



GOBIERNO
DE ESPAÑA

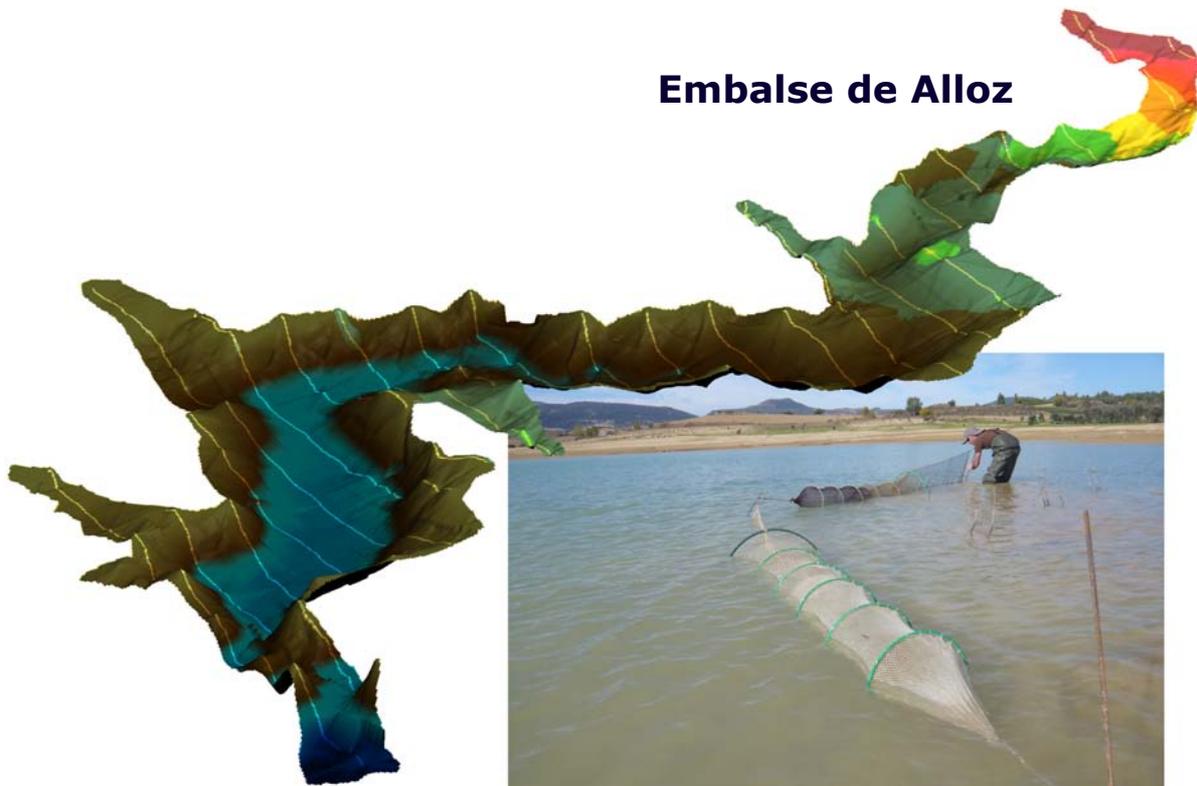
MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

Estudio de evaluación de la población piscícola de los embalses de Mansilla, Alloz e Itoiz de la Cuenca del Ebro

(Expte. 093/10-SNS)

Embalse de Alloz



Tel./Fax: +34-934 360 810
Cell: +34-617 591 300
e-mail: info@aquason.com
Skype callto://aquason-bcn

AQUASON
Dipl.-Biol. Patrick Schneider
C./San Antonio Maria Claret, 186-188, 4-2
08025 Barcelona – España

AQUASON

www.aquason.com

Tecnología, Investigación y Consultoría Avanzada del Medio Acuático



Estudio de evaluación de la población piscícola de los embalses de Mansilla, Alloz e Itoiz de la Cuenca del Ebro

(Expte. 093/10-SNS)

Informe Final (2): Alloz

18 de julio de 2011

Dirección

Concha Durán Lalaguna, Confederación Hidrográfica del Ebro

M^aJosé Rodríguez Pérez, Confederación Hidrográfica del Ebro

Autores

Patrick Schneider, AQUASON

Lluís Benejam Vidal, CEBCAT

Trabajo de Campo

Patrick Schneider, AQUASON (Acústica)

Lluís Benejam Vidal, Sandra Saura Mas &
Josep Benito Granell, CEBCAT (Pescas)

Indice

1. Resumen.....	1
2. Introducción.....	4
3. Material y métodos.....	5
3.1. Zona y fechas de estudio.....	5
3.2. Metodología: Hidroacústica.....	6
3.2.1. Procedimiento general.....	7
3.2.2. Posicionamiento DGPS e integración de los datos geográficos.....	9
3.2.3. Plan de navegación para los ecosondeos.....	9
3.2.4. Trabajo de gabinete.....	10
3.2.5. Calculo de las Densidades	11
3.2.6. Calculo de la Biomasa.....	12
3.2.7. Visualización de los datos acústicos.....	13
3.3. Metodología: Muestreos directos (pescas científicas).....	14
3.4. Metodología: Integración de los resultados.....	16
3.5. Desinfección de equipos.....	17
3.6. Devolución de los peces capturados.....	17
4. Descripción de las especies.....	17
4.1. Especies autóctonas.....	18
4.1.1. Anguila (<i>Anguilla anguilla</i>).....	18
4.1.2. Barbo común (<i>Barbus graellsii</i>).....	19
4.1.3. Barbo colirrojo (<i>Barbus haasi</i>).....	20
4.1.4. Madrilla (<i>Parachondrostoma miegii</i>).....	21
4.1.5. Trucha común (<i>Salmo trutta</i>).....	21
4.2. Especies introducidas.....	22
4.2.1. Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>).....	22
5. Resultados.....	25
5.1. Pescas	25
5.2. Acústica.....	27
5.3. Batimetrías biológicas.....	31
6. Conclusiones.....	32
6.1. Densidades y abundancia de peces.....	32
6.2. Distribución de los peces.....	33
7. Recomendaciones	36
8. Referencias bibliográficas.....	39

Relación de tablas

Tabla 1: Parámetros morfométricos y hidrológicos del embalse de Alloz.	6
Tabla 2: Volúmenes y superficies por capas en el embalse de Alloz a fecha de 21/09/2010.....	11
Tabla 3: Especies capturadas en el embalse de Alloz y porcentajes relativos de individuos en las pescas.....	25
Tabla 4: Resultados por especie para densidad, abundancia y biomasa en el embalse de Alloz.....	30
Tabla 5: Resultados por capa de profundidad y columna integral para densidad y biomasa para el embalse de Alloz.....	30

Relación de figuras

Figura 1: Aspecto del embalse de Alloz.....	5
Figura 2: Representación de la prospección acústica con haz horizontal y vertical.....	7
Figura 3: Aspecto de la instalación de la ecosonda y del GPS.....	8
Figura 4: Instalación de una red nórdica.....	14
Figura 5: Instalación de un grupo de nasas en la zona litoral.....	15
Figura 6: Embalse de Alloz.....	16
Figura 7: Devolución de un pez al medio natural.....	17
Figura 8: Anguila (<i>Anguilla anguilla</i>).....	18
Figura 9: Barbo común (<i>Barbus graellsii</i>).....	19
Figura 10: Barbo colirrojo (<i>Barbus haasi</i>).....	20
Figura 11: Madrilla (<i>Parachondrostoma miegii</i>).....	21
Figura 12: Trucha común (<i>Salmo trutta</i>).....	22
Figura 13: Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>).....	23
Figura 14: Perca americana (<i>Micropterus salmoides</i>).....	24
Figura 15: Frecuencia de tallas obtenidas en las capturas, embalse de Alloz.....	26
Figura 16: CPUE redes Alloz.....	27
Figura 17: BPUE redes Alloz.....	27
Figura 18: Distribución de frecuencia de tallas acústicas (TS).....	28
Figura 19: Frecuencia de tallas normalizadas tras la integración de datos acústicos y datos de pesca, embalse de Alloz.....	29

1. Resumen

A finales del verano 2010 se muestreó el embalse de Alloz, que se sitúa dentro del término municipal de Yerri-Guesalaz, en la provincia de Navarra. Regula las aguas del río Salado y forma parte de la Cuenca Hidrográfica del Ebro.

En los muestreos se combinaron técnicas remotas acústicas con otras directas de pesca científica, para obtener información cualitativa y cuantitativa sobre la composición y abundancia de la comunidad de peces y así contribuir a la evaluación del potencial ecológico de este embalse.

Para los ecosondeos se empleó una ecosonda digital científica de última generación con un haz en vertical y otro en horizontal, empleados simultáneamente y siguiendo las recomendaciones elaboradas por los expertos del grupo de trabajo CEN/TC 230 (futura norma CEN para la estimación de la abundancia de peces con métodos de hidroacústica móvil), del que forma parte este consultor. Para las pescas se emplearon redes agalleras multipaño (multi-mesh gillnets), conforme a la norma CEN 14757:2005 y en las orillas nasas.

Para el embalse de Alloz se ha podido constatar una abundancia de peces baja que corresponde bien con su estado trófico, que se ha propuesto como oligotrófico en el último informe disponible en este momento (Confederación Hidrográfica del Ebro, Control del Estado de las Masas de Agua C.E.M.A.S., Informe de Situación 2010, Embalse de Alloz). A cambio, la biomasa de peces en el embalse de Alloz es mayor: resulta dos veces la biomasa estimada para el embalse de Mansilla, que tiene el mismo volumen como el embalse de Alloz y la misma densidad de peces, pero es ultraoligotrófico.

Se ha constatado las mayores densidades en zonas someras, aunque no tan marcada en litoral cómo por ejemplo en el embalse de Mansilla, lo que se debe probablemente a la reducida transparencia del agua en comparación con este último embalse. Lo que también influye es la ausencia de vegetación y sustrato óptimo para crear refugios para los peces en el litoral. Esto explica en buena medida la baja presencia de ictiofauna en el litoral, con excepción de la perca americana.

Las mayores concentraciones de peces se encontraron en la cola del embalse, igual que para la biomasa donde existe un marcado gradiente desde la presa hacia cola, con la mayor biomasa por área en cola. En cuanto a la distribución de tallas, se ha observado una preferencia de peces de tallas pequeñas para las zonas del litoral, lo que se debe a la presencia de ejemplares jóvenes de la perca americana, cómo mencionada anteriormente, mientras se ha observado una tendencia para una presencia de peces grandes en las zonas más profundas del embalse.

En Alloz se capturaron ejemplares de anguila (*Anguilla anguilla*), barbo común (*Barbus graellsii*), barbo colirrojo (*Barbus haasi*), madrilla (*Parachondrostoma miegii*), trucha común (*Salmo trutta*), carpa (*Cyprinus carpio*) y perca americana (*Micropterus salmoides*), estas dos últimas especies son alóctonas a la cuenca del Ebro.

En base a las capturas con redes, la especie claramente dominante en el embalse es el barbo común (45,9% CPUE y 50,2% BPUE) seguido por la carpa (16,1% CPUE y 32,2% BPUE). La madrilla (23,4% CPUE y 5,9% BPUE) y el barbo colirrojo (6,8% CPUE y 7,0%

BPUE) también representan una proporción significativa de las capturas. La trucha (0,8% CPUE), la perca americana (6,5% CPUE) y la anguila (0,4% CPUE) tienen una presencia menor en el embalse. La única especie capturada en el litoral fue la perca americana, de la cual se capturaron solamente individuos jóvenes, según datos obtenidos con las nasas.

Comparando las distribuciones de tallas obtenidas a través de las capturas con las tallas obtenidas por las mediciones acústicas en todo el embalse, los resultados concuerdan generalmente bien, aunque destaca una proporción mucho más elevada de tallas pequeñas en las detecciones acústicas. Esto se debe probablemente al hecho de que las tallas más pequeñas corresponden a la perca americana, de la cual se capturó solamente ejemplares jóvenes y fue además la única especie capturada con nasas. A base de las capturas únicamente, su proporción no puede ser normalizada, ya que los datos entre redes y nasas no son comparables. Con las detecciones acústicas estos sí son comparables y parece ser que la abundancia de la perca americana es muy elevada en comparación con las otras especies, aunque debido al solapamiento parcial de sus tallas con la madrilla, es probable que una parte de las elevadas detecciones de tallas pequeñas corresponde también a esta última especie.

Teniendo en cuenta lo anterior, los valores de biomasa y abundancia para cada especie confirman a gran medida los resultados obtenidos con las capturas. Los resultados de la acústica implican una mayor proporción tanto de la madrilla como de la perca americana en cuanto a número de individuos, con el 41% respectivamente el 24% de abundancia relativa, seguidos por el barbo común (23%) y la carpa (11%). El resto se reparte entre los demás especies.

