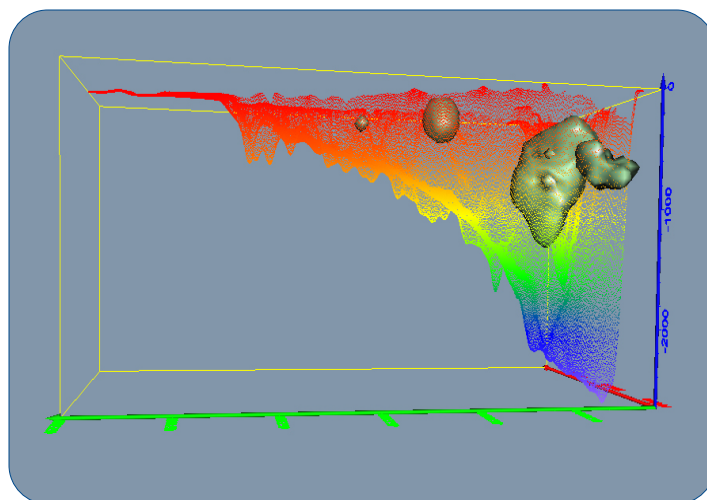




## ESTUDIO CENSAL DE LAS COMUNIDADES DE PECES EN EL EMBALSE DE BARASONA

EXP. 193/08-SNS

REF. EC08018-IF V. ÍNTEGRA CHEBRO



*Santander, 9 de julio de 2009*





## ***ESTUDIO CENSAL DE LAS COMUNIDADES DE PECES EN EL EMBALSE DE BARASONA (EXP. 193/08-SNS)***

### **Dirección (Confederación Hidrográfica del Ebro)**

Concha Durán Lalaguna

Cristina Pintor Ruano

### **Autores (Ecohydros SL)**

Agustín Monteoliva Herreras

Gonzalo Alonso de Santocildes Marañón

José Augusto Monteoliva García

Manuel Pérez Gómez-Miranda











# ESTUDIO CENSAL DE LAS COMUNIDADES DE PECES EN EL EMBALSE DE BARASONA

## ÍNDICE

1	RESUMEN .....	1
2	INTRODUCCIÓN .....	3
2.1	Estudio cuantitativo de la fauna íctica .....	4
3	ÁMBITO DEL ESTUDIO .....	6
4	METODOLOGÍA .....	7
4.1	Diseño del muestreo .....	8
4.2	Muestreos remotos: Hidroacústica .....	8
4.2.1	Prospección hidroacústica .....	8
4.2.1	Procesado de datos acústicos .....	10
4.3	Muestreos directos de pesca .....	10
4.3.1	Redes agalleras multipaño .....	10
4.4	Interpolado espacial y estimaciones globales .....	12
5	RESULTADOS .....	13
5.1	Sondeo hidroacústico: Densidades .....	13
5.1.1	Comparativa con el embalse de Lanuza .....	15
5.2	Muestreos directos: Composición y biomasa específica .....	16
5.2.1	Descripción de las especies presentes en el embalse .....	17
5.2.2	Composición y distribución de especies .....	27
5.3	Biomasa .....	32
5.3.1	Comparativa con el embalse de Lanuza .....	33
5.4	Densidad y biomasa por especies .....	34
6	CONCLUSIONES .....	35
7	GLOSARIO .....	37
8	BIBLIOGRAFÍA .....	39





**Relación de Figuras**

*Figura 1. Variación del nivel de agua en el embalse de Barasona* ..... 6

*Figura 2. Esquema del método de censado de poblaciones ícticas en un embalse* ..... 8

*Figura 3. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico* ..... 9

*Figura 4: Distribución de frecuencias de densidad, estimada mediante ecosondeo* ..... 13

*Figura 5. Densidades medias por estratos obtenidas mediante acústica* ..... 16

*Figura 6. Capturas por unidad de esfuerzo del embalse de Barasona*..... 29

*Figura 7. Biomasa por unidad de esfuerzo del embalse de Barasona* ..... 30

*Figura 8. Histograma de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm en el embalse de Barasona* ..... 30

*Figura 9. Histograma de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm en el embalse de Barasona (excluidos el rutilo y la madrilla)* ..... 31

*Figura 10. Biomasa medias por estratos obtenidas mediante acústica* ..... 33

**Relación de ilustraciones**

*Ilustración 1. Vista general del embalse de Barasona* ..... 5

*Ilustración 4: Calado de redes nórdicas por personal especializado* ..... 11

*Ilustración 5. Ecogramas de transectos en la zona intermedia (izq) y en cabecera (dcha)* ..... 15

*Ilustración 6. Ecograma del recorrido longitudinal entre los transectos anteriores (a la derecha, zona más cercana a la presa)* ..... 15

*Ilustración 7. Trucha común (Salmo trutta fario, L. 1758).* ..... 18

*Ilustración 8. Madrilla (Chondrostoma miengii, Steindachner, 1866).*..... 19

*Ilustración 9: Barbo de graells (Barbus graellsii, Steindachner, 1866).*..... 21

*Ilustración 10: Carpa (Cyprinus Carpio, Linnaeus, 1758).*..... 21

*Ilustración 11. Cyprinus carpio carpio, Linnaeus, 1758* ..... 23







Ilustración 12: Alburno (*Alburnus alburnus*, Linnaeus, 1758).....24

Ilustración 13: Carpín (*Carassius auratus*, Linnaeus, 1758). .....25

Ilustración 14: Rutilo (*Rutilus rutilus*, Linnaeus, 1758).....26

Ilustración 15: Escardino o Gardí (*Scardinius erythrophthalmus*, Linnaeus, 1758).....27

**Relación de Tablas**

Tabla 1: Descripción de las redes de muestreo empleadas ..... 11

Tabla 2: Caracterización de los estratos de profundidad definidos ..... 12

Tabla 3. Densidad de peces (ind/ 1000m<sup>3</sup>) estimada mediante acústica (Barasona) ..... 14

Tabla 4. Especies presentes en los embalses..... 17

Tabla 5: Resultados de las pescas con redes estándar por especies (Barasona).....28

Tabla 6. Biomasa de peces por estratos (g/m<sup>2</sup>) estimada mediante acústica (Barasona).....32

Tabla 7. Densidades y biomاسas por especie en el embalse de Barasona .....34

**Relación de ANEJOS**

**ANEJO I. RESULTADO DE LAS PESCAS CON REDES..... A**

**ANEJO II. RESULTADOS DE HIDROACÚSTICA POR CELDAS ..... B**

**ANEJO III. MAPAS ..... C**







## 1 RESUMEN

En el presente trabajo se han caracterizado las poblaciones de peces del embalse de Barasona, situado en el río Ésera, en el municipio de Graus, provincia de Huesca.

Para ello se ha empleado una combinación de técnicas hidroacústicas y de muestreo directo mediante redes científicas según define la norma CEN 14757:2005. Mediante las primeras se ha estimado la densidad de peces, así como su distribución dentro del embalse y mediante el muestreo directo se ha caracterizado la composición de especies y 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: Trucha común (*Salmo trutta*), madrilla (*Chondrostoma miengii*), barbo de graells (*Barbus graellsii*), carpa común y de espejos (*Cyprinus carpio*), alburno (*Alburnus alburnus*), carpín (*Carassius auratus*), rutilo (*Rutilus rutilus*) y escardino (*Scardinius erythrophthalmus*). De todas ellas, tan solo las tres primeras son autóctonas.

Las mayores concentraciones de peces se encontraron en los estratos inferiores, en torno a 15 m y en la zona de unión de los dos brazos principales que conforman el embalse.

La densidad media de peces obtenida es de 9,06 individuos/ 1000m<sup>3</sup>, valor típico para embalses mesotróficos, lo que supone en términos de abundancia absoluta, aproximadamente, 381.000 individuos.

La biomasa de peces obtenida en el embalse es de 237 kg/ha, se trata de un valor elevado, propio de embalses más eutrofizados. La biomasa absoluta se estimó en 141,9 t, dato que concuerda con experiencias anteriores en el mismo embalse, en concreto con el recuento que se hizo tras el vaciado del mismo en 1995 (Granado-Lorencio *et al*, 1998).

La comunidad de peces está dominada en biomasa por las dos especies de ciprínidos autóctonos, que se reparten el 50% de la biomasa por unidad de esfuerzo (BPUE), la madrilla (27%) y el barbo de graells (23%), seguidos por el rutilo (14% de la BPUE), la trucha común (13%) y la carpa común (espejo) (12%). En lo que se refiere a las capturas por unidad de esfuerzo, es también la madrilla (52%) la que domina, dejando así patente la diferencia en tamaño entre esta especie (peso medio 15g) y el barbo de graells (peso medio 72g) que, a pesar de encontrarse únicamente en el 9% de la CPUE llega a significar casi un 25% de la BPUE.





Por otra parte, la presencia de especies como el escardino, la carpa común y el carpín ha sido escasa tanto en CPUE como en BPUE, con porcentajes menores del 10%.

En definitiva, se trata de un embalse con densidades y biomasas de peces relativamente elevadas y una comunidad en la que dominan en densidad y biomasa las especies autóctonas, si bien el número de especies alóctonas es superior. Esta comunidad muestra síntomas de relativa estabilidad, con un adecuado reclutamiento que hace que no se vea comprometido el futuro de la ictiofauna autóctona del embalse.





