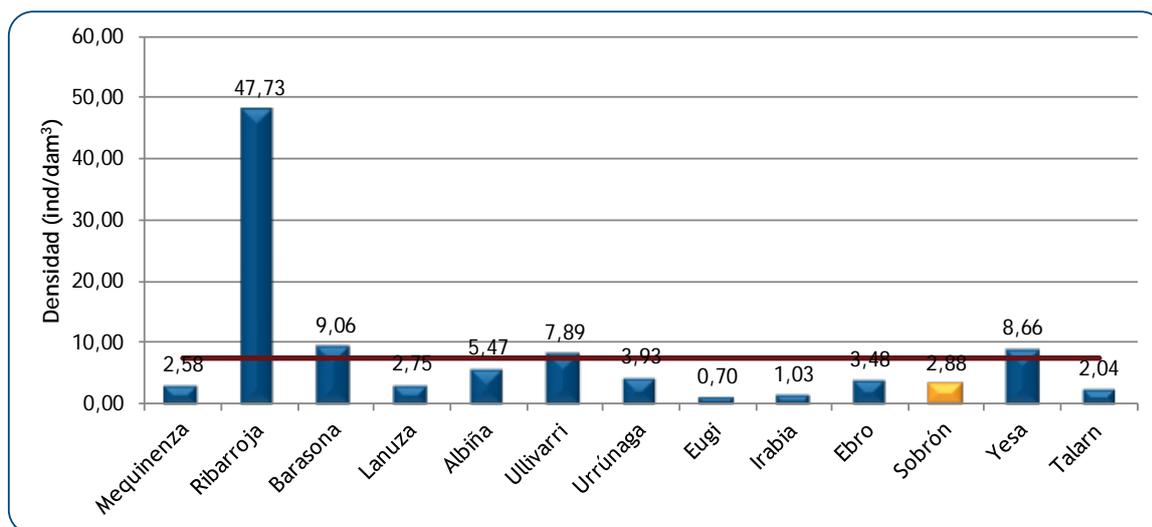


Figura 12. Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro

Se constata que este valor está en el rango bajo-medio 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.
- **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
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)
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	Autóctono
Pez sol	<i>Lepomis gibbosus</i>	Alóctono

Además de las citadas especies, se tiene constancia de la presencia reciente del siluro (*Silurus glanis*) proveniente de introducciones ilegales (Guardería JCyL, com. pers.). Por el momento su población no parece importante, sin embargo se trata de una especie de gran tamaño y enormemente agresiva con las especies autóctonas, que merecería especial atención y seguimiento por su posible extensión aguas arriba.





Adicionalmente, cabe señalar que existen varias especies autóctonas que deberían estar presentes en mayor o menor medida, por encontrarse el embalse de Sobrón dentro de su área de distribución potencial, si las condiciones del embalse fueran las óptimas; entre ellas se encuentran las siguientes: trucha (*Salmo trutta*), cacho o bagre (*Squalius laietanus*), barbo colirrojo (*Barbus haasi*), bermejuela (*Achondrostoma arcasi*), blenio (*Salaria fluviatilis*) y gobio (*Gobio lozanoi*), además de pequeñas especies bentónicas, generalmente más ligadas al medio fluvial: pez lobo (*Barbatula barbatula*) y lamprehuela (*Cobitis calderoni*).

5.2.2 Composición y distribución de especies

5.2.2.1 Capturas con redes

El total de capturas con redes fue de 37 peces con un peso total de 17,2 kg, lo que supone 23 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 5 kg de biomasa por unidad de esfuerzo (BPUE). Se emplearon un total de 10 redes en 150 horas de pesca (23 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 (amarillo) y recorridos de pesca eléctrica (rojo)



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 6 especies diferentes, de las cuales únicamente dos son autóctonas.