En cuanto a biomasa, por su mayor tamaño la carpa se encuentra en primer lugar (31% de la biomasa total), seguida por el barbo común (27%) y la trucha (18%). Con una proporción estimada del 14% de la biomasa, la madrilla es la cuarta especie respecto a este parámetro en el embalse.

De este modo, se confirman a groso modo las tendencias observadas en las capturas, con la matiz que con el método acústico se ha detectado también una proporción más elevada de tallas grandes, los que se atribuye a la presencia de ejemplares grandes de trucha y carpa, sobre todo a grandes profundidades, donde no han sido fácilmente asequibles a las pescas.

Con una abundancia absoluta estimada de unos 130.000 individuos, se ha calculado para el volumen total del embalse (que en la fecha del muestreo se determinó en unos 32hm³, el 48,5% de su capacidad máxima) una densidad media de 4,1 individuos/1000m³. Corresponde a una densidad media de 2,48 individuos/1000m³ cuando el embalse se encuentra en el 79,5% (52,5hm³) de su capacidad máxima, valor máximo medio de los últimos diez años, y por lo tanto es un valor acorde con un sistema de productividad limitada como lo representa el embalse de Alloz.

La biomasa total se ha estimado en 13.139 kg, unos 61,4kg/ha respecto a una superficie de 214ha en el momento del muestreo, un 57,8% de su superficie máxima.

En cuanto a la distribución vertical de los peces, se ha evidenciado que las mayores concentraciones se encontraron en las capas superficiales, en particular en los primeros 15m de la columna de agua, mientras algunos peces de mayor tamaño, probablemente

carpas y truchas, se encontraron en concentraciones relativamente elevadas a mayores profundidades, en particular en la zona de la presa.

Respecto a la distribución horizontal, las mayores densidades se encontraron en la cola del embalse y generalmente en zonas más someras, aunque no directamente en orilla como observado en algunos otros embalses, como el de Mansilla por ejemplo. La gran mayoría de las concentraciones de peces de pequeña talla observados en las zonas someras se debe muy probablemente a individuos jóvenes de la perca americana, como sugieren las capturas exclusivas de esta especie en las nasas y la madrilla, dato soportado por las elevadas capturas de esta especie en las redes.

La reducida transparencia de las aguas del embalse (se reporta un estado de mesotrofia para este parámetro en los informes de calidad del agua hasta 2008, hasta 2007 también para el contenido de fósforo total) parece indicar un historial de un embalse con una disponibilidad elevada de nutrientes, lo que ha permitido el desarrollo de una biomasa importante, con grandes ejemplares de carpas y barbos, sobre todo. La actividad alimentaria particular de las carpas es conocida por aumentar los niveles de turbidez, aunque podría haber otros procesos adicionales en Alloz. En consecuencia, la presencia de una elevada biomasa, también compuesta por otras especies de menores tallas, ha permitido también que se mantiene una cierta proporción de depredadores (ejemplares grandes de trucha y también de perca americana). Lo que se presencia ahora, con la mejora de la calidad de las aguas en los últimos años y por consiguiente una disponibilidad cada vez más limitada de nutrientes, es una comunidad de peces que se mantiene aún en los niveles de biomasa anteriores, formada ahora sobre todo por los grandes ejemplares, pero con unas densidades ya limitadas y conformes al estado trófico actual.

Resumiendo, se trata de un embalse con una comunidad piscícola que corresponde bien con el historial y el estado trófico actual del embalse, actualmente considerado como oligotrófico. Las especies tanto autóctonas como alóctonas (carpa, perca americana) presentan unas densidades bajas con valores elevadas de biomasa, que corresponden a la reducida productividad actual de este embalse con presencia de ejemplares de peces grandes como es la trucha, la carpa, el barbo común y, en menor proporción, el barbo collorajo, con una importante contribución a la biomasa también por una alta abundancia de madrilla.

2. Introducción

Para alcanzar los objetivos de calidad de las aguas propuestos en la Directiva Marco del Agua (DMA), los organismos responsables de su implementación deben, en primer lugar, establecer las condiciones de referencia de las diferentes masas de agua y las metodologías adecuadas para valorar su estado actual y realizar un seguimiento de su evolución. Una de estas metodologías es el empleo de índices biológicos como indicadores del estado ecológico de las aguas, entre estos bioindicadores se encuentran los macrófitos, los macroinvertebrados, el fitoplancton, el fitobenton y la ictiofauna.

En la Confederación Hidrográfica del Ebro (en adelante, CH Ebro) se ha trabajado en la aplicación de los indicadores biológicos para las diferentes masas de agua, en concreto para los embalses se están realizando muestreos limnológicos, de fitoplancton y zooplancton. Para incluir también las comunidades de peces como bioindicador, la CH Ebro ha reconocido el papel importante que pueden representar las técnicas hidroacústicas como herramienta para evaluar de forma objetiva, detallada y eficiente este indicador.

La DMA resalta la importancia de estas comunidades para la detección y seguimiento de presiones hidromorfológicas que producen alteraciones del hábitat y de su continuidad. Además, también son sensibles a presiones fisicoquímicas producidas por contaminación del agua, eutrofia, aparición de toxicidad por algas y desoxigenación del agua.

Un obstáculo al que se enfrenta la CH Ebro al intentar usar los peces como bioindicador en los embalses es la carencia de experiencias previas en las que estos organismos hayan sido incluidos en redes de control de calidad de este tipo de masas de agua. Para comenzar a abordar estos trabajos se ha contratado el presente estudio y otros previos, con el objetivo de recolectar información sobre la composición y estructura de la comunidad de peces de los embalses seleccionados. Con esta información se puede llegar a plantear una integración ordenada de este elemento biológico a la gestión de los embalses.

3. Material y métodos

3.1. Zona y fechas de estudio

El embalse de Alloz se sitúa dentro del término municipal de Yerri-Guesalaz, en la provincia de Navarra. Regula en las aguas del río Salado.

Esta ubicado en UTM X:586200 Y:4730340 (ED50, Huso 30T). Las aguas del embalse se destinan principalmente a los regadíos y al aprovechamiento hidroeléctrico. Los usos recreativo y deportivo también son significativos, permitiéndose el baño, la navegación (a remo y a vela sin restricciones, no es apto para motor) y la pesca en este embalse.

El embalse de Alloz forma parte del Registro de Zonas Protegidas elaborado por la Confederación Hidrográfica del Ebro, en contestación al artículo 6 de la Directiva Marco del Agua, en las categorías de zonas de uso recreativo (zona de baño: Guesalaz) y zonas sensibles a nutrientes (zonas sensibles bajo el marco de la Directiva 91/271/CEE).

Se trata de un embalse monomítico. La termoclina en el periodo estival se sitúa entre los 6,9 y 11,1 metros de profundidad y el límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 9 metros de profundidad.



Figura 1: Aspecto del embalse de Alloz.

Los muestreos acústicos se realizaron durante el día 21 de septiembre de 2010, los muestreos con redes y nasas el día 6 de octubre de 2010.

Algunas características morfométricas e hidrológicas del embalse quedan reflejadas en la siguiente tabla:

Parámetro	Valor según base de datos CHE	Valor durante muestreo acústico	Valor durante muestreo con redes
VOLUMEN (hm ³)	66.00	31.92	24.0
SUPERFICIE (ha)	370.00	214.00	188.0
PROF. MAX. (m)	59.80	37.25	n/d
PROF. MED (m)	28.50	14.08	n/d
PROF. TERMOCLINA (m)	6,9-11,1	7	n/d
COTA (m s.n.m.)	467.69		

Tabla 1: Parámetros morfométricos y hidrológicos del embalse de Alloz.

Fuente: Informe embalses CH Ebro (2009); mediciones de campo dentro del propio estudio y comunicación personal CH Ebro.

Como se aprecia en la tabla 1, el embalse se encontraba a niveles muy bajos en el momento del estudio, reduciendo así la superficie a prospeccionar.

3.2. Metodología: Hidroacústica

Algunos motivos que justifican el uso de la hidroacústica quedan reflejados en los siguientes puntos principales:

- La hidroacústica es el método disponible más eficiente (Acker et al., 1999), cubriendo grandes superficies en poco tiempo, dando al mismo tiempo un elevado número de mediciones repartidas regularmente en la totalidad de la superficie de la zona de estudio, aportando por lo tanto unos datos representativos para los tramos o zonas seleccionados (MacLennan & Simmonds, 2005).
- Es un método no intrusivo, que garantiza una perturbación mínima y una alteración nula del estado (composición, estructura y número) de las comunidades encontradas. Las pescas necesarias como método complementario sólo requieren pescas cualitativas (no cuantitativas), lo que reduce la perturbación y el número de individuos extraídos a un mínimo.
- Es un método objetivo y altamente reproducible, lo que aumenta la calidad y fiabilidad de los resultados, en particular en el caso de un seguimiento, y por lo tanto, un mejor control de los efectos de las medidas de gestión.
- Esta indicado como método de alta utilidad en la normativa europea "Guía para la aplicación y selección de métodos de muestreo de peces" (EN 14962) para la categoría "aguas abiertas" para prácticamente todos los tipos de aguas superficiales no vadeables, en particular lagos y embalses.

Las ecosondas científicas digitales de última generación son sonares que disponen de un sólo haz, que puede ser del tipo monohaz (*single beam*), de haz dual (*dual beam*) o de haz partido (*split beam*). Sólo las sondas científicas que disponen de un transductor de haz partido se recomiendan para censos de peces en aguas interiores. Debido a que la densidad de peces en embalses generalmente es baja (en comparación con el mar), es imprescindible el uso de un método de evaluación de los datos llamado ecoconteo o conteo de trazas (*track* o *trace counting*) (Cronkite & Enzenhofer, 2002; MacLennan & Simmonds, 2005; Gauthier & Rose, 2001). Esto sólo es posible con sondas de haz

partido, debido a la información adicional que se obtiene con ellas sobre la posición de los peces dentro del haz. Por lo tanto, el uso de transductores de haz partido es obligatorio para este tipo de trabajos.

La ecosonda empleada en este estudio es una ecosonda digital científica de última generación modelo *Biosonics DT-X*, equipada con dos transductores digitales (208 kHz circular y 430 kHz elíptico), ambos de haz partido, según los requerimientos arriba mencionados. Antes y después de los trabajos se ha llevado a cabo una calibración de la sonda, siguiendo las recomendaciones del fabricante para este procedimiento.

La ecosonda es controlada por un ordenador portátil que lleva el software de adquisición específico del fabricante (*Visual Acquisition 5, Biosonics Inc., EEUU*). Este software permite el control y la configuración de los diversos parámetros de la ecosonda, necesarios para adaptar su funcionamiento a las circunstancias de campo y objetivos del estudio concretos. Durante las prospecciones los datos crudos medidos se han grabado de forma continua y completa en el disco duro del ordenador portátil, para su posterior procesado en gabinete.

3.2.1. Procedimiento general

El uso tradicional de estas sondas es con el haz orientado en vertical. Emitiendo varios pulsos de sonido por segundo al agua, el equipo es capaz de detectar peces y otros objetos en la columna de agua, determinar su talla acústica (midiendo la intensidad del eco recibido), su distancia al transductor y su posición en el haz. De esta forma, es posible determinar con precisión la cantidad de peces detectados en el recorrido. A través de una interpolación de los datos se obtiene estimaciones de la abundancia. Para ello, se considera que los datos obtenidos en cada transecto son representativos para la zona.

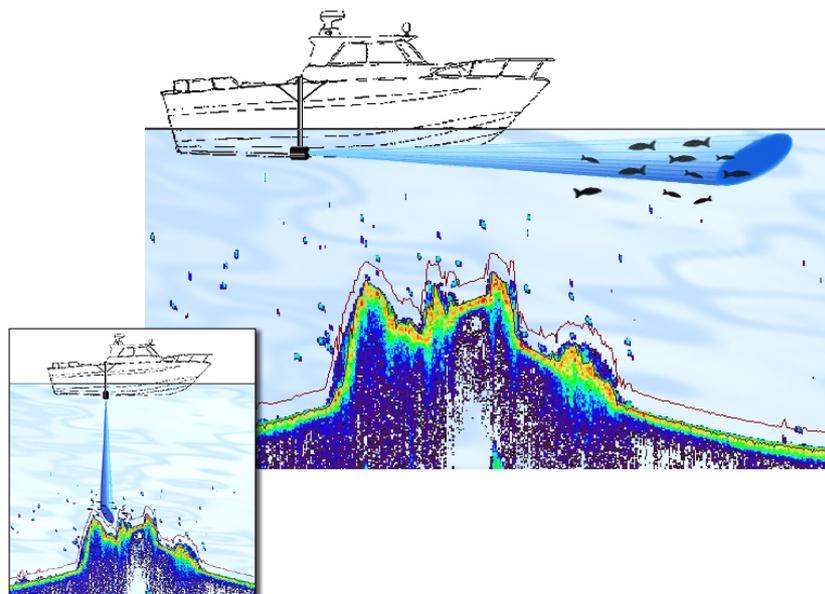


Figura 2: Representación de la prospección acústica con haz horizontal y vertical.

