



APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS ACÚSTICAS EN LA DETECCIÓN Y EVALUACIÓN DE POBLACIONES DE PECES Y MEJILLÓN CEBRA EN LOS EMBALSES DE LA CUENCA DEL EBRO

Expte. Nº: 280/07-A

TOMO I: ESTUDIO CENSAL DE LAS COMUNIDADES DE PECES EN EL EMBALSE DE RIBARROJA



Santander, 19 de diciembre de 2 008

Ref. EC07038_L_T1_vD





APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS ACÚSTICAS EN LA DETECCIÓN Y EVALUACIÓN DE POBLACIONES DE PECES Y MEJILLÓN CEBRA EN LOS EMBALSES DE LA CUENCA DEL EBRO. TOMO I: ESTUDIO CENSAL DE LAS COMUNIDADES DE PECES EN EL EMBALSE DE RIBARROJA







**APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS ACÚSTICAS EN LA DETECCIÓN Y EVALUACIÓN DE
POBLACIONES DE PECES Y MEJILLÓN CEBRA EN LOS EMBALSES DE LA CUENCA
DEL EBRO**

***TOMO I: ESTUDIO CENSAL DE LAS COMUNIDADES DE PECES EN EL EMBALSE DE
RIBARROJA***

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	1
1.1	Estudio cuantitativo de la fauna íctica _____	2
2	ÁMBITO DEL ESTUDIO	4
3	METODOLOGÍA.....	5
3.1	Diseño del muestreo _____	6
3.2	Muestreos remotos: Hidroacústica _____	6
3.2.1	<i>Prospección hidroacústica</i>	<i>6</i>
3.2.2	<i>Procesado de datos acústicos</i>	<i>8</i>
3.3	Muestreos directos de pesca _____	8
3.3.1	<i>Redes agalleras multipaño</i>	<i>8</i>
3.3.2	<i>Pesca eléctrica desde embarcación.....</i>	<i>10</i>
3.4	Interpolado espacial y estimaciones globales _____	10
4	RESULTADOS	12
4.1	Sondeo hidroacústico: Densidades _____	12
4.1.1	<i>Comparativa con el embalse de Mequinenza</i>	<i>14</i>
4.2	Muestreos directos: Composición y biomasa específica _____	15





4.2.1	Descripción de las especies presentes en el embalse.....	15
4.2.2	Composición y distribución de las especies presentes	28
4.3	Biomasa piscícola	36
4.4	Densidad y biomasa por especies	38
5	RESUMEN Y CONCLUSIONES	39
6	REFERENCIAS	41

Relación de Ilustraciones

Ilustración 1.	Vista general del embalse de Ribarroja	3
Ilustración 2.	Calado de redes nórdicas por personal especializado.....	9
Ilustración 3.	Black Bass (<i>Micropterus salmoides</i> Lacepède, 1 802).....	17
Ilustración 4.	Carpa (<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1 758)	18
Ilustración 5.	Lucioperca (<i>Sander lucioperca</i> Linnaeus, 1 758)	19
Ilustración 6.	Alburno (<i>Alburnus alburnus</i> Linnaeus, 1 758).....	20
Ilustración 7.	Anguila (<i>Anguilla anguilla</i> Linnaeus, 1 758).....	21
Ilustración 8.	Brema blanca (<i>Abramis bjoerkna</i> Linnaeus, 1 758)	23
Ilustración 9.	Escardino o Gardí (<i>Scardinius erythrophthalmus</i> Linnaeus, 1 758).....	24
Ilustración 10.	Fraille o Blenio (<i>Salaria fluviatilis</i> Asso, 1 801)	25
Ilustración 11.	Perca sol (<i>Lepomis gibbosus</i> Linnaeus, 1 758).....	26
Ilustración 12.	Rutilo (<i>Rutilus rutilus</i> Linnaeus, 1 758)	27
Ilustración 13.	Siluro (<i>Silurus glanis</i> Linnaeus, 1 758).....	28

Relación de Figuras

Figura 1.	Esquema del método de censado de poblaciones ícticas en un embalse	6
Figura 2.	Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico	7
Figura 3.	Distribución de frecuencias de densidad, estimada mediante ecosondeo horizontal (izq.) y vertical (dcha.).....	13
Figura 4.	Densidades medias por estratos obtenidas mediante acústica.....	14





Figura 5. Diagrama de cajas de las capturas de *Lucioperca* con diferentes artes..... 29

Figura 6. Histograma de frecuencias correspondientes al alburno (izq.) y rutilo (dcha.)..... 32

Figura 7. Histograma de frecuencias correspondientes al resto de especies..... 32

Figura 8. Relación longitud-peso de las especies presentes en Ribarroja..... 35

Figura 9. Biomosas medias por estratos obtenidas mediante acústica..... 36

Relación de Tablas

Tabla 1. Descripción de las redes de muestreo empleadas..... 9

Tabla 2. Caracterización de los estratos de profundidad definidos 11

Tabla 3. Densidad de peces por estratos ($\text{ind}/1\ 000\ \text{m}^3$) estimada mediante acústica (Ribarroja)..... 12

Tabla 4. Especies presentes en Ribarroja y técnica de muestreo. 16

Tabla 5. Resultados de las pescas con redes. 30

Tabla 6. Resultados de las pescas eléctricas..... 34

Tabla 7. Biomasa de peces por estratos (g/m^2), estimada mediante acústica (Ribarroja)..... 37

Tabla 8. Densidades y biomosas por especie en Ribarroja..... 38

Relación de ANEJOS

ANEJO I. RESULTADOS DE LAS PESCAS CON REDES EN RIBARROJA A

ANEJO II. RESULTADOS DE LAS PESCAS ELÉCTRICAS EN RIBARROJA B

ANEJO III. RESULTADOS DE HIDROACÚSTICA POR CELDAS EN RIBARROJA C

ANEJO IV. MAPAS..... D





Créditos

Dirección del Estudio

Concha Durán Lalaguna (Confederación Hidrográfica del Ebro)

Autor

Agustín Monteoliva (Ecohydros, S.L.)

Participantes

Gonzalo Alonso de Santocildes Marañón (Ecohydros, S.L.)

José Augusto Monteoliva García (Ecohydros, S.L.)

Manuel Pérez Gómez-Miranda (Ecohydros, S.L.)

Javier Garay Salazar (Ecohydros S. L.)







RESUMEN

En el presente trabajo se han caracterizado las poblaciones de peces del embalse de Ribarroja, situado en el río Ebro, a su paso por el municipio de Riba-roja d'Ebre en las provincias de Tarragona y Zaragoza.

Para ello se ha empleado una combinación de técnicas hidroacústicas y de muestreo directo mediante redes científicas según define la norma CEN 14757:2005, y eventualmente mediante pesca eléctrica desde embarcación. 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.

La comunidad de peces del embalse está formada por las siguientes especies: alburno (*Alburnus alburnus*), black bass (*Micropterus salmoides*), carpa (*Cyprinus carpio*), escardino (*Scardinius erythrophthalmus*), blenio (*Salaria fluviatilis*), perca sol (*Lepomis gibbosus*), rutilo (*Rutilus rutilus*), siluro (*Silurus glanis*), brema blanca (*Abramis bjoerkna*) y anguila (*Anguila anguila*). De todas ellas, tan solo el bienio y la anguila son autóctonas y su presencia es muy escasa.

Las mayores concentraciones de peces se encontraron en el estrato más superficial de aguas libres (no litorales) en las que se presentan densos bancos de alburnos.

La densidad media de peces obtenida es de 48 individuos/1000m³, valor extraordinariamente alto para un embalse, a pesar de su carácter eutrófico. Esto supone en términos de abundancia absoluta, aproximadamente, ocho millones de individuos.

La biomasa de peces estimada en el embalse es de 118 kg/ha, que es un valor elevado, propio de embalses eutrofizados, pero comparativamente menor que la densidad, debido a la contribución de los peces pequeños, especialmente alburnos y rutilos. Estas cifras suponen un stock instantáneo, es decir, en el momento del muestro, que supera las 190 t.

Alburno y rutilo, por este orden, dominan en número la comunidad de peces en este embalse, pero el rutilo muestra mayor querencia por las zonas litorales. Entre ambas especies suman el 96% de las capturas, tanto con red como con pesca eléctrica. Otros ciprínidos que aparecen de forma más esporádica son el escardino o gardí y la carpa. La presencia de brema blanca, especie introducida, merece especial mención, dado que se trata de una especie zooplanctívora en sus





estadios juveniles, lo cual podría actuar en detrimento de la calidad de las aguas. No obstante, su presencia es muy escasa y es una especie poco apreciada por los pescadores.