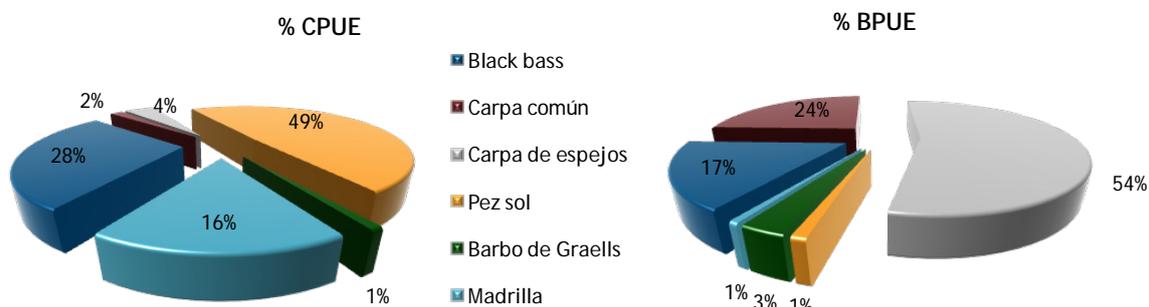
Tabla 6: Resultados de las pescas con red por especies

	Black bass	Carpa común	Carpa de espejos	Pez sol	Barbo de Graells	Madrilla	Total
Capturas	9	2	3	15	1	7	37
CPUE	7	0	1	11	0	4	23
% CPUE	28%	2%	4%	49%	1%	16%	100%
PF total (g)	1.355	6.606	8.360	65	710	61	17.157
BPUE (g)	858	1.203	2.690	51	154	33	4.989
% BPUE	17%	24%	54%	1%	3%	1%	100%
Long furcal media (mm)	194	565	533	53	348	50	16
Peso medio (g)	151	3.303	2.787	4	710	9	464

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.





La especie que domina la asociación es el pez sol (49%) seguido del *black-bass* (28%) y la madrilla (16%). Las dos especies de carpas presentes suman el 6% mientras que la otra especie autóctona presente, el barbo, apenas supone un 1% de la densidad de peces. Se trata, en resumen, de una asociación altamente modificada, dominada con claridad por los centrárquidos introducidos y en la que faltan varias especies autóctonas.

En lo que respecta a la biomasa, las dos especies de carpas representan el 78% de la asociación, les sigue en importancia el *Black bass*.

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.



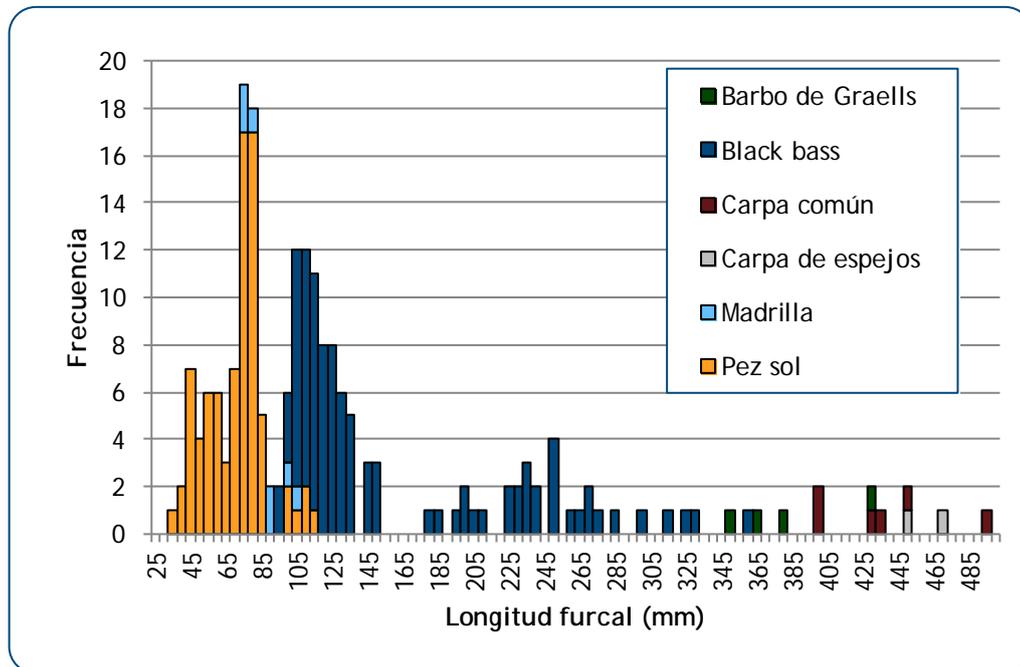


Figura 15. Histograma de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm

Las tallas más pequeñas, hasta 90 mm, corresponden casi en su totalidad al pez sol. Los peces entre esa talla y algo más de 300 mm son casi exclusivamente black bass y por último las mayores tallas corresponden a carpas y barbos.

5.2.2.2 Resultados de la pesca eléctrica

El total de capturas con pesca eléctrica desde embarcación fue de 190 peces con un peso total de 34,6 kg, lo que supone 192 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 30,4 kg de BPUE. Se realizaron un total de 11 transectos que cubrieron 1.237 m de orilla.