Aplicando la relación entre tallas acústicas (TS – Target Strength) y tallas reales de las especies presentes, y por otro lado las relaciones talla-peso específicas, se obtienen datos como densidad y biomasa, global y por especie. Dado que la información sobre la distribución vertical (es decir, la profundidad) de los peces detectados está contenido en los datos, se obtiene las densidades y la abundancia también por capas de profundidad (estratificadas), además de poder presentar los datos en mapas correspondientes a su distribución horizontal (global y por capas).

Para cubrir también la capa superficial, se ha empleado un sistema consistente en dos transductores de haz partido, uno circular orientado en vertical y otro elíptico, orientado en horizontal y perpendicular al barco. De esta forma, el sistema permite detectar también los peces que se encuentran muy cerca de la superficie. Al no proceder así, estos peces quedarían sin contabilizar, ya que debido a la forma cónica del haz existe una zona "ciega" en los primeros metros, en la que la probabilidad de detectar peces es muy baja (debido a que el haz aquí es aún muy estrecho). Con sólo utilizar un haz vertical, los peces en los primeros metros desde la superficie prácticamente no se detectarían. Es por ello que se ha empleado ambos, haz vertical y haz horizontal, para compensar esta deficiencia del método con haz vertical sólo (Knudsen & Sægrov, 2002; Kubecka & Wittingerova, 1998; Monteoliva & Schneider, 2005).

Finalmente, se ha obtenido también la profundidad del fondo en todas las mediciones verticales, lo que permite establecer mapas batimétricos del embalse, con suficiente resolución para usos biológicos.

De esta forma, los ecosondeos proporcionan en primera línea datos sobre la abundancia y distribución, tanto vertical como horizontal, de los peces, su distribución de tallas y las densidades y las proporciones de cada especie, en combinación con las pescas cualitativas. Todo ello permite obtener información sobre la biomasa de las diferentes especies y la composición de la fauna ictiológica.



Figura 3: Aspecto de la instalación de la ecosonda y del GPS.

3.2.2. Posicionamiento DGPS e integración de los datos geográficos

Para los trabajos de acústica se ha empleado un DGPS (Sistema de posicionamiento por satélite) de precisión submétrica, modelo *LEICA MX Marine MX421B-10*. Además de un segundo GPS de apoyo, modelo *Magellan 315*.

El DGPS estaba conectado directamente a la ecosonda, por lo cual los datos obtenidos están ya por defecto georeferenciados. Durante todo el procesamiento de los datos, se ha mantenido siempre la información geográfica, por lo cual los resultados son compatibles con los GIS y podrán ser incorporados sin problema en estos sistemas.

3.2.3. Plan de navegación para los ecosondeos

Para los ecosondeos se estableció un diseño de trayectos con el fin de cubrir la zona con un sistema de líneas (transectos) de muestreo, con la suficiente resolución para poder interpolar, posteriormente, las zonas intertrayectoriales.

Si el tamaño del embalse lo permite, es deseable llevar a cabo todas las prospecciones acústicas en un mismo recorrido, obteniendo así una alta eficiencia en el trabajo y una muy buena comparabilidad de los datos, por no introducir un sesgo por la variabilidad temporal de los aspectos estudiados. El presente embalse se ha prospeccionado en un sólo día.

Como estimador de la intensidad de muestreo se utiliza el grado de cobertura, que relaciona la longitud muestreada con la superficie de muestreo. Los valores por encima de 6 ya se consideran aceptables y se puede asumir que el error muestral de la estimación de la abundancia sigue una distribución normal (Aglen, 1983; 1989); esto permite calcular unos límites de confianza para los datos que se obtiene.

La distancia entre los transectos se determinó en función de la superficie del área a investigar (la totalidad del área navegable del embalse, en este caso), los objetivos del estudio y el grado de cobertura mínimo requerido para cumplir con estos objetivos.

Generalmente se distingue entre dos tipos de muestreo, cada uno con su intensidad de muestreo correspondiente: los muestreos de caracterización, con mayor intensidad de muestreo y un grado de cobertura mínimo de 25, y los muestreos de seguimiento (para embalses ya muestreados con anterioridad o con información previa disponible sobre la composición y abundancia de peces), con una intensidad de muestreo reducida y un grado de cobertura por encima de 6.

Los cálculos de recorrido mínimo se efectuaron a base de la formula:

$$D = \Lambda \cdot \sqrt{A}$$

donde

- Λ es Grado de Cobertura;
- D es longitud de recorrido;
- A es el área prospeccionada.

Aparte de los transectos de prospección vertical y horizontal, reflejados en el mapa correspondiente (Anexo 1), se ha prospeccionado también secciones de la orilla con el haz orientado en horizontal, siempre que la estructura de la misma lo permitía, para poder evaluar también las densidades en estas zonas y así incluir estos ámbitos importantes en el análisis de los datos acústicos. Esto ha permitido también convalidar los resultados obtenidos específicamente con las nasas. Esto no se ha practicado en zonas donde las orillas presentan arboles, otra vegetación o una estructura pedregosa irregular que dificulta o imposibilita la detección de los peces.

3.2.4. Trabajo de gabinete

La prospección acústica efectuada con la estrategia arriba descrita permite una evaluación detallada de la fauna piscícola presente en el área en el momento de su investigación (estimación de densidades y biomasa), su distribución (horizontal y vertical) y posteriormente la determinación de su relación con determinadas características de la zona (tipos de fondo, profundidad, etc.).

Para el procesado de los datos acústicos se utilizó el software *Echoview (Myriax Pty Ltd., Australia)*, software líder en el mercado de aplicaciones informáticas de post-proceso de datos provenientes de sondas acústicas científicas. Este software permite un escrutinio, filtrado y procesado de los datos en cumplimiento con los más modernos métodos y procedimientos establecidos por la comunidad científica internacional y las normas y recomendaciones desarrolladas en este sentido.

En un primer paso (pre-procesado) se visualizan, en forma de ecograma, los datos acústicos obtenidos y se revisan para marcar posibles artefactos (detecciones de burbujas, árboles, etc.) en los ficheros, excluyéndolos de esta forma del propio análisis.

El procesado de los datos consiste luego en dos fases: En un primer análisis, se extraen todas las señales que provienen de blancos individuales (*single targets*, en este caso los peces) que corresponden a determinadas características, las cuales se establecen en la configuración del programa. Como resultado, se obtienen ficheros con la posición, la profundidad y el valor TS (Target Strength - fuerza del blanco) de cada pez detectado.

Para poder tener en cuenta y representar posteriormente las variaciones de la abundancia de los peces a lo largo del recorrido (correspondiente a la variabilidad de la abundancia en el embalse), se divide en un segundo paso cada transecto en secciones o intervalos de muestreo de longitud unitaria (*EDSU - Elementary Distance Sampling Unit*), a parte de dividirlos en estratos (capas de profundidad).

En el embalse de Alloz, en un recorrido prospeccionado de 14,42km, se ha obtenido 44.018 muestras, los cuales en el post-proceso se han repartido en 585 secciones, correspondientes a los *EDSU* mencionados anteriormente, con un *EDSU* cada 25m. Además, se ha calculado los resultados por capas, de 5m grosor cada una (ver también tabla 5 para la definición de las capas y el número de secciones resultantes según profundidad).

Para poder ponderar las densidades obtenidas para el volumen insonificado (volumen de muestreo), calculado a través de la geometría conocida del haz, es necesario conocer el volumen del embalse respectivamente de las diferentes capas para las que

luego se indica las densidades correspondientes. Estos volúmenes se calcula a base de los datos batimétricos y el modelo digital del embalse generado de ellos. De la misma forma, es necesario determinar las superficies para cada una de las capas, con el fin de calcular la biomasa por superficie.

En la tabla 2 quedan recogidos los parámetros correspondientes para volúmenes y superficies:

Capa	Rango [m]		Superficie [ha]	Volumen [hm ³]
	superior	inferior		
1	0	5	214.13	10.28
2	5	10	182.78	7.96
3	10	15	135.29	5.75
4	15	20	97.32	4.09
5	20	25	64.38	2.47
6	25	30	35.98	1.10
7	30	35	5.57	0.21
8	35	fondo	3.71	0.05
TOTAL				31.92

Tabla 2: Volúmenes y superficies por capas en el embalse de Alloz a fecha de 21/09/2010.

3.2.5. Calculo de las Densidades

En función de la relación s/r (señal/ruido) se procede entonces al siguiente paso: Si la relación s/r lo permite (caso de relaciones s/r medias o altas), se aplica un algoritmo llamado "target tracking" (trazo de blancos) o también "fish tracking" (trazo de peces), que permite identificar y marcar en el ecograma varias detecciones de un solo pez. Esto permite luego contar las trazas (conteo de trazas) de peces y así obtener un número preciso de los peces detectados en una sección del recorrido determinada, que corresponde a un volumen de agua prospeccionado (determinado a través de la geometría del haz).

En el caso de que la relación s/r no permita una identificación fiable de señales múltiples de peces (relación s/r baja), una opción es utilizar el método del ecoconteo (echo counting). En este método el programa cuenta los ecos considerados como válidos, obtenidos en el primer paso (extracción de blancos individuales), y se divide el número de detecciones por el volumen insonificado para obtener números de peces por unidad de volumen.

Cómo mencionado anteriormente, se divide los datos en segmentos (división vertical) y capas de profundidad (división horizontal).

De esta forma, se obtiene en el resultado con ambos métodos valores de densidad por intervalo y capa de profundidad, según la siguiente fórmula:

$$D_i = n_i/V_i$$

donde

n_i = Número de individuos detectados en el intervalo

V_i = Volumen de las muestras del intervalo

3.2.6. Calculo de la Biomasa

Biomasa es una función de abundancia y peso individual y se expresa en unidades de peso (gramos o kilos) por unidad de volumen o área.

Para obtener la biomasa, a parte de las densidades (número de peces por volumen), se evalúa también la TS de los peces detectados, cómo mencionado arriba.

La TS es un valor que representa la intensidad del eco que produce un objeto, y está expresado de forma logarítmica en dB (decibelios). La TS se describe también cómo la "talla acústica" de un pez y, en efecto, existe una relación matemática entre la TS y la talla de un pez. Esta relación se ha determinado en varias ocasiones de forma empírica, y cada especie tiene su propia relación.

Dado que en la literatura disponible aún no se ha descrito relaciones específicas para las especies o rangos de tallas encontradas en este trabajo, se partió de una fórmula simplificada para la conversión de tallas (MacLennan & Simmonds 2005), adaptada individualmente para cada especie a los rangos de tallas reales y los TS observados, como mejor aproximación a las especies presentes en los embalses investigados:

$$TS = 20 \log L + b_{20}$$

donde

TS = Fuerza del blanco en dB

L = Talla del pez en cm

b_{20} = TS reducida (varía según especie)

La aplicación indiscriminada de una sola fórmula generalizada para una mezcla de peces a todas las especies encontradas es considerada cómo una aproximación demasiado imprecisa para los fines de este tipo de estudios. Existen importantes diferencias tanto en el rango de tallas como en las características de los peces encontrados, por lo que se ha preferido adaptar las distribuciones de tallas acústicas (TS) observadas a las distribuciones de tallas reales, obtenidas a través de las pescas, a través de la fórmula arriba indicada.

Transformado, se obtiene la siguiente fórmula para convertir la TS en talla del pez utilizada en este estudio para los datos obtenidos en las prospecciones verticales:

$$L = 10^{(TS+b_{20})/20}$$

La relación entre la talla del pez y el peso se obtiene a través de los resultados de las pescas, según descrito en el apartado correspondiente.

3.2.7. Visualización de los datos acústicos

Cómo resultado, se obtiene, a parte de los propios datos en forma de tablas, unos mapas, representando la distribución de las densidades por volumen y biomasa, para la columna integral así que por capas de profundidad. Igualmente, se obtiene los valores para los siguientes parámetros: Biomasa total estimada, biomasa por especie, densidad por especie y total.

Para la obtención de los mapas, se utiliza el programa *SURFER 10* (Golden Software, EEUU).

Con este programa se procede, en un primer paso, a la interpolación espacial de los datos.

El resultado final de la interpolación de los diferentes parámetros es una malla regular de puntos con sus valores para el parámetro en cuestión, es decir profundidad, densidad o biomasa, que se representa mediante isolíneas que unen puntos del mismo valor en un plano. En el caso de la densidad y la biomasa, estos mapas se crean por un lado para la columna de agua integral, por otro lado se representa la distribución espacial en mapas separados por rangos de profundidad, para así visualizar también los patrones de distribución en el eje vertical. Finalmente se define unos intervalos convenientes para los valores de los parámetros representados y se asigna a cada uno de estos intervalos un color determinado, para así representar los diferentes niveles, de densidad y biomasa en este caso, en el mapa.