## 2 INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el informe final de la Asistencia Técnica para el Estudio censal de las comunidades de peces en el embalse de Barasona (en adelante el estudio) adjudicado a Ecohydros, S.L. por la Confederación Hidrográfica del Ebro (en adelante, CHEbro).

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 desarrollado y con cierta tradición, si bien su correcta aplicación depende de una formación técnica especializada.

En lo referente a la aplicación en estudios técnicos, 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 CHEbro 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.

Mediante esta asistencia, realizada durante el año 2.008, se ha perseguido aplicar métodos hidroacústicos en el embalse de Barasona para realizar una evaluación cuantitativa de las comunidades de peces que lo habitan.





Desde la CHEbro se pretende mediante esta asistencia técnica explorar y, en su caso, explotar los beneficios que ofrecen, en cuanto a rendimiento para la gestión, este tipo de técnicas prospectivas, en lo que es una expresión más de la vocación de aspirar a las mejores técnicas disponibles, como estrategia para optimizar el rendimiento en sus obligaciones competenciales relativas a la gestión de la calidad de las aguas.

Este informe recoge la descripción de los métodos aplicados, así como los resultados obtenidos. El informe consta de una Memoria con sus respectivos ANEJOS, en los que se facilitan *in extenso* los datos que dan lugar las estimaciones sintéticas, tanto en forma de fichas y tablas alfanuméricas como en forma de mapas, según proceda. Se acompaña además con 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, realizado en el embalse de Barasona, se pretende evaluar las poblaciones en ambos embalses, al tiempo que se somete a contraste el rendimiento de las técnicas hidroacústicas combinadas con muestras directas de verificación, como futura metodología de aplicación en las masas de agua no vadeables para evaluar su estado (potencial) ecológico en función del elemento bioindicador que representa la fauna íctica en el contexto de la Directiva Marco del Agua.



Ilustración 1. Vista general del embalse de Barasona





### 3 ÁMBITO DEL ESTUDIO

El embalse de Barasona se localiza en el río Esera, en el municipio de Graus de la provincia de Huesca. Se sitúa a una altitud de 440 m por encima del nivel del mar y presenta una capacidad máxima de 85 hm<sup>3</sup>. El pueblo más cercano al embalse es Resordi, aunque también La Puebla de Castro se encuentra considerablemente cerca. En el ANEJO III, se presenta un mapa con la ubicación del embalse.

En el momento del muestreo (noviembre de 2008), el embalse se encontraba aproximadamente al 30% de su capacidad máxima. De esta manera, se muestreó una superficie aproximada de 599 ha de las 692 ha posibles (máxima superficie al 100% de capacidad).

Barasona es un embalse considerado de aguas ciprinícolas y salmonícolas, pero no solo es atractivo para la pesca sino que en sus aguas se desarrollan numerosas actividades de carácter acuático y aventura. Todas estas actividades han promovido el desarrollo de diversas infraestructuras turísticas en el municipio, para el cual el embalse supone una importante fuente de ingresos. Cabe destacar que el agua de Barasona presenta un aprovechamiento mixto regadío/hidroeléctrico que no da lugar a variaciones diarias importantes en el nivel del embalse. La máxima diferencia de cotas en 2008 fue de 15 m. En el siguiente gráfico se presenta el nivel del embalse a lo largo de 2008 (SAIH Ebro).

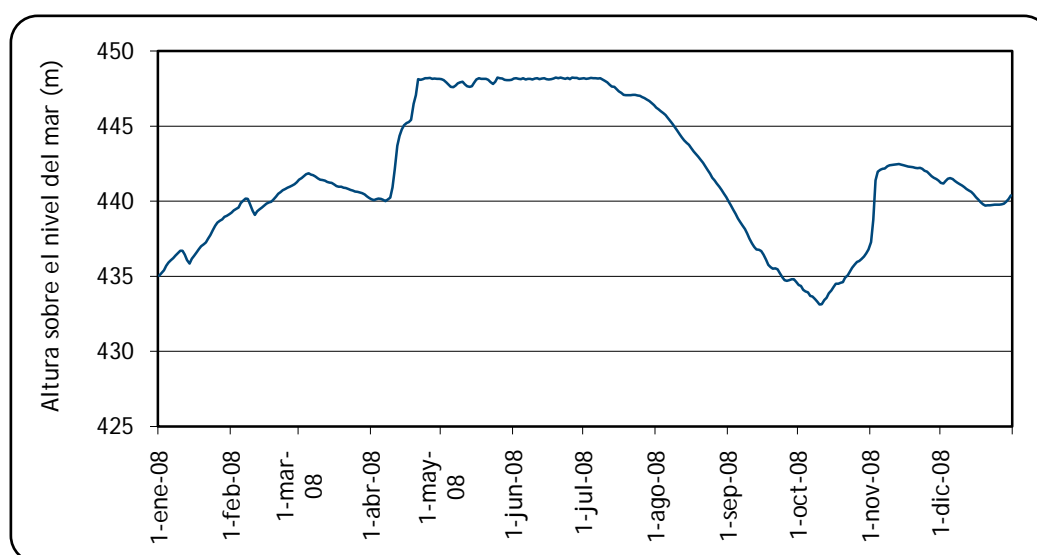


Figura 1. Variación del nivel de agua en el embalse de Barasona





## 4 METODOLOGÍA

Se ha aplicado un procedimiento de muestreo sistemático mediante ecosondeo vertical y horizontal, como estaba previsto, combinándolo con muestreos directos por medio de la extensión de redes.

El procedimiento general empleado, que se plasma en la figura 2, 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.



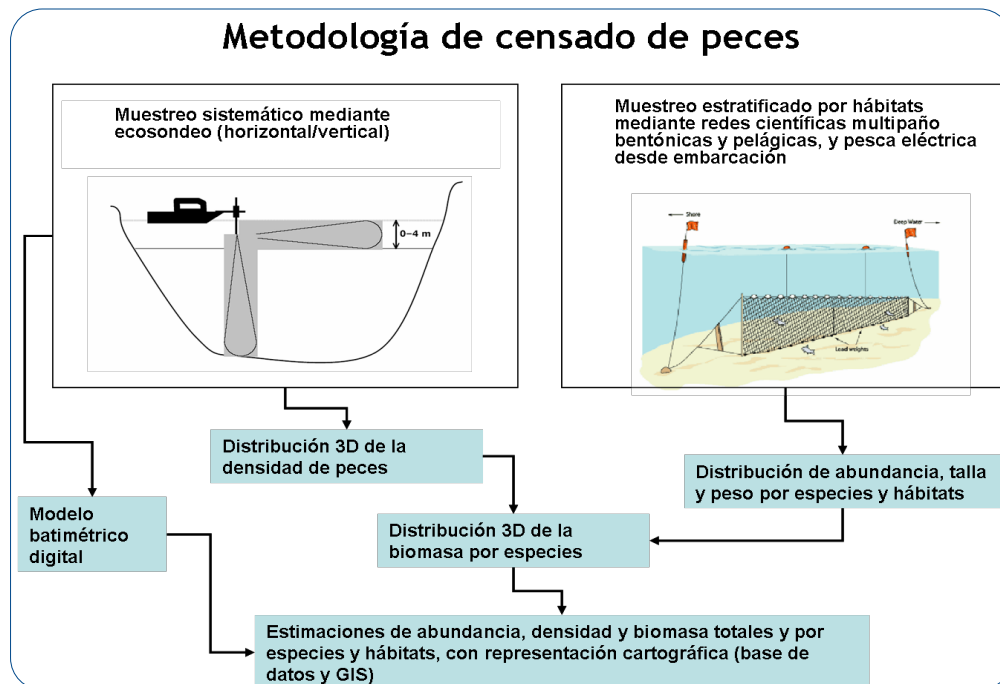


Figura 2. Esquema del método de censo de poblaciones ícticas en un embalse

## 4.1 Diseño del muestreo

Considerando la homogeneidad en la configuración del hábitat dentro de la zona a estudiar, se ha optado por una distribución sistemática de las unidades de muestreo, con una separación entre transectos entre 50 y 100 m.

No obstante se han realizado además recorridos periféricos adicionales proyectando el haz horizontal hacia las riberas, es decir, perpendicularmente a la línea de costa, en aquellos lugares en que la diferenciación del hábitat lo aconsejaba. Con ello se ha maximizado el alcance del sondeo.

## 4.2 Muestreos remotos: Hidroacústica

### 4.2.1 Prospección hidroacústica

El equipo utilizado es una ecosonda científica BioSonics DTX, con transductor elíptico digital de haz partido de 430 kHz, que ofrece un rango dinámico muy superior a los sistemas analógicos.



El transductor va sujetado lateralmente al barco mediante un soporte construido *ex profeso* que lo mantiene sumergido en orientación variable desde la vertical hasta la horizontal y perpendicular al avance de la embarcación.