El esfuerzo realizado mediante pesca eléctrica es muy considerable y superior a lo habitual. Incluso con ese sobreesfuerzo, no se capturó ningún ejemplar de siluro pese a su probable presencia, lo que es un indicador de que su población no es abundante. Sería de gran interés hacer un seguimiento de la evolución de esta especie tras su reciente introducción,

La ubicación de los transectos de muestreo mediante esta técnica de pesca científica, se facilita en el mapa de figura 12 (apartado 5.2.2.1), en el que se presenta también la ubicación de las redes.





En la tabla 7 se facilitan los resultados obtenidos, agregados por especies. Se han capturado 5 especies diferentes ya que la madrilla únicamente se capturó mediante redes.

Tabla 7: Resultados de la pesca eléctrica por especies.

	Black bass	Carpa común	Carpa de espejos	Pez sol	Barbo de Graells	Madrilla	Total
Capturas	110	7	4	66	3	0	190
CPUE	108	6	4	73	2	0	192
% CPUE	56%	3%	2%	38%	1%	0%	100%
PF total (g)	10.224	11.686	9.162	579	2.937	0	34.587
BPUE (g)	9.408	9.906	8.568	617	1.875	0	30.374
% BPUE	31%	33%	28%	2%	6%	0%	100%
Long furcal media (mm)	155	445	497	72	389		148
Peso medio (g)	93	1.669	2.290	9	979		182

Es posible apreciar que en los ambientes litorales, el *black-bass* cobra importancia tanto en abundancia como en biomasa frente al pez sol y las carpas, respectivamente. Las especies autóctonas apenas están representadas en la comunidad litoral.

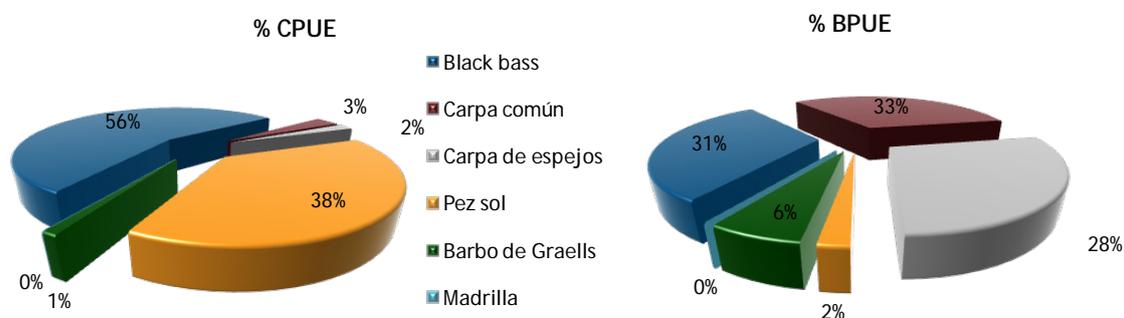


Figura 16. Composición de la asociación obtenida mediante pesca eléctrica



5.3 Biomasa

Una vez presentados los datos obtenidos mediante las dos técnicas de prospección (hidroacústica y muestreo directo), se integran los resultados de ambas técnicas para obtener las 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	1,74	131,73	520	103	8,64
2	4,94	133,58	437	191	14,38
3	0,00	0,00	107	107	0,00

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 $4,723 \text{ g/m}^2$, o lo que es lo mismo $47,23 \text{ kg/ha}$.

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 biomasa mayores se observan en la capa intermedia (MOW, de 5 a 15 metros) y tampoco muestran un claro patrón de distribución longitudinal en el embalse.

La biomasa media obtenida es moderada, propia de sistemas productivos como el embalse de Sobrón, afectado por una elevación artificial de la temperatura del agua y que mantiene un nivel relativamente constante de la lámina de agua.