La ictiofauna de depredadores es enteramente alóctona y está dominada por la lucioperca en aguas abiertas y black-bass en zonas más litorales y vegetadas por macrófitos sumergidos. Entre ambas especies computan aproximadamente el 5% de los efectivos de peces. Se sabe que la incidencia del siluro no es desdeñable pero las capturas han sido escasas; para aproximar una estimación poblacional de esta especie se recomiendan métodos acústicos específicos.

La comunidad se completa con la presencia de percasoles en zonas ribereñas y escasos efectivos de fraile y anguila.

Rutilo, carpa común, alburno, lucioperca y escardino, dominan en biomasa los efectivos de fauna de peces en este embalse, con valores entre 160 y 270 g/m², si bien el siluro debe representar valores que fácilmente superarán el 20% de la biomasa total de peces.

La comunidad de peces del embalse de Ribarroja es de carácter básicamente alóctono, con una alta diversidad de especies y elevadas densidades y biomasa. Esta estructura poblacional se mantiene en aparente "equilibrio" con la extracción de grandes ejemplares de siluro, carpa y lucioperca, muy atractivos para la intensa pesca recreativa que se desarrolla en la zona. La constancia del nivel de agua en el embalse es un factor que facilita la continuidad de esta estructura ecológica.





1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El presente documento constituye el informe final de AT para la Aplicación de Tecnologías Acústicas en la Detección y Evaluación de Poblaciones de Peces y Mejillón Cebra en Los Embalses de la Cuenca del Ebro, (en adelante el estudio) adjudicado a Ecohydros, S. L. por la Confederación Hidrográfica del Ebro (en adelante, CHEbro), en resolución de la Presidencia de dicho Organismo de fecha de 17/12/2 007.

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 coste-efectivo 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, que se ha extendido a lo largo del año 2 008, se ha perseguido como objetivo de fondo evaluar las posibilidades de aplicar de forma rutinaria métodos hidroacústicos en lagos, embalses y tramos fluviales no vadeables, a dos aspectos concretos: comunidades de





peces y bancos de mejillón cebra adulto. Además, se ha pretendido alcanzar los siguientes resultados concretos:

- a) Realizar una evaluación cuantitativa de las comunidades de peces que habitan los embalses de Ribarroja y Mequinenza.
- b) Describir la distribución del mejillón cebra, en su fase adulta, en el embalse de Mequinenza.

Desde la Confederación Hidrográfica del Ebro 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 finalmente aplicados a ambos cometidos, así como los resultados obtenidos; los contenidos se organizan en dos tomos que se refieren a los censos de peces en los embalses de Ribarroja y Mequinenza (TOMOS I y II, respectivamente) y otro tomo que se refiere a la cartografía del mejillón cebra en el embalse de Mequinenza (TOMO III). Cada uno de los tomos consta de una Memoria con sus respectivos Anejos, en los que se facilitan *in extenso* los datos que dan lugar a las estimaciones sintéticas, tanto en forma de fichas y tablas alfanuméricas como en forma de mapas, según proceda. Se acompaña además cada volumen con un CD en el que se facilitan los documentos y datos en formato electrónico.

1.1 Estudio cuantitativo de la fauna íctica

La fauna piscícola representa un nivel elevado en la red trófica de los ecosistemas acuáticos e integra información espacio-temporal a mayor escala que los invertebrados. De ahí que resulte de interés su estudio desde diferentes puntos de vista, que transcurren desde la perspectiva de la conservación de la biodiversidad (especies amenazadas, especies invasoras, etc.), a su gestión como recurso pesquero, pasando por su interacción con la calidad de las aguas y su valor indicador del estado (potencial) ecológico.

A diferencia de los otros elementos biológicos utilizados como indicadores, los peces integran información plurianual y su papel en la clasificación de estas masas de agua no debe ser desdeñado *a priori*, máxime cuando una de las consecuencias más conspicuas de la degradación de las aguas son las mortandades piscícolas.



Es bien sabido además, que la Directiva Marco del Agua prescribe el uso de indicadores de composición y abundancia en diferentes elementos biológicos, incluyendo los peces, para los que además se requiere una estimación de la estructura de tallas.

Sin embargo, en nuestro país se está obviando ese requerimiento, sobre todo en el caso de las masas de agua profundas, como lagos, embalses y ríos de orden alto (tramos bajos). Esto se ha debido, al menos en parte, a la aceptación de una impresión generalizada de que se requieren técnicas muy sofisticadas y costosas para obtener esa información.

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



Ilustración 1. Vista general del embalse de Ribarroja



2 ÁMBITO DEL ESTUDIO

El embalse de Ribarroja se localiza en el río Ebro a su paso por el municipio de Ribarroja d'Ebre en las provincias de Tarragona y Zaragoza. Se encuentra a una altitud de 75 m por encima del nivel del mar y presenta una capacidad máxima de 210 hm³. El pueblo más cercano al embalse es Mequinzenza, el cual se encuentra en la cola del embalse.

En el ANEJO IV, lámina 1, se presenta un mapa de detalle con la ubicación del embalse.

En el momento de muestreo (octubre de 2008), el embalse se encontraba aproximadamente al 90 % de su capacidad máxima. De esta manera, se muestreó una superficie aproximada de 1 618 ha de las 2 029 ha que presenta en estado de máxima capacidad.

Ribarroja es un embalse considerado de aguas ciprinícolas. Presenta una gran cantidad de especies introducidas, algunas de las cuales suponen un gran reclamo turístico para pescadores de toda Europa. Además de la pesca, en este embalse acontecen numerosas actividades deportivas tales como el piragüismo, el remo y esquí acuático.

Estas actividades y sobre todo la pesca han promovido el desarrollo de diversas infraestructuras turísticas en todo el municipio, presentándose el embalse como una importante fuente de ingresos para la zona. Cabría destacar que el agua de Ribarroja presenta un aprovechamiento fundamentalmente hidroeléctrico que no parece provocar variaciones diarias importantes en el nivel del embalse.



3 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 1, 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.



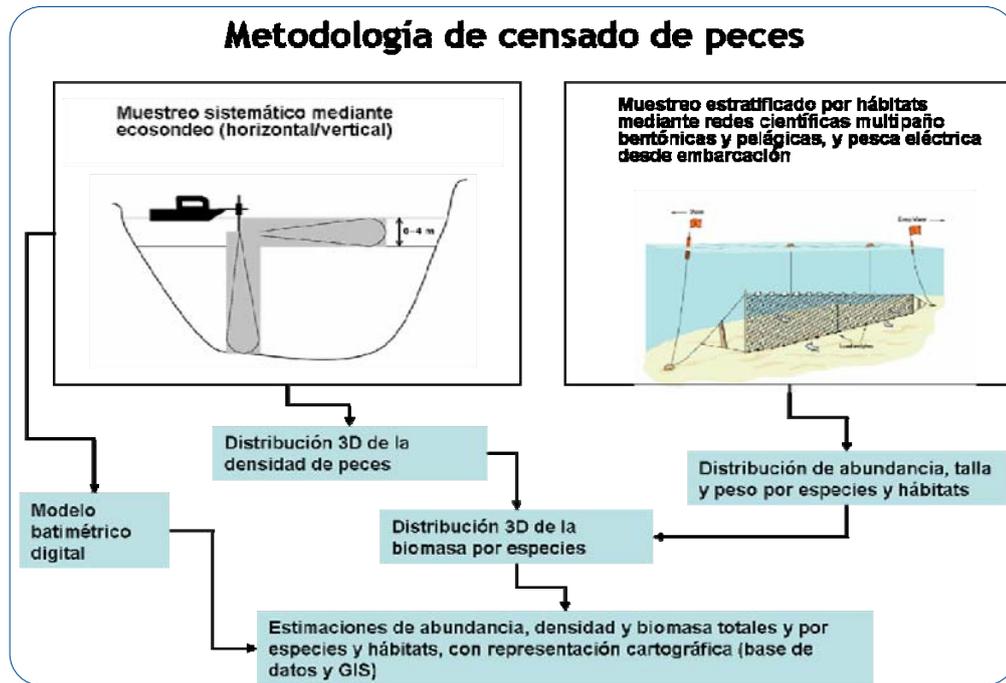


Figura 1. Esquema del método de censo de poblaciones icticas en un embalse

3.1 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.

3.2 Muestreos remotos: Hidroacústica

3.2.1 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.