3.3. Metodología: Muestreos directos (pescas científicas)

Para poder determinar la composición de la comunidad piscícola, tanto de especies como de tallas de cada especie, se ha llevado a cabo muestreos cualitativos a través de métodos de pesca científica. Los objetivos del muestreo directo de peces eran:

- 1) conocer la composición y abundancia relativa entre las diferentes especies de la comunidad íctica
- 2) obtener la distribución de frecuencias de tallas por especie y
- 3) obtener datos de la relación peso/longitud de cada especie.

Para realizar el primer objetivo se muestreó la comunidad de peces con redes agalleras multipaño (multi-mesh gillnets), estas redes siguen el estándar europeo de la norma CEN 14757:2005. Este tipo de redes aseguran una captura no sesgada y por lo tanto una representación acorde con la realidad de la estructura de tallas de la comunidad de peces. Estas redes tienen una longitud total de 30 metros y constan de 12 paños agalleros de diferente luz de malla, que van desde 5 a 55 mm. Las redes bentónicas tienen 1,5m de alto y las pelágicas 6 m. Las redes se instalan al atardecer y se revisan a primera hora de la mañana, con tiempos de captura de 12 horas.

En el embalse de Alloz se instalaron 6 redes bentónicas y 2 pelágicas.



Figura 4: Instalación de una red nórdica.

Para estudiar la zona de la orilla del embalse se utilizaron nasas. Las nasas permiten la entrada de los peces pero no su salida. Suelen usarse en profundidades inferiores a 3

metros y se mantienen sujetas al fondo. Son especialmente útiles para capturar especies de peces que tengan un hábitat litoral (Clavero et al., 2006). Se instalaron 4 grupos de nasas de 3 nasas cada uno.



Figura 5: Instalación de un grupo de nasas en la zona litoral.

Para ponderar los resultados de las capturas se han calculado las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE). Para redes, la unidad estándar de la CPUE es una red nórdica bentónica (con una superficie de 45 m²) calada durante 12h. En el caso de las nasas la unidad estándar es 1 nasa con 12h de calado. Las CPUE determinadas para las redes y las CPUE para las nasas no pueden ser normalizadas, por lo tanto no son directamente comparables entre redes y nasas.

Para realizar el segundo y tercer objetivo se midieron la longitud furcal (precisión de 1 mm) y el peso (precisión 0,1 g) de los individuos capturados. Se midieron todos los individuos hasta obtener una relación robusta de longitud/peso por cada especie (Benejam et al., 2008).

Los puntos de colocación de las redes y nasas así que el recorrido de acústica quedan reflejados en el siguiente mapa:

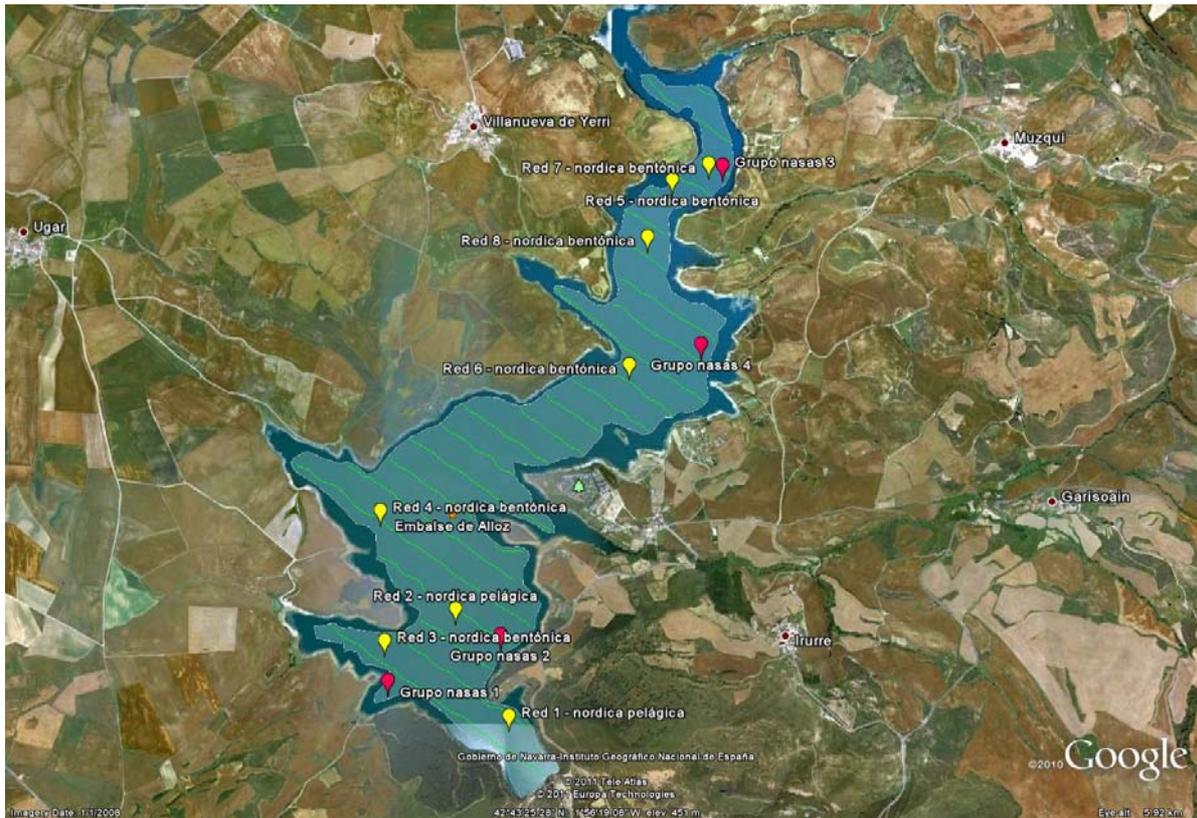


Figura 6: Embalse de Alloz.

Recorrido acústica en color verde. Puntos de muestreo con red en color amarilla, puntos de muestreo con nasas en color magenta.

3.4. Metodología: Integración de los resultados

Tras obtener los resultados de cada método, se procede a integrar los resultados, permitiendo sobre todo complementar los datos acústicos con las mediciones obtenidos con las pescas y así convertir biomasa relativa en biomasa absoluta. La integración consiste principalmente en asignar una especie a cada distribución de tallas acústicas (TS) observada en los datos acústicos, determinando para ello cuales de las distribuciones de tallas observadas en las muestras de pesca corresponden a las obtenidas a través de la acústica, siempre que se pueda determinar la correspondencia con certeza.

De esta forma, se obtiene números de individuos por especie, que luego, a través de las distribuciones de tallas, se asigna a los diferentes rangos de tallas. Conociendo la relación talla-peso específica, gracias a los resultados obtenidos en las pescas, se procede a calcular la biomasa específica así que la biomasa por capas y total.

La integración de los datos obtenidos en las capturas por un lado y las mediciones acústicas por otro, también permiten normalizar las proporciones entre las especies que se capturó exclusivamente con las nasas y las especies que se capturó con redes, ya que las tallas observadas en las mediciones acústicas cubren los dos ámbitos.

3.5. Desinfección de equipos

Al principio de la campaña y entre cada embalse se limpió la embarcación y las artes de pesca siguiendo el protocolo de desinfección para Mejillón Cebra publicado por la CHE (<http://oph.chebro.es/DOCUMENTACION/Calidad/mejillon/inicio.htm>).

3.6. Devolución de los peces capturados

Todos los peces capturados han sido devueltos al medio natural tras la determinación de la talla y el peso de algunos de ellos, y la determinación del número de individuos de cada especie.



Figura 7: Devolución de un pez al medio natural.

4. Descripción de las especies

La descripción de las especies está organizada por autóctonas e introducidas y dentro de cada grupo por nombre científico.

4.1. Especies autóctonas

4.1.1. Anguila (*Anguilla anguilla*)

Es una especie de tamaño medio que puede alcanzar los 150 cm de longitud total y 6 Kg de peso. Las anguilas se caracterizan externamente por la forma de su cuerpo, muy alargado y cilíndrico a excepción de la parte posterior que está comprimida lateralmente. No presentan aletas pelvianas, sin embargo las pectorales están bien desarrolladas. Las aletas dorsal, caudal y anal forman una sola aleta continua que se inicia cerca de la cabeza. Piel recubierta de mucosa con pequeñas escamas alargadas hendidas en la piel. La alimentación de los individuos inmaduros que se hallan en agua dulce es omnívora y carroñera; los individuos plateados dejan de alimentarse en el río y realizan su viaje de vuelta sin alimentarse.

La anguila es una especie catádroma, cuya puesta tiene lugar en el mar de los Sargazos a elevadas profundidades. Tras la eclosión emergen unas larvas leptocéfalas de hábitos pelágicos, que con la ayuda de las corrientes llegarán hasta las costas europeas y norteafricanas. La larva leptocéfala sufre una transformación a anguila en las proximidades de las costas y adquieren gradualmente pigmentación en los estuarios. Completan su fase de crecimiento a anguila amarilla durante su ascenso en los ríos. Su permanencia en el río finaliza con la fase de plateamiento que corresponde al inicio de la maduración sexual. Esta maduración continúa a grandes profundidades marinas durante su viaje de regreso al mar de los Sargazos y las islas Bermudas, entre los 20 y 30° de latitud, donde se reproducen.

En España podemos hallar esta especie en todas las cuencas hidrográficas, aunque limitadas por la presencia de grandes presas, habiendo desaparecido de la mayor parte del Ebro, Duero y Tajo. Citada como "Vulnerable" en el Libro Rojo de los Vertebrados Españoles.



Figura 8: Anguila (*Anguilla anguilla*)

4.1.2. Barbo común (*Barbus graellsii*)

Especie de gran tamaño, que puede alcanzar tallas máximas de hasta 800 mm de longitud total, aunque la mayoría no suele superar los 350 mm. La aleta dorsal se encuentra en la misma vertical que las aletas ventrales, siendo el perfil de la primera recto o ligeramente cóncavo. Las barbillas son largas con relación a la cabeza. Los labios en general son gruesos. Los machos son más pequeños que las hembras y en época de reproducción muestran tubérculos nupciales muy desarrollados en la región anterior de la cabeza.

Puede colonizar todo tipo de medios, aunque prefiere los cursos medios y bajos de los ríos. Se la encuentra en los tramos altos únicamente en la época de reproducción, buscando zonas de arena y grava donde realizar la puesta, siendo esta una especie litófila. Prefiere zonas tranquilas con vegetación y raíces de árboles donde encuentra refugios.

Presentan una alimentación variada, según la disponibilidad de recursos del medio. En general se alimentan tanto de algas como de macroinvertebrados dulceacuícolas.

Machos y hembras alcanzan la madurez sexual a los 4 años (algunos machos lo hacen a los 3 años), con tallas corporales de 150 a 200 mm. Cada hembra pone de 5.000 a 25.000 huevos. La época de reproducción dura desde mayo hasta agosto, siendo máximo el número de óvulos maduros en junio.

Especie endémica de España. Se distribuye básicamente en la cuenca del Ebro, aunque también se encuentra en otros ríos del norte de España, en las cuencas hidrográficas de los ríos Asón, Oria, Nervión, Artibai, Oca, Ter y Llobregat.

Citada como "No Amenazada" en el Libro Rojo de los Vertebrados Españoles. Las poblaciones están en declive pero aún son bastante abundantes.



Figura 9: Barbo común (*Barbus graellsii*)

4.1.3. Barbo colirrojo (*Barbus haasi*)

Este barbo es de pequeño tamaño y su longitud total no suele superar los 200 mm en el Ebro. La cabeza es grande, con un hocico largo y ancho. Los labios son gruesos. Las barbillas son relativamente largas y gruesas. La coloración, muy característica, presenta pequeñas manchas negras, mayores que las de *B. meridionalis*, aunque no afectan a todas las aletas ni son tan numerosas. A pesar de esto, se diferencia fácilmente porque la aleta anal, parte de la caudal y los radios de las pelvianas, se encuentran teñidos de rojo. Color que en la época de reproducción se vuelve más intenso y se acompaña de otros caracteres sexuales secundarios, como los tubérculos nupciales que exhibe el macho en la parte anterior de la cabeza.

Es una especie generalmente escasa muy sedentaria y que no realiza grandes desplazamientos reproductivos como otros barbos. Es una especie bentónica que prefiere los cursos altos de los ríos, con aguas frías y corriente, aunque también se le puede encontrar en los tramos medios de ríos de curso corto. Su alimentación está basada fundamentalmente en macroinvertebrados bentónicos, sobre todo larvas de quironómidos, efemerópteros y tricópteros.

Se reproducen entre abril y junio, y la hembra pone entre 2.000 y 7.000 huevos. Pueden llegar a vivir de 5 a 6 años.

Endémico de España. Se distribuye por toda la cuenca del río Ebro, ocupando los cursos altos de los ríos. También se puede hallar esta especie en las cuencas de los ríos Llobregat, Francolí, Mijares, Palancia y Turia. Citada como "Rara" en el Libro Rojo de los Vertebrados Españoles.