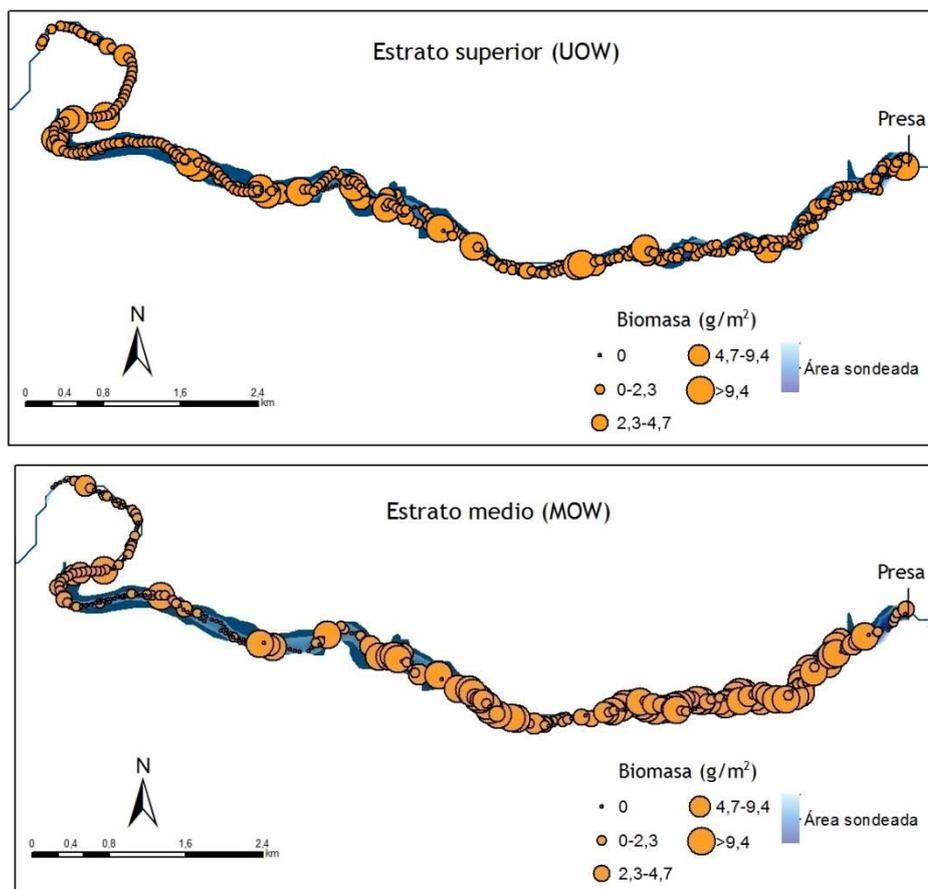


Figura 17. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa piscícola

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 Sobrón 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.

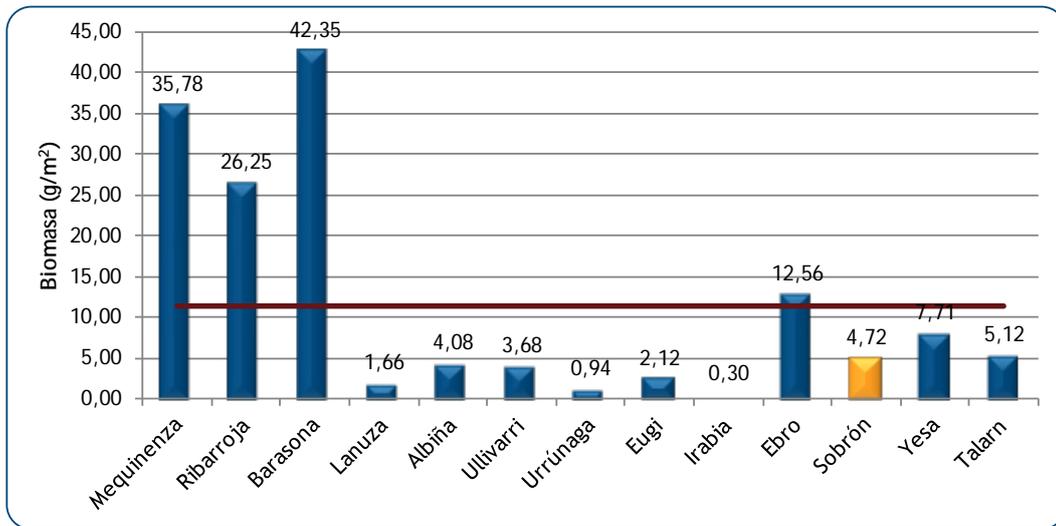


Figura 18. Comparación de la biomasa con otros embalse de la cuenca del Ebro

Se aprecia que la biomasa del embalse de Sobrón supone el valor de la mediana de los embalses considerados en esta comparativa.