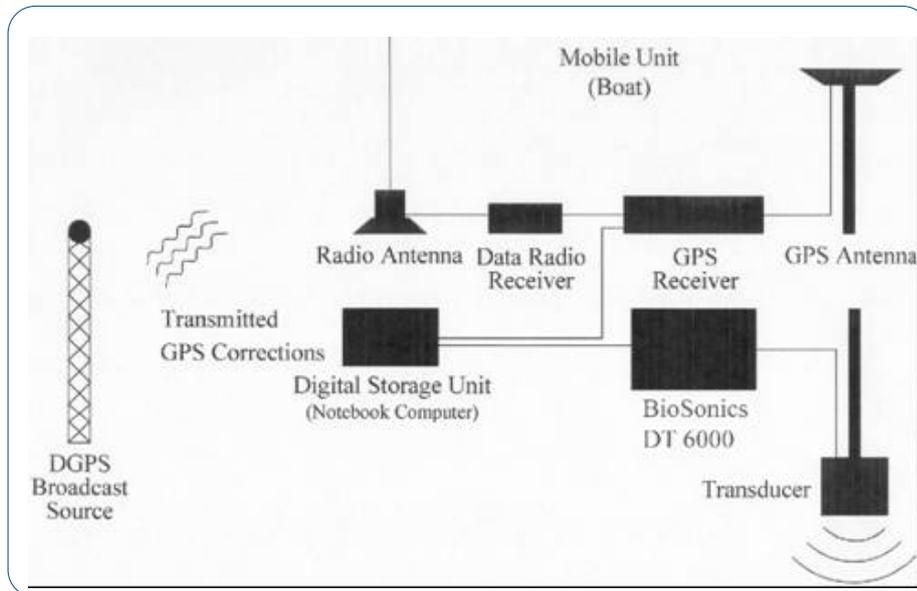


Figura 2. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico

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.





3.2.2 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 cronovariable) 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 (1977), para una comunidad de peces de embalses europeos.

3.3 Muestreos directos de pesca

3.3.1 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 m²), calada durante 12 h. El esfuerzo de muestreo se ha repartido geográficamente siguiendo una previsión de hábitats o, como se suelen denominar en este tipo de trabajos, “polos de atracción”. Esto responde a un planteamiento estratificado más que sistemático.

3.3.2 Pesca eléctrica desde embarcación

Para complementar la información aportada por las redes, se empleó la técnica de pesca eléctrica desde embarcación amparada por los permisos concedidos por la Comunidad Autónoma. Para ello se empleó un bote de aluminio de cuatro metros de eslora, propulsado por un motor de cuatro tiempos, con una instalación fija consistente en dos plumas situadas en la proa, de las que cuelgan los ánodos, y una barandilla donde se sitúan el o los operarios que recolectarán los peces. La embarcación está provista, además, de tanques oxigenados para el mantenimiento en vivo de los peces.

Mediante esta técnica se muestrearon diversos hábitats litorales de los que la información procedente de las redes o la acústica era más escasa y permitió detectar especies con menor presencia, con hábitos bentónicos y poca capacidad natatoria como el blenio de río o fraile (*Salaria fluviatilis*).

3.4 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 cubiertos 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 IV.

Para cada celda, se obtiene la densidad en ind/1 000 m³ y la biomasa en g/m² (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

EMBALSE	RIBARROJA		
	Superficie (ha)	Profundidad (m)	Volumen (hm ³)
Superficial	1 618	0-6	96
Intermedio superior	1 132	6-11	48
Intermedio inferior	-	-	-
Inferior	754	11-29	56



4 RESULTADOS

4.1 Sondeo hidroacústico: Densidades

Los recorridos móviles de ecosondeo (Lámina 2, anejo IV), han cubierto una longitud total de 64 550 m, lo que supone una densidad de 40 m/ha. Esto ha supuesto un esfuerzo notable en densidad, pero también sistemático en su reparto. De esta manera se ha limitado la incertidumbre a las reculadas y áreas someras en las que no ha sido posible navegar.

Mediante el método descrito en el apartado **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se ha obtenido una estimación de densidad en celdas de 50 m. En el ANEJO V se presenta el listado completo de las celdas de análisis para el embalse de Ribarroja, con sus coordenadas UTM, el estrato en el que se localizan, la densidad (ind/1 000m³) y biomasa (g/m²) de peces.

En el gráfico y tabla siguientes se representan la distribución de frecuencias de los valores de densidad de las celdas de análisis y los estadísticos descriptivos para cada uno de los estratos considerados. 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, para el rango 0-10.

Tabla 3. Densidad de peces por estratos (ind/1 000 m³) estimada mediante acústica (Ribarroja)

	0-6h	0-6v	Total 0-6	6-11v	11-29v
Núm. Celdas	411	691	1102	880	292
Máximo	276	877	877	693	66
Media	61,52	106,69	89,84	16,60	2,23
Desv. típ.	47	138	115	48	5

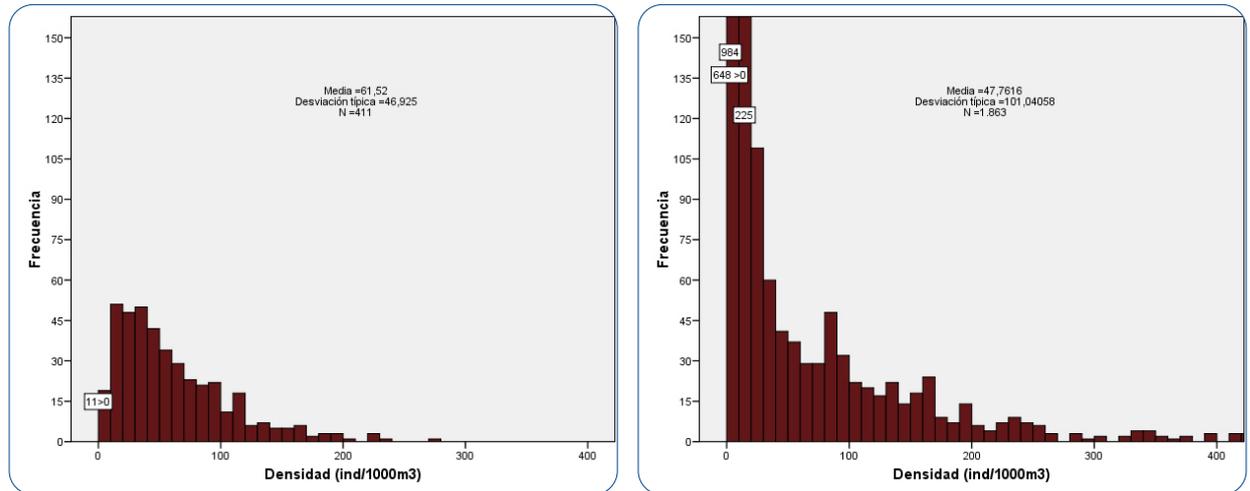


Figura 3. Distribución de frecuencias de densidad, estimada mediante ecosondeo horizontal (izq.) y vertical (dcha.).

Se aprecian unas densidades altas de peces en todos los estratos, si bien destaca el más superficial con una densidad media de casi 90 individuos por 1 000 m³. Estos valores medios se han ponderado con el volumen de cada estrato (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.), para obtener una densidad total del embalse de 40 ind/1 000 m³.

La distribución espacial de la densidad piscícola se muestra en los mapas de las láminas 4, 5 y 6 del Anejo IV. Cada uno de los mapas, a su vez, está formado por dos hojas.

La gran heterogeneidad de distribución de densidades, que van de 0 a más de 400 ind/1 000m³ en algunas de las celdas de análisis, se ve reflejada además en los mapas. Las clases de densidad empleadas, se han determinado por el método de los cuantiles, y como en este caso se pretende representar un rango de valores muy grande, se han agrupado densidades muy diferentes, como es el caso del primer grupo (0-17 ind/1 000m³). En cualquier caso, lo que sí que se puede inferir son las zonas de mayor densidad del embalse, dentro de que todo el embalse tiene densidades elevadas. Estos puntos de mayor densidad, son la cola del embalse en el río Ebro, la desembocadura del río Matarraña en Fayón y una zona intermedia, aproximadamente donde el embalse hace de frontera entre Aragón y Cataluña. Esas concentraciones de peces en las zonas de cola o de desembocadura de ríos son típicas. Sorprende en Ribarroja encontrar densidades bajas, en comparación con el resto del embalse, en la zona de desembocadura del Cinca y el Segre y en cambio densidades muy altas en zonas centrales.



4.1.1 Comparativa con el embalse de Mequinenza

Con el fin de tener una visión más global que nos permitiese valorar el estado ecológico del embalse de Ribarroja, se realizó una comparativa de densidades medias con el embalse de Mequinenza.

En la figura siguiente, se presentan las densidades medias por estratos para los dos embalses estudiados. Los estratos empleados son los definidos en la referencia. A las categorías de estratos se les ha añadido la letra “v” ó “h” para distinguir entre el ecosondeo vertical y horizontal respectivamente. Nótese la escala logarítmica del eje de ordenadas.