Figura 10: Barbo colirrojo (*Barbus haasi*).

4.1.4. Madrilla (*Parachondrostoma miegii*)

Ciprínido de tamaño medio que no suele sobrepasar los 300 mm de longitud total. Cuerpo alargado con la cabeza relativamente pequeña y boca situada en su parte inferior. El labio inferior es grueso y presenta una lámina córnea de forma arqueada, a diferencia de la boga de río cuya lámina córnea es recta. Pedúnculo caudal largo y estrecho. Es una especie típicamente reófila que vive en aguas corrientes pero que pueden sobrevivir en aguas remansadas e incluso en embalses siempre que puedan salir río arriba en la época reproductiva. Su alimentación es detritívora y complementariamente bentófaga.

Remontan los ríos hacia los tramos altos para realizar la freza. Esta tiene lugar entre los meses de abril y junio en aguas someras con fondos de piedra o grava. Suele ser en los ríos donde vive el primer ciprínido en reproducirse y por ello encuentra los lugares de freza libres de muchos de los posibles depredadores de huevos y alevines.

La madurez sexual se alcanza a los dos ó tres años de edad. Las hembras ponen entre 600 y 15.000 huevos. Los machos pueden vivir hasta cinco años y las hembras hasta siete.

Endémica de España. Se distribuye por los ríos de la vertiente cantábrica oriental: Urumea, Oria, Urola, Deba, Artibay, Oca, Butrón, Nervión, Agüera, Asón y Pas, y de la vertiente mediterránea: Llobregat, Ebro y Cenja. Citada como "No Amenazada" en el Libro Rojo de los Vertebrados Españoles.



Figura 11: Madrilla (*Parachondrostoma miegii*).

4.1.5. Trucha común (*Salmo trutta*)

Pez de talla media que no suele superar los 100 cm de longitud total y 20 Kg de peso, aunque en España raramente alcanza los 60 cm y 10 Kg de peso. Su morfología es muy variable, la cabeza es grande provista de dientes que se extienden por los maxilares, premaxilares, dentarios, palatinos y vómer. Las escamas son muy pequeñas y su número es de 110-125 en la línea lateral. La coloración es variable, normalmente con manchas negras y rojas oceladas, que no están presentes en la aleta caudal y que se

extienden por el opérculo. Vive en aguas rápidas y frías. Su alimentación está basada fundamentalmente en invertebrados bentónicos, insectos y moluscos. Los adultos pueden consumir también peces y anfibios.

Presenta un único periodo de freza que se sitúa entre los meses de noviembre y enero cuando la temperatura del agua oscila entre 5 y 10° C. La puesta se deposita en la grava y el número de huevos es de 1.000 a 2.000 por kg de peso. La incubación dura más de 40 días a 10° C. Normalmente alcanzan la madurez sexual entre los dos y tres años de vida.

Especie de amplia distribución paleártica, ha sido introducida en América y Australia. Se distribuye por las cabeceras de casi todos los ríos de la Península Ibérica faltando en algunos del Levante, en el sur de España y en la cuenca del Guadiana. Citada como "Vulnerable" en el Libro Rojo de los Vertebrados Españoles.



Figura 12: Trucha común (*Salmo trutta*).

4.2. Especies introducidas

4.2.1. Carpa (*Cyprinus carpio*)

Es una especie originaria del Asia Central y Este de Europa, que se ha extendido de forma natural con éxito o por introducción antropogénica en países de todo el mundo.

Es un ciprínido de gran tamaño y cuerpo alto que a menudo supera los 70 cm de longitud. Boca terminal y protráctil, con labios gruesos y con cuatro barbillones sensoriales, dos a cada lado de la boca. Sin dientes bucales pero sí faríngeas. Aleta dorsal larga y con un primer radio fuerte y aserrado.

Sedentaria y gregaria, prefiere aguas de curso lento o estancadas, con fondos limosos y con una temperatura templada o cálida (14-35°C), siendo muy resistente a la escasez de oxígeno y a la contaminación de las aguas. Cuando la temperatura del agua desciende por debajo de los 15° C reduce su actividad, y por debajo de los 10° C se esconde debajo el fango del fondo. Se alimenta sobretodo en el crepúsculo y es una especie omnívora con predilección por los invertebrados bentónicos. Los adultos, al

alimentarse, levantan la vegetación sumergida como el sedimento, perjudicando a otras especies de peces y animales y contribuyendo al enturbiamiento del agua.

Madurez sexual a los dos o tres años, antes el macho que la hembra. Reproducción a finales de primavera o a principios de verano, en zonas inundadas con escasa profundidad y vegetación abundante a la que se adhieren los huevos. Entre 100.000-200.000 huevos por kilo de peso.



Figura 13: Carpa (*Cyprinus carpio*)

4.2.2. Perca americana (*Micropterus salmoides*)

Es una especie originaria de Norteamérica, que ha sido muy introducida en todo el mundo por pesca deportiva.

Especie de tamaño medio que puede alcanzar los 70 cm de longitud total y 4 Kg de peso. La perca americana tiene un cuerpo fusiforme, robusto y un tanto aplanado lateralmente. Su coloración dorsal es verde oscura con reflejos bronceados, los costados son más claros y el vientre blancoamarillento. A mitad de los flancos aparece una banda longitudinal irregular y oscura que se va diluyendo con la edad. La cabeza es relativamente grande y termina en una fuerte espina en la zona opercular. Tiene numerosos dientes incluso en el cielo del paladar y la lengua.

Es una especie sedentaria capaz de soportar aguas con temperaturas de 30-32°C. En verano prefiere las orillas y en invierno las aguas profundas. Las puestas tienen lugar en junio y julio, cuando la temperatura del agua es de unos 20°C. Su alimentación varía con la edad. Cuando son pequeños se alimentan de zooplancton, y a medida que crecen amplían su dieta con otros invertebrados (especialmente crustáceos y larvas de insectos) que sustituyen, conforme alcanzan mayor tamaño, por vertebrados (anfibios y peces).



Figura 14: Perca americana (*Micropterus salmoides*)

5. Resultados

5.1. Pescas

El esfuerzo de pesca aplicado al embalse de Alloz, en una superficie total de 188 ha y con un volumen de 24 hm³ ha sido de 13,34 unidades de captura con redes y de 12 unidades de captura con nasas.

Con las redes se han capturado un total de 248 ejemplares con un peso total de 34,5 kg, representando 7 especies. Con las nasas se han capturado un total de 27 ejemplares con un peso total de 0,138 kg y representando 1 especie. Para el total del embalse se obtiene un total de 275 ejemplares con un peso total de 34,6 kg, representando 7 especies.

Las especies capturadas fueron las siguientes: anguila, barbo común, barbo colirrojo, madrilla, trucha, carpa y perca americana, estas dos últimas especies son alóctonas a la cuenca del Ebro (Tabla 3).

	Nombre castellano	Nombre científico	código	porcentaje relativo (número individuos en capturas)
Redes	Anguila	<i>Anguilla anguilla</i>	AAN	0,4%
	Barbo común	<i>Barbus graellsii</i>	BGR	46,0%
	Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	BHA	6,9%
	Carpa	<i>Cyprinus carpio</i>	CCA	16,1%
	Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	PMI	23,4%
	Trucha común	<i>Salmo trutta</i>	STR	0,8%
Nasas	Perca americana	<i>Micropterus salmoides</i>	MSA	6,5%

Tabla 3: Especies capturadas en el embalse de Alloz y porcentajes relativos de individuos en las pescas.

Todas estas especies se capturaron solo en la zona central del embalse (capturas con redes), excepto la perca americana que también se capturó en el litoral (con nasas).

Los resultados del porcentaje entre especies de capturas (CPUE) y biomasa (BPUE) son similares (Figuras 16 y 17).

Las especies encontradas corresponden con las citas ya publicadas en informes anteriores de la propia Confederación Hidrográfica del Ebro (CE016529 / CHE).

Los resultados de las capturas de las redes, indican que la especie claramente dominante en el embalse es el barbo común (45,9% CPUE y 50,2% BPUE) seguido por la carpa (16,1% CPUE y 32,2% BPUE) que también presenta una proporción importante tanto de capturas como de biomasa. La madrilla (23,4% CPUE y 5,9% BPUE) y el barbo colirrojo (6,8% CPUE y 7,0% BPUE) también representan una proporción significativa de las capturas. La trucha (0,8% CPUE), la perca americana (6,5% CPUE) y la anguila (0,4% CPUE) tienen una presencia menor en el embalse.

La única especie capturada en el litoral fue la perca americana, de la cual se capturaron solamente individuos jóvenes. Esta presencia es debida al ciclo vital de esta especie que provoca que los juveniles estén en el litoral. El embalse presenta una zona litoral pobre, sin vegetación ni un sustrato óptimo para crear refugios para los peces. Esto explica en buena medida la baja presencia de ictiofauna en el litoral.

Las frecuencias de tallas encontradas en las capturas con redes respectivamente con nasas quedan reflejadas en las siguiente figuras:

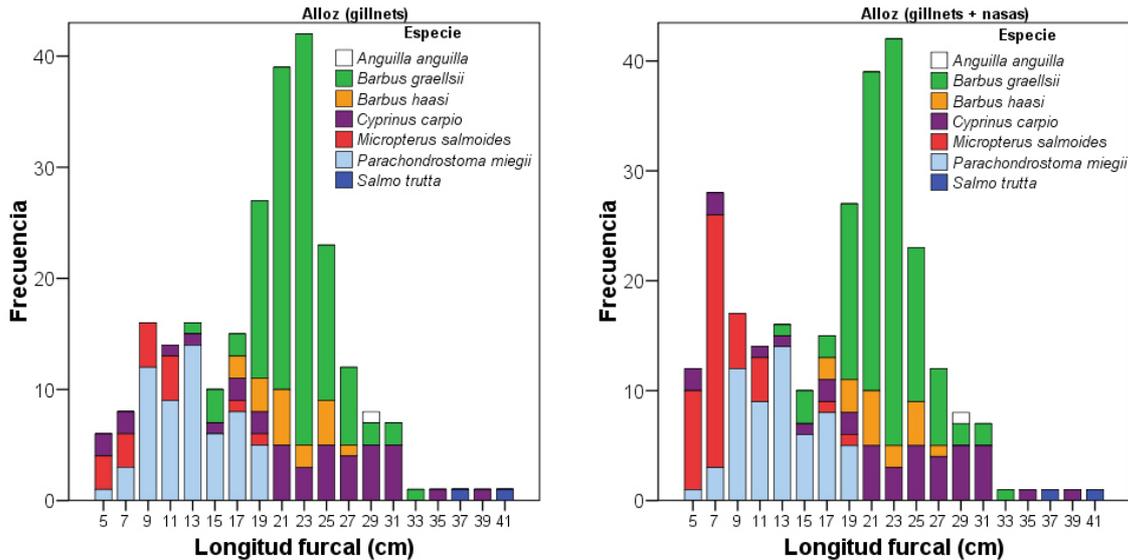


Figura 15: Frecuencia de tallas obtenidas en las capturas, embalse de Alloz. Izquierda: Histograma para las capturas con red sólo. Derecha: Histograma para las capturas con red y nasas. La distribución combinada de ambos métodos se muestra meramente a nivel informativo, las frecuencias obtenidas con ambos métodos no son comparables entre ellas.

Estas distribuciones corresponden generalmente bien a las distribuciones obtenidas con la acústica, aunque con el método acústico se ha detectado una proporción mas elevada tanto de tallas grandes cómo de tallas pequeñas, situación que se explica en la discusión.

La integración de los datos obtenidos con ambos métodos ha permitido normalizar las frecuencias obtenidas con nasas con las frecuencias de las especies capturadas con red. Las distribuciones correspondientes se presentan en el siguiente capítulo.

En las siguientes figuras se muestra los resultados obtenidos para CPUE y BPUE para las capturas con redes en el embalse de Alloz. Con las nasas se capturó exclusivamente ejemplares de perca americana, por lo que no se presenta los gráficos para CPUE y BPUE correspondientes.

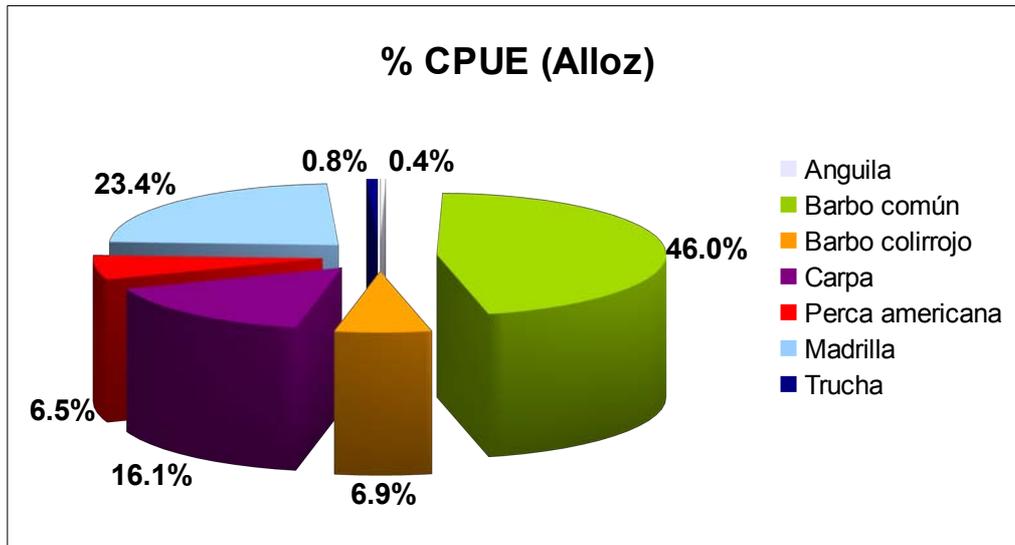


Figura 16: CPUE redes Alloz.
Prevalece el barbo común en cuanto a individuos capturados con redes.

