

ESTUDIO CENSAL DE LAS COMUNIDADES DE PECES EN LOS EMBALSES DE EUGI, IRABIA Y EBRO.

TOMO 2. EMBALSE DE IRABIA

EXPEDIENTE: 107-10 / SNS

REF. INTERNA: EC10013-IF



Zaragoza, 29 de diciembre de 2010



ESTUDIO CENSAL DE LAS COMUNIDADES DE PECES EN LOS EMBALSES DE EUGI, IRABIA Y EBRO

TOMO 2. EMBALSE DE IRABIA

Dirección (Confederación Hidrográfica del Ebro)

Concha Durán Lalaguna

María José Rodríguez Pérez

Autores (Ecohydros SL)

Agustín Monteoliva Herreras

Gonzalo Alonso de Santocildes Marañón

Alberto Criado Delgado





ESTUDIO CENSAL DE LAS COMUNIDADES DE PECES EN LOS EMBALSES DE EUGI, IRABIA Y EBRO

TOMO 2. EMBALSE DE IRABIA

ÍNDICE

1	RESUMEN	1
2	INTRODUCCIÓN	3
2.1	Estudio cuantitativo de la fauna íctica	4
3	ÁMBITO DEL ESTUDIO	6
3.1	Caracterización físico-química del embalse. Perfiles verticales	7
4	METODOLOGÍA	9
4.1	Diseño del muestreo	10
4.2	Muestreos remotos: Hidroacústica	10
4.2.1	Prospección hidroacústica	10
4.2.2	Procesado de datos acústicos	12
4.3	Muestreos directos de pesca	13
4.3.1	Redes agalleras multipaño	13
4.3.2	Pesca eléctrica desde embarcación	14
4.4	Interpolado espacial y estimaciones globales	15
5	RESULTADOS	17
5.1	Sondeo hidroacústico: Densidades	17
5.1.1	Comparativa con otros embalses del Ebro	21
5.2	Muestreos directos: Composición y biomasa específica	21
5.2.1	Especies presentes en el embalse	22
5.2.2	Composición y distribución de especies	22
5.2.2.1	Capturas con redes	22
5.2.2.2	Resultados de la pesca eléctrica	25





5.3	Biomasa _____	26
5.3.1	Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro	29
5.4	Densidad y biomasa por especies _____	29
6	APROXIMACIÓN AL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE BASADO EN PECES	31
7	CONCLUSIONES	33
8	GLOSARIO	35
9	BIBLIOGRAFÍA	37

Relación de Figuras

Figura 1.	Ubicación del embalse de Irabia	6
Figura 2.	Variación de la altura de lámina del embalse en el año 2.010 (msnm)	7
Figura 3.	Perfiles de temperatura, conductividad, turbidez y oxígeno disuelto en el momento del muestreo	8
Figura 4.	Esquema del método de censado de poblaciones ícticas en un embalse	9
Figura 5.	Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico	11
Figura 6.	Recorridos de sondeo hidroacústico y posición de los puntos de muestreo directo (pescas científicas).....	17
Figura 7:	Distribución de frecuencias de densidad (ind/dam ³), estimada mediante ecosondeo	18
Figura 8.	Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad piscícola. Cada punto representa una celda de 50m de longitud.....	20
Figura 9.	Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro	21
Figura 10.	Ubicación de las redes de muestreo y transectos de pesca eléctrica	23
Figura 11.	Histograma de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm	25
Figura 12.	Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa piscícola.....	28
Figura 13.	Comparación de la biomasa con otros embalse de la cuenca del Ebro.....	29





Relación de ilustraciones

Ilustración 1. Vista del embalse de Irabia durante la campaña de muestreo 5

Ilustración 2: Calado y recogida de redes nórdicas por personal especializado..... 14

Relación de Tablas

Tabla 2: Descripción de las redes de muestreo empleadas 13

Tabla 3: Caracterización de los estratos de profundidad definidos 16

Tabla 4. Densidad de peces (ind/dam³) por estratos, estimada mediante acústica..... 18

Tabla 5. Especies presentes en el embalse 22

Tabla 6: Resultados de las pescas con red por especies 24

Tabla 7: Resultados de la pesca eléctrica por especies..... 26

Tabla 8. Biomasa de peces por estratos (g/m²) estimada mediante acústica 26

Tabla 9. Densidades (ind/dam³) y biomásas (g/m²) por especie 30

Relación de ANEJOS

ANEJO I. FICHAS DE ESPECIES PRESENTES..... **A**

ANEJO II. RESULTADO DE LAS PESCAS..... **B**

ANEJO III. RESULTADOS DE HIDROACÚSTICA POR CELDAS **C**

ANEJO IV. MAPAS **D**





1 RESUMEN

En el presente trabajo se han caracterizado las poblaciones de peces del **embalse de Irabia**, situado en el río Irati, en los términos municipales de Orbaiceta y Ochagavía, en la provincia de Navarra.

Para ello se ha empleado una combinación de **técnicas hidroacústicas** y de muestreo directo mediante **redes científicas**, según define la norma CEN 14.757:2.005. Mediante las primeras se ha estimado la densidad de peces, así como su distribución dentro del embalse y el muestreo directo ha servido para caracterizar la composición de especies y la estructura de tallas de cada una de ellas. La combinación de ambos resultados ha permitido obtener también la estimación y distribución de biomásas por especie en el embalse.

Se han encontrado las siguientes **especies**: Gobio (*Gobio lozanoi*), Madrilla o loina (*Parachondrostoma miegii*), Piscardo (*Phoxinus phoxinus*) y Trucha común (*Salmo trutta fario*). Todas ellas son especies autóctonas.