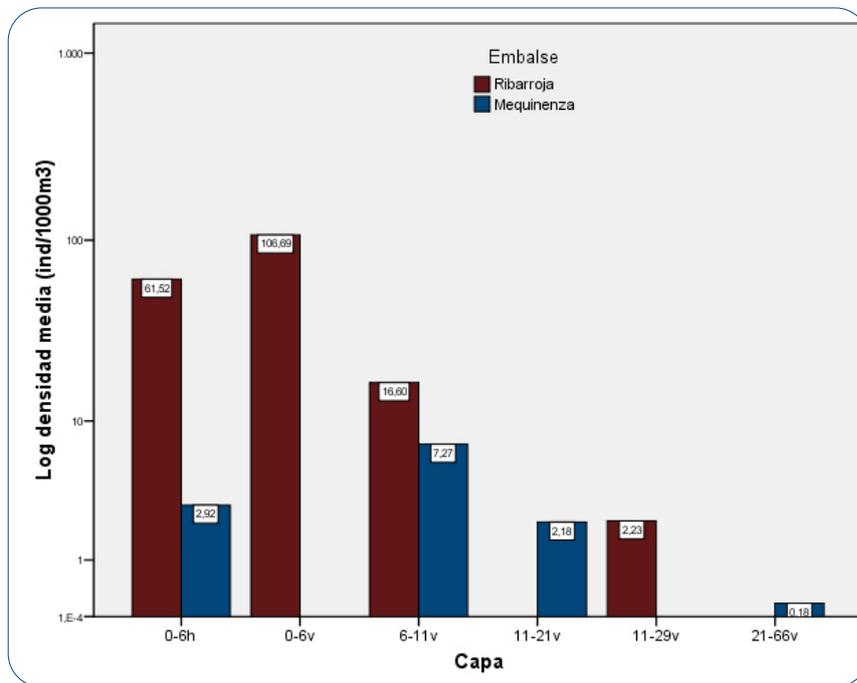


Figura 4. Densidades medias por estratos obtenidas mediante acústica

Se puede observar una gran diferencia de densidad entre ambos embalses, que se hace especialmente patente en el estrato superior. Para la capa 0-6v no hay valores en Mequinenza porque en este embalse se empleó únicamente el muestreo horizontal para caracterizar la capa superior.





4.2 Muestreos directos: Composición y biomasa específica

Los muestreos directos se han realizado mediante dos técnicas diferentes, que proporcionan información complementaria. Por un lado se han empleado redes agalleras multipaño según se describen en la norma CEN 14.757, complementadas por redes para tallas grandes, y por otro la pesca eléctrica desde embarcación.

Los detalles de cada una de las pescas se han recogido en fichas de campo. En estas fichas, facilitadas en los ANEJOS I y II, se detallan los datos relativos a cada muestreo, así como un resumen de las capturas en las que se incluyen los siguientes valores por especie y totales:

- **Capturas por unidad de esfuerzo (CPUE)**, es decir, el número de ejemplares acumulado estandarizado a 12 h de pesca y 45 m² de red multipaño (red bentónica).
- **Biomasa por unidad de esfuerzo (BPUE)**, es decir, el peso acumulado estandarizado a 12 h de pesca y 45 m² de red multipaño (red bentónica).
- **Índice de condición somática (ICF)** calculado a partir de la longitud furcal según se explica en el apartado **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Los resultados de las pescas eléctricas se presentan en el ANEJO II. Para cada punto, además del listado de capturas se presenta el porcentaje de especies en número y en biomasa, así como una serie de variables de hábitat del punto muestreado, como son la profundidad o la presencia de elementos creadores de hábitat (vegetación sumergida, macrófitos, detritos leñosos o vegetación de ribera).

4.2.1 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. Todas ellas son especies alóctonas salvo el fraile o blenio (*Salaria fluviatilis*) y la anguila (*Anguila anguila*). Su presencia, no obstante, fue meramente anecdótica y solo se capturaron mediante pesca eléctrica. Descripción de las especies de Doadrio (Doadrio, 2 001), Fishbase (www.fishbase.org) y CHEbro (CHEbro, 2009). Fotografías de Ecohydros S. L.

En el cuadro siguiente se describen las especies encontradas y se indica con qué técnica se capturaron:





Tabla 4. Especies presentes en Ribarroja y técnica de muestreo.

Nombre común	P. eléctrica	Redes
Alburno	SI	SI
Anguila	SI	
Black bass	SI	SI
Brema blanca		SI
Carpa común	SI	SI
Escardino	SI	SI
Fraile/ Blenio	SI	
Lucioperca	SI	SI
Perca sol	SI	
Rutilo	SI	SI
Siluro	SI	SI

4.2.1.1 Black Bass o perca americana (*Micropterus salmoides* Lacepède, 1 802)

Especie introducida en 1 955 para la pesca deportiva, procedente del este y sur de los Estados Unidos y norte de Méjico. Se ha aclimatado bien en los embalses españoles.

Alcanza los 400 mm de longitud total. Es un activo depredador de hábitos sedentarios que se alimenta de invertebrados, anfibios y peces.

Selecciona con preferencia las zonas de poca corriente y vegetación densa. La puesta es abundante (entre 10 000 y 11 000 huevos) y se realiza a finales de la primavera en fondos arenosos, en agujeros excavados por el macho y que vigila hasta después de la eclosión. Los individuos que viven en los embalses no realizan migraciones para reproducirse fuera del mismo sino que buscan zonas apropiadas dentro de sus límites y no se alimentan durante el periodo reproductivo.

Es un pez bastante sedentario que muestra preferencia por aguas relativamente tranquilas, cálidas y claras. Su dieta es más ictiófaga a medida que alcanza tamaños mayores.



Ilustración 3. Black Bass (*Micropterus salmoides* Lacepède, 1 802)

4.2.1.2 Carpa (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1 758)

Es la especie íctica introducida de mayor difusión en la península Ibérica. Se asume que una relicta población salvaje del Danubio es el origen de las poblaciones europeas. Puede alcanzar considerables dimensiones de hasta 1 m de longitud y 40 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.

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.



Ilustración 4. Carpa (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1 758)

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 (1 992). Está declarada como especie objeto de pesca en el R.D. 1 095/89 y como especie comercializable en el R.D. 1 118/89. 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.



4.2.1.3 *Lucioperca (Sander lucioperca Linnaeus, 1 758)*

Es una especie del centro y este de Europa, introducida en España en la década de los noventa del siglo XX, para pesca deportiva.

Se trata de un pez voraz, de agua dulce y hábitos pelágicos (1 a 30 m de profundidad), del que se han llegado a relatar tallas de 130 cm y 20 kg.

Habita aguas tranquilas y turbias, de fondos preferentemente rocosos. Los jóvenes se alimentan de crustáceos y los adultos de peces exclusivamente. En primavera asciende por los ríos buscando aguas corrientes para la freza, cuando la temperatura alcanza 11°C. Los huevos quedan adheridos al sustrato, que también puede ser vegetación acuática.

Tiene un cuerpo alargado, color verdoso en el dorso y bandas transversales, con maxilar largo y boca armada de fuertes dientes, dos aletas dorsales, la primera de ella con 13 a 15 radios espinosos, y una aleta anal bastante larga.

No está catalogado en el Libro Rojo de la UICN, y podría representar un problema como plaga potencial.



Ilustración 5. *Lucioperca (Sander lucioperca Linnaeus, 1 758)*



En los embalses de Mequinenza y Ribarroja se trata, junto al siluro, de la principal especie objeto de pesca deportiva, pese a lo cual mantiene unas poblaciones relativamente abundantes en ambos embalses.

4.2.1.4 Alburno (*Alburnus alburnus* Linnaeus, 1 758)

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 en la década de los noventa. Se distribuye por la cuenca del Ebro y otros ríos Mediterráneos.



Ilustración 6. Alburno (*Alburnus alburnus* Linnaeus, 1 758)



4.2.1.5 Anguila (*Anguilla anguilla* Linnaeus, 1 758)

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. Piel recubierta de mucosa con pequeñas escamas alargadas hendidas en la piel. Coloración variable, ya que el dorso puede ofrecer tonalidades negruzcas, verdosas o amarillentas, mientras que la zona ventral es blanquecina o amarillenta. Según se acerca la fase madura toma unas tonalidades plateadas. Presentan una mandíbula inferior prominente con respecto a la superior.

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.



Ilustración 7. Anguila (*Anguilla anguilla* Linnaeus, 1 758)

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 corriente del Golfo juega un papel decisivo en estas migraciones pasivas. El viaje atlántico puede durar de 3 a 7 años, dependiendo del lugar de destino. La larva leptocéfala sufre una transformación a angula 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 planteamiento que corresponde al inicio de la maduración sexual.

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.

Las amenazas que afectan la supervivencia de la anguila son la sobrepesca en las desembocaduras de los ríos, la construcción de grandes presas y la contaminación de estuarios.

Su presencia en el embalse de Ribarroja se debe probablemente a que es empleada habitualmente, a pesar de su prohibición, como cebo vivo para la captura del siluro.