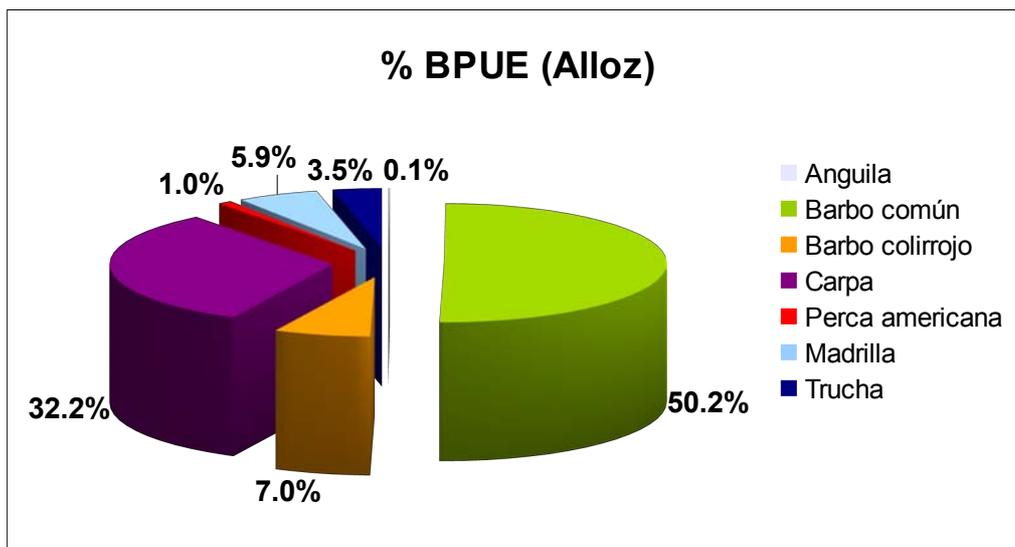


Figura 17: BPUE redes Alloz.
También prevalece el barbo común en cuanto a biomasa .

5.2. Acústica

Se ha prospeccionado el embalse en un recorrido efectivo de 14,42km de longitud, en el que se ha obtenido un total de 44.018 muestras tras el escrutinio de los datos. Con una superficie, que se ha determinado en 214ha para el día de la prospección acústica, estos valores corresponden a un grado de cobertura de 9,9 para el embalse de Alloz.

La integración de los datos de las pescas y la acústica, según descrito anteriormente, ha permitido normalizar los datos obtenidos para la única especie capturada con nasas (perca americana), con una abundancia relativa global estimada del 23,7%, con los datos de las especies capturadas con red.

La distribución de tallas acústicas (TS) obtenida queda reflejada en la figura 18:

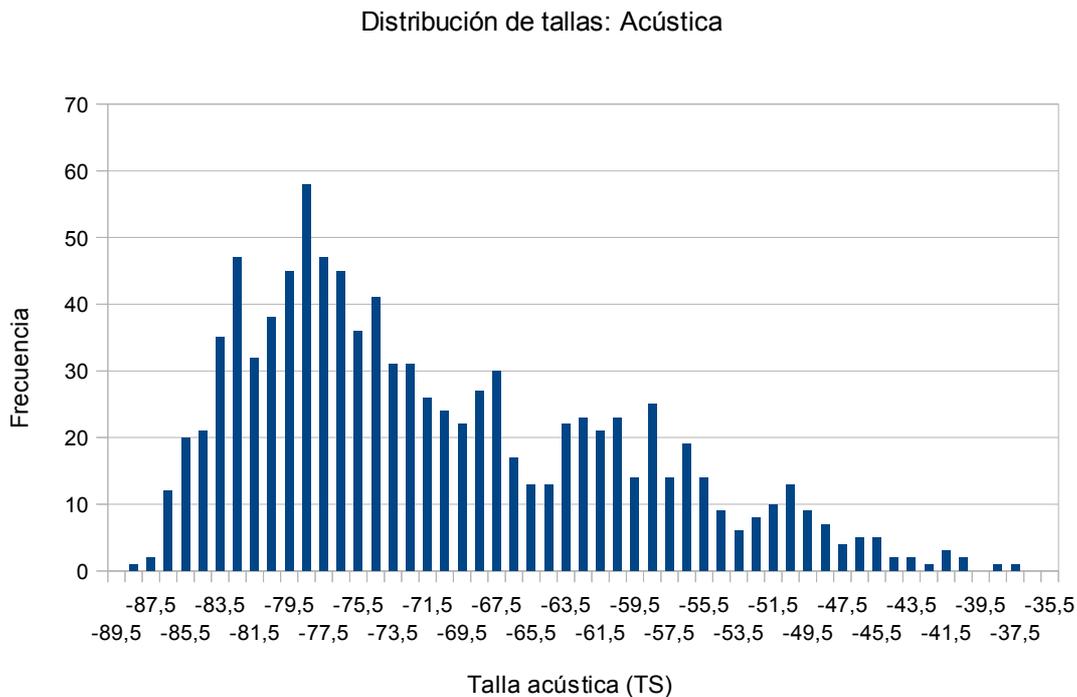


Figura 18: Distribución de frecuencia de tallas acústicas (TS).

Destaca la mayor proporción tanto de tallas pequeñas como de tallas grandes en comparación con la distribución de tallas reales obtenida en las pescas. No obstante, hay que tener en cuenta que las tallas acústicas no se traducen directamente en tallas reales, sino a través de formulas específicas para cada especie, por lo que las tallas acústicas (TS) separadas de dos diferentes especies pueden coincidir en una misma distribución de tallas reales, una vez convertidas.

En la figura 19 se muestra la distribución de las tallas acústicas (TS) convertidas a tallas reales tras la integración de los datos a base de las tallas reales obtenidas en las pescas, aplicando la formula de conversión talla real-TS obtenida empíricamente para cada especie. Se observa una buena correspondencia entre la distribución obtenida tras la conversión y la distribución de tallas obtenida a base de las tallas reales (figura 15).

Debido a la integración de ambos métodos quedan normalizadas en la figura 19 las frecuencias obtenidas con las nasas para la perca americana respecto a las frecuencias para las demás especies, capturadas exclusivamente con redes.

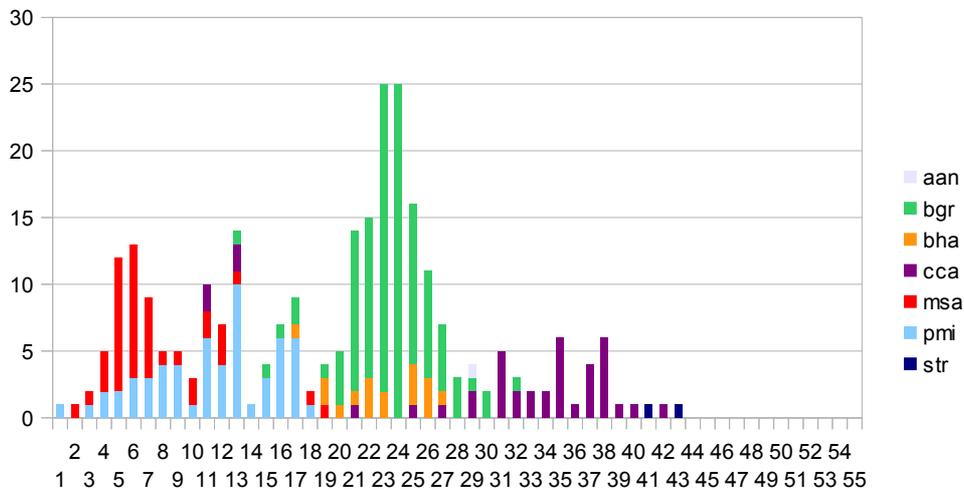


Figura 19: Frecuencia de tallas normalizadas tras la integración de datos acústicos y datos de pesca, embalse de Alloz.

La mayor proporción tanto de madrilla como de perca americana en comparación con los resultados obtenidos en las capturas (el 14,27% de la biomasa frente al 5,9% en las capturas para la madrilla y el 5% frente a 1% en las capturas para la perca) es debido a que se ha obtenido abundancias más elevadas para ambas especies respectivamente sus rangos de tallas en los datos acústicos en comparación con los datos de la pesca. En caso de la trucha, su mayor proporción en la biomasa total (18% frente al 3,5% en las capturas) es debido a la detección de tallas grandes a mayor profundidad, que se ha atribuido parcialmente a ejemplares grandes de la trucha.

La biomasa total se ha estimado en 13.139 kg, unos 61,4kg/ha respecto a una superficie de 214ha en el momento del muestreo, un 57,8% de su superficie máxima.

Con una abundancia absoluta estimada de unos 130.000 individuos, se ha calculado para el volumen total del embalse (que en la fecha del muestreo se determinó en unos 32hm³, el 48,5% de su capacidad máxima) una densidad media de 4,1 individuos/1000m³. Si para el cálculo de la densidad media se utiliza el volumen máximo medio de los últimos diez años, unos 52,5hm³ (según datos disponibles en embalses.net), el 79,5% de su capacidad, este valor se reduce a 2,48 individuos/1000m³. Es un valor acorde con un sistema de productividad limitada como lo representa el embalse de Alloz.

En números absolutos de individuos prevalecen la madrilla y la perca americana, con 53.103 y 30.862 individuos estimados respectivamente. En tercer lugar se encuentra el barbo común, con unos 23.400 individuos estimados. Para la carpa se ha estimado 14.676 individuos, así que 4.051 ejemplares del barbo colirrojo y 3.885 ejemplares de trucha como estimación para estas especies. A base de la captura de un sólo ejemplar de anguila, se estima su presencia en el embalse en unos 243 ejemplares, aunque evidentemente no puede ser una estimación robusta.

Los datos detallados para la densidad, abundancia y biomasa absoluta y relativa están reflejados en la tabla 4:

Nombre común	Nombre científico	No. Ind.	Densidad [Ind./1000m ³]	Abundancia relativa %	Biomasa [kg]	Biomasa %	Biomasa [kg/ha]
Anguila	<i>Anguilla anguilla</i>	243	0,01	0,19%	9,3	0,07%	0,0
Barbo común	<i>Barbus graellsii</i>	23.395	0,73	17,97%	3.559,5	27,09%	16,6
Barbo colirrojo	<i>Barbus haasi</i>	4.051	0,13	3,11%	575,8	4,38%	2,7
Carpa	<i>Cyprinus carpio</i>	14.676	0,46	11,27%	4.081,6	31,06%	19,1
Perca americana	<i>Micropterus salmoides</i>	30.862	0,97	23,70%	659,8	5,02%	3,1
Madrilla	<i>Parachondrostoma miegii</i>	53.103	1,66	40,78%	1.875,1	14,27%	8,8
Trucha	<i>Salmo trutta</i>	3.885	0,12	2,98%	2.377,9	18,10%	11,1
	TOTAL	130.215	4,08	100,00%	13.139,0	100,00%	61,4

Tabla 4: Resultados por especie para densidad, abundancia y biomasa en el embalse de Alloz.

En cuanto a la distribución de los peces en la columna de agua, se observa una preferencia para las capas superficiales, con las mayores densidades en la primera capa de 0-5m, con una media de 7,73 individuos por 1.000m³ y un máximo (puntual) de más de 580 ind./1.000m³. En las capas siguientes, de 5m a 10m y de 10m a 15m de profundidad, la densidad media es parecida, con unos 3 ind./1000m³. Con mas profundidad las densidades luego se reducen cada vez mas. El valor de densidad media nuevamente elevado en la capa 8 (35-fondo) es debido a que esta capa es muy limitada, tanto en cuanto a su volumen como a su extensión horizontal, y se detectó en esta capa, que se encuentra justo frente a la presa, un elevado número de peces de mayor tamaño.