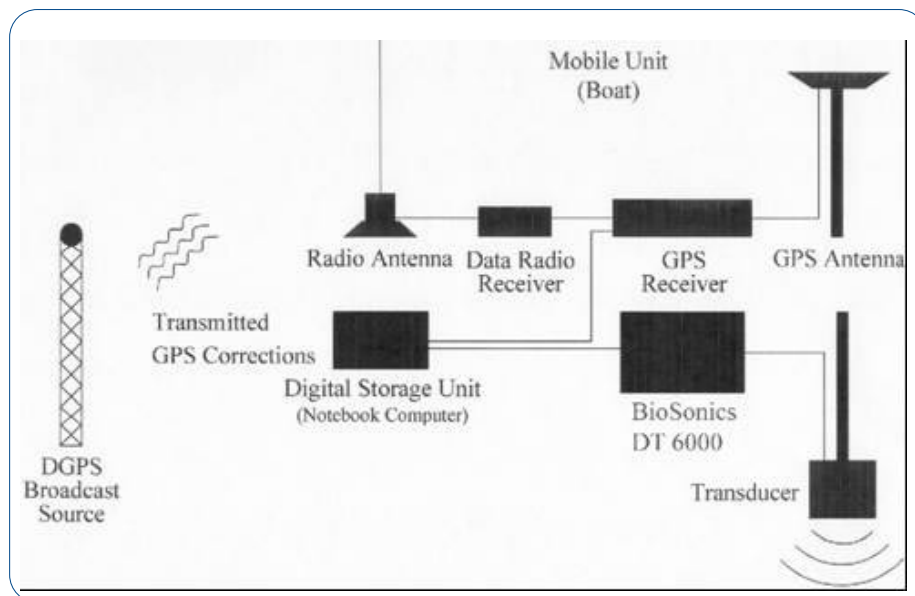


Figura 3. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico

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 (véase ejemplos de ecogramas en figuras adjuntas), y se revisan para descartar posibles artefactos (detecciones de burbujas, etc) en los ficheros, excluyendo de esta forma falsos ecos.





### 4.2.1 Procesado de datos acústicos

Se ha utilizado el ecoconteo, es decir, la técnica que permite, para cada ping o muestra, catalogar cada señal como blanco (pez) y estimar su intensidad acústica.

Previamente, los datos acústicos brutos han sido corregidos mediante la función TVG (ganancia cronovariante) específica para ecoconteo (40LogR). 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 aplica un análisis para la evaluación de la biomasa (densidad en este caso), basado en el recuento (ecoconteo) de blancos clasificados en intervalos de análisis definidos.

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 ajustado *ex profeso*, a partir de la ecuación básica de Love (1.977), para una comunidad de peces de embalses europeos.

## 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 12 redes de muestreo científico de tipo NORDIC (*Fiskerivertket* 2000:1), desarrolladas por el *Nordic Freshwater Fish Group* y que constituye un estándar internacional (EN 14757:2005).

Constan estas redes de 12 paños agalleros de luz creciente, que va desde 5 hasta 55 mm, en una longitud total de 30 m y 1,5 m de alto, las bentónicas, y 6 m de altura las pelágicas. 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 otros 3 tipos de redes, las dos de mayor luz se emplearon para caracterizar las tallas grandes. Estas redes se describen en la Tabla 1. En estos embalses, la información aportada por las mencionadas redes no es muy elevada ya que no se encontraron peces de tallas especialmente grandes, y estos se capturaron correctamente con las redes estándar.



Ilustración 2: Calado de redes nórdicas por personal especializado

Tabla 1: Descripción de las redes de muestreo empleadas

	Número de paños	Luz de malla (mm)	Long x altura (m)	Esfuerzo respecto a bentónica
Bentónica	12 x 2,5m	5 - 55	30 x 1,5	1
Pelágica	11 x 2,5 m	6,25 - 55	27,5 x 6	3,66
Trasmallo	1	50/300	10 x 1,5	0,33
Monofilamento_2	1	20	12 x 2 / 20 x 2	0,53 / 0,88
Monofilamento_4	1	45	15 x 6 / 20 x 6	2 / 2,66

La unidad estándar de esfuerzo de pesca está constituida por una red nórdica bentónica (45 m<sup>2</sup>), 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.

#### 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. 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 III).

Para cada celda, se obtiene la densidad en ind/1.000 m<sup>3</sup> y la biomasa en g/m<sup>2</sup> (aplicando la relación longitud/peso de las capturas) así como la distribución de tallas de los peces detectados.

Tabla 2: Caracterización de los estratos de profundidad definidos

Estrato	Superficie (ha)	Profundidad (m)	Volumen (hm <sup>3</sup> )
Superficial	599,3	0	24,5
Intermedio superior	276,2	-6	10,0
Intermedio inferior	136,8	-11	4,9
Inferior	61,9	-16	2,7



## 5 RESULTADOS

### 5.1 Sondeo hidroacústico: Densidades

Los recorridos móviles de ecosondeo han cubierto una longitud total de 17100 m, lo que supone una densidad de 29 m/ha. Los recorridos completos se presentan en el ANEJO III, mapa 2.

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 II, se presenta un listado completo de estas celdas de análisis, detallando sus coordenadas, estrato, densidad y biomasa.

En el gráfico y tabla siguientes se representan la distribución de frecuencias de los valores de densidad, obtenidos a partir de los rastros, y los estadísticos descriptivos correspondientes, tanto para el ecosondeo horizontal como para el vertical. Se ha escalado el eje Y para la correcta visualización de los datos, indicando el valor que toman las barras fuera del gráfico, así como el número de celdas de análisis en las que la densidad es mayor que 0.

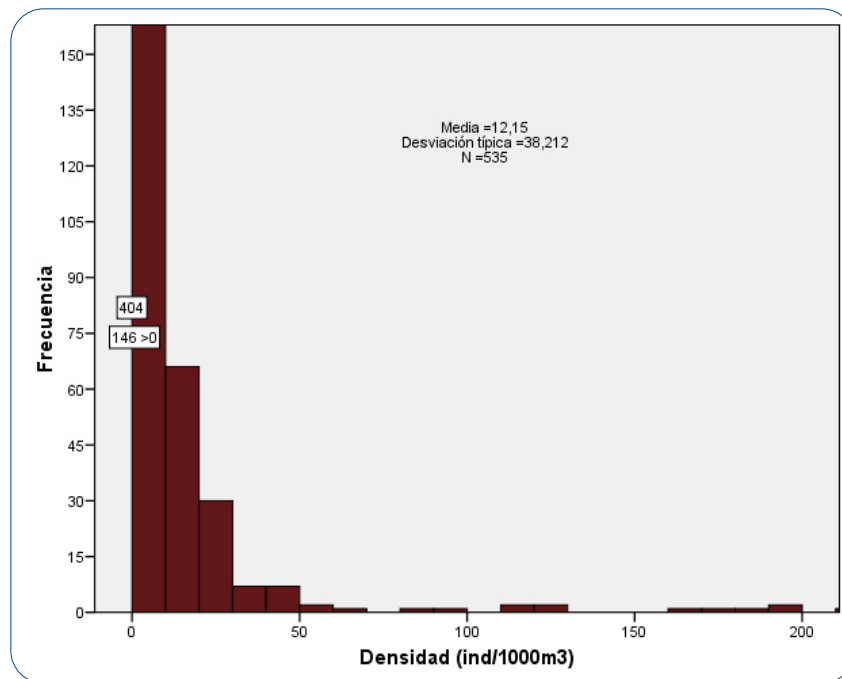


Figura 4: Distribución de frecuencias de densidad, estimada mediante ecosondeo

Tabla 3. Densidad de peces (ind/1000m<sup>3</sup>) estimada mediante acústica (Barasona)

	0-6	6-11	11-16	16-26,5
Núm. Casos	127	215	123	70
Máximo	54,22	32,59	372,91	279,24
Media	6,389	1,093	22,366	38,635
Desv. típ.	8,699	4,175	50,275	72,798

Se aprecia una concentración de peces muy elevada en los estratos inferiores (profundidad mayor de 11 m), hecho que parece normal teniendo en cuenta la época de muestreo y la comunidad de peces del embalse. Estos valores medios se han ponderado con el volumen de cada estrato (Tabla 2), para obtener una densidad total del embalse de **9 ind/1.000m<sup>3</sup>**.

La distribución espacial de la densidad piscícola se presenta en los mapas 3 a 6 (ANEJO III) para los cuatro estratos considerados.

Se ha empleado la misma escala para poder realizar comparaciones entre estratos. En el superior, los máximos aparecen en el cuerpo central del embalse hacia la zona de cola, mientras que en los estratos inferiores, de mayor densidad, la zona de concentración de peces se encuentra en la confluencia de los dos brazos, en una zona escarpada relativamente cerca de la orilla.

En las ilustraciones siguientes, es posible observar los ecogramas de dos transectos, el primero en la zona intermedia (izq) y el segundo en cabecera (dcha). Un tercer ecograma, muestra la transición entre los dos anteriores. Se puede apreciar la gran concentración de peces en las zonas profundas de la cabecera del embalse.