4.2.1.6 Brema blanca (*Abramis bjoerkna* Linnaeus, 1 758)

Especie alóctona de naturaleza gregaria y poblaciones pequeñas. De talla media, no suele sobrepasar los 25 cm de longitud total, aunque se han llegado a citar ejemplares de 36 cm y 1 kg de peso. Característica de aguas estancadas en lagos y pantanos aunque puede presentarse en ríos de aguas lentas. Suele formar cardúmenes en primavera y verano, mientras en invierno se separan para hibernar. Se alimenta de pequeños invertebrados bentónicos, larvas de insectos y plantas. Los juveniles se alimentan de zooplancton.

La reproducción se da durante los meses de Mayo y Julio. La madurez sexual se alcanza a los tres años en los machos y a los cuatro en las hembras. Las hembras depositan sobre el substrato de 17 000 a 109 000 huevos. Estos son de tamaño pequeño y su diámetro oscila alrededor de 2 mm. La incubación dura entre cuatro y seis días.

Se extiende en Europa desde los Pirineos hasta los Urales. Falta en las penínsulas mediterráneas. En España se introdujo en la década de los 90 y su bajo interés a nivel deportivo o comercial hace inexplicable los motivos de su introducción.

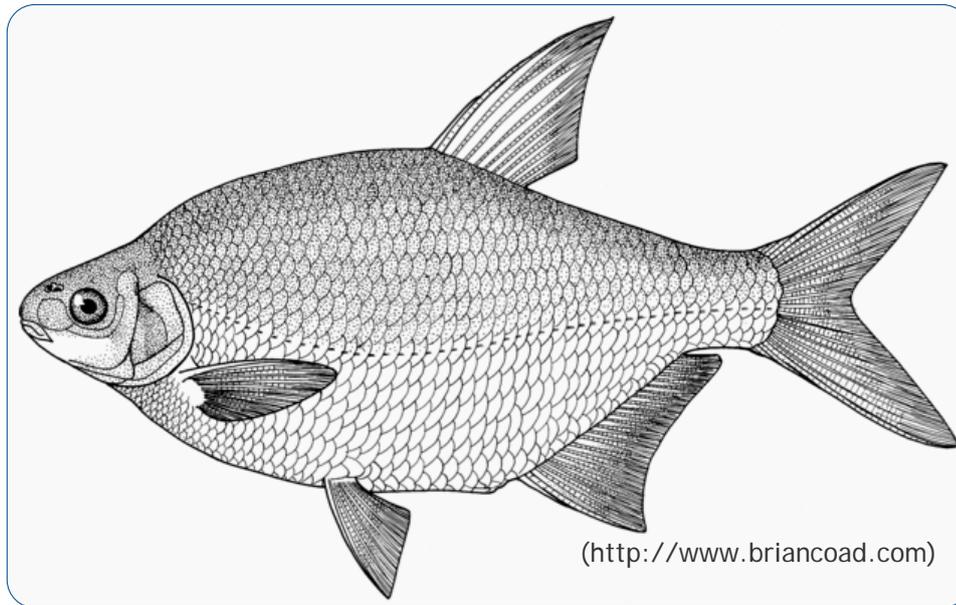


Ilustración 8. Brema blanca (*Abramis bjoerkna* Linnaeus, 1 758)

4.2.1.7 Escardino o Gardí (*Scardinius erythrophthalmus* Linnaeus, 1 758)

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 sustrato 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 9. Escardino o Gardí (*Scardinius erythrophthalmus* Linnaeus, 1 758)

4.2.1.8 Fraile o Blenio (*Salaria fluviatilis* Asso, 1 801)

Pez de pequeño tamaño que no suele alcanzar los 150 mm. Las aletas dorsal y anal son largas y recorren la mayor parte del cuerpo: la primera de ellas tiene 17-20 radios ramificados y las segunda 18-20. La aleta caudal tiene un perfil distal convexo. El cuerpo está desprovisto de escamas y la línea lateral es muy patente. Encima del ojo hay un pequeño tentáculo y la boca presenta dientes sobre las dos mandíbulas. En los machos hay una cresta cefálica muy desarrollada durante el periodo de celo.

Las poblaciones de esta especie antes eran localmente abundantes pero se han reducido considerablemente en los últimos años.

En la mayor parte de su área de distribución frecuente ríos con algo de corriente. Sin embargo en España puede vivir en aguas quietas y turbias siempre que disponga de piedras donde puedan realizar la puesta. La alimentación es generalista y tienden a consumir un gran número de presas diferentes dependiendo de la disponibilidad del alimento en el río. Pero normalmente es zoófaga basada en insectos e incluso en pequeños peces.

La hembra pone alrededor de 500 huevos que son vigilados por el macho. El macho mantiene la ventilación de las puestas mediante una agitación de las aletas pectorales y movimientos ondulatorios de la aleta dorsal. Las puestas se adhieren a la parte inferior de las piedras las

cuales son seleccionadas por los machos entre aquellas de mayor tamaño. Las hembras fraccionan la freza en un periodo de un mes. La reproducción en primavera la realizan los individuos de más edad y de esta forma se incrementa el éxito de la puesta. La reproducción del verano es realizada por los individuos más jóvenes y no ofrece tanta garantía de supervivencia. En España se reproduce entre los meses de Abril y Agosto.

Sus principales amenazas son la introducción de especies exóticas y las modificaciones generadas por el hombre en los cauces fluviales.



Ilustración 10. Fraile o Blenio (*Salaria fluviatilis* Asso, 1 801)

4.2.1.9 Perca sol (*Lepomis gibbosus* Linnaeus, 1 758)

Pez de tamaño pequeño que no suele sobrepasar los 25 cm de longitud, aunque se conocen ejemplares de 40 cm y 630 g de peso. El cuerpo es aplanado lateralmente y con un colorido muy vistoso.

Sus poblaciones se encuentran en expansión. Habita lagunas y tramos de ríos con escasa profundidad, corriente lenta y densa vegetación acuática. Soporta bien la falta de oxígeno y las altas temperaturas. Son voraces depredadores de invertebrados, huevos y pequeños peces. Sin embargo, los ejemplares de menos de 10 cm suelen presentar una alimentación exclusivamente entomófaga.



Frezan entre mayo y julio, en pequeños hoyos excavados en zonas de fondo arenoso o gravilla. Los machos vigilan la puesta (600-5 000 huevos por hembra) y los alevines.

Nativo de Norteamérica. En España se cree que fue introducido a principios del siglo XX desde USA, pero en localidades muy controladas no siendo hasta la década de los 80 cuando se empiezan a introducir de forma indiscriminada. En la actualidad se extiende por casi todas las cuencas fluviales.



Ilustración 11. Perca sol (*Lepomis gibbosus* Linnaeus, 1 758)

4.2.1.10 Rutilo (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1 758)

Es una especie de talla media que no suele sobrepasar lo 40cm 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 plantas. 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, 1 758)

4.2.1.11 Siluro (*Silurus glanis* Linnaeus, 1 758)

Pez de gran talla que suele alcanzar los 2,5 m de longitud total y más de 100 kg de peso. Las tallas máximas conocidas superan los 5 m de longitud y 300 kg de peso.

Poblaciones en incremento debido a su interés deportivo y porque los ejemplares capturados se suelen retornar al agua. Vive en aguas tranquilas y profundas. Es frecuente en grandes embalses. Los ejemplares adultos se alimentan por la noche de pequeños vertebrados acuáticos.

La puesta tiene lugar entre mayo y junio.

Es una especie originaria del Este de Europa, Asia Central y Asia menor. En España fue introducido en la cuenca del Ebro en 1 974, embalses de Mequinenza y Ribarroja. Debido a sus hábitos depredadores y gran tamaño constituye un serio peligro para las poblaciones de peces autóctonos y otros vertebrados.



Ilustración 13. Siluro (*Silurus glanis* Linnaeus, 1758)

4.2.2 Composición y distribución de las especies presentes

4.2.2.1 Capturas con redes

El total de capturas con redes fue de 3 541 peces con un peso total de 224 kg, lo que supone 1 995 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 58 kg de BPUE (biomasa por unidad de esfuerzo). Se emplearon un total de 26 redes en 410 horas de pesca (192 unidades de esfuerzo).

Para el estudio de la composición y biomasa de las tallas grandes (mayores de 45 cm), que corresponden principalmente a carpas y luciopercas, se han empleado los resultados de las redes monofilamento_4 y del trasmallo (ver descripción en la [referencia](#)). Esto se justifica porque se ha comprobado que las redes estándar subestiman las tallas grandes en embalses con comunidades de peces de gran tamaño y por este mismo motivo se han desarrollado unas nuevas redes estándar extendidas que incorporan 4 paños más de 10 metros de longitud cada uno de luces grandes (Kubecka, comunicación personal). En la figura siguiente se muestra un diagrama de cajas de las longitudes de luciopercas capturadas mediante



las distintas artes. Puede observarse que aproximadamente 450 mm es la talla que separa las capturas las redes estándar (CEN) de las capturas de las redes monofilamento_4 y trasmallo.