	Capa	1	2	3	4	5	6	7	8	Total emb.
	Rango profundidad [m]	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-fondo	0-fondo
	No. valores	585	498	371	269	187	115	12	8	585
Densidades [Ind./1.000m ³]	Valor máximo	582,30	63,92	323,16	64,87	24,82	101,56	2,43	45,94	582,30
	Media	7,73	2,77	3,07	1,69	0,79	1,78	0,44	5,74	5,13
	Desviación típica	37,63	7,90	17,31	5,20	2,38	9,71	0,72	16,24	32,12
Abundancia	Número individuos	79.501	22.029	17.665	6.921	1.951	1.959	94	278	130.399
Biomasa [g/m ³]	Valor máximo	183,25	32,29	27,84	8,89	5,22	3,97	0,27	0,03	183,25
	Media	1,98	0,95	0,96	0,69	0,28	0,24	0,09	0,00	3,85
	Desviación típica	11,45	3,47	2,67	1,52	0,65	0,51	0,11	0,01	12,24
Biomasa [kg]	Total	7.899,0	1.854,8	1.837,6	1.010,4	279,9	248,5	6,1	2,7	13.139,0

Tabla 5: Resultados por capa de profundidad y columna integral para densidad y biomasa para el embalse de Alloz.

En cuanto a la distribución horizontal, que se aprecia en los mapas (Anexo 1), las mayores densidades se encontraron en la cola del embalse y generalmente en zonas mas someras, aunque no directamente en orilla cómo observado en el embalse de Mansilla por ejemplo. La gran mayoría de las concentraciones de peces de pequeña talla observados en las zonas someras se debe muy probablemente a individuos jóvenes de

perca americana, como sugieren las capturas exclusivas de esta especie en las nasas y la madrilla, dato soportado por las elevadas capturas de esta especie en las redes.

5.3. Batimetrías biológicas

Un producto adicional obtenido durante las prospecciones acústicas es la información sobre la profundidad del fondo a lo largo del recorrido de muestreo. Estos datos batimétricos se han utilizado para generar unos mapas batimétricos, que son de alta utilidad para futuros trabajos en los embalses. Aunque la distancia entre líneas de prospección (transectos) no sería aceptable para un levantamiento batimétrico oficial, la información obtenida sobre la orografía de los embalses es lo suficiente detallada para fines biológicos u otras evaluaciones relacionadas, cómo perfiles CTD, etc. Por ello, se puede mejor caracterizar éstas batimetrías cómo *batimetrías biológicas*.

A parte de esto, los datos batimétricos también son necesarios para el análisis de los datos y se utiliza para el cálculo de los volúmenes y superficies de las distintas capas para poder calcular los diferentes parámetros por capas.

El mapa correspondiente se encuentra en el Anexo 1.

6. Conclusiones

El embalse de Alloz presenta unas características similares a otros embalses caracterizados como oligotróficos (como por ejemplo el embalse de Ortigosa), con densidades de peces bajas, propias de sistemas de limitada productividad. No obstante, la biomasa elevada es un indicio de que el embalse ha transitado recientemente de un nivel trófico más elevado. Hace sólo tres años, los niveles de transparencia y de densidad algal así que hace cuatro años de fósforo total correspondían a niveles de un embalse mesotrófico (CH Ebro, Informes anuales del Seguimiento del Potencial ecológico en embalses, 2007 y 2008), lo que aún se refleja en la elevada biomasa presente en el embalse. Esta consiste en gran parte de peces de tallas grandes (carpa, barbo, trucha), pero también en cierta medida de un elevado número de individuos de madrilla.

Las especies encontradas corresponden con las citas ya publicadas en informes anteriores de la propia Confederación Hidrográfica del Ebro (CE016529 / CHE). El bajo número de capturas de anguila, con un solo ejemplar capturado, es muy probablemente debido a su baja densidad y por su dificultad de ser capturada con redes.

6.1. Densidades y abundancia de peces

Al valorar los datos de densidad, es imprescindible tener en cuenta el estado actual del embalse, que en el momento de muestreo se encontraba en el 48,5% de su capacidad máxima.

Generalmente, los valores extrapolados a niveles medios del embalse (2,48 individuos/1000m³) indican una baja densidad de peces, que corresponde con el estado trófico del embalse, que ha sido propuesto consistentemente como oligotrófico en los últimos informes disponibles en este momento (CH Ebro, Informes anuales del Seguimiento del Potencial ecológico en embalses, Informe final Alloz, V1DIC09 Diciembre 2009).

La elevada abundancia de ejemplares de tallas grandes es muy probablemente atribuible a la relativamente reciente disponibilidad elevada de nutrientes, lo que ha permitido el desarrollo de una biomasa importante en el reciente pasado del embalse, con grandes ejemplares de carpas y barbos, sobre todo. La presencia de una elevada biomasa, también compuesta por otras especies de menores tallas, ha permitido también que se mantiene una cierta proporción de depredadores (ejemplares grandes de trucha y también de perca americana).

Las importantes abundancias de peces de tallas pequeñas, formadas por ejemplares jóvenes de perca americana y madrilla, representan también una importante contribución a la biomasa total (se obtiene un total de 20% de las estimaciones, ver tabla 4). En el caso de la perca, que se encontraba particularmente en las zonas más someras del embalse, la situación está ligada al ciclo vital de esta especie que provoca que los juveniles estén en el litoral.

Los resultados de este estudio sugieren que la situación actual, con la mejora de la calidad de las aguas en los últimos años y por consiguiente una disponibilidad cada vez más limitada de nutrientes, es una comunidad de peces que se mantiene aún en los

niveles de biomasa anteriores, formada ahora sobre todo por los grandes ejemplares de mayor edad, pero con unas densidades ya limitadas y conformes al estado trófico actual.

Resumiendo, se trata de un embalse con una comunidad piscícola que corresponde bien con el historial y el estado trófico actual del embalse, actualmente considerado como oligotrófico. Las especies tanto autóctonas como alóctonas (carpa, perca americana) presentan unas densidades bajas con valores elevadas de biomasa, que corresponden a la reducida productividad de un embalse oligotrófico con presencia de ejemplares de peces grandes como es la trucha, la carpa, el barbo común y, en menor proporción, el barbo colirrojo, con una importante contribución a la biomasa también por una alta abundancia de madrilla.

6.2. Distribución de los peces

El embalse presenta una zona litoral pobre, sin vegetación ni un sustrato óptimo para crear refugios para los peces. Esto explica en buena medida la baja presencia de ictiofauna en el litoral. La mayor parte de los peces, incluido peces de menores tallas como la madrilla, se encuentran por lo tanto en aguas más abiertas, aunque no profundas, como se aprecia en los mapas de densidades. Se trata generalmente de zonas de poca profundidad, aunque no directamente en orilla, con las mayores concentraciones en cola a poca profundidad, probablemente relacionado también con un mayor aporte de oxígeno.

Aunque la situación no es tan marcada como en el embalse de Mansilla, probablemente a causa de la reducida transparencia del agua y la falta de sustrato óptimo y refugio en orilla como descrito arriba, los peces se concentraron casi exclusivamente en zonas con poca profundidad sobre el sustrato y en cola. Esta situación resultó en una reducida probabilidad de detección por medio de la acústica y, en cuanto a la distribución de peces, en un elevado número de especies en las redes instaladas en zonas con poca profundidad y en las nasas. Las dos redes pelágicas capturaron un total de dos ejemplares (una carpa y una madrilla), lo que subraya la casi ausencia de peces en aguas abiertas (pelágicas).

Aunque el esfuerzo de pesca entre redes y nasas no es directamente comparable, las elevadas capturas en las zonas litorales apuntan claramente a una distribución litoral de los peces. De la misma forma, en las prospecciones acústicas se ha observado también elevadas densidades en el litoral respectivamente zonas de poca profundidad, como se ve reflejado en los mapas correspondientes (mapas de densidad, Anexo 1). Estas observaciones tienen su explicación en los siguientes puntos:

- desde un punto de vista evolutivo, la gran mayoría de los peces europeos de agua dulce son de origen litoral-ribereño, y en todo caso los peces que se encuentran de forma "natural" en los embalses provienen de los ríos. Estas especies en su mayoría tienen una afinidad originalmente al fondo, y por ello permanecen cerca de él o de estructuras
- el estudio se ha llevado a cabo en la época de niveles bajas de agua.

- generalmente se ha podido constatar densidades bajas y por lo tanto, falta de presión a ocupar zonas de aguas abiertas o profundas.

Con una termoclina establecida entre 7 y 15m, claramente la distribución de la mayoría de los peces se encuentra por encima de la termoclina.

No obstante, la distribución de los peces en la columna de agua no puede ser considerada de forma aislada. Hay que tener en cuenta también su distribución horizontal. Esta queda reflejada en los mapas de distribución que se encuentran en el Anexo 1 del informe.

Las mayores densidades se ha observado en las zonas litorales y en la cola del embalse. Por lo tanto, la distribución en las capas superficiales es realmente una distribución de peces en aguas de poca profundidad.

Algunas detecciones de peces grandes, muy probablemente truchas y carpas, se han observado en aguas más profundas, en particular frente a la presa. Son densidades relativamente bajas, pero al ubicarse en gran parte cerca del fondo, donde las capas (30-35m y 35m-fondo) no tienen la máxima extensión de 5m en todos los puntos, aparecen cómo densidades relativamente altas en los mapas. Los valores de biomasa resultantes son elevadas debido al gran tamaño de los peces, y aunque se trata de pocos individuos, aparecen en los mapas correspondientes. Se ha aplicado unas escalas de colores adaptadas a un amplio rango de valores, con la gran mayoría de valores y la media por encima de valores espurios tanto de densidad como de biomasa, para poder visualizar adecuadamente las distribuciones relevantes. También se ha mantenido la misma escala de colores en todos los mapas por capas de un parámetro determinado (biomasa, densidad), para que sean comparables entre sí. Esto hace que los mapas sean fácilmente comparables entre sí, mostrando la distribución principal del parámetro visualizado, aunque resulta en que los valores muy bajos no aparecen. Se ha optado intencionalmente por este esquema, ya que la comparabilidad y las tendencias principales son los aspectos relevantes. En todo caso, la totalidad de observaciones queda recogida en el texto, en el caso de que una apariencia espuria tenga un valor para la presente evaluación.

Igual cómo en los otros embalses analizados en este estudio (Mansilla e Itoiz), es probable que se esté subestimando las abundancias reales, debido a varios factores:

Con las prospecciones acústicas efectuadas durante el día, existe el problema que la mayoría de peces evita aguas abiertas y se concentran con preferencia en zonas con poca profundidad cerca del sustrato. Esto tiene su explicación en que durante el día, los peces tienden a esconderse de los predadores (grandes ejemplares de la trucha y de la perca americana en el caso del embalse de Alloz) y por lo tanto evitan las aguas abiertas o aparecen sólo en números muy reducidos.

Efectuando las prospecciones durante el día, con los peces en aguas de poca profundidad, son más difíciles de detectar y las detecciones necesariamente sesgados.

Además, la gran mayoría de peces se mantiene en bancos o aglomeraciones más densas durante el día, mientras de noche se dispersan en busca de alimento. Al dispersarse, se produce una distribución más homogénea de los peces y por lo tanto, los datos obtenidos con el método acústico son más fiables, ya que la probabilidad de

detectar peces con una distribución en parches es más baja que con una distribución homogénea.

Todos estos factores hacen que la probabilidad de detectar peces es generalmente reducida de día y por lo tanto, las estimaciones de las abundancias deben estar sesgadas hacia valores por debajo de los valores reales, quizás con excepción de los predadores. El efecto es probablemente limitado, pero sin un estudio específico de este aspecto no es posible valorarlo.

El único remedio para subsanar este sesgo, cómo ya comentado en el informe del estudio anterior (Estudios censales de peces de los embalses de Ortigosa, Mansilla y El Cortijo de la Cuenca del Ebro para la futura incorporación de este bioindicador a la evaluación del potencial ecológico, Informe Final (2): Mansilla, CH Ebro, 2009), es ejecutar estas prospecciones de noche, que es también la recomendación de los expertos y el método generalmente aplicado a nivel internacional, ya que los peces se distribuyen de forma más homogénea y se reparten también en aguas más abiertas. Esto evidentemente conlleva un esfuerzo más elevado, también por las implicaciones en cuanto a la seguridad del personal y equipos, por lo que se recomienda tener en cuenta este aspecto en la planificación de futuros estudios.

En aguas más turbias es menos extrema la situación, pero en principio, se debe determinar para cada embalse las diferencias en la distribución entre día y noche, para poder valorar cuando se debe ejecutar la prospección definitiva (Draštík et al., 2009).

7. Recomendaciones

Generalmente, se recomienda un estudio más detallado de las zonas (corrientes, batimetría, distribución preferente de peces, comportamiento diurno) para determinar la estrategia más adecuada, lo que requiere programar un estudio de varios días consecutivos en el mismo lugar, o bien un estudio previo de las zonas en cuestión, que debe basarse en unas recomendaciones particulares enfocadas hacia el tipo de estudio (en este caso prospecciones acústicas con pescas científicas cualitativas), ya bien establecidas en la comunidad científica y documentada en las correspondientes publicaciones científicas sobre el tema.