La **agrupación de peces** está dominada en densidad y biomasa por la madrilla con un 93% de las CPUE y un 51% de la BPUE. En el caso de la biomasa, cobra importancia la trucha común con un mayor tamaño (49% de la BPUE).

El piscardo fue capturado únicamente mediante pesca eléctrica y alcanza el 37 % de las CPUE en las zonas litorales.

La **densidad media** de peces, a partir de la interpolación en celdas de 50 m, es de 1,035 individuos/dam³. Ese valor de densidad se puede considerar muy bajo. En términos de abundancia absoluta, el número de peces estimado es de 9.585 individuos.

Los valores máximos de densidad media corresponden a las capas superior e intermedia superior (0-10 m), con concentraciones de peces significativas en la entrada del río Irati.

La **biomasa de peces** obtenida en el embalse es de 0,296 g/m², o lo que es lo mismo, 2,96 kg/ha; se trata de un valor muy bajo, propio de sistemas oligotróficos. La biomasa absoluta se estimó en 0,23 t.

La distribución espacial de la biomasa en el embalse es muy similar a la de la densidad si bien la mayor biomasa media corresponde al estrato superior.





La ausencia de especies introducidas y la presencia de las principales especies que cabría esperar en el embalse, tanto en sus estados adultos como alevines y juveniles, así como las bajas densidades y biomاسas de peces obtenidas, son factores que pueden condicionar el potencial ecológico del embalse, basado en los peces, el cual no cabe esperar que se desvíe en exceso del buen potencial.





2 INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el informe relativo al embalse de Irabia correspondiente a la Asistencia Técnica para el Estudio censal de las comunidades de peces en los embalses de Eugi, Irabia y Ebro (en adelante el Estudio) adjudicado a Ecohydros, S.L. por la Confederación Hidrográfica del Ebro (en adelante, CHE).

Las técnicas hidroacústicas constituyen actualmente la técnica remota por excelencia para cartografiar hábitats y elementos biológicos, tanto los relacionados con los fondos (bentónicos), como con la columna de agua. Los gestores de los ecosistemas acuáticos necesitan identificar y cartografiar los elementos naturales a través de múltiples escalas espaciales, y en este sentido, los sistemas acústicos resultan óptimos por su enorme rango dinámico, que permite medir propiedades de los objetos desde escalas de centímetros a kilómetros.

La comunidad científica ya contempla los sensores acústicos como un medio para estudiar cuantitativamente una diversidad de aspectos relacionados con la morfología y características de los sustratos, sedimentos, rasgos de pequeña escala de los hábitats bentónicos e incluso de la estructura de las comunidades de organismos (animales y plantas) que forman parte de ellos. Esto también es aplicable a organismos pelágicos, desde el zooplancton a los peces. De hecho, existe ya un cuerpo de conocimiento y tecnología muy desarrollados y con cierta tradición, si bien es cierto que su correcta aplicación depende de una formación técnica altamente especializada.

En lo referente a su aplicación en estudios censales y de dinámica poblacional de los peces, está relativamente extendida en ambientes marinos pero no tanto en aguas continentales, debido en gran medida a que su incremento en portabilidad no ha migrado a este tipo de aplicaciones con la misma celeridad que la evolución tecnológica que lo ha permitido.

La CHE es consciente de la oportunidad que representa la adaptación y aplicación de estas técnicas a las masas de aguas continentales, para mejorar la cantidad y calidad de la información disponible en la optimización de la gestión de los ecosistemas acuáticos no vadeables, es decir, no accesibles a las técnicas directas de muestreo, razón por la que ha promovido el presente estudio.

Desde la CHE se pretende mediante esta asistencia técnica explorar y, en su caso, explotar los beneficios que ofrece este tipo de técnicas prospectivas en cuanto al control y gestión de los





ecosistemas acuáticos, en lo que es una expresión más de la vocación de aspirar a las mejores técnicas disponibles, como estrategia para optimizar el rendimiento en sus obligaciones competenciales relativas a la gestión de la calidad de las aguas.

Este informe recoge la descripción de los métodos aplicados, así como los resultados obtenidos. El informe consta de una Memoria con sus respectivos ANEJOS, en los que se facilitan *in extenso* los datos que dan lugar las estimaciones sintéticas, tanto en forma de fichas y tablas alfanuméricas como en forma de mapas, según proceda. Se acompaña además de un CD en el que se facilitan los documentos y datos en formato electrónico.

2.1 Estudio cuantitativo de la fauna íctica

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

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

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

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

Mediante el presente estudio, se pretende evaluar las poblaciones de peces en los embalses de Eugi, Irabia y Ebro, 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 Irabia durante la campaña de muestreo

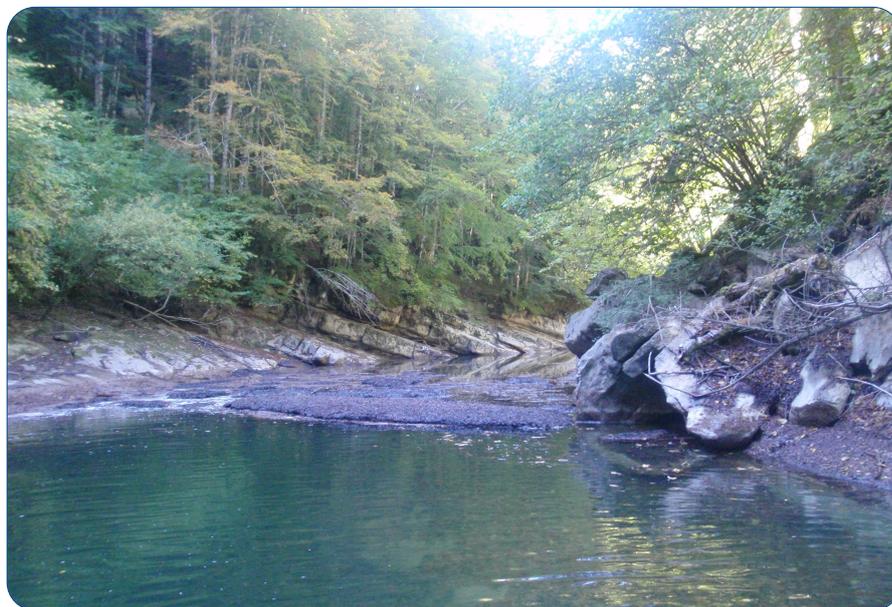


Ilustración 2. Acumulación de hojas en la entrada del río Irati





3 ÁMBITO DEL ESTUDIO

El embalse de Irabia se localiza en el río Irati, en los términos municipales de Orbaiceta y Ochagavía en la provincia de Navarra. Se sitúa a una altitud de 819 m sobre el nivel del mar y presenta una capacidad máxima de 14 hm³. El embalse de Irabia, se enclava en lo que se llama Selva de Irati, mancha boscosa que marca el límite suroccidental europeo de distribución de abeto blanco (*Abies alba*), que presenta formaciones boscosas mixtas con el haya (*Fagus sylvatica*). Existen algunas manchas de pino silvestre de repoblación.

En la figura 1 se muestra un mapa con la ubicación del embalse.

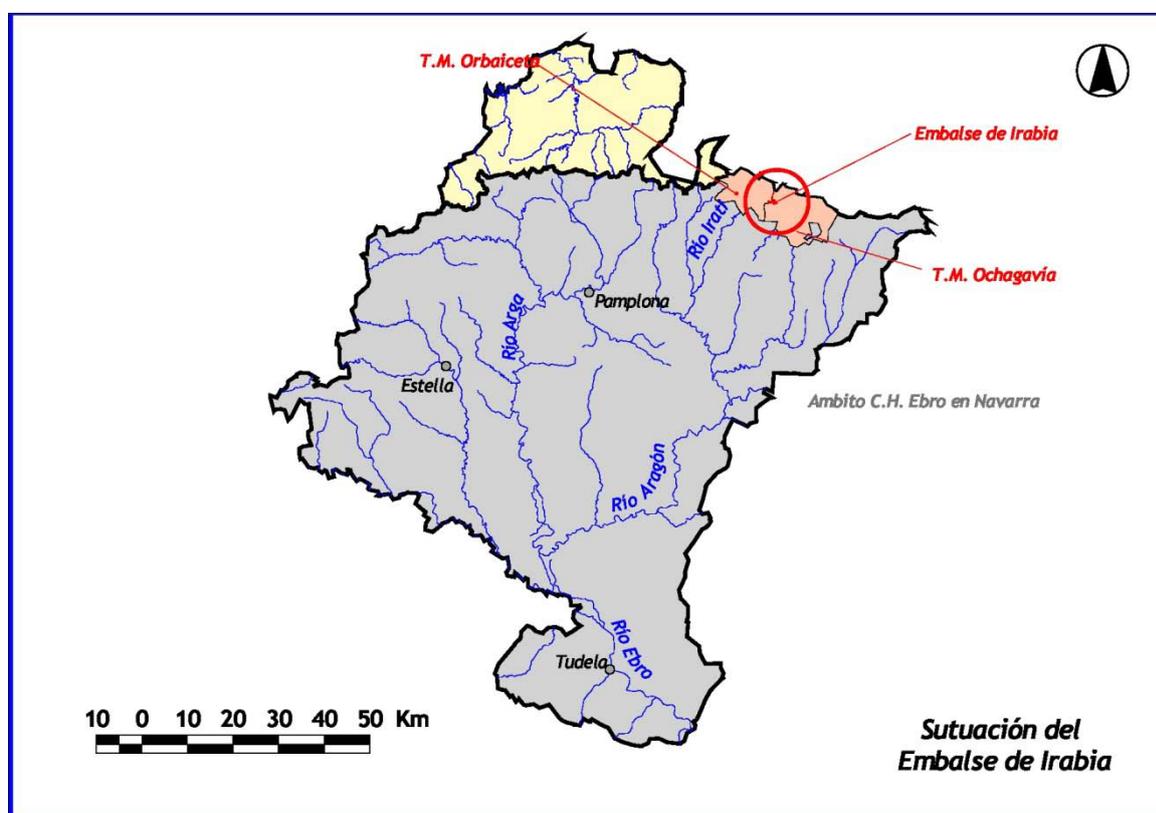


Figura 1. Ubicación del embalse de Irabia



En el momento del muestreo (octubre de 2.010), el embalse se encontraba aproximadamente al 80 % de su capacidad máxima. De esta manera, se muestreó una superficie aproximada de 80 ha de las 94 ha posibles (máxima superficie al 100% de capacidad).

El uso principal del embalse es la producción hidroeléctrica y su titular es Acciona Energía. En lo referente a usos lúdicos, el principal es la pesca. Se trata de una zona de pesca libre entre el 18 de marzo y el 31 de agosto, aunque los tres últimos años la pesca ha permanecido vedada. Está prohibida la navegación tanto a vela como a motor.

Se trata de un embalse monomítico, calcáreo, ubicado en la zona húmeda y con un área de cuenca menor de 1.000 km², lo que lo sitúa en el tipo 7, según los criterios del CEDEX (2.005).

En lo que respecta al estado trófico, ha sido clasificado como mesotrófico y con potencial ecológico moderado, según el Informe de Situación del año 2.009 del CEMAS (CHE, 2.009).

En el gráfico siguiente se muestra el gráfico de variación de volumen del último año. (Fuente: SAIH Ebro)

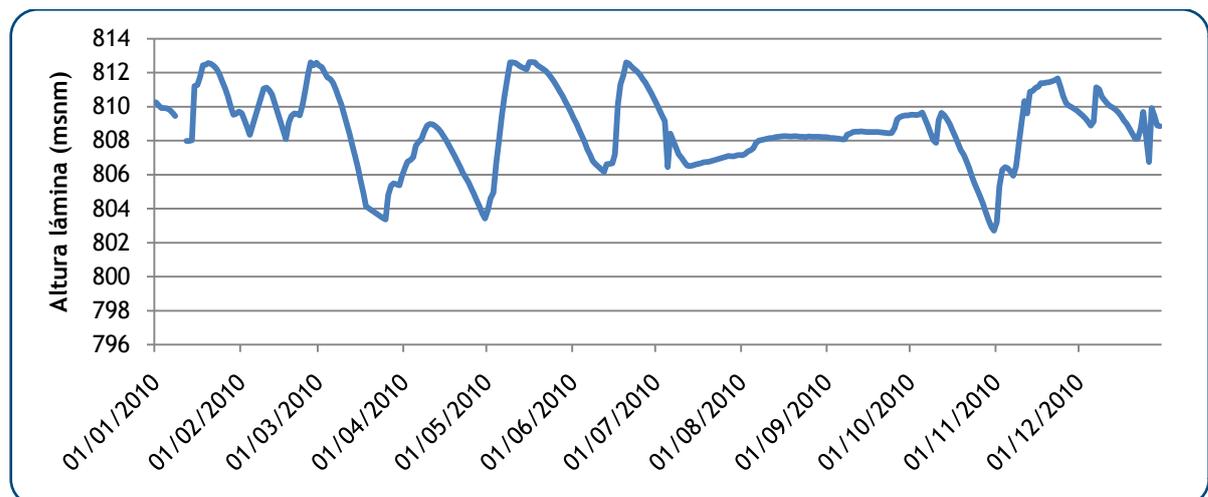


Figura 2. Variación de la altura de lámina del embalse en el año 2.010 (msnm)

3.1 Caracterización físico-química del embalse. Perfiles verticales

Para orientar la definición de macrohábitats y establecer la velocidad real del sonido en el agua (parámetro fundamental para el ecosondeo), se realizó en la zona de máxima profundidad un





perfil vertical de temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y turbidez. En la tabla y gráficos siguientes se presentan los resultados obtenidos.

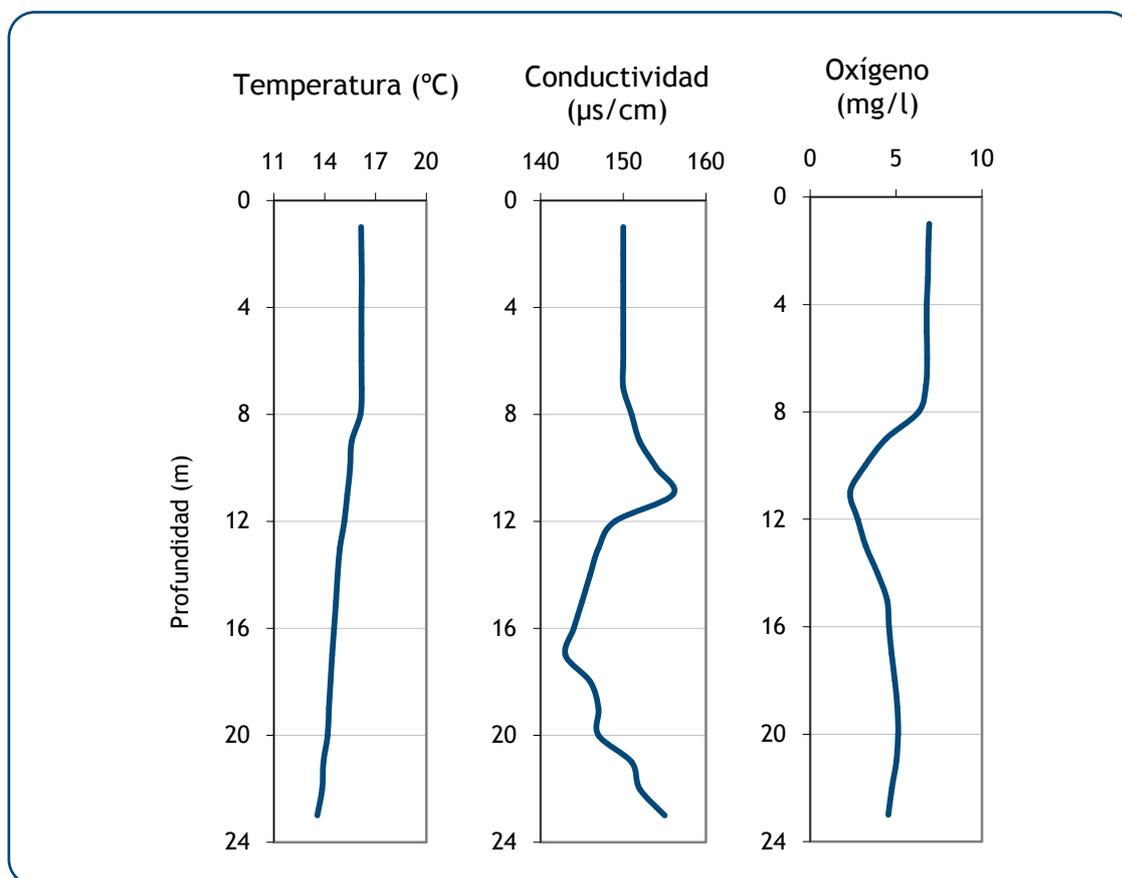


Figura 3. Perfiles de temperatura, conductividad y oxígeno disuelto en el momento del muestreo

No se observa una clara estratificación térmica, si bien las condiciones de oxigenación empeoran drásticamente a partir de los 9 metros, en un estrato intermedio de mayor conductividad, aunque vuelven a mejorar ligeramente con la profundidad. La vida piscícola puede estar limitada en ese estrato intermedio.



4 METODOLOGÍA

Se ha aplicado un procedimiento de muestreo sistemático mediante ecosondeo vertical y horizontal, combinándolo con muestreos directos por medio de la extensión de redes y pesca eléctrica desde embarcación.

El procedimiento general empleado, que se plasma en la figura 4, 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 biomazas por especies y sectores.

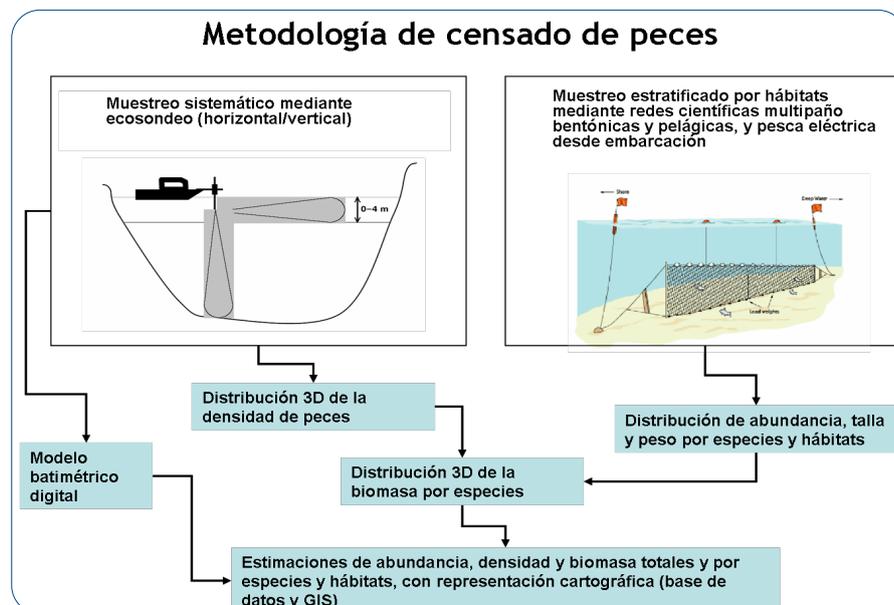


Figura 4. Esquema del método de censo de poblaciones ícticas en un embalse





4.1 Diseño del muestreo

Se ha optado por una distribución sistemática de las unidades de muestreo acústico, 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.

Con el objetivo de conocer la composición específica del embalse, se dispusieron una serie de redes agalleras multipaño tratando de cubrir los gradientes presa-cola, zona litoral-zona pelágica y por último el gradiente en profundidad. En las zonas litorales, además se realizaron transectos de pesca eléctrica desde embarcación.

4.2 Muestreos remotos: Hidroacústica

4.2.1 Prospección hidroacústica

El equipo utilizado es una ecosonda científica BioSonics DTX, con un transductor elíptico digital de haz partido de 430 kHz en posición horizontal y un transductor digital de haz partido de 200 kHz en posición vertical. Estos sistemas, ofrecen un rango dinámico muy superior a los analógicos. El transductor utilizado en orientación vertical tiene un ángulo de apertura de 10°, lo que permite obtener un volumen muestral que casi duplica los de los transductores estándar.

Los transductores van sujetos lateralmente al barco mediante un soporte construido *ex profeso* que los mantiene sumergidos en su posición, horizontal o vertical, y orientados perpendicularmente al avance de la embarcación.

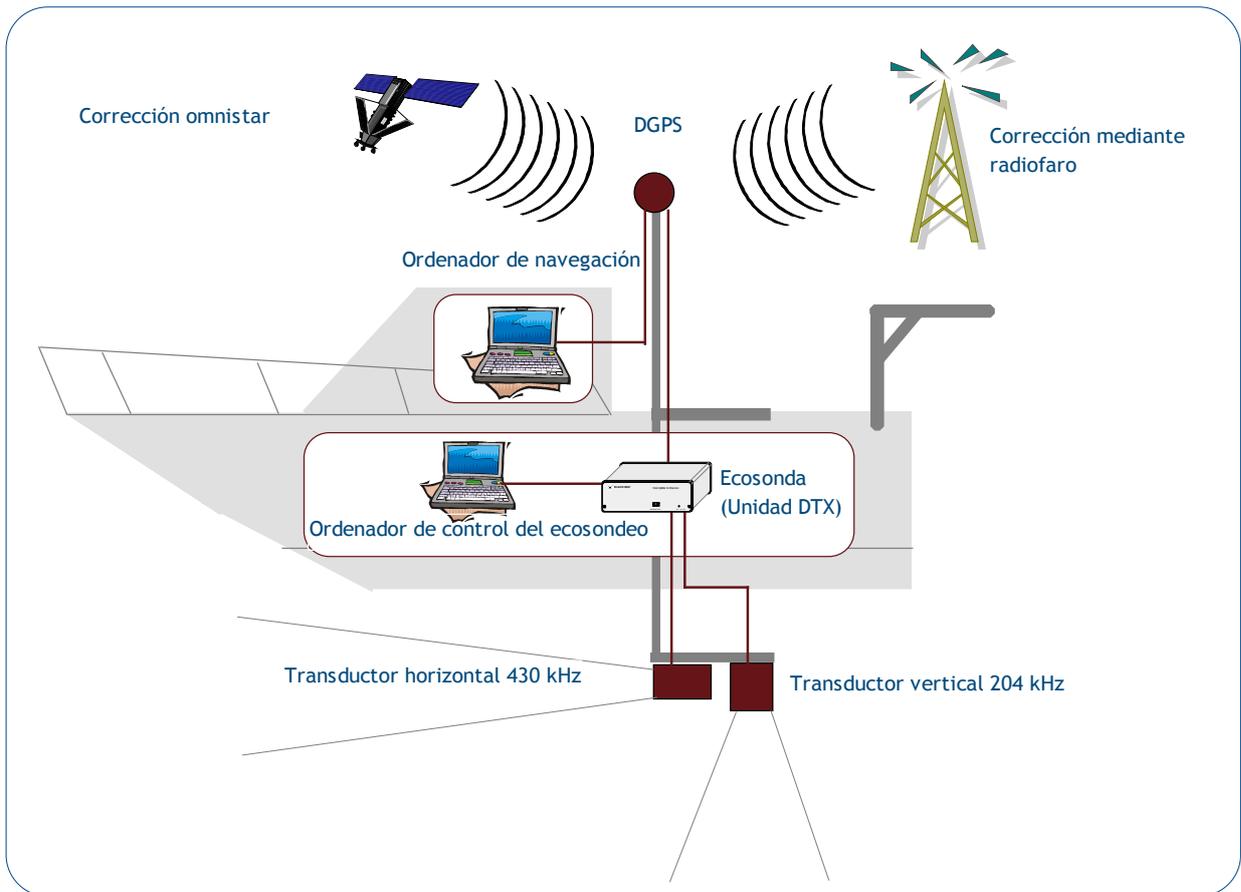


Figura 5. Esquema de la disposición de elementos y comunicaciones en el sondeo acústico

Durante la adquisición de datos, las posiciones proporcionadas por el sistema GPS se incorporan de forma automática y directa a los ficheros de datos, de modo que los datos de cada medición efectuada por la ecosonda van vinculados de forma inequívoca a sus respectivas posiciones.

Con cada pulso o muestra, el sistema adquiere información sobre todos los objetos que se encuentran en ese momento en la columna de agua y dentro del haz acústico que emite la sonda.

Los datos adquiridos se someten a un postproceso, mediante el cual se extraen de los ficheros de datos crudos, adquiridos en el campo y las posiciones originales suministradas por el GPS. Para ello, se empieza por identificar el fondo en cada ecograma.





Posteriormente, se visualizan en forma de ecograma todos los datos acústicos obtenidos y se revisan para descartar posibles artefactos (detecciones de burbujas, etc.) en los ficheros, excluyendo de esta forma falsos ecos.

4.2.2 Procesado de datos acústicos

Se ha empleado una combinación de las técnicas de ecoconteo y eointegración. La técnica del ecoconteo permite, para cada ping o muestra, catalogar cada señal como blanco (pez) y estimar su intensidad acústica, mientras que en el caso de la eointegración, se estima la intensidad acústica de una agrupación de peces y se asigna una intensidad media por individuo. Esta última técnica se aplica a las agrupaciones densas (bancos) de peces, que no permite a los sistemas acústicos resolver ecos individuales.

Los datos acústicos brutos han sido corregidos mediante la función TVG (ganancia cronovariante) específica para ecoconteo (40LogR) y para eointegración (20LogR), según el caso. Una vez clasificadas todas las señales de peces en los ecogramas, se almacenan junto a su posición y características estadísticas, incluyendo la intensidad acústica media, compensada en función de la posición del blanco en el espacio tridimensional formado por el haz acústico.

A partir de estos blancos verificados y corregidos, se ha aplicado un análisis para la evaluación de la densidad y biomasa de peces, basado en el recuento (ecoconteo) de blancos clasificados en intervalos de análisis definidos o eointegración en el caso del estrato superior.

Además de la densidad de peces en cada celda georreferenciada, se obtiene la intensidad media del blanco o talla acústica (TS, expresada en dB).

Para convertir la TS en talla física del pez, se ha aplicado un algoritmo adaptado a la frecuencia acústica aplicada, a partir de la ecuación básica de Love (1.977). En el caso de la eointegración se ha utilizado la talla media de las capturas obtenidas en las pescas para obtener la intensidad de sección transversal (*backscattering cross section*) utilizando regresiones *ad hoc* (Kubecka et al., 2009).



4.3 Muestreos directos de pesca

4.3.1 Redes agalleras multipaño

A efectos de obtener información sobre la distribución de especies y las relaciones talla/peso, se han calado redes de muestreo científico de tipo NORDIC (*Fiskerivertket* 2.000:1), desarrolladas por el *Nordic Freshwater Fish Group* y que constituye un estándar internacional (EN 14.757:2.005).

Constan estas redes de 11, 12 o 16 paños agalleros de luz creciente, que va desde 5 hasta 55 mm, en una longitud total de 27,5 m, 30 m o 40 m de largo y de 1,5 o 6 m de alto. El ratio entre la luz de paños consecutivos es de 1,25 y sigue una progresión geométrica. Este tipo de red constituye un arte de pesca no sesgado, puesto que captura con igual probabilidad todas las tallas.

Para completar la información aportada por las redes estándar, se han empleado otras redes formadas por cuatro paños de luces de mayor tamaño cuyo objetivo es la caracterización de las tallas grandes.