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

	Barbo de Graells	Black bass	Carpa común	Carpa de espejos	Madrilla	Pez sol	Total
Densidad media (ind/dam ³)	0,03	0,81	0,05	0,11	0,47	1,41	2,88
Abundancia Total (ind)	279	8.491	475	1.187	4.921	14.789	30.141
Biomasa media (g/m ²)	0,15	0,81	1,14	2,55	0,03	0,05	4,72
Peso total (kg)	198	1.105	1.550	3.467	42	66	6.429

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 tanto en densidad (centrárquidos) como en biomasa (carpas) por especies exóticas.

Las severas presiones a las que se ve sometido en el embalse, han llevado al desarrollo de una asociación que dista enormemente de la que de forma natural debería estar presente en el embalse. La regulación actual de la pesca por parte de las administraciones competentes no ayuda a mejorar esta situación, ya que las especies alóctonas presentes en el embalse e incluidas recientemente en la lista de especies exóticas invasoras¹, están protegidas en mayor o menor medida mediante cupos, tallas mínimas y épocas de veda.

¹ Real Decreto 1628/2011, de 14 de noviembre, por el que se regula el listado y catálogo español de especies exóticas invasoras. BOE núm. 298 del 12 de diciembre de 2011



6 APROXIMACIÓN AL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE BASADO EN PECES

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

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

Solamente utilizando indicadores que explícitamente se vinculen a la disponibilidad de hábitats (aguas litorales y abiertas, estratos de profundidad, sustratos y vegetación acuática, gradientes tróficos longitudinales, ...) será posible dar una salida práctica a la información relativa a los peces en los embalses, puesto que se podrá evaluar separadamente la incidencia que una determinada estrategia de explotación hidráulica pueda tener sobre la 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. 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 y biomasa de especies alóctonas, bajas densidades y biomasas de las autóctonas presentes y desaparición de varias especies que deberían estar presentes.
- Todas las especies alóctonas que habitan el embalse están ligadas a sistemas lénticos y con limitada capacidad de colonización del medio fluvial aguas arriba del embalse.
- Densidad y biomasa de peces intermedias, propias de sistemas moderadamente productivos.
- En todo caso estas apreciaciones son suficientes como para prever desviaciones considerables respecto al buen potencial ecológico, en lo que se refiere al elemento biológico peces.





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**: barbo de Graells (*Barbus graellsii*) y madrilla (*Parachondrostoma miegii*), autóctonas y *black bass* (*Micropterus salmoides*); carpa común (*Cyprinus carpio*), carpa de espejos (*Cyprinus carpio specularis*) y pez sol (*Lepomis gibbosus*), alóctonas. Varias especies autóctonas que deberían podrían estar presentes, no se encontraron: trucha, gobio, bermejuela, blenio, cacho y barbo colirrojo son las más destacadas.
- Es probable la presencia del siluro (*Silurus glanis*) debido a su reciente introducción ilegal. Actualmente su población no es abundante, pero sería muy recomendable un seguimiento de su evolución que permitiera adoptar medidas ágiles en el caso de que se observara una consolidación de la especie.
- La **asociación de peces** está dominada por las dos especies de centrárquidos: el *black bass* y el pez sol con un 49 y un 28 % de la densidad respectivamente. La madrilla es la especie autóctona con mayor representación ya que supone el 16 % de la asociación. En lo que respecta a la biomasa, las carpas representan el 78 % de la asociación, seguidas en importancia por el *black bass*.
- La asociación de las zonas litorales no difiere en exceso de la del resto del embalse, únicamente adquiere mayor importancia el *black bass*, tanto en densidad como en biomasa. Esta especie tiene querencia por hábitats litorales y está ligada a la presencia de macrófitos, vegetación de ribera y detritos leñosos.





- La **densidad media de peces**, a partir de la interpolación en celdas de 50 m, es de **2,88 individuos/dam³**. Se trata de un valor bajo-medio, propio de un sistema de productividad moderada.
- La **biomasa** de peces obtenida en el embalse es de **4,72 g/m²**, o lo que es lo mismo, **47,2 kg/ha**. La biomasa absoluta de la zona sondeada se estimó en **6,4 t**.
- Los valores máximos de densidad y biomasa se encuentran en la capa intermedia (5-15 m). No existe un patrón de distribución espacial definido.
- Si bien no se dispone todavía de un sistema oficialmente aprobado para la evaluación del potencial ecológico de los embalses según el indicador peces, la dominancia de especies alóctonas y la desaparición de varias especies autóctonas suponen importantes desviaciones frente al buen potencial.





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