Las recomendaciones de los expertos en cuanto a las prospecciones de acústica (y a su vez para las pescas, ya que se debe hacer en el mismo momento) son claras:

- generalmente evitar las épocas de reproducción
- evitar las épocas de migración de los peces
- efectuar las prospecciones en el momento de mayor dispersión de los peces y cuando estén en aguas abiertas
- de modo generalizado, llevar a cabo los trabajos de noche (aunque existen excepciones)
- en caso de estudios nocturnos, evitar noches con luna llena
- evitar agregaciones de invierno
- evitar zonas o épocas con presencia de fuentes de ruido (larvas de *Chaoborus*, otros invertebrados, larvas de peces, burbujas como consecuencia de una presión hidrostática reducida, etc.)
- si la existencia de un patrón de migración diaria es desconocida, llevar a cabo dos prospecciones, una de día y otra de noche
- evitar el momento de transición entre día y noche, es decir, evitar el crepúsculo.

Para tener en cuenta la mayoría de estos puntos, es imprescindible un buen conocimiento de la zona, lo que para los casos estudiados (y una gran mayoría de embalses en España) requiere de un estudio previo de la zona, al ser posible en diferentes épocas del año.

Cómo norma general, la mejor época del año para estos trabajos es a finales de verano, cuando los embalses se encuentran en situación de estiaje y con una estratificación térmica bien establecida. No existen normalmente migraciones relevantes en la gran mayoría de especies, el volumen reducido aumenta la densidad de los peces y los induce a distribuirse de forma más homogénea en el embalse, aprovechando también las aguas abiertas.

Las prospecciones horizontales en los embalses son sobre todo un método imprescindible cuando existe estratificación térmica, en particular cuando además se establece una zona anóxica en profundidad.

En esta situación, sobre todo en embalses eutróficos pero también en embalses mesotróficos y oligotróficos, se produce además una presión para los peces que les

lleva a distribuirse en una capa limitada superficial, muchas veces de unos 8 -10 m de grosor, lo que los hace más fácilmente detectables con el haz horizontal, y ha sido en trabajos anteriores, igual como en este estudio, el motivo principal para utilizar este tipo de prospecciones.

Para poder llevar a cabo los estudios en estas condiciones – ejecución de un estudio previo y generalmente más amplio y en la época adecuada – es necesario en última consecuencia considerar al menos los siguientes puntos:

- a) asegurar una planificación muy temprana, lo que requiere un encargo y por lo tanto una planificación administrativa (proceso de contratación, etc.) bien adelantada, cómo ha sido el caso recientemente
- b) proveer estos trabajos de presupuestos más amplios para permitir los mencionados estudios previos o un estudio puntual más amplio y de más duración
- c) enmarcar estos trabajos en un esfuerzo común nacional o peninsular para establecer las mejores estrategias para diferentes casos y sobre todo los casos concretos específicos para la península ibérica, fomentando el intercambio de experiencias y trabajos puramente experimentales para establecer unos protocolos específicos, cómo ya está siendo practicado por la CH Ebro
- d) integrar la cooperación de grupos universitarios para ciertas tareas experimentales o, en su defecto, encargar estas tareas a empresas con los medios y conocimientos correspondientes, ya que la situación particular en España y la casi ausencia de trabajos puramente experimentales en este campo a nivel nacional requieren un esfuerzo en esta dirección para crear la base para el éxito de futuros trabajos.

En su función cómo vocal del comité correspondiente para la normalización de estos y otros métodos para el control de la calidad del agua, este consultor ya está haciendo esfuerzos para poner en marcha una cooperación entre los grupos activos en este campo en la Península Ibérica y así contribuir a la realización de los puntos arriba mencionados.

De hecho ya está en marcha un proyecto para unos ejercicios de inter-calibración entre grupos europeos, pero es necesaria una colaboración específica a nivel nacional o peninsular, para resolver las dificultades específicas e implementar unos trabajos experimentales de relevancia para futuros trabajos.

Aunque no todos los embalses serán objeto de estudio dentro de los requerimientos de la Directiva Marco Agua, las Confederaciones Hidrográficas en España todavía se enfrentan a un numero muy importante de embalses a estudiar con estos y otros métodos. Hay que tener en cuenta que el esfuerzo no consiste sólo en explorar una sola vez un elevado numero de embalses, algunos de ellos con superficies muy importantes, sino que existe también la obligación de efectuar un seguimiento durante años.

Por ello sería recomendable, cómo también se hace ya en otros países, de llevar a cabo unos estudios cuyos resultados permitirían tipificar los embalses españoles, es decir, clasificarlos en determinados tipos de embalses. Este catálogo permitirá luego

establecer unos embalses "prototipo" o embalses representativos que servirán para representar un determinado tipo. Estos embalses serán luego la base para hacer unos estudios más detallados sobre su estado y funcionamiento e investigar los efectos de las diferentes medidas de gestión, con el objetivo de poder aplicar estos a un gran número de embalses del mismo tipo en la misma forma y con los mismos resultados, o en algunos casos con pequeñas adaptaciones, pero sin la necesidad de estudiar cada caso individualmente.

Es decir, se trataría de establecer una serie de embalses representativos para unos determinados tipos, que permitirá llevar a cabo estudios más detallados, en más profundidad y con una frecuencia más alta de visitas (en diferentes épocas del año y durante varios años), para poder conocer en detalle sus características, tanto bióticas como abióticas, que ayudarán a conocer y entender y, en última consecuencia, gestionar otros embalses de características semejantes con más facilidad, rapidez y de forma más eficiente.

8. Referencias bibliográficas

- Acker, W.C., Burczynski, J., Dawson J., Hedgepeth J. & Wiggins, D. 1999. Sea Technology. Digital Transducers: A New Sonar Technology, 31-35.
- Adams, S.M. and Greeley, M.S. 2000. Ecotoxicological indicators of water quality: Using multi-response indicators to assess the health of aquatic ecosystems. *Water Air and Soil Pollution* 123: 103-115.
- Aglen, A. 1983. Random errors of acoustic fish abundance estimates in relation to the survey grid density applied. *FAO Fish. Rep.* 300: 293-8.
- Aglen, A. 1989. Empirical results on precision-effort relationships for acoustics surveys. *ICES CM 1989/B:30*, 28 pp. (mimeo).
- Angermeier, P.L. and Davideanu, G. 2004. Using fish communities to assess streams in Romania: initial development of an index of biotic integrity. *Hydrobiologia* 511: 65-78.
- Appelberg, M. 2000. Swedish Standard methods for sampling freshwater fish with multi-mesh gillnets. Institute of Freshwater Research.
- Barton, B. A., Morgan, J. D., & Vijayan, M. M. 2002. Physiological condition-related indicators of environmental stress in fish. In S. M. Adams (Ed.) *Biological indicators of stress in fish* (pp. 111-148). Maryland: American Fisheries Society.
- Benejam, L., Benito, J., Ordóñez, J., Armengol, J. & García-Berthou, E. 2008. Short-term effects of a partial drawdown on fish condition in a eutrophic reservoir. *Water, Air, & Soil Pollution* 190: 3-11.
- Benejam, L., Carol, J., Alcaraz, C., and García-Berthou, E. 2005. First record of the common bream (*Abramis brama*) introduced to the Iberian Peninsula. *Limnetica* 24: 273-274.
- Carol, J. & García-Berthou, E. 2007. Gillnet selectivity and its relationship with body shape for eight freshwater fish species. *Journal of Applied Ichthyology* 23: 654-660.
- Carol, J., Zamora, L. & García-Berthou, E. 2007. Preliminary telemetry data on the movement patterns and habitat use of European catfish (*Silurus glanis*) in a reservoir of the River Ebro, Spain. *Ecology of Freshwater Fish* 16: 450-456.
- Carol, J., Benejam, L., Alcaraz, C., Vila-Gispert, A., Zamora, L., Navarro, E., Armengol, J., and García-Berthou, E. 2006. The effects of limnological features on fish assemblages of 14 Spanish reservoirs. *Ecology of Freshwater Fish* 15: 66-77.
- Clavero, M., Blanco-Garrido, F., & Prenda, J. 2006. Monitoring small fish populations in streams: A comparison of four passive methods. *Fisheries research* 78: 243-251.
- Clavero, M. and Garcia-Berthou, E. 2006. Homogenization dynamics and introduction routes of invasive freshwater fish in the Iberian Peninsula. *Ecological Applications* 16: 2313-2324.

Cronkite, G. M. W. & Enzenhofer, H. J. 2002. Observations of controlled moving targets with split-beam sonar and implications for detection of migrating adult salmon in rivers. *Aquat. Living Resour.* 15:1–11.

Draščík, V., Kubečka, J., Čech, M., Frouzová, J., Říha, M., Juza, T., Tušer, M., Jarolím, O., Prchalová, M., Peterka, J., Vašek, M., Kratochvíl, M., Matěna, J. and Mrkvička, T. 2009. Hydroacoustic estimates of fish stocks in temperate reservoirs: day or night surveys?. *Aquat. Living Resour.* 22: 69–77.

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

Fernando, C.H. & Holčík, J. 1991. Fish in Reservoirs. *Int. Rev. Gesamten Hydrobiol. Hydrogr.* 76 (2): 149-167.

García García, J. M. 1993. Peces, ríos y embalses de La Rioja y su pesca deportiva. Fundación para el Estudio y Conservación de las Aves Riojanas, D. L.

Gauthier, S., & Rose, G.A. 2001. Diagnostic tools for unbiased in situ target strength estimation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 2149–2155.

Hughes, R. M. & Oberdorff, T. 1999. Applications of IBI concepts and metrics to waters outside the United States and Canada. In Simon, T. P. (ed.), *Assessing the Sustainability and Biological Integrity of Water Resources Using Fish Communities*. Boca Raton, Florida.

Jennings, M.J., Fore, L.S., and Karr, J.R. 1995. Biological monitoring of fish assemblages in Tennessee Valley reservoirs. *Regulated Rivers: Research and Management* 11: 263-274.

Karr, J.R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6: 21-27.

Karr, J.R. and Dudley, D.R. 1981. Ecological Perspective on Water-Quality Goals. *Environmental Management* 5: 55-68.

Karr, J.R., Fausch, K.D., Angermeier, P.L., Yant, P.R., and Schlosser, I.J. 1986. *Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale*. Champaign, Illinois.

Kestemont, P., Didier, J., Depiereux, E., and Micha, J.C. 2000. Selecting ichthyological metrics to assess river basin ecological quality. *Archiv für Hydrobiologie Supplementband Monographic Studies* 121: 321-348.

Knudsen, F. R. & Sægrov, H. 2002. Benefits from horizontal beaming during acoustic survey: Application to three Norwegian lakes. *Fish. Res.*, 56: 205-211.

Kubečka, J. & Wittingerova, M. 1998. Horizontal beaming as a crucial component of acoustic fish stock assessment in freshwater reservoirs. *Fish. Res.*, 35: 99-106.

McDonough, T.A. and Hickman, G.D. 1999. Reservoir fish assemblage index development: a tool for assessing ecological health in Tennessee Valley authority impoundments. In *Assessing the Sustainability and Biological Integrity of Water Resources Using Fish communities*. Edited by T.P.Simon. CRC Press, Boca Raton, Florida pp. 523-540.

Monteoliva, A. & Schneider, P. 2005. Aplicación de un nuevo método para la evaluación censal de la ictiofauna de embalses: hidroacústica digital con haz vertical y horizontal. *Limnetica*, 24(1-2): 161-170.

Nyberg, P. & Degerman, E. 1988. Standardised test-fishing with survey nets. *Inform., Inst. Freshw. Re., Drottningholm* 1988 (7). 18 p.

Oberdorff, T., Pont, D., Hugueny, B. and Porcher, J. P. 2002. Development and validation of a fish-based index for the assessment of rivers 'health' in France. *Freshwater Biology* 47: 1720-1735.

Pont, D., Hugueny, B., Beier, U., Goffaux, D., Melcher, A., Noble, R., Rogers, C., Roset, N., and Schmutz, S. 2006. Assessing river biotic condition at a continental scale: a European approach using functional metrics and fish assemblages. *Journal of Applied Ecology* 43: 70-80.

Pont, D., Hugueny, B., and Rogers, C. 2007. Development of a fish-based index for the assessment of river health in Europe: the European Fish Index. *Fisheries Management and Ecology* 14: 427-439.

Simon, T.P. 1998. *Assessing the sustainability and biological integrity of water resources using fish communities*. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Simmonds, J. & MacLennan, D. 2005. *Fisheries Acoustics: Theory and Practice*. Second edition, Blackwell Science. Fish and Aquatic Resources Series 10. 437 pp.

Zaldívar Ezquerro, C. 1994. Atlas de distribución de los peces de la Comunidad Autónoma de La Rioja. *Zubía Monográficos* 6: 71-102.

Zaldívar Ezquerro, C. 2006. *Guía de los peces de La Rioja*. Gobierno de La Rioja, Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial.