



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 II: ESTUDIO CENSAL DE LAS COMUNIDADES DE PECES EN EL EMBALSE DE MEQUINENZA



Santander, 19 de diciembre de 2 008

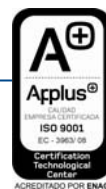
Ref. EC07038_L_T2_vD





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 II: ESTUDIO CENSAL DE LAS COMUNIDADES DE PECES EN EL EMBALSE DE MEQUINENZA







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 II: ESTUDIO CENSAL DE LAS COMUNIDADES DE PECES EN EL EMBALSE DE MEQUINENZA

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	11
4.1	Sondeo hidroacústico: Densidades _____	11
4.1.1	<i>Comparativa con el embalse de Ribarroja</i>	<i>12</i>
4.2	Muestreos directos: Composición y biomasa específica _____	13





4.2.1	Descripción de las especies presentes en el embalse.....	14
4.2.2	Composición y distribución de las especies presentes	26
4.3	Biomasa piscícola	31
4.4	Densidad y biomasa por especies	32
5	RESUMEN Y CONCLUSIONES	34
6	REFERENCIAS	36

Relación de Ilustraciones

Ilustración 1.	Vista del embalse de Mequinzenza	3
Ilustración 2.	Calado de redes nórdicas por personal especializado.....	9
Ilustración 3.	Black Bass (<i>Micropterus salmoides</i> Lacepède, 1 802).....	15
Ilustración 4.	Carpa (<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1 758)	16
Ilustración 5.	Lucioperca (<i>Sander lucioperca</i> Linnaeus, 1 758)	18
Ilustración 6.	Alburno (<i>Alburnus alburnus</i> Linnaeus, 1 758).....	19
Ilustración 7.	Barbo de Graells (<i>Barbus graellsii</i> Steindachner, 1 866).....	20
Ilustración 8.	Escardino o Gardí (<i>Scardinius erythrophthalmus</i> Linnaeus, 1 758).....	21
Ilustración 9.	Fraile o Blenio (<i>Salaria fluviatilis</i> Asso, 1 801).....	22
Ilustración 10.	Perca (<i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1 758).....	23
Ilustración 11.	Perca sol (<i>Lepomis gibbosus</i> Linnaeus, 1 758).....	24
Ilustración 12.	Rutilo (<i>Rutilus rutilus</i> Linnaeus, 1 758)	25
Ilustración 13.	Siluro (<i>Silurus glanis</i> Linnaeus, 1 758).....	26

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.).....	11
Figura 4.	Densidades medias por estratos obtenidas mediante acústica.....	13
Figura 5.	Histograma de capturas en Mequinzenza	28





Figura 6. Histograma de capturas en Mequinenza (excluyendo alburno y rutilo) 28

Figura 7. Relación longitud-peso de las especies presentes en Mequinenza 30

Figura 8. Biomásas medias por estratos obtenidas mediante acústica 31

Relación de Tablas

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

Tabla 2. Caracterización de los estratos de profundidad definidos en el embalse de Mequinenza. 10

Tabla 3. Densidad de peces por estratos (ind/1 000 m³) estimada mediante acústica. 12

Tabla 4. Especies presentes en Mequinenza y técnica de muestreo. 14

Tabla 5. Resultados de las pescas con redes (Mequinenza) 26

Tabla 6: Resultados de las pescas eléctricas (Mequinenza) 29

Tabla 7. Biomasa de peces por estratos (g/m²) estimada mediante acústica (Mequinenza)..... 32

Tabla 8. Densidades y biomásas por especie en Mequinenza..... 33

Relación de ANEJOS

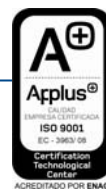
ANEJO I. RESULTADOS DE LAS PESCAS CON REDES EN MEQUINENZA A

ANEJO II. RESULTADOS DE LAS PESCAS ELÉCTRICAS EN MEQUINENZA B

ANEJO III. RESULTADOS DE HIDROACÚSTICA EN MEQUINENZA C

ANEJO IV. MAPAS DE MEQUINENZA D







Créditos

Dirección del Estudio

Concha Durán Lalaguna (Confederación Hidrográfica del Ebro)

Autor

Agustín Monteoliva (Ecohydros, S.L.)

Participantes

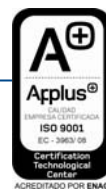
Gonzalo Alonso de Santocildes Marañón (Ecohydros, S.L.)

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 Mequinenza, situado en el río Ebro, a su paso por el municipio de Mequinenza en la provincia de 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*) y siluro (*Silurus glanis*). Además, se encontró perca (*Perca fluviatilis*) y un ejemplar de barbo de Graells (*Barbus graellsii*).

La densidad media de peces obtenida es de 3 individuos/1000m³, valor bajo para un embalse de carácter eutrófico. Esto supone en términos de abundancia absoluta, aproximadamente, 3,5 millones de individuos.

Sin embargo, la biomasa de peces estimada en el embalse es de 140 kg/ha, que es un valor elevado, propio de embalses eutrofizados, superior al de Ribarroja pese a que la densidad es muy inferior a la de éste; la menor contribución de peces pequeños (alburnos y rutilos) explica esta aparente discordancia. Estas cifras suponen un stock instantáneo, es decir, en el momento del muestro, que supera las 850 t.

A diferencia de lo observado en Ribarroja, las mayores concentraciones de peces no se han detectado en el estrato más superficial de aguas libres (no litorales), sino en el que se ubica entre los 6 y 11 metros de profundidad, debido a que no se presentan en superficie densos bancos de alburnos, como en aquél. En este estrato subsuperficial, la distribución longitudinal responde al patrón característico de empobrecimiento de las poblaciones en el tránsito de cola hacia cabecera, mientras que en los demás estratos de profundidad no se observa esta pauta. No obstante, especialmente en los estratos profundos, existen focalizaciones de biomasa que se deben a la presencia de siluros en determinados lugares del embalse, con aparente preferencia por ciertas fronteras entre ensenadas y el tronco principal del embalse.





Pese a que alburno y rutilo sean las especies dominantes en número, como en el embalse de Ribarroja, en este caso el rutilo es claramente dominante y casi duplica en efectivos a aquél. Entre ambas especies suman el 83% de las capturas con red. Otros ciprínidos que aparecen de forma más esporádica son el escardino o gardí, la carpa y de forma muy escasa el barbo de graells. En la familia de los pércidos aparece en este embalse la perca de río, además de la lucioperca.

La ictiofauna de depredadores es enteramente alóctona (lucioperca, siluro y black-bass) y está dominada por la lucioperca en aguas abiertas y siluro en zonas más litorales, si bien se sospecha que los efectivos de siluro están subestimados con las técnicas empleadas y de hecho se recomienda la aplicación de métodos acústicos específicos para su evaluación. La comunidad se completa con la presencia de fraile y percasol en zonas ribereñas.

Lucioperca y rutilo dominan en biomasa los efectivos de fauna de peces en este embalse, con valores de 64 y 57 g/m², respectivamente, si bien el siluro debe representar valores muy superiores a los proporcionados por las capturas con pesca eléctrica (0,4 g/m²).

La fauna autóctona apenas tiene representación, pero conviene destacar la presencia significativa de fraile o bienio, especie considerada en peligro y muy valiosa como hospedador de la náyade del Ebro *Margaritifera auricularia*.

La comunidad de peces del embalse de Mequinenza es de carácter básicamente alóctono, con una alta diversidad de especies, densidad moderada y elevada biomasa, acorde con el carácter eutrófico de sus aguas. Al igual que ocurre en el embalse de Ribarroja, presenta una estructura provocada por la actividad de pesca recreativa y con una fuerte impronta centroeuropea. Pero a diferencia de Ribarroja, las oscilaciones de nivel de la lámina de agua contribuyen a mantener una densidad baja en las poblaciones de peces, si bien la biomasa es elevada debido al tamaño que alcanzan los grandes depredadores.

No obstante, la única especie autóctona que se ha detectado durante los muestreos con una presencia que no es esporádica es el pez fraile, y esta observación se considera de notable relevancia en biología de la conservación, tanto del pez como de la náyade del Ebro, puesto que están catalogadas como especies en peligro de extinción.





1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El presente documento constituye el informe final de Asistencia Técnica 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, realizado en el embalse de Mequinenza, se pretende evaluar la población, 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 del embalse de Mequinenza





2 ÁMBITO DEL ESTUDIO

El embalse de Mequinzenza se encuentra situado en el río Ebro a su paso por el municipio de Mequinzenza en la provincia de Zaragoza. Se encuentra a una altitud de 152 m por encima del nivel del mar y presenta una capacidad máxima de hasta 1 533 hm³. La población de Caspe, con cerca de 7 000 habitantes, es la más importante de la zona y se encuentra en la cola del embalse, a orillas del río Guadalope.

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

En el momento de muestreo (octubre de 2 008), el embalse se encontraba aproximadamente al 75 % de su capacidad máxima. De esta manera, se muestreó una superficie aproximada de 6 119 ha de las 6 478 ha que presenta Mequinzenza al 100 % de capacidad.

Mequinzenza, al igual que Ribarroja, es un embalse creado con un objetivo claro, el aprovechamiento hidroeléctrico. Debido a las dimensiones del embalse este aprovechamiento no parece provocar variaciones diarias importantes en los niveles de agua de este. Por otro lado, Mequinzenza es considerado un embalse de aguas ciprinícolas con una gran cantidad de especies introducidas. Algunas de estas especies suponen un gran reclamo turístico para pescadores de toda Europa. Es por este turismo y la importante fuente de ingresos que supone, por lo que se ha promovido el desarrollo de multitud de infraestructuras relacionadas con esta actividad en todo el municipio.



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.



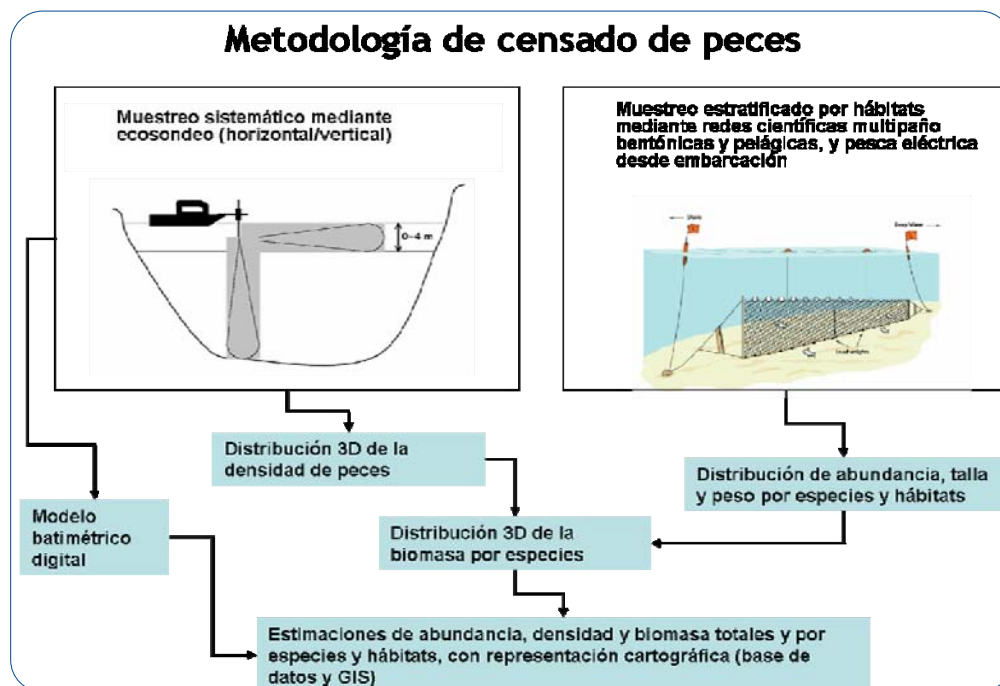


Figura 1. Esquema del método de censo de poblaciones icticas en un embalse

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 sujeto 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.

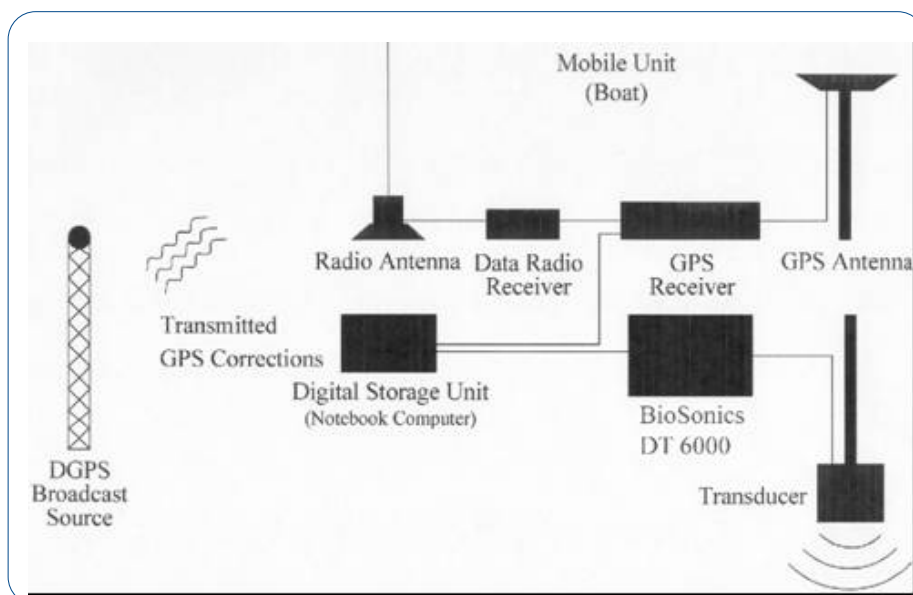


Figura 2. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico

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 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 (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 en el embalse de Mequinzenza.

Estrato	Superficie (ha)	Profundidad (m)	Volumen (hm ³)
Superficial	6119	0-6	460
Intermedio superior	3 682	6-11	153
Intermedio inferior	2 870	11-21	211
Inferior	1 753	21-66	331



4 RESULTADOS

4.1 Sondeo hidroacústico: Densidades

Los recorridos móviles de ecosondeo (ANEJO IV, lámina 2), han cubierto una longitud total de 188 200 m, lo que supone una densidad de 31 m/ha. Esto ha supuesto un esfuerzo notable en densidad, especialmente teniendo en cuenta las dimensiones del embalse, 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 III se presenta el listado completo de las celdas de análisis para el embalse de Mequinzenza, 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.

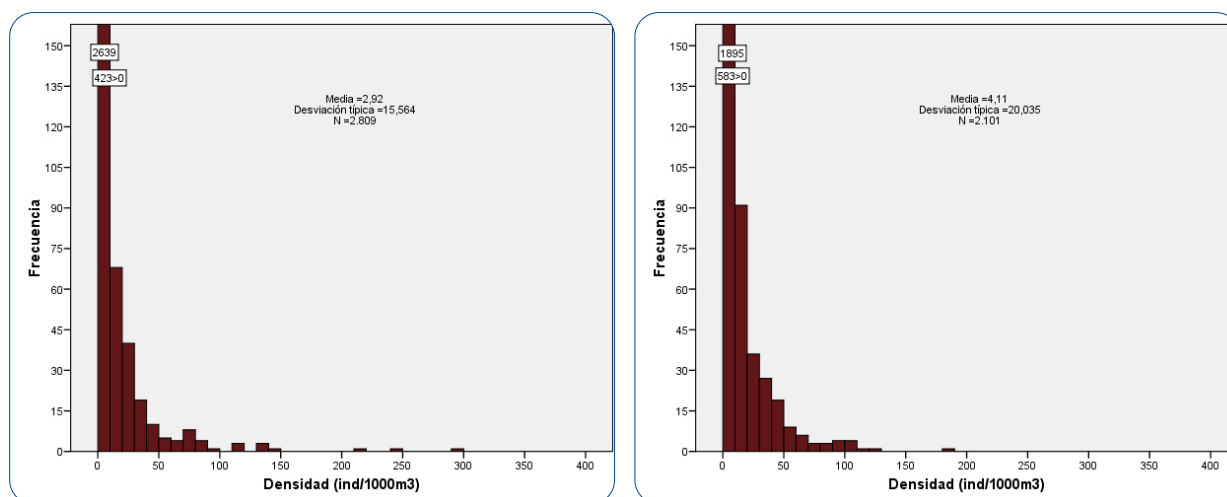


Figura 3. Distribución de frecuencias de densidad, estimada mediante ecosondeo horizontal (izq.) y vertical (dcha.).



Se observa que el número de celdas en las que el valor de densidad es 0 es muy alto y que la distribución de densidades es homogénea, encontrando apenas valores que superen los 100 ind/1 000m³ y estando la mayor parte de ellos por debajo de 50.

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

	0-6h	6-11v	11-21v	21-66v
Núm. casos	2 809	955	739	407
Máximo	434	725	59	4
Media	2,92	7,27	2,18	0,18
Desv. típ.	16	29	6	0

Se aprecian unas densidades de moderadas a bajas en todos los estratos, especialmente en el más profundo. Destaca, por el contrario el intermedio-superior (6-11m), con una densidad más de 7 ind/1 000m³, que puede considerarse media. Estos valores medios se han ponderado con el volumen de cada estrato (Tabla 2), para obtener una densidad total del embalse de 3 ind/1 000m³.

La distribución espacial de la densidad piscícola se muestra en los mapas 4 a 7 del ANEJO IV.

La capa superficial presenta una distribución bastante homogénea de las densidades, no pudiéndose apreciar ninguna zona clara de especial acumulación de peces, mientras que la capa inmediatamente inferior, presenta el habitual gradiente presa-cola, con una alta concentración de peces en la cola del embalse, aguas arriba de Caspe. El estrato medio inferior sigue un patrón semejante, sin diferencias tan marcadas entre los extremos del sistema. Por último, en estrato inferior, muestra unas densidades muy bajas sin un claro patrón de reparto espacial.

4.1.1 Comparativa con el embalse de Ribarroja

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

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. 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.

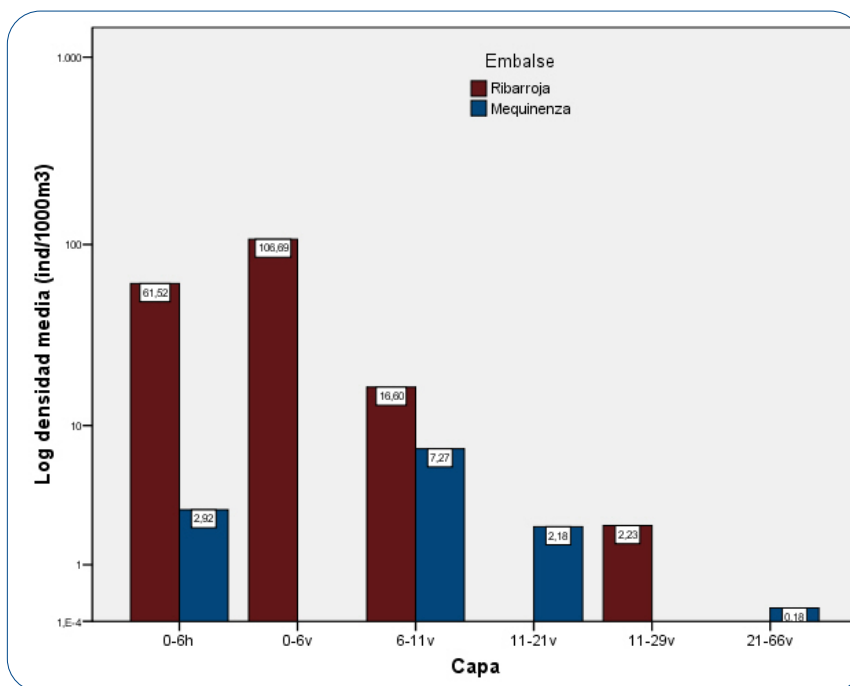


Figura 4. Densidades medias por estratos obtenidas mediante acústica

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 de 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 barbo de Graells (*Barbus graellsii*) y el Fraile o Blenio (*Salaria fluviatilis*). Su presencia, no obstante, fue meramente anecdótica y solo se capturó 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 enumeran las especies encontradas y se indica con qué técnica se capturaron:

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

Nombre común	Mequinenza	
	P. eléctrica	Redes
Alburno	SI	SI
Barbo de Graells	SI	
Black bass	SI	SI
Carpa común	SI	SI
Escardino		SI
Fraile/ Blenio	SI	
Lucioperca	SI	SI
Perca		SI
Perca sol	SI	SI
Rutilo		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 relictica 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 Barbo de Graells (*Barbus graellsii* Steindachner, 1 866)

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.

B. 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. Tienen hábitos gregarios, para lo que suelen 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, 1 866)

4.2.1.6 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 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 8. Escardino o Gardí (*Scardinius erythrophthalmus* Linnaeus, 1 758)

4.2.1.7 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 9. Fraile o Blenio (*Salaria fluviatilis* Asso, 1 801)

4.2.1.8 Perca (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1 758)

Especie de talla media, los adultos suelen tener tallas comprendidas entre los 20 y los 30 cm de longitud total, aunque se conocen individuos que alcanzan los 50 cm de y 4,5 kg de peso.

Ha sido recientemente introducida y es por ello por lo que se desconoce la evolución de sus poblaciones. Vive en grandes ríos, lagos y embalses con fondos arcillosos o limosos donde suele permanecer inmóvil refugiado en la vegetación. Prefiere las aguas turbias y se encuentra a menos de 1.000 metros de altura sobre el nivel del mar. Los juveniles se alimentan de zooplancton mientras que los adultos lo hacen principalmente de otros peces.

La reproducción se da lugar cuando la temperatura desciende a los 7-8°C, en España normalmente entre los meses de marzo-mayo. La madurez sexual la alcanzan los machos a los dos años y las hembras a los tres. Una hembra puede poner de 12 000 a 30 000 huevos de 2-2,5 mm de diámetro, en aguas someras y en grandes cordones sobre las plantas. Los juveniles nacen aproximadamente a los 18 días.

Vive de forma natural en toda Europa y Siberia (exceptuando Grecia, España e Italia). Se conoce su introducción artificial en ocho países. En España ha sido introducida como especie de pesca deportiva de forma ilegal en la década de los noventa.



Ilustración 10. Perca (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1 758)

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, 1 758)

4.2.2 Composición y distribución de las especies presentes

4.2.2.1 Capturas con red

El total de capturas con redes fue de 1.054 peces con un peso total de 148 Kg, lo que supone 418 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 45 kg de BPUE. Se emplearon un total de 27 redes en 514 horas de pesca (196 unidades de esfuerzo).

Para el estudio de la composición y biomasa de las tallas grandes, se han empleado las mismas redes que en el caso de Ribarroja, descritas en la [referencia](#).

Tabla 5. Resultados de las pescas con redes (Mequinzenza)

	Black bass	Carpa común	Alburno	Rutilo	Escardino	Lucioperca	Siluro	Perca sol	Perca	Total
Capturas*	1	18	428	466	3	121	1	3	13	1054
CPUE	1	4	133	214	3	55	1	1	7	418
% CPUE	0%	1%	32%	51%	1%	13%	0%	0%	2%	100%
PF total	89	37 057	2 632	41 844	800	64 599	188	56	1223	148 488
BPUE (g)	54	4 744	859	16 924	693	21 299	114	11	633	45 332
% BPUE	0%	10%	2%	37%	2%	47%	0%	0%	1%	100%
Long. media	180	466	81	156	212	342	325	84	181	153
Peso medio	89	2 059	6	90	267	534	188	19	94	141



ICF medio	1,524	1,837	0,898	1,573	1,867	0,855	0,548	1,992	1,580	1,346
-----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

*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..**

Al igual que en el caso de Ribarroja, el rutilo y el alburno son las especies que dominan la comunidad, si bien en este caso es el rutilo el más abundante. La lucioperca tiene una importancia alta en la comunidad de peces, especialmente en biomasa donde supone casi el 50%.

Como ya se comentó en el epígrafe anterior, la población de siluros es muy probable que se esté subestimando, especialmente en biomasa, debido a la baja capturabilidad de la especie.

En los gráficos de las figuras siguientes, se han representado los histogramas de capturas, en clases de longitud de 5 mm, distinguiendo con colores las distintas especies. En la segunda de las figuras, se han eliminado las capturas de alburno y rutilo para una correcta visualización de los datos de las capturas minoritarias.

El rutilo presenta tres modas que se encuentran aproximadamente en 120, 210 y 280 mm y el alburno dos claras de 70 y 120 mm.



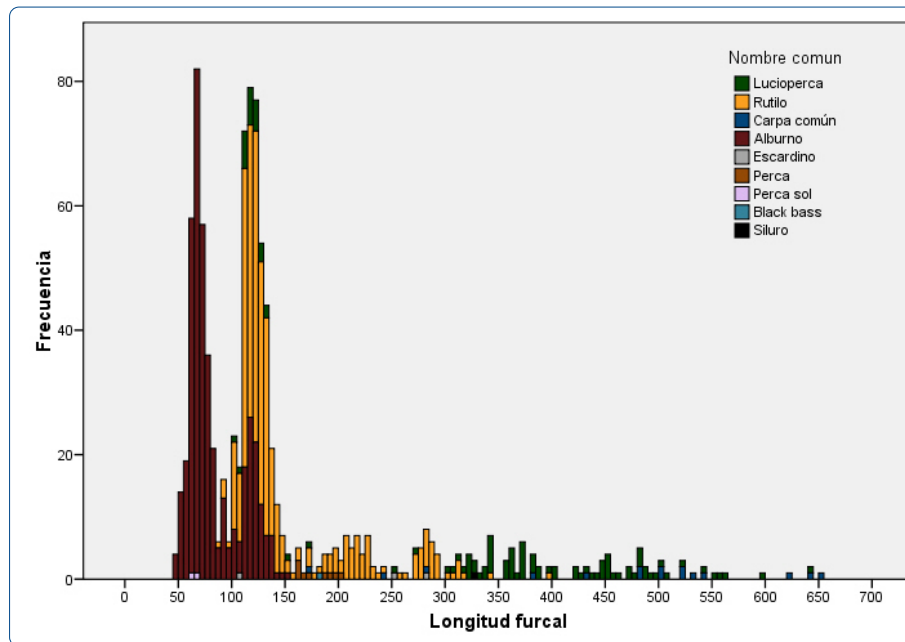


Figura 5. Histograma de capturas en Mequinenza

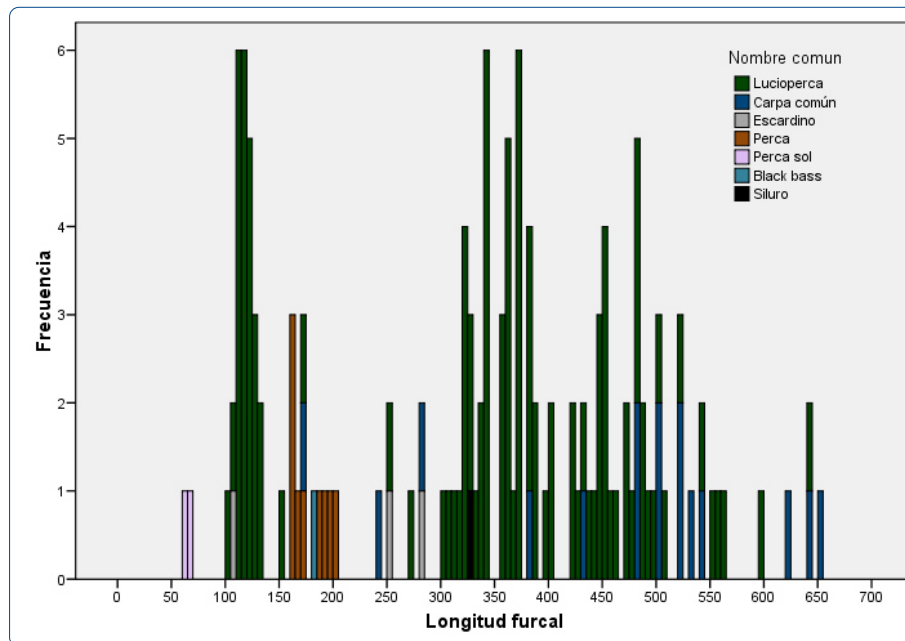


Figura 6. Histograma de capturas en Mequinenza (excluyendo alburno y rutilo)

La lucioperca parece tener asegurada la supervivencia, con una clase 0+ aceptable, teniendo en cuenta que es una especie que se reproduce en el río y por lo tanto el reclutamiento puede pasar





allí periodos de tiempo antes de volver al embalse. Se pueden apreciar tres modas, correspondientes con 120, 360 y 480 mm aproximadamente.

El resto de la comunidad, está representada por percas adultas, especie que no se encontró en Ribarroja, escardinos, cuyo futuro parece comprometido y una población de carpas de tamaños medios. Destaca la ausencia de juveniles de esta especie. Las otras tres especies, el black bass, la percasol y el siluro tienen presencias meramente anecdóticas, sin embargo como se ha comentado ya en el informe, se trata de tres especies que por su localización y comportamiento presentan capturabilidades muy bajas. En los muestreos con pesca eléctrica, como se verá en el apartado siguiente, cobran más importancia.

4.2.2.2 Capturas con pesca eléctrica

El embalse de Mequinzenza, se caracteriza por fuertes pendientes en el litoral y ausencia considerable de vegetación de ribera o macrófitos debido a las bruscas variaciones de cota que se producen anualmente. Estas características no favorecen el empleo de la técnica de pesca eléctrica para la caracterización de las comunidades. Sin embargo, fue posible caracterizar las comunidades de peces litorales, principalmente compuestas por especies bentónicas: blenios y siluros 0+.

Tabla 6: Resultados de las pescas eléctricas (Mequinzenza)

	Barbo de Graells	Black bass	Carpa común	Alburno	Lucioperca	Fraile/ Blenio	Siluro	Perca sol	Total general
Capturas *	1	2	2	1	3	15	19	3	46
% Capturas	2%	4%	4%	2%	7%	33%	41%	7%	100%
PF total	3250	1345	4177	2	46	66	258	12	9155
% Biomasa	35%	15%	46%	0%	0%	1%	3%	0%	100%
Long furcal media	570	308	485	60	130	66	143	59	141
Peso medio	3250	673	2088	2	15	4	14	4	199
ICF medio	1,755	1,606	1,760	0,694	0,684	1,386	0,384	1,777	0,870

* Ver descripción de los términos en apartado 6. Glosario.

En biomasa destacan los grandes ciprínidos, carpas y un único ejemplar de barbo autóctono.

Las dos especies de centráquidos americanos, la perca sol y el black bass, de hábitos muy litorales, cobran importancia relativa en esta comunidad de orilla.





4.2.2.3 Relación longitud-peso

En los gráficos de la Figura 7 se ha representado la nube de puntos que relaciona la longitud y el peso de las capturas en el embalse de Mequinzenza. Para las capturas de las que no se disponía de peso tomado en campo, éste se ha calculado mediante una regresión por especie para el propio embalse. Se distinguen, como ocurría en el caso de Ribarroja, dos tendencias claras para las tallas grandes que se corresponden con ciprínidos, principalmente carpas, y luciopercas.

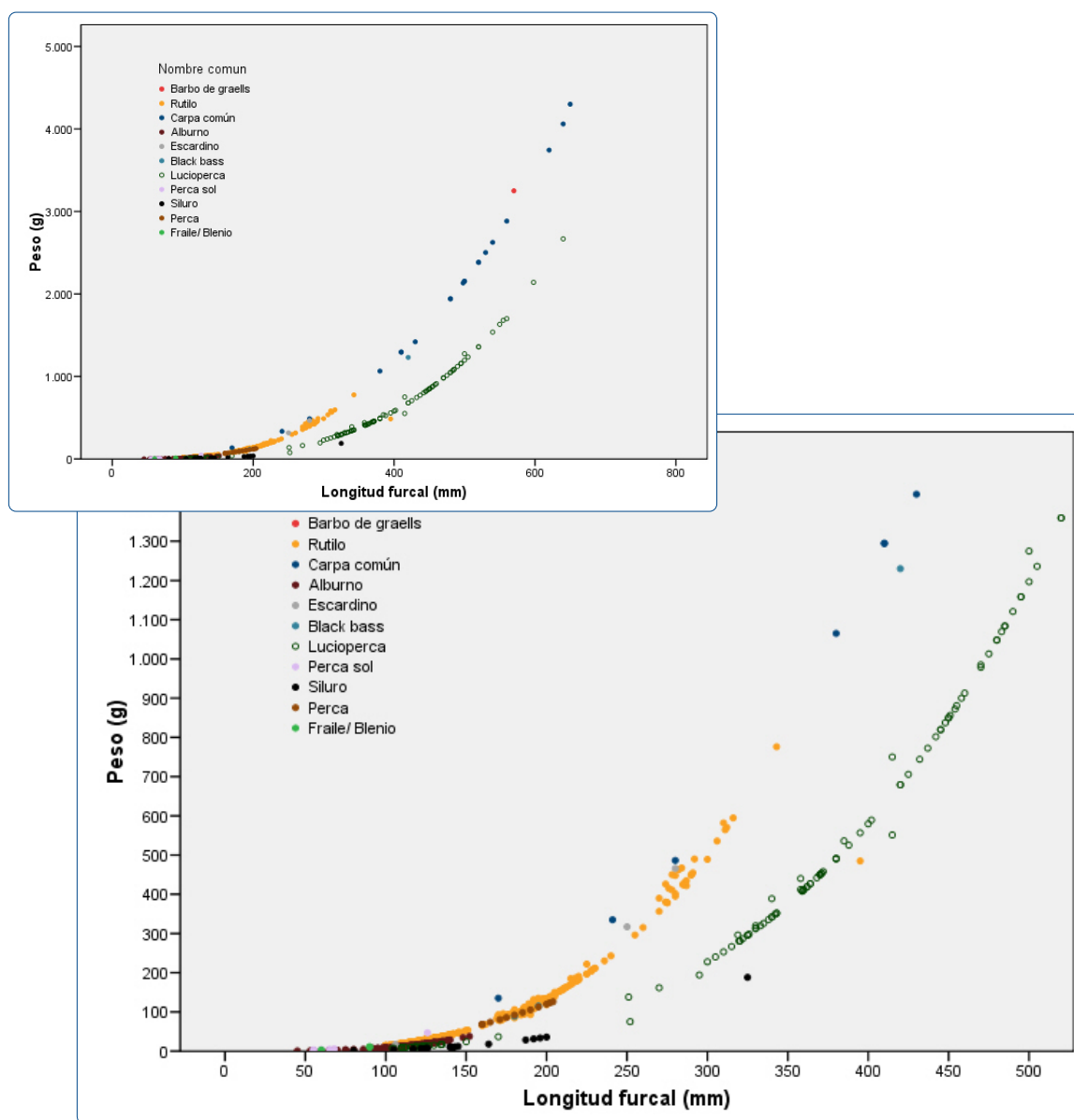


Figura 7. Relación longitud-peso de las especies presentes en Mequinzenza





La ecuación media del embalse obtenida, para el cálculo de biomazas a partir de los datos acústicos es:

$$\text{Peso (g)} = 0,0099 \times \text{Long (cm)}^{3,0859}$$

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)

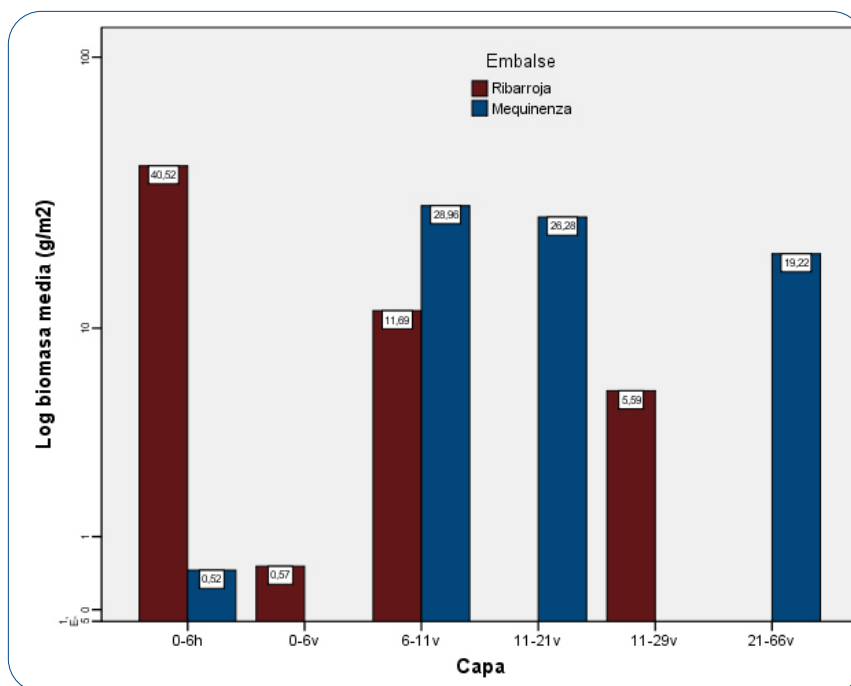


Figura 8. Biomazas medias por estratos obtenidas mediante acústica

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.



Al igual que para el embalse de Ribarroja, se presentan los resultados de biomasa piscícola por estratos:

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

	0-6h	6-11v	11-21v	21-66v
Núm. Casos	2 809	955	739	407
Máximo	55	5 212	6 551	1 766
Media	0,52	28,96	26,28	19,22
Desv. típ.	3	240	314	126

La distribución vertical muestra un patrón similar al presentado por las densidades, pero sin embargo, las diferencias no son tan patentes, especialmente entre las capas inferiores. El estrato inferior, pese a las densidades tan bajas que muestra tienen unas biomásas muy elevadas, lo cual es un indicador de grandes peces en profundidad.

Con las medias anteriores, la biomasa media ponderada que se obtiene para el conjunto del embalse es de $14 \text{ g}/\text{m}^2$ o $140 \text{ kg}/\text{ha}$. Este valor, al igual que ocurre en Ribarroja, es bastante elevado y corresponde típicamente a sistemas eutróficos.

En los mapas 9 a 11 (ANEJO IV) se ha representado la distribución espacial de la biomasa.

Las biomásas en el embalse de Mequinzenza presentan un patrón de gran homogeneidad espacial, obsérvese que en todos los estratos, la mayor parte del embalse está dentro de la misma clase de biomásas (la inferior), pero aparecen puntos de altísimas biomásas, que son los que hacen que la biomasa media sea elevada. Este patrón se hace especialmente patente en el estrato inferior (Lámina 11), donde se pueden observar altas biomásas puntuales, correspondientes muy probablemente a detecciones de peces de gran tamaño. Las mayores biomásas aparecen, al igual que las densidades, en la zona de cola del estrato intermedio superior (Lámina 9).

4.4 Densidad y biomasa por especies

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



Para el embalse de Mequinenza, los resultados obtenidos por especies, se reflejan en la tabla siguiente:

Tabla 8. Densidades y biomásas por especie en Mequinenza

	Black bass	Carpa común	Alburno	Rutilo	Escardino	Lucioperca	Siluro	Perca sol	Perca	Total
Densidad (ind/hm ³)	4	24	823	1 317	16	339	4	8	43	2 577
Biomasa (Kg/ha)	0,2	15,0	2,7	53,6	2,2	67,4	0,4	0,0	2,0	143,5
Num total de individuos	4 326	27 727	950 092	1 520 685	18 178	391 723	4 326	9 513	49 885	2 976 454
Biomasa total (kg)	1 046	91 909	16 649	327 871	13 426	412 626	2 215	215	12 265	878 222

En el caso de Mequinenza, se ha representado los valores obtenidos para el siluro, pese a que, igual que sucedía en el caso de Ribarroja, se considera subestimada la población.





5 RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se ha aplicado en el embalse de Mequinenza un conjunto de técnicas de muestreo, para obtener una figura lo más fidedigna posible de las comunidades de peces en dichos embalses. Se han combinado técnicas de prospección hidroacústica con muestreos directos mediante 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*) y siluro (*Silurus glanis*). Además, se encontró perca (*Perca fluviatilis*) y un ejemplar de barbo de Graells (*Barbus graellsii*).

Las únicas especies autóctonas presentes es el barbo de Graells y su presencia es anecdótica, se capturó únicamente mediante pesca eléctrica.

En el embalse de Mequinenza, la densidad de peces ($3 \text{ ind}/1\,000\text{m}^3$) es baja para lo que cabe esperar en un embalse eutrófico. Este embalse está sometido a fuertes variaciones de nivel a lo largo del año, hecho que puede estar afectando a las poblaciones de peces. El estrato de mayor densidad es el intermedio superior (6-11m) y se puede observar un fuerte gradiente presa-cola, con las densidades mayores aguas arriba de Caspe.

Las especies dominantes, al igual que ocurre en el embalse de Ribarroja, son el rutilo y el alburno. En Mequinenza la especie más abundante es la primera. La principal especie depredadora es la lucioperca, con una alta abundancia relativa.

Las poblaciones de siluro no ha sido posible caracterizarlas correctamente 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 (Mequinenza 143 kg/ha), que contrastándolo con las relativamente bajas densidades, nos indica la presencia de grandes peces en este embalse, especialmente en el estrato inferior.



En Mequinenza, la especie dominante en biomasa es la lucioperca, siguiéndole el rutilo y la carpa.

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. La fauna autóctona apenas tiene representación, pero conviene destacar la presencia significativa de fraile o bienio, especie considerada en peligro y muy valiosa como hospedador de la náyade del Ebro *Margaritifera auricularia*.

El embalse de Mequinenza, 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