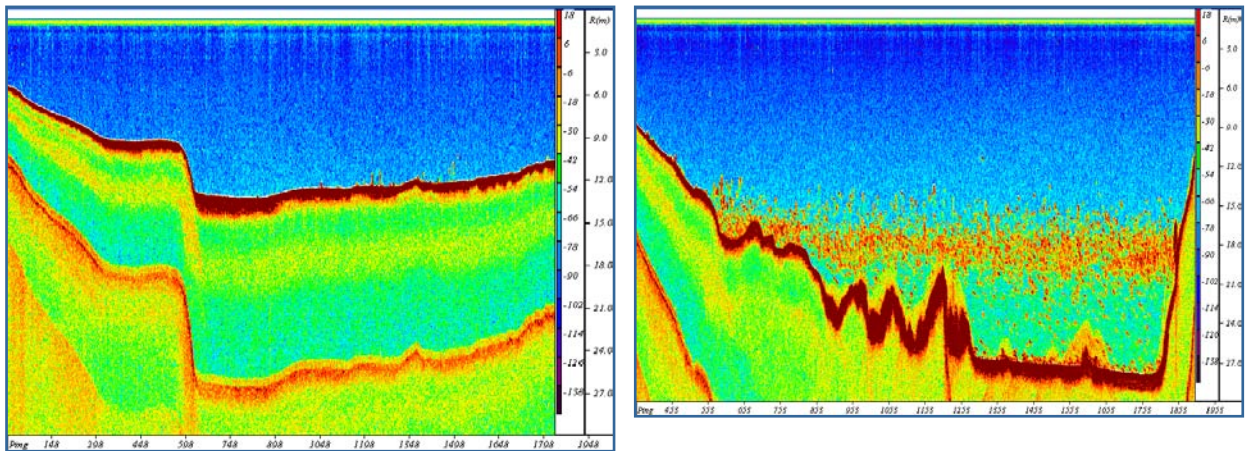


Ilustración 3. Ecogramas de transectos en la zona intermedia (izq) y en cabecera (dcha)

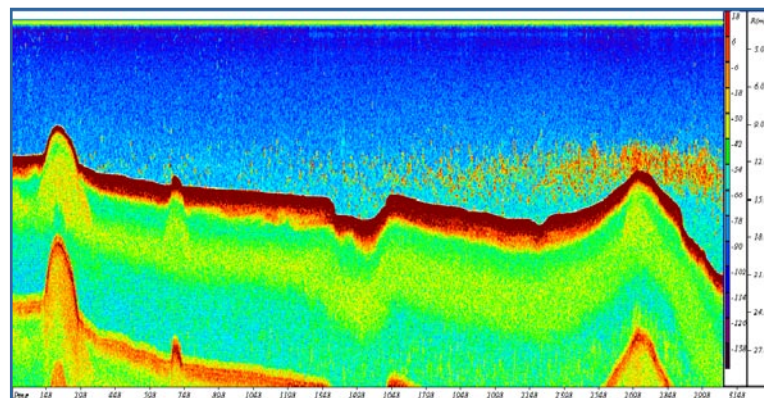


Ilustración 4. Ecograma del recorrido longitudinal entre los transectos anteriores (a la derecha, zona más cercana a la presa)

### 5.1.1 Comparativa con el embalse de Lanuza

Debido a que la organización del proyecto se realizó de forma conjunta para los embalses de Lanuza y Barasona, se planteó el hecho de hacer una comparativa entre ambos embalses lo cual supone información extra de interés.

En la figura siguiente, se presentan las densidades medias por estratos para los dos embalses estudiados. Los estratos empleados son los definidos en la tabla 2.



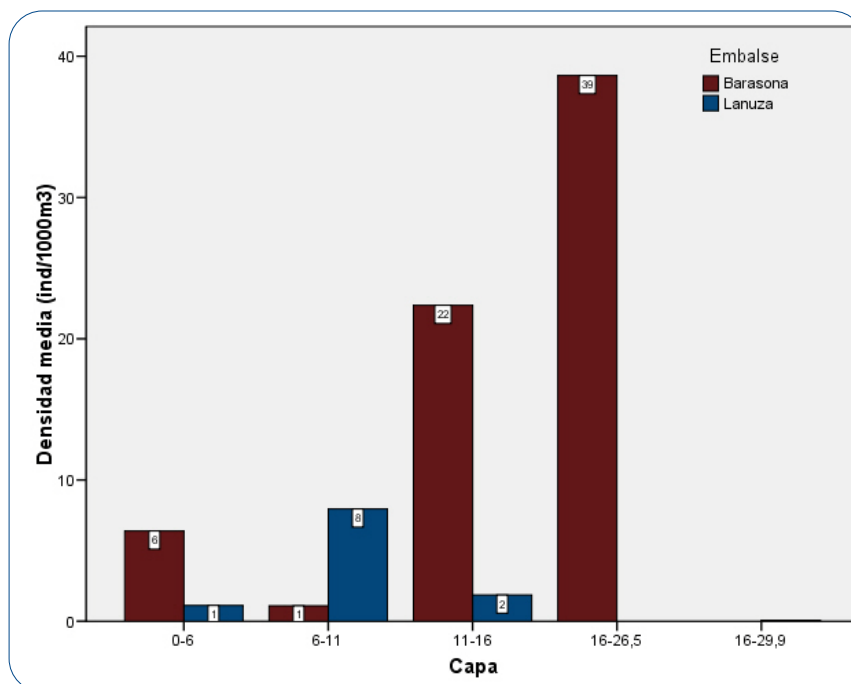


Figura 5. Densidades medias por estratos obtenidas mediante acústica

Se puede observar una gran diferencia de densidad entre ambos embalses, la cual se hace especialmente patente en el estrato inferior, donde el embalse de Barasona alcanza sus valores máximos y Lanuza presenta sus valores mínimos. Es muy importante tener en cuenta a la hora de hacer una comparativa en las densidades medias de estos dos embalses, que mientras Barasona es considerado un embalse mesotrófico (CHEbro 2008), presentando un nivel intermedio de productividad, Lanuza se presenta como un embalse oligotrófico (CHEbro 2008), con baja productividad primaria. Esto daría una explicación a las diferencias de densidad media presentadas.

## 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 14757.

Los detalles de cada una de las pescas con red se han recogido en fichas de campo. En estas fichas, facilitadas en el ANEJO I, 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 m<sup>2</sup> de red multipaño (red bentónica).
- **Biomasa por unidad de esfuerzo (BPUE)**, es decir, el peso acumulado estandarizado a 12 h de pesca y 45 m<sup>2</sup> de red multipaño (red bentónica).
- **Índice de condición somática (ICF)** calculado a partir de la longitud furcal.

### 5.2.1 Descripción de las especies presentes en el embalse

En este apartado, se presentan las especies encontradas en los muestreos, con una somera descripción de las mismas. (Descripciones de Doadrio, 2001; CHEbro, 2009 y (fishbase.org); fotografías de Ecohydros sl).

En la siguiente tabla se presentan todas las especies indicando su carácter autóctono o alóctono:

Tabla 4. Especies presentes en los embalses

	Barasona
Trucha común	Aut.
Madrilla/ Loina	Aut.
Barbo de graells	Aut.
Carpa común	Aloct.
Carpa común (Espejo)	Aloct.
Alburno	Aloct.
Carpín	Aloct.
Rutilo	Aloct.
Escardino	Aloct.

#### 5.2.1.1 Trucha común (*Salmo trutta fario*, L. 1758)

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. Dos aletas dorsales, la primera con 9 a 11 radios ramificados y la segunda adiposa. 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 normalmente en aguas rápidas y frías, aunque frecuentemente se encuentra adaptada a los embalses, donde no completa su ciclo, ya que sigue necesitando de los ríos para la reproducción. 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.

La especie está amenazada por introgresión genética procedente de los ejemplares de repoblación, así mismo la pesca deportiva y la introducción de especies exóticas son otros factores que pueden amenazar la supervivencia de esta especie. Por otra parte la contaminación de los cauces por vertidos urbanos e industriales y la alteración de los cauces fluviales por obras hidráulicas son importantes impactos que afectan a las poblaciones de trucha.



Ilustración 5. Trucha común (*Salmo trutta fario*, L. 1758).

### 5.2.1.2 Madrilla (*Chondrostoma miengii*, Steindachner, 1866 )

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. Las aletas son largas, la dorsal tiene 8 radios ramificados y la anal de 8 a 10.

Recientemente las poblaciones españolas de *Ch. toxostoma*, que eran tratadas como subespecies por la comunidad científica, han sido elevadas a rango de especie (Elvira, 1997). Nosotros seguimos la nomenclatura de Elvira (1997) pero hay que tener en cuenta que en la legislación nacional e internacional, anterior a 1997, las poblaciones españolas se mencionan como *Ch. toxostoma*.

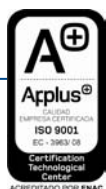
Es una especie típicamente reófila que vive en aguas corrientes pero que pueden sobrevivir en aguas remansadas e incluso en embalses siempre que puedan salir río arriba en la época reproductiva. Su alimentación es detritívora y complementariamente bentófaga.

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.

Especie endémica de España, que se distribuye por los ríos de la vertiente cantábrica oriental: Urumea, Oría, Urola, Deba, Artibay, Oca, Butrón, Nervión, Agüera, Asón y Pas, y de la vertiente mediterránea: Llobregat, Ebro (incluido el Esera) y Cenja.



Ilustración 6. Madrilla (*Chondrostoma miengii*, Steindachner, 1866).





### 5.2.1.3 Barbo de graells (*Barbus graellsii*, Steindachner, 1866)

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. 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. El color del cuerpo es pardo verdoso y moteado en juveniles.

Su población es marcadamente regresiva, aunque todavía es localmente abundante en algunos ríos.

*Barbus graellsii* es una especie que 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.

Como ocurre en otras especies del género *Barbus*, prefiere zonas tranquilas con vegetación y raíces de árboles donde encuentra refugios. Tiene hábitos gregarios, para lo que suele formar agrupaciones, incluso con otras especies de ciprínidos, como *Squalius cephalus* y *Chondrostoma toxostoma*. 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.