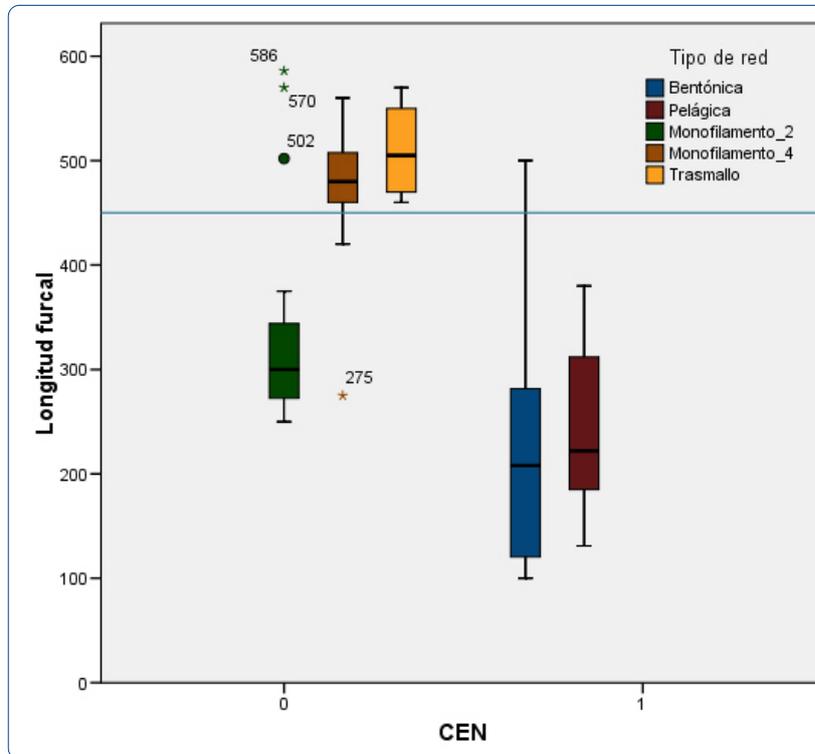


Figura 5. Diagrama de cajas de las capturas de luciperca con diferentes artes

En la tabla se facilitan los resultados agregados por especies de los muestreos con redes: se han capturado un total de 6 especies diferentes, de las que ninguna es autóctona.



Tabla 5. Resultados de las pescas con redes.

	Black bass	Carpa común	Alburno	Rutilo	Escardino	Lucioperca	Siluro	Brema	Total
Capturas*	1	5	2 755	589	65	124	1	1	3 541
CPUE	1	1	1 672	250	30	40	0	0	1 995
% CPUE	0%	0%	84%	13%	2%	2%	0%	0%	100%
PF total (g)	325	72 504	19 486	52 765	20 544	57415	565	697	224 302
BPUE (g)	235	13 439	11 786	15 797	8 158	8 324	17	261	58 019
% BPUE	0%	23%	20%	27%	14%	14%	0%	0%	100%
Long. Media (mm)	275	844	89	149	224	311	420	300	110
Peso medio (g)	325	14 501	7	90	316	463	565	697	63
ICF medio	1,563	2,370	0,905	1,573	1,931	0,895	0,763	2,581	1,298

*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

Long. media: Longitud furcal media en mm

Peso medio: expresado en g

ICF medio: Índice de condición furcal medio obtenido como se explica en el apartado ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..



La especie más abundante de las capturadas ha sido el alburno con un 84% de las CPUE, seguida por el rutilo. Ambas especies suponen el 97 % de las CPUE del embalse. La especie depredadora más abundante es la lucioperca tanto en CPUE como en BPUE.

En lo que respecta a la biomasa, la comunidad parece estar mucho más equilibrada, tomando un papel importante la carpa, con grandes pesos medios. Dominan, no obstante, junto a la carpa, las mismas especies de ciprínidos a los que se les une el escardino, que pese a su baja proporción en capturas, tiene una contribución importante a la biomasa, debido al elevado tamaño medio de los individuos capturados.

El black bass, por su parte, se trata de una especie con fuerte preferencia por hábitats litorales con vegetación o detritos vegetales y con poca tendencia a quedar atrapado en las redes de muestreo. Su población queda mejor caracterizada mediante la pesca eléctrica.

La presencia de la brema blanca es anecdótica ya que se obtuvo únicamente una captura. Ésta y quizá alguna otra especie que no se detectara, son fruto de introducciones ilegales que afortunadamente no siempre llegan establecerse.

En cuanto a las poblaciones de siluros, parecen estar infraestimadas mediante la pesca con redes ya que únicamente se pescó un individuo de tamaño medio (42 cm) y ninguno de gran tamaño. Esto puede ser debido al propio comportamiento del pez, de hábitos bentónicos y movimientos lentos, que junto con las largas barbillas bucales le permiten evitar los engaños.

Las siguientes figuras presentan los histogramas de capturas por clases de talla de 5 mm por grupos de especies. Se han representado por separado los histogramas correspondientes al alburno y el rutilo que son las especies dominantes (nótese la diferencia de escala de los ejes de ordenadas de la

Figura 6).



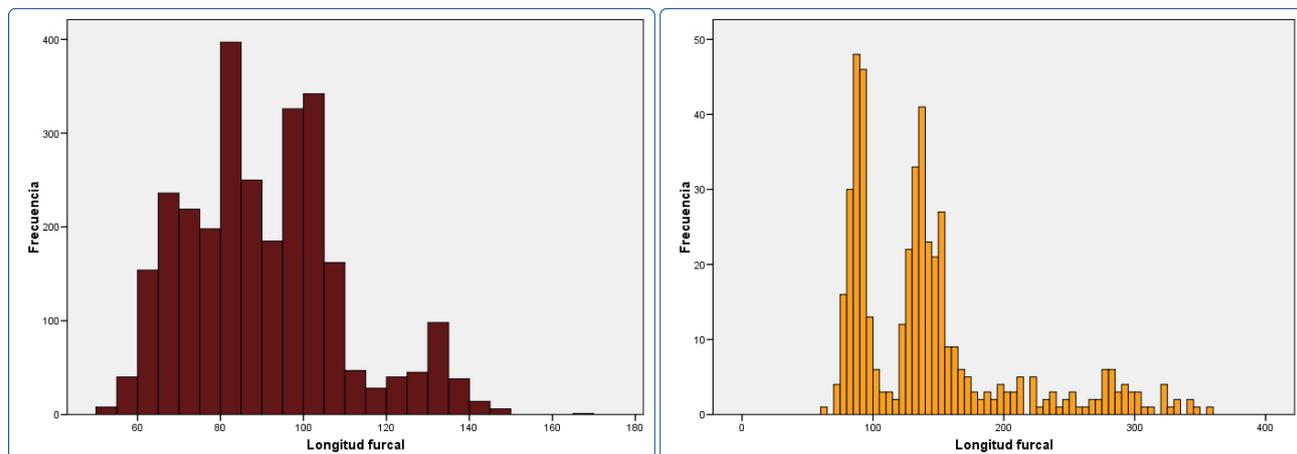


Figura 6. Histograma de frecuencias correspondientes al alburno (izq.) y rutilo (dcha.)

Queda patente, de nuevo, cómo está la comunidad fuertemente dominada por alburnos y en segundo lugar por rutilos. Ambos muestran varias modas correspondientes a las diferentes clases de edad (Alburno: 80, 100 y 130 mm y Rutilo: 85, 140, 230 y 280 mm). La Lucioperca (Figura 7) presenta, igualmente, tres clases de edad bien definidas, en torno a 120, 300 y 500. En el caso del escardino, pese a no presentar unas modas nítidas, si que se pueden apreciar unos máximos en el histograma en torno a 160, 220 y 320 mm.

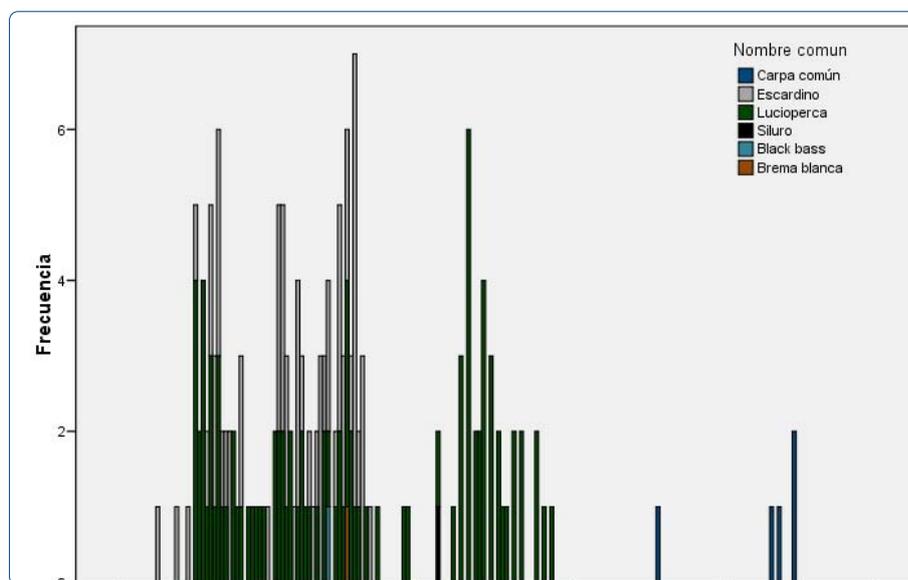


Figura 7. Histograma de frecuencias correspondientes al resto de especies





4.2.2.2 Capturas con pesca eléctrica

Se realizaron prospecciones con pesca eléctrica en un total de 63 puntos, 51 de ellos litorales y 12 en aguas libres. El esfuerzo se centró en las zonas litorales ya que el objetivo de la pesca eléctrica y donde se muestra efectiva es en dichas zonas. No obstante cabe señalar que para aguas libres, se obtuvieron resultados semejantes a los de las redes en cuanto a la dominancia del alburno y codominancia del rutilo (Tabla 6)

En lo referente al estudio de zonas litorales, cambia el panorama de especies, siendo el rutilo la más abundante seguido por el alburno. Por otro lado, aparecen nuevas especies en la comunidad litoral, el fraile, la percasol y la anguila y otras toman más importancia como el black bass, la carpa o el siluro, estas dos últimas especialmente en biomasa.





Tabla 6. Resultados de las pescas eléctricas

		Black bass	Carpa	Alburno	Rutilo	Gardí	Lucio perca	Fraile	Siluro	Perca sol	Anguila	Total
Aguas Libres	Capturas*	5		146	33	2						186
	% Capturas	3%	0%	78%	18%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
	PF total (g)	1554		1220	352	26						3152
	% Biomasa	49%	0%	39%	11%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
	L. furcal (mm)	245		94	88	97						97
	Peso medio (g)	311		8	11	13						17
	ICF medio	1,644		0,834	1,326	1,399						0,991
Litoral	Capturas	45	10	351	609	11	8	3	4	27	1	1069
	% Capturas	4%	1%	33%	57%	1%	1%	0%	0%	3%	0%	100%
	PF total (g)	6510	47760	2582	13373	806	1834	19	13697	211	648	87438
	% Biomasa	7%	55%	3%	15%	1%	2%	0%	16%	0%	1%	100%
	L. furcal (mm)	184	563	89	106	117	194	70	615	70	610	110
	Peso medio (g)	145	4776	7	22	73	229	6	3424	8	648	82
	ICF medio	1,520	2,630	0,815	1,413	1,452	0,823	1,398	0,705	1,852	0,285	1,228

* Ver descripción de los términos en apartado 4.2.2.1

4.2.2.3 Relación longitud-peso

En la Figura 8 se ha representado la nube de puntos que relaciona la longitud con el peso de las capturas, tanto con redes como con pesca eléctrica. Se han representado las diferentes especies mediante colores. Se pueden apreciar distintas líneas de tendencia correspondientes a cada una de las especies, especialmente claro es el caso de las tallas grandes, donde se puede observar que para la misma longitud, una carpa tiene un peso del doble que una lucioperca. Para los individuos de los que no se disponía de peso tomado en campo, se calculó éste mediante una regresión desarrollada para esa especie para el embalse de Ribarroja a partir de las capturas pesadas.



Para su uso en el cálculo de biomásas a partir de los datos acústicos, la ecuación media obtenida para el conjunto de especies es:

$$\text{Peso (g)} = 0,0056 \times \text{Long (cm)}^{3,3016}$$

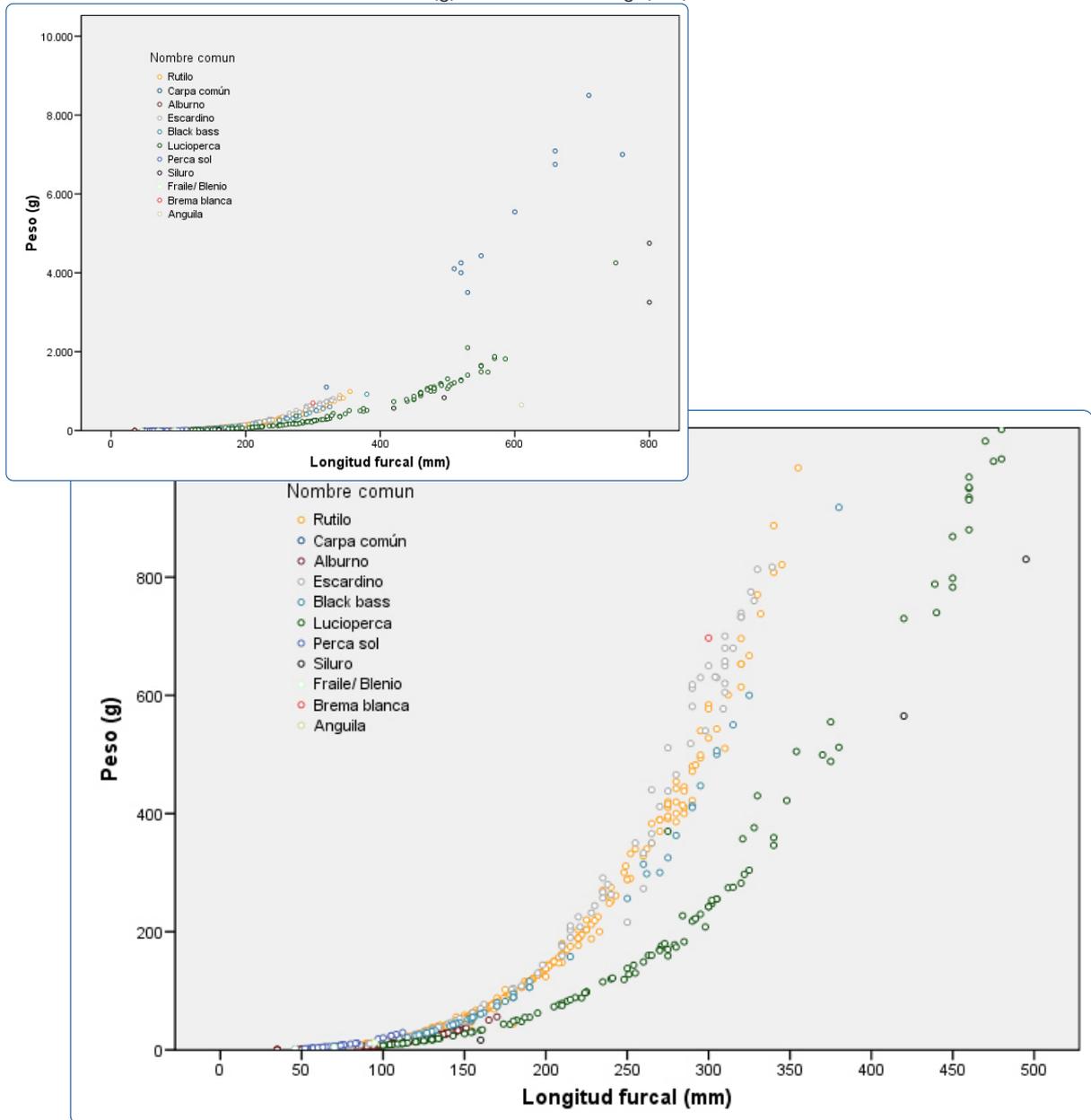


Figura 8. Relación longitud-peso de las especies presentes en Ribarroja



4.3 Biomasa piscícola

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 primer lugar, para la obtención de biomazas por celdas de análisis, se emplea la relación longitud-peso obtenida para este embalse y presentada en el apartado 4.2.2.3.

Las biomazas medias de ambos embalses, para los distintos estratos, se muestran en el siguiente gráfico (obsérvese que el eje de ordenadas está en escala logarítmica)

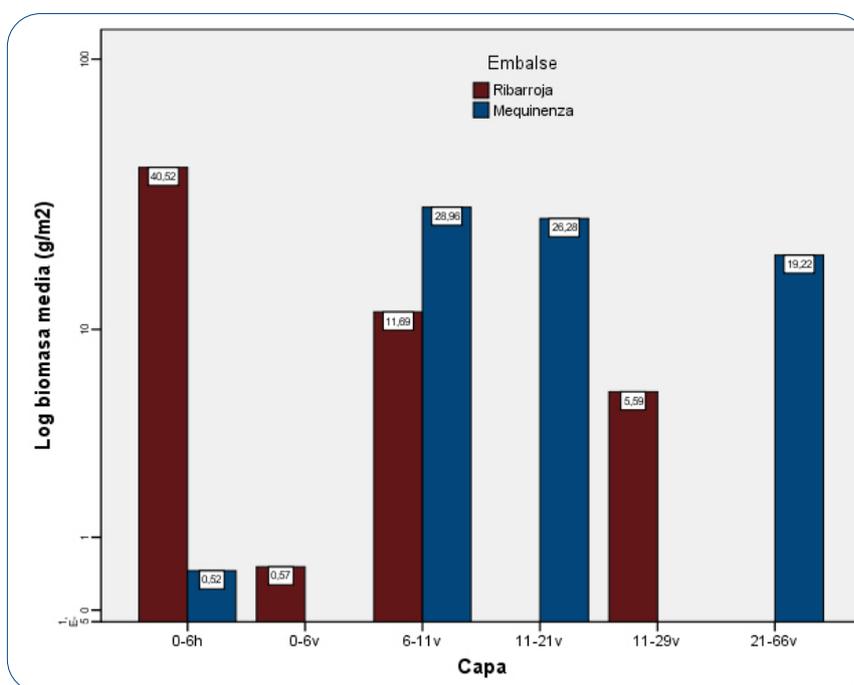


Figura 9. Biomazas medias por estratos obtenidas mediante acústica

Al comparar este gráfico con el de la Figura 4, en el que se muestran las densidades en ambos embalses, se aprecia que si bien Ribarroja tenía densidades mucho más altas que Mequinenza, en lo referente a biomasa están parejos aunque la distribución en profundidad difiere.

En la tabla se presentan los resultados del análisis de biomazas por celdas en el embalse de Ribarroja. Se observa que siguen un patrón parecido al de las densidades (Tabla 3), siendo superior en el primer estrato y reduciéndose con la profundidad.



Tabla 7. Biomasa de peces por estratos (g/m^2), estimada mediante acústica (Ribarroja)

	0-6h	0-6v	Total 0-6	6-11v	11-29v
Núm. Casos	411	691	1102	880	292
Máximo	220	52	220	3904	393
Media	40,52	0,57	15,47	11,69	5,59
Desv. típ.	41	3	32	175	33

Se ve que se sigue el mismo patrón vertical con biomazas superiores en el primer estrato que se reducen con la profundidad, sin embargo, el gradiente no es tan fuerte como en caso de las densidades, apuntando que los peces de mayor tamaño se encuentran en las capas inferiores. Esto es consistente con las especies encontradas, ya que los peces de mayor tamaño son carpas y siluros de hábitos bentónicos.

La biomasa media del embalse puede calcularse ponderando las biomazas de cada estrato por el volumen de cada uno, con lo que se obtiene una biomasa media de $12 \text{ g}/\text{m}^2$, o lo que es lo mismo $120 \text{ kg}/\text{ha}$. Este valor se encuentra en el rango alto de los embalses españoles.

Los mapas presentes en las laminas 7-9 (Anejo IV) muestran la distribución espacial de las biomazas.

El patrón de reparto espacial de la biomasa en el embalse de Ribarroja, es bastante desigual y no coincide con el de las densidades. Las mayores biomazas se observan el estrato superior (lámina 7) en la zona de cola del embalse y, aunque en menor medida, en la desembocadura del Cinca y Segre.

En los estratos intermedio (Lámina 8) e inferior (Lámina 9), las altas biomazas son puntuales y se localizan en ambos casos, en el cuerpo del embalse un poco aguas abajo de la desembocadura del Cinca.



4.4 Densidad y biomasa por especies

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

En el cuadro siguiente se presentan las densidades (ind/hm³) y las biomasa (kg/ha) repartidas por especies, además se estima a partir de las superficies y volúmenes un número de individuos y una biomasa total (kg) de cada especie.

Del siluro no se presentan datos por ser manifiestamente inferiores a la realidad, debido a la baja capturabilidad de esta especie.

Tabla 8. Densidades y biomasa por especie en Ribarroja

	Black bass	Carpa común	Alburno	Rutilo	Escardino	Lucioperca	Brema blanca	Total
Densidad (ind/hm ³)	17	21	40 012	5 993	724	955	9	47 732
Biomasa (kg/ha)	0,5	27,3	24,0	32,1	16,6	16,9	0,5	118,0
Num total de individuos	3 463	4249	8 002 334	1 198 601	144 790	190 928	1795	9 546 306
Biomasa total (kg)	774	44 212	38 776	51 972	26 839	27 386	860	190 876



5 RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se ha aplicado en el embalse de Ribarroja un conjunto de técnicas de muestreo para obtener una figura lo más fidedigna posible de las comunidades de peces en dichos embalses, mediante la combinación de técnicas de prospección hidroacústica con muestreos directos utilizando redes agalleras multipaño y pesca eléctrica.

La comunidad de peces del embalse está formada por las siguientes especies: alburno (*Alburnus alburnus*), black bass (*Micropterus salmoides*), carpa (*Cyprinus carpio*), escardino (*Scardinius erythrophthalmus*), blenio (*Salaria fluviatilis*), perca sol (*Lepomis gibbosus*), rutilo (*Rutilus rutilus*), siluro (*Silurus glanis*), brema blanca (*Abramis bjoerkna*) y anguila (*Anguilla anguilla*).

Las únicas especies autóctonas presentes son el blenio y la anguila y su presencia es anecdótica, se capturaron únicamente mediante pesca eléctrica.

Las densidades en el embalse de Ribarroja son muy elevadas (48 ind/1 000m³), ya que se dan las condiciones adecuadas para que esto suceda: Elevada eutrofización; niveles del agua muy constantes, con la consecuente proliferación de macrófitos y el desarrollo de vegetación de ribera; y, por último, la presencia de especies alóctonas perfectamente adaptadas a medios lénticos, con tasas de reproducción muy elevadas y que forman grandes cardúmenes, principalmente rutilos y alburnos. Las mayores concentraciones de peces se dan en el estrato superficial (0-6 m), en la desembocadura del río Matarraña, zona central del embalse y cerca de la presa.

Las especies dominantes en el embalse son el rutilo y el alburno. Siendo la especie más abundante la segunda. La comunidad litoral de Ribarroja, estimada mediante pesca eléctrica, muestra dominancia del rutilo. La principal especie depredadora es la lucioperca, con una alta abundancia relativa.

No ha sido posible caracterizar con precisión las poblaciones de siluro debido a la baja capturabilidad de la especie en las redes, quedando subestimada en las capturas. La pesca eléctrica se ha mostrado más eficaz en el muestreo de esta especie, sin embargo está restringida a las zonas litorales. Las técnicas que parecen más apropiadas para la estimación de las densidades de estos grandes peces bentónicos son las técnicas acústicas que permitan distinguir las formas de los peces, como las ecosondas multihaz de alta frecuencia o el sonar de barrido





lateral que, además, resuelven un volumen muestral mayor ya que se trata de ejemplares aislados y escasos, en comparación con otras especies.

La biomasa de peces por unidad de superficie, es muy elevada en el embalse (Ribarroja 118 kg/ha), dato que nos indica la presencia de grandes peces en este embalse, especialmente en el estrato inferior.

Las especies dominantes en biomasa, son las mismas que en densidad, pero se les unen las especies que sin ser tan abundantes, tienen un tamaño medio elevado: carpa, lucioperca y escardino.

Como conclusión, se puede decir que se trata de una "comunidad centroeuropea", dominada por pequeños ciprínidos gregarios, alburnos y rutilos y su principal predador, la lucioperca. Siluros y carpas juegan un papel importante, con sus grandes tamaños, en la biomasa de la comunidad. El resto de especies, conviven con las anteriores pero su importancia es mucho menor. Las especies autóctonas, prácticamente han desaparecido.

El embalse de Ribarroja, ha llegado a un punto en el que el desarrollo de especies alóctonas es tal, que la vuelta a un sistema formado especies autóctonas se hace imposible, desde el punto de vista biológico y desde el punto de vista social o político, teniendo en cuenta las circunstancias socioeconómicas que rodean al recurso pesquero.

Ecohydros, S.L.

19 de diciembre de 2 008





6 REFERENCIAS

Balk and Lindem (2 007). Sonar4 and Sonar5 post processing systems, Operator manual version 5.9.7, 420p. Lindem Data Acquisition Humleveien 4b. 0870 Oslo Norway

CEN 14757:2005. Water quality - Sampling of fish with multi-mesh gillnets.

CHEbro (2 007). 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.

Fishbase (2 009). .<http://www.fishbase.org/search.php>

Love, RH.(1997) Target strength of an individual fish at any aspect. J. Acoust. Soc. Am. 62, 1397-403