La introducción de especies exóticas, la mayoría de ellas piscívoras, es la mayor de sus amenazas aunque también la construcción de infraestructuras hidráulicas se considera una amenaza importante.



Ilustración 7: Barbo de graells (*Barbus graellsii*, Steindachner, 1866)

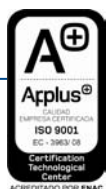
#### 5.2.1.4 Carpa común (*Cyprinus Carpio*, Linnaeus, 1758)

Es la especie íctica introducida de mayor difusión en la península Ibérica. Se asume que una relictica población salvaje del Danubio es el origen de las poblaciones europeas. Puede alcanzar considerables dimensiones de hasta 1 m de longitud y 20 kg de peso. Originaria de Eurasia, es uno de los peces más extendidos por la acción del hombre

Frecuenta los tramos medios y bajos de los ríos y se adapta muy bien a los embalses.



Ilustración 8: Carpa (*Cyprinus Carpio*, Linnaeus, 1758)





Los machos alcanzan la madurez sexual a la edad de 1 o 2 años mientras que las hembras lo hacen más tarde (2 o 3 años). Para la freza buscan aguas poco profundas. La puesta es numerosa (100.000 o 200.000 huevos por kg de peso) y la fijan al sustrato. La eclosión se produce entre los tres y ocho días después de la puesta.

Aquellos individuos que habitan los embalses no necesitan salir de ellos para desovar sino que buscan zonas de aguas someras con vegetación dentro del mismo embalse.

Muestra costumbres gregarias, especialmente durante el invierno, que forma agregaciones en los fondos de las zonas más profundas.

Su régimen alimentario es omnívoro, a base de detritos, materia vegetal, crustáceos, moluscos y, preferentemente, invertebrados acuáticos del fondo. Sin embargo su capacidad de adaptación es grande y puede variar ampliamente sus hábitos en función de las condiciones del medio.

Es una especie generalista que prefiere los cursos lentos de agua y los tramos de agua estancada con temperaturas altas. Resiste muy bien las bajas tensiones de oxígeno disuelto, la turbiedad alta, la salinidad y, en general, la contaminación de las aguas. Su cultivo intensivo ha servido para desarrollar varias razas entre las destacan la carpa royal o de espejos, con grandes y escasas escamas y la carpa cuero, con la piel más dura y casi sin escamas.

Figura como especie "No amenazada" en el Libro Rojo de los Vertebrados de España (1992). Está declarada como especie objeto de pesca en el R.D. 1095/89 y como especie comercializable en el R.D. 1118/89. En Europa se clasifica como "Vulnerable-En Peligro", porque se está produciendo una sustitución progresiva de la forma silvestre por la forma domesticada, de cuerpo más alto.

Se considera a la carpa como una especie que tiene efectos negativos sobre la vegetación acuática sumergida, porque levantan sus raíces, y también contribuyen al enturbiamiento de las aguas por su costumbre de remover el sedimento. Es una especie que altera los hábitats acuáticos perjudicando a otros vertebrados.

#### 5.2.1.5 Carpa común (espejos) (*Cyprinus carpio carpio*, Linnaeus, 1758)

Especie muy variable en forma, proporciones, escamas, color y desarrollo de las aletas.







Son omnívoros, se alimentan básicamente de insectos acuáticos, crustáceos, anélidos, moluscos, arroz salvaje, algas y otros vegetales. Es una especie generalista que prefiere los cursos lentos de agua y los tramos de agua estancada con temperaturas altas. Resiste muy bien las bajas tensiones de oxígeno disuelto, la turbiedad alta, la salinidad y, en general, la contaminación de las aguas.



Ilustración 9. *Cyprinus carpio carpio*, Linnaeus, 1758

Se reproduce en primavera y verano, dejando huevas pegajosas en vegetación poco profunda. Una hembra de 47 centímetros de longitud produce alrededor de 300.000 huevas. Aquellos individuos que habitan los embalses no necesitan salir de ellos para desovar sino que buscan zonas de aguas someras con vegetación dentro del mismo embalse.

Los adultos pueden desenraizar y destruir la vegetación acuática sumergida en detrimento de las especies piscícolas autóctonas.

#### 5.2.1.6 Alburno (*Alburnus alburnus*, Linnaeus, 1758)

Especie de pequeño tamaño que suele alcanzar los 15 cm de longitud, con una talla máxima reportada de 25 cm.

Sus poblaciones están en aumento, especialmente en las cuencas del Ebro y Júcar. Vive en ríos y lagos cerca de la superficie alimentándose de zooplancton, crustáceos e insectos. La mayor parte de los individuos alcanzan la madurez sexual a los dos años de edad aunque algunos pueden ser ya maduros con un año. La freza suele ocurrir en invierno entre los meses de noviembre y enero.





Vive en Europa desde la vertiente norte de los Pirineos hasta los Urales. En España es una especie exótica que fue introducida con fines aparentemente deportivos, al ser un cebo vivo habitualmente empleado para la pesca de grandes predadores, en la década de los noventa. Se distribuye por la cuenca del Ebro y otros ríos Mediterráneos.



Ilustración 10: Alburno (*Alburnus alburnus*, Linnaeus, 1758)

#### 5.2.1.7 Carpín (*Carassius auratus*, Linnaeus, 1758).

Ciprínido que raramente supera los 30 cm de longitud. La talla máxima conocida es de 45 cm de longitud total y 2 kg de peso y la edad máxima de 30 años.

Prefiere aguas poco profundas de lagunas y ríos de corriente lenta, con abundante vegetación y fondos blandos, encontrándose generalmente en las orillas. Es un pez resistente que puede subsistir en condiciones muy desfavorables como contaminación de aguas, falta de oxígeno y fríos invernales, que no pueden soportar otras especies. Durante el invierno, al igual que las carpas, permanecen casi completamente enterrados en el barro, limitando mucho su actividad hasta que llega la primavera. Su alimentación es diversa, abarcando desde algas a invertebrados bentónicos.

La freza se produce en aguas con densa vegetación sumergida en mayo-junio. Se conocen poblaciones de solo hembras. En estas poblaciones la reproducción se realiza por pinnogénesis,



es decir, que los huevos necesitan para su desarrollo sólo el estímulo del esperma de un macho de otra especie. Los individuos que nacen son por tanto clones de sus madres.

En España se distribuye prácticamente por todas las cuencas. La influencia humana negativa sobre sus hábitats es su mayor amenaza aunque la Lista Roja de los Vertebrados de España considera a esta especie como “No Amenazada”.

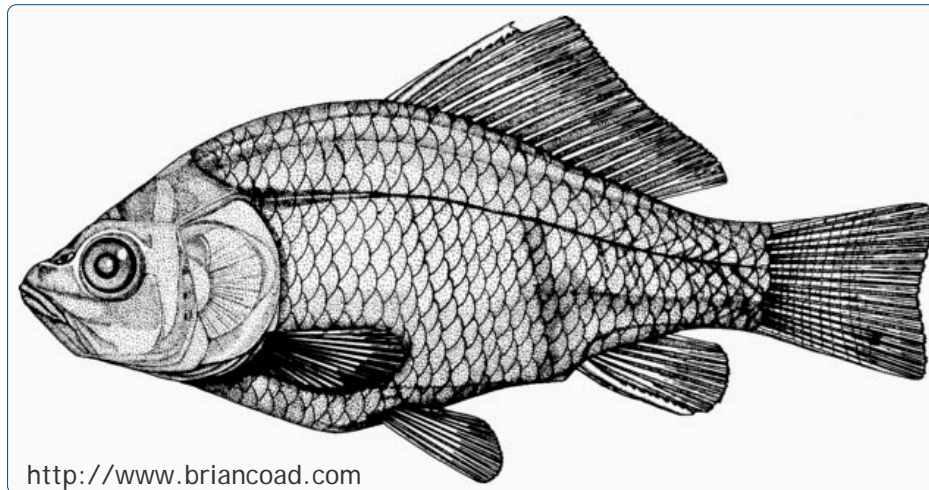


Ilustración 11. Carpín (*Carassius auratus*, Linnaeus, 1758).

#### 5.2.1.8 Rutilo (*Rutilus rutilus*, Linnaeus, 1758)

Es una especie de talla media que no suele sobrepasar los 40 cm de longitud total aunque se conocen individuos que han alcanzado los 50 cm de longitud y cerca de los 2 kg de peso.

Las poblaciones son pequeñas y se desconoce su evolución actual. Vive en ríos, lagos y embalses prefiriendo aguas tranquilas. Pueden vivir tanto en aguas contaminadas como en aguas salobres. Existen algunas poblaciones anádromas. Es una especie omnívora que se alimenta tanto de insectos como de crustáceos y planta, aunque los adultos tienen preferencia por las plantas.

La reproducción se da entre los meses de abril y junio cuando la temperatura del agua ronda los 10-14°C. La hembra pone de 6.000 a 200.000 huevos.

En la actualidad se distribuye por toda Europa excepto por las penínsulas meridionales e Irlanda. En España se localiza en el río Llobregat y en la cuenca del Ebro. Parece tener un impacto considerable sobre la vegetación acuática y por tanto sobre el hábitat.





Ilustración 12: Rutilo (*Rutilus rutilus*, Linnaeus, 1758)

#### 5.2.1.9 Escardino (*Scardinius erythrophthalmus*, Linnaeus, 1758)

Ciprínido de talla media que en la península no supera los 20 cm de longitud total, aunque se conocen en Europa ejemplares que llegan a medir 50 cm de longitud total y 2 kg de peso. La coloración general del cuerpo es plateada con la base de las aletas pectorales, ventrales, anal y caudal de color rojo.

Pocas son las poblaciones presentes en España y se desconoce su evolución actual. Vive en aguas tranquilas con vegetación sumergida. Especie omnívora, se alimenta de invertebrados (incluyendo larvas de insecto y adultos) y plantas. Los adultos pueden consumir un gran número de macrófitos acuáticos lo que perjudica a algunas de nuestras especies autóctonas de peces.

La reproducción tiene lugar de abril a junio. Los huevos, de color amarillo pálido, son depositados sobre el substrato o sobre vegetación en aguas poco profundas.

Vive en la mayor parte de Europa, en España ha sido introducida y hoy día se encuentra en Cataluña en las cuencas de los ríos Muga, Ter, Besós, Tordera, Llobregat y en algunos puntos de la cuenca del Ebro, así como en las Lagunas de Ruidera.



Ilustración 13: Escardino o Gardí (*Scardinius erythrophthalmus*, Linnaeus, 1758)

## 5.2.2 Composición y distribución de especies

### 5.2.2.1 Capturas con redes

El total de capturas con redes fue de 1.199 peces con un peso total de 36 kg, lo que supone 736 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 18,9 kg de Biomasa por unidad de esfuerzo. Se emplearon un total de 21 redes en 167 horas de pesca (45 unidades de esfuerzo). La ubicación de las redes de muestreo se refleja en el mapa 7 del ANEJO III.

En la tabla 5 se facilitan los resultados de las redes agregados por especies. Se han capturado un total de 9 especies diferentes, de las cuales 3 son autóctonas y 6 han sido introducidas.





Tabla 5: Resultados de las pescas con redes estándar por especies (Barasona).

	Barbo graells	Carpa común	Carpa común (Espejo)	Madrilla/ Loina	Trucha común	Alburno	Carpín	Rutilo	Escardino	Total general
Capturas*	81	8	18	625	19	220	7	211	10	1199
CPUE	66	5	11	379	10	127	1	130	7	736
% CPUE	9%	1%	1%	51%	1%	17%	0%	18%	1%	100%
PF total (g)	5842	2115	5456	9220	4910	1995	405	5877	387	36205
BPUE (g)	4327	768	2207	5162	2399	1040	87	2690	262	18942
% BPUE	23%	4%	12%	27%	13%	5%	0%	14%	1%	100%
Long furcal media (mm)	151	177	200	88	271	88	93	103	121	100
Peso medio (g)	72	264	303	15	258	9	58	28	39	30
ICF medio	1,078	2,955	2,441	1,497	1,142	0,892	5,839	1,454	1,499	1,467

\*Los términos empleados para describir la comunidad 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 mm

**ICF medio:** Índice de condición furcal medio obtenido como se explica en el apartado 3.3.3.



La especie más abundante de las capturadas ha sido la madrilla con un 52% de las CPUE, seguida por el rutilo. La suma de ambas especies supone el 70% de las capturas por unidad de esfuerzo del embalse.

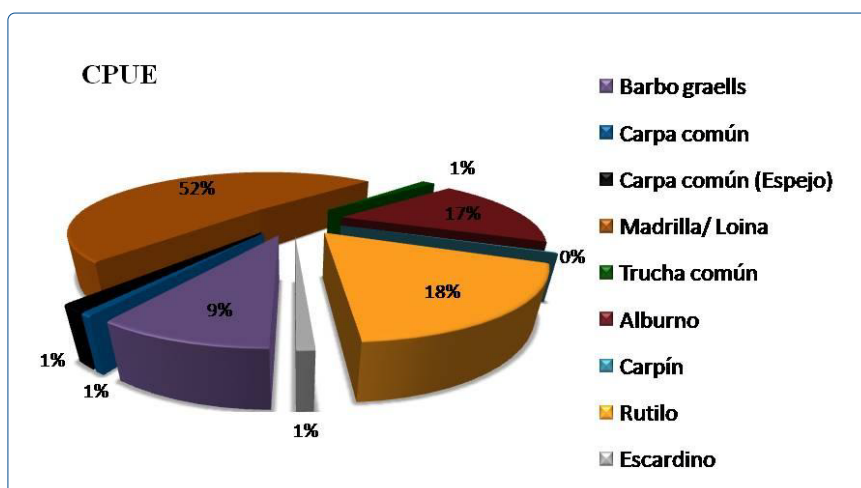


Figura 6. Capturas por unidad de esfuerzo del embalse de Barasona

La biomasa, por otra parte parece estar más repartida entre las diferentes especies. De esta manera el 64% de la biomasa por unidad de esfuerzo se reparte entre la madrilla, el rutilo y el barbo de graells, siendo la madrilla la más representada con un 27%.

La trucha, pese a su baja proporción en las capturas, tiene una contribución destacable a la biomasa, debido al gran tamaño medio de los individuos capturados. De la misma manera, cabría destacar los dos tipos de carpa, carpa común y carpa común de espejos, las cuales se encuentran vagamente representadas en el gráfico de capturas por unidad de esfuerzo (2%) pero suman un 16% del total en lo referente a la biomasa.

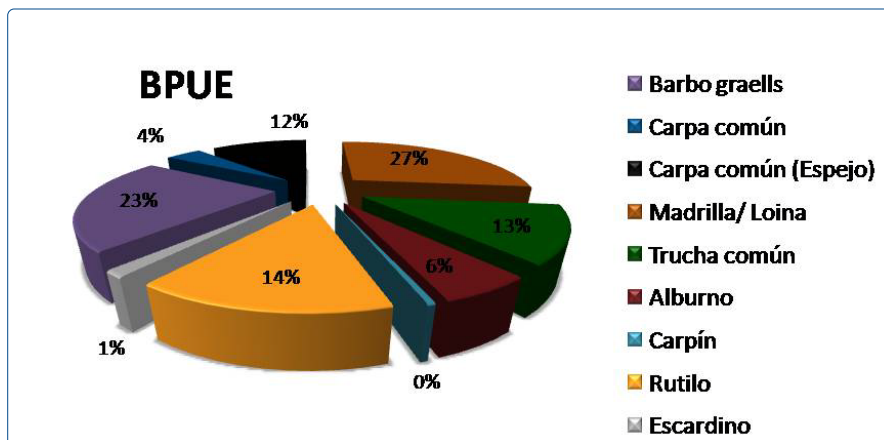


Figura 7. Biomasa por unidad de esfuerzo del embalse de Barasona

Todo lo contrario le ocurre al alburno, que a pesar de representar casi un quinto de las capturas, su biomasa por unidad de esfuerzo no supera el 6%, quedando reflejado de esta manera el pequeño tamaño característico de la especie.

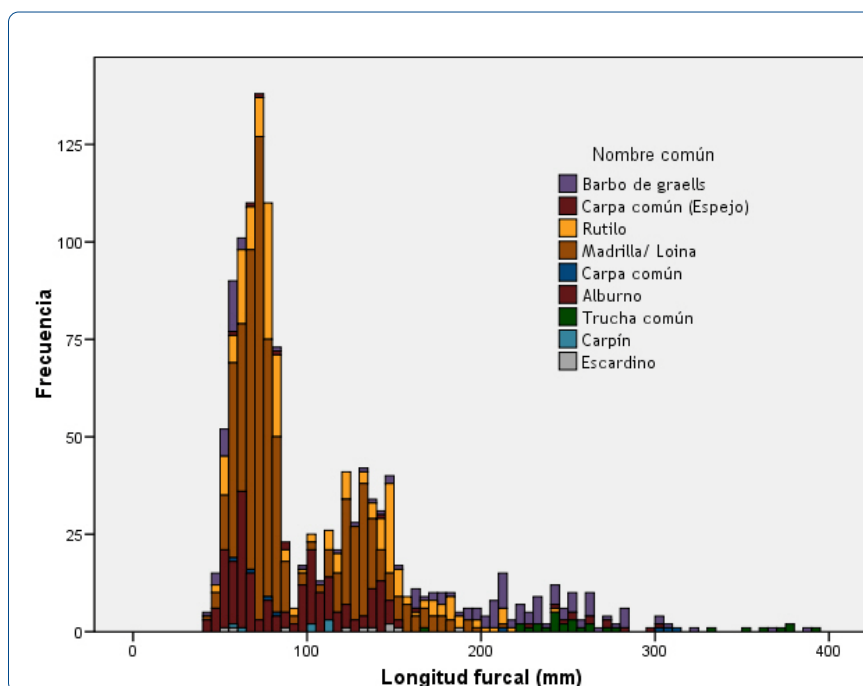


Figura 8. Histograma de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm en el embalse de Barasona





Queda patente, como la comunidad está fuertemente dominada por madrillas y en segundo lugar por rutilos y alburnos. Los tres muestran varias modas correspondientes a las diferentes clases de edad (Madrilla: 85, 130 mm, Alburno: 80, 100 y 130 mm, Rutilo: 85, 140, 190 mm). Los individuos de trucha como es propio de su ecología son adultos de diferentes edades que miden entre 210 y 380 mm. El barbo de graells también presenta modas correspondientes a las diferentes edades de sus individuos (70, 160, 220 mm).

En el gráfico siguiente se han eliminado los datos correspondientes a las especies más abundantes (madrillas y rutilos) para una correcta visualización.

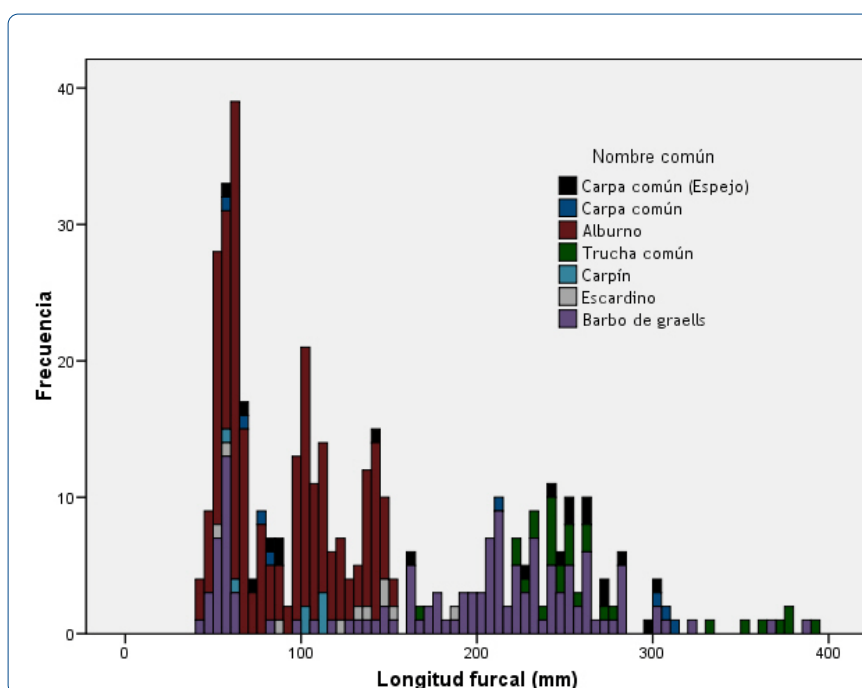


Figura 9. Histograma de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm en el embalse de Barasona (excluidos el rutilo y la madrilla)

La comunidad está dominada por ciprínidos que presentan una buena estructuración en clases de talla. Madrilla, alburno, rutilo y barbo muestran varias modas, confirmando la salud de sus poblaciones. La única especie presente que puede ser piscívora, es la trucha común; únicamente se han encontrado individuos adultos, lo que es típico teniendo en cuenta la condición potamodroma de la especie.

Parece existir una coexistencia de especies autóctonas y alóctonas en equilibrio. Este equilibrio podría verse roto con la reaparición de especies alóctonas que son estrictamente piscívoras,





como la lucioperca (*Sander lucioperca*) y cuya desaparición se constató por primera vez tras el vaciado de 1995 (Granado-Lorencio, Encina et al. 1998).

### 5.3 Biomasa

Una vez presentados los datos obtenidos mediante las dos técnicas de prospección (hidroacústica y muestreo directo), se integran para dar una visión global del sistema.

En la tabla 6 se presentan los resultados del análisis de biomasa por celdas. Se observa que siguen un patrón parecido al de las densidades (Tabla 3), hallándose las mayores biomasa en los estratos inferiores. El estrato intermedio superior (6-11 m) destaca por tener una biomasa media elevada y sin embargo, presenta una densidad baja (la menor de todos los estratos). Podemos concluir, a la vista de esta observación, que los peces de mayor tamaño se encuentran en ese estrato.

Tabla 6. Biomasa de peces por estratos (g/m<sup>2</sup>) estimada mediante acústica (Barasona)

	0-6	6-11	11-16	16-26,5
Núm. Casos	127	215	123	70
Máximo	143	877	1.450	1.481
Media	9,57	11,28	66,75	119,69
Desv. típ.	18,29	70,60	227,89	326,48

La biomasa media del embalse puede calcularse ponderando las biomasa de cada estrato por el volumen de cada uno (Tabla 2), con lo que se obtiene una biomasa media de **23,68 g/m<sup>2</sup>**. Esta biomasa puede considerarse alta, propia de sistemas eutrofizados, pese a que Barasona se trata de un embalse mesotrófico (CHEbro 2008). La alta concentración de peces en el embalse, puede responder a la época en la que se realizó el muestreo, ya que son habituales las grandes agrupaciones de ciprínidos como el barbo o la madrilla, durante los meses más fríos, en zonas profundas de aguas remansadas.

Los mapas de las láminas 8 a 11 (ANEJO III) muestran la distribución espacial de la biomasa, que coincide con la distribución de la densidad. Los máximos del embalse, se presentan en los estratos inferiores y en la confluencia de los dos brazos del embalse.



### 5.3.1 Comparativa con el embalse de Lanuza

Al igual que con las densidades se plantea un análisis comparativo entre los embalses de Lanuza y Barasona, de manera que se pueda obtener información extra que ayude a explicar la situación en la que se encuentran ambas masas de agua.

Las biomases medias de ambos embalses, para los distintos estratos, se muestran en el siguiente gráfico.

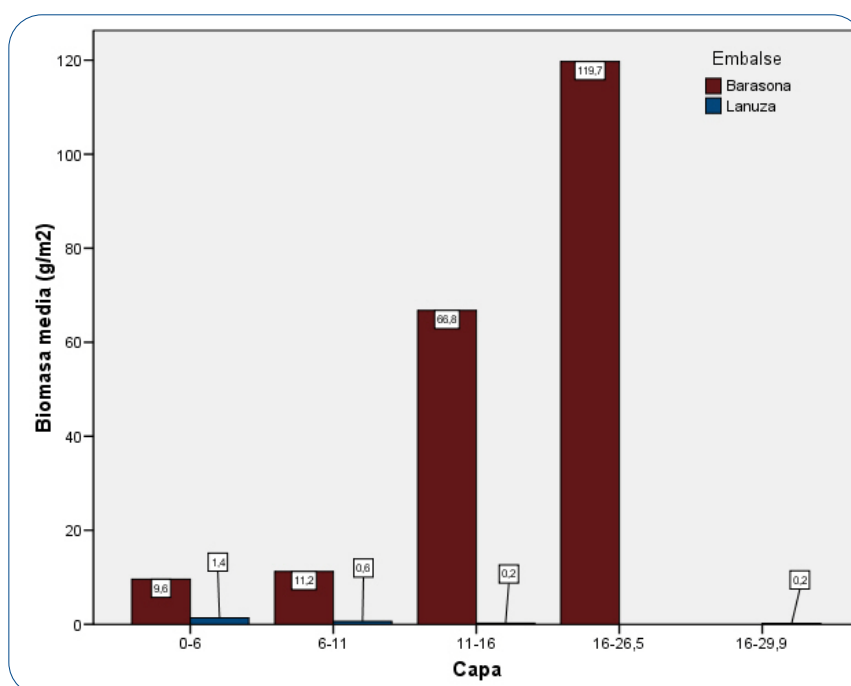


Figura 10. Biomasa medias por estratos obtenidas mediante acústica

Al comparar este gráfico con el de la Figura 5, en el que se muestran las densidades en ambos embalses, se aprecia que existe una relación más o menos directa entre la densidad y la biomasa media en los dos embalses, haciéndose aún más patente la diferencia entre ellos en el caso de la biomasa.

Esta gran diferencia, se pone en manifiesto especialmente en el estrato inferior, donde Barasona alcanza su densidad máxima mientras que Lanuza alcanza sus valores mínimos. Muy probablemente estos contrastes de densidad y biomasa media se estén dando debido a las diferencias en el grado de eutrofización entre los dos embalses.



#### 5.4 Densidad y biomasa por especies

Para poder ofrecer una estima de las densidades y biomosas por especies, es necesario aplicar la distribución de especies obtenidas mediante muestreo directo a las densidades y biomosas obtenidas mediante acústica.

En la tabla que se muestra a continuación se han calculado la densidad y biomasa relativas por especie, referidas a volumen ( $\text{hm}^3$ ) y superficie (ha) respectivamente, así como las abundancias y biomasa totales, para el embalse, calculadas a partir de volumen ( $42,1 \text{ hm}^3$ ) y la superficie (599 ha) en el momento del muestreo.

Tabla 7. Densidades y biomosas por especie en el embalse de Barasona

	Barbo graells	Carpa común	Carpa común (Espejo)	Madrilla	Trucha común	Alburno	Carpín	Rutilo	Gardí	Total
Densidad (ind/ $\text{hm}^3$ )	816	60	130	4.663	124	1.561	18	1.602	83	9.058
Biomasa (kg/ha)	54	10	28	65	30	13	1	34	3	237
N individuos	34.365	2.516	54.57	196.329	5.228	65.725	772	67.457	3.509	38.1358
Biomasa total (kg)	32.420	5.757	16.535	38.682	17.977	7.792	655	20.156	1.960	141.933

A la vista de los resultados, se puede percibir una desproporción entre las biomosas absolutas obtenidas y las abundancias absolutas, resultando en pesos medios superiores a los observados mediante muestreo directo. Lo más probable, es que se esté subestimando la densidad de individuos, y no sobrestimando la biomasa. Este efecto es frecuente cuando se dan aglomeraciones de peces, como las que se encontraron en el embalse.

La biomasa total es elevada pero está en rango con los datos que se obtuvieron en el vaciado del embalse que se realizó en 1.995. En esa ocasión se recogieron 136.000 kg peces (Granado-Lorenzo, Encina *et al.* 1.998).



## 6 CONCLUSIONES

Se han aplicado en el embalse de Barasona un conjunto de técnicas de muestreo, para obtener una figura lo más fidedigna posible de las comunidades de peces para lo cual se han combinado técnicas de prospección hidroacústica con muestreos directos basados en redes agalleras multipaño.

Se han encontrado las siguientes especies: Trucha común (*Salmo trutta*), madrilla (*Chondrostoma miengii*), barbo de graells (*Barbus graellsii*), carpa común y de espejos (*Cyprinus carpio*), alburno (*Alburnus alburnus*), carpín (*Carassius auratus*), rutilo (*Rutilus rutilus*) y escardino (*Scardinius erythrophthalmus*). De todas ellas, tan solo las tres primeras son autóctonas.

En este trabajo Barasona, debido a sus valores altos valores de densidad y biomasa de peces, se ha revelado como un embalse de características eutróficas, a pesar de su condición de mesotrófico (CHEbro 2008), donde tanto especies autóctonas como introducidas conviven en aparente estabilidad, ante la ausencia de una especie piscívora estricta.

Estas altas densidades se han visto reflejadas en los muestreos directos, con elevados valores de capturas por unidad de esfuerzo. La congregación de individuos en los estratos de mayor profundidad (visible en los ecogramas), no ha afectado al número de capturas por unidad de esfuerzo.

Los resultados obtenidos ofrecen los siguientes aspectos destacados:

La **densidad media de peces**, a partir de la interpolación en celdas de 50 m, es de **9,06 individuos/1000m<sup>3</sup>**, con valores máximos de **372 ind/1.000m<sup>3</sup>**. Ese valor de densidad media es elevado y concuerda perfectamente con lo esperado para un embalse mesotrófico, en los que no suelen superarse los 10 individuos/1.000m<sup>3</sup>. En términos de abundancia absoluta, el número de peces estimado es de 381.000 individuos.

Los valores máximos de densidad corresponden a las capas de mayor profundidad. Esta distribución puede explicarse teniendo en cuenta la ecología de los ciprínidos, familia que se presenta en el embalse en proporciones considerables. Las especies de esta familia, especialmente las autóctonas -barbos y madrillas- presentan generalmente un comportamiento gregario acumulándose en zonas profundas de aguas lentas, en las épocas más frías. Cabe destacar que durante el muestreo se observó el movimiento de estos peces hacia capas





superiores, coincidiendo con el anochecer, evidenciando la existencia de migraciones diarias verticales.

En cuanto a la **distribución espacial de la densidad**, se aprecian importantes concentraciones en el cuerpo central, en la convergencia de los dos brazos del embalse.

La **biomasa** de peces obtenida en el embalse es de **237 kg/ha**, se trata de un valor elevado, propio de embalses más eutrofizados. La biomasa absoluta se estimó en **141,9 t**, dato que concuerda con experiencias anteriores en el mismo embalse, en concreto con el recuento que se hizo tras el vaciado del mismo en 1995 (Granado-Lorencio *et al*, 1998).

La **comunidad de peces** está dominada en biomasa por las dos especies de ciprínidos autóctonos, que se reparten el 50% de la biomasa por unidad de esfuerzo (BPUE), la madrilla (27%) y el barbo de graells (23%), seguidos por el rutilo (14% de la BPUE), la trucha común (13%) y la carpa común (espejo) (12%). En lo que se refiere a las capturas por unidad de esfuerzo es también la madrilla (52%) la que domina, dejando así patente la diferencia en tamaño entre esta especie (peso medio 15g) y el barbo de graells (peso medio 72g) que a pesar de encontrarse únicamente en el 9% de la CPUE llega a abarcar casi un 25% de la BPUE.

Por otra parte, la presencia de especies como el escardino, la carpa común y el carpín ha sido escasa tanto en CPUE como en BPUE, con porcentajes menores del 10%.

En definitiva, podemos apreciar que la situación del embalse de Barasona se asemeja al de otros ecosistemas de agua dulce en España. El porcentaje de especies alóctonas medio por cuenca, oscila entre un 29% y un 59%. (Elvira 1990). En el presente estudio, se ha encontrado que las especies alóctonas suponen el 38% de las capturas por unidad de esfuerzo, habiendo 6 especies alóctonas en un total de 9.

Por último, la única especie carnívora (no estricta) autóctona, la trucha común, de requerimientos estrictos de calidad, habita el embalse de forma estable, sin que medien acciones de repoblación. Esto representa una indicación de condiciones aceptables de la calidad del agua y del potencial ecológico.



## 7 GLOSARIO

**BPUE:** Biomasa por Unidad de Esfuerzo. El peso de las capturas obtenidas durante las pescas científicas se normaliza a un esfuerzo de referencia, que corresponde a una red bentónica (45 m<sup>2</sup>) 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 m<sup>2</sup>) expuesta durante 12 horas.

**Detector de filtro cruzado (Cross Filter Detector):** Los sistemas tradicionales de detección de ecos se basan en la evaluación de la longitud, forma, intensidad y desviación de fase de cada pulso o ping. Este tipo de evaluadores tienden a errar en situaciones en las que el ratio señal/ruido es bajo (como peces pequeños o en muestreos con el haz en posición horizontal). Por este motivo, se utiliza para el análisis de este tipo de datos un método de detección desarrollado con patente y publicado por primera vez en Montpellier en el año 2002: *A new method for single target detection. (Balk and Lindem 2002)*. Este método se basa en aplicar un filtro de paso bajo en el dominio de pulsos (pings) y otro de paso alto en el dominio del rango (distancia al transductor). El primero de ellos elimina las fluctuaciones entre pings no debidas a peces y el segundo suprime la reverberación de fondo que varía lentamente y eliminan los ecos tanto debidos a blancos (peces) como al ruido. Tras su aplicación, se obtienen dos nuevos ecogramas; posteriormente se aplica muestra a muestra (una muestra es un píxel del ecograma que corresponde a una distancia determinada en ping concreto) el segundo ecograma como umbral del primero, de modo que se obtiene un nuevo ecograma de umbral adaptativo en el que se pueden visualizar directamente los rastros de peces.

**Eco:** es un pico de intensidad en la onda de sonido que retorna al transductor y que puede corresponder a un pez u otras fuentes de ruido.

**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.

**Ganancia Cronovariante:** Es una función que permite incrementar la intensidad del eco en virtud de la distancia a la fuente. Dado que el sonido se dispersa en el agua, se produce una pérdida que está en relación al cuadrado de la distancia, de modo que para hacer comparables los ecos procedentes de diferentes distancias se requiere aplicar una corrección de este tipo.





**Ping rate:** es la tasa de pulsos, o frecuencia con la que se envían impulsos de sonido (normalmente se trabaja con tasas entre 5 y 20 pulsos por segundo, o pps). A mayor tasa, mejor resolución, pero hay un límite marcado por el tiempo que tarda en retornar cada pulso, porque no se deben solapar entre sí. De este modo, cuanto mayor es la distancia (normalmente profundidad), mayor es el tiempo que tarda un pulso en completar el ciclo de ida y vuelta y más pequeña es entonces la máxima tasa de pulsos que se puede aplicar.

**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.

**SED (single echo detector):** es el método tradicional para detectar peces, que en la evaluación de la longitud, forma, intensidad y desviación de fase de cada pulso o ping. Asume que el eco de un pez presenta intervalos característicos de esos parámetros.

**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 10000 veces más fuerte que un blanco de -60dB, que podría corresponder por ejemplo a un alevín de boga de unos 4 cm de talla.

**Track o rastro:** Es un conjunto de ecos consecutivos que guardan relación entre sí tal que permite identificarlos como un pez en su conjunto.

**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.





## 8 BIBLIOGRAFÍA

Balk, H., T. Lindem and J. Kubecka. New single echo detection methods for shallow water fisheries acoustics. AFS meeting. Anchorage. September 2005.

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

CHEbro (2.008). Informe final de seguimiento biológico de embalses.

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

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

Elvira, B. (1990). Iberian endemic freshwater fishes and their conservation status in Spain. Journal of Fish Biology 37(Supplement A): 231-232.

Embalses.net. Estado de los embalses y pantanos de España (2009). <http://www.embalses.net/>. Julio, 2009.

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

Freshwater Fishes of Iran. <http://www.briancoad.com>.

Frouzova, J., J. Kubecka, et al. (2.005). Target strength of some European fish species and its dependence on fish body parameters. Fisheries Research 75(1-3): 86-96.

Granado-Lorencio, C., L. Encina, et al. (1.998). Estudio ictiológico en el embalse de Joaquín Costa (río Ésera, Huesca). Limnética 14: 35-45.

SAIH Ebro. <http://195.55.247.237/saihebro/index.php?url=/historicos/peticion>. Julio 2009.







# ANEJOS







## ANEJO I. RESULTADO DE LAS PESCAS CON REDES





## ANEJO II. RESULTADOS DE HIDROACÚSTICA POR CELDAS





## ANEJO III. MAPAS