La nomenclatura de cada red depende de la ubicación y la altura a la que se cala, de tal manera que hay redes bentónicas, caladas al fondo, mesopelágicas y epipelágicas, ubicadas ambas en la zona pelágica y caladas, respectivamente, a una profundidad media y en superficie.

Tabla 1: Descripción de las redes de muestreo empleadas

	Número de paños x longitud (m)	Luz de malla (mm)	Long x altura (m)	Esfuerzo respecto a estándar
12 x 1,5	12 x 2,5 m	5 - 55	30 x 1,5	1
12 x 6	11 x 2,5 m	6,25 - 55	27,5 x 6	3,66
16 x 1,5	16 x 2,5 m	5 - 135	40 x 1,5	1,33
16 x 6	15 x 2,5 m	6,25 - 135	37,5 x 6	5
4 x 1,5	4 x 10 m	70 - 135	40 x 1,5	1,33
4 x 6	4 x 10 m	70 - 135	40 x 6	5,33

La unidad estándar de esfuerzo de pesca está constituida por una red de 12 paños y 1,5 m de altura (45 m²), calada durante 12 h. El esfuerzo de muestreo se ha repartido geográficamente





siguiendo una previsión de hábitats o, como se suelen denominar en este tipo de trabajos, “polos de atracción”. Esto responde a un planteamiento estratificado más que sistemático.



Ilustración 3: Red calada (izq.) y peces capturados (dcha.)

4.3.2 Pesca eléctrica desde embarcación

Además de las pescas con redes, en las zonas litorales someras (hasta 2 metros), especialmente en presencia de macrófitos acuáticos o vegetación de ribera, se realizó un muestreo complementario mediante pesca eléctrica desde embarcación.

Para la pesca eléctrica se utilizó una embarcación de aluminio de 4 m eslora propulsada por un motor de cuatro tiempos de 13 CV, con una instalación fija consistente en dos plumas situadas en la proa de las que cuelgan los ánodos, y una barandilla donde se sitúa el operario que recolecta los peces. El equipo de pesca utilizado fue el Hans-Grassl GmbH EL 65 II GI (13kW). La embarcación está provista, además, de tanques oxigenados para el mantenimiento de los peces vivos y en buenas condiciones.



La forma de proceder consiste en realizar transectos paralelos a la orilla, de los que se anotan las coordenadas y hora de inicio y fin, en los que se van recogiendo los peces que son atraídos a los ánodos. Una vez finalizado el transecto, se procesan los peces capturados. Para el cálculo de capturas por unidad de esfuerzo, la unidad estándar de esfuerzo es de 100 metros de orilla. Los muestreos de pesca eléctrica se realizan durante la noche.

4.4 Interpolado espacial y estimaciones globales

Para presentar los resultados obtenidos, todas las posiciones contenidas en los ficheros tienen que convertirse a UTM en datum ED50 Huso 30. Todos los mapas e ilustraciones que se incluyen en el presente Estudio se han orientado en este sistema de referencia.

El embalse se ha dividido en estratos coherentes de profundidad, que han sido debidamente cubcados mediante el modelo batimétrico digital. Esta estratificación se ha efectuado considerando los registros verticales de temperatura y oxígeno disuelto y de la penetración de la luz, obtenidos durante el muestreo, así como criterios relativos a la orientación del transductor y a la coherencia del haz acústico en horizontal.

Para cada estrato se ha realizado una interpolación espacial utilizando métodos geoestadísticos ajustados *ex profeso* siguiendo las buenas prácticas en investigaciones de pesquerías (los mapas con este tipo de información espacialmente distribuida se presentan en el ANEJO IV).

Para cada celda, se obtiene la densidad en ind/dam³ y la biomasa en g/m² (aplicando la relación longitud/peso de las capturas) así como la distribución de tallas de los peces detectados.

En el embalse de Irabia se ha considerado un único sector que a su vez se divide en cuatro estratos verticales.

En los mapas del ANEJO IV, se ha empleado la nomenclatura internacional para designar a cada uno de los estratos verticales en la zona de aguas libres:

- *Upper Open Water* (UOW): Estrato superior
- *Middle Open Water* (MOW): Estrato medio (a su vez se divide en MOW1 y MOW2)
- *Lower Open Water* (LOW): Estrato inferior





En la tabla siguiente se presentan los diferentes estratos considerados y sus características de profundidad, volumen y superficie.

Tabla 2: Caracterización de los estratos de profundidad definidos

Estrato	Haz	Límites	Volumen (hm ³)	Superficie (ha)
UOW	Horizontal	0 a -5	3,44	79,53
MOW 1	Vertical	-5 a -10	2,63	76,39
MOW 2	Vertical	-10 a -20	2,83	66,57
LOW	Vertical	-20 a -40	0,36	18,81



5 RESULTADOS

5.1 Sondeo hidroacústico: Densidades

Los recorridos móviles de ecosondeo han cubierto una longitud total de 20.350 m (con dos transductores), lo que supone un valor del índice de cobertura (D_a) de 23. Los recorridos completos sobre el mapa batimétrico, se presentan en la siguiente figura. En la lámina 1 del ANEJO IV, se puede encontrar la misma figura ampliada.

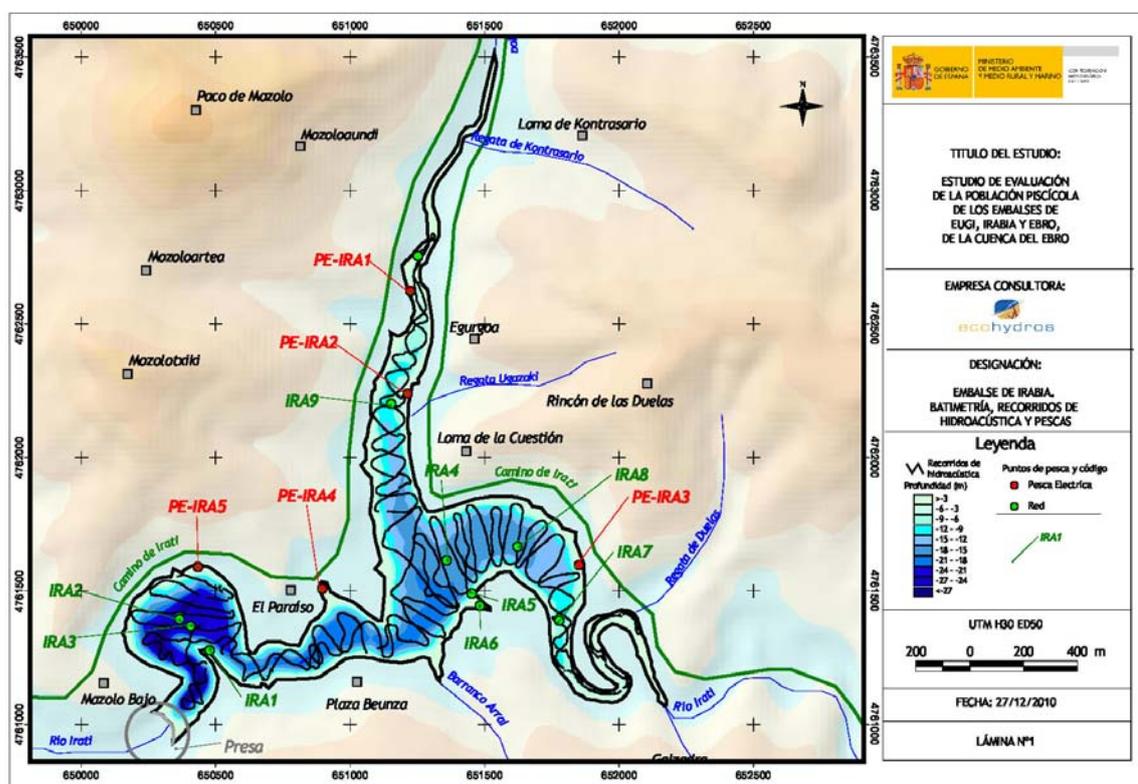


Figura 6. Recorridos de sondeo hidroacústico y posición de los puntos de muestreo directo (pescas científicas)

Mediante el método descrito, se ha obtenido una estimación de densidad en celdas de 50 m y también la talla acústica corregida de cada uno de los blancos y rastros de peces. En el ANEJO III, se presenta un listado completo de estas celdas de análisis, detallando sus coordenadas, estrato, densidad y biomasa.



En el gráfico y tabla siguientes se representan la distribución de frecuencias de los valores de densidad, obtenidos a partir de los rastros, y los estadísticos descriptivos correspondientes, tanto para el ecosondeo horizontal como para el vertical. La densidad se ha expresado en individuos por decámetro cúbico (=1.000 m³).

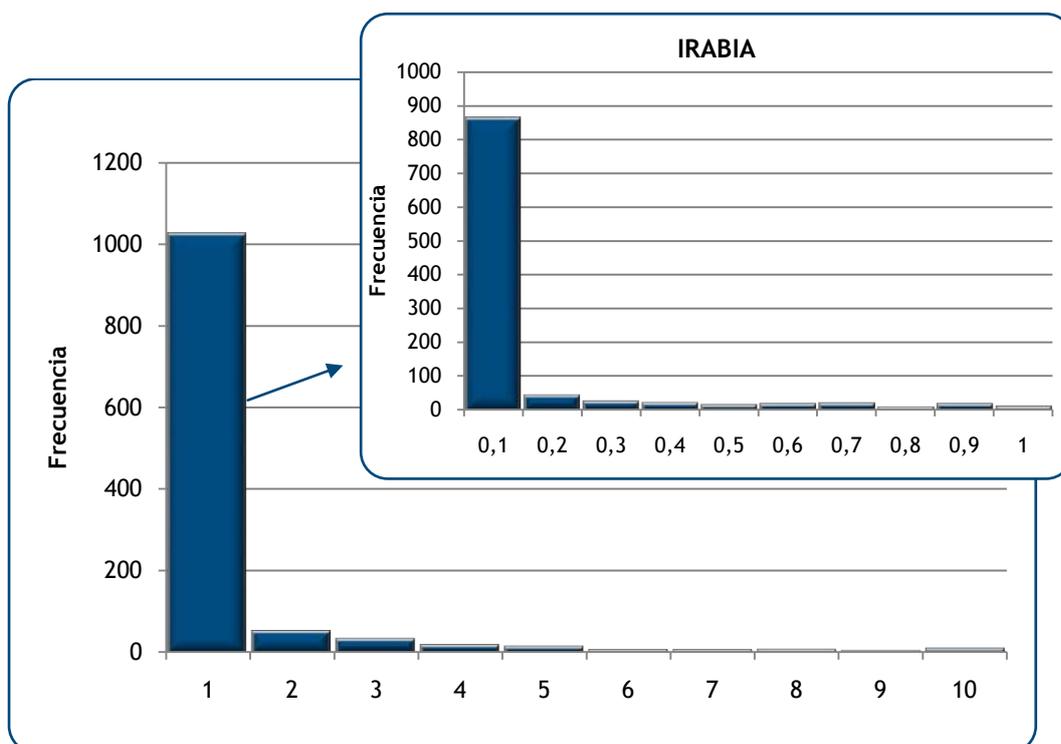


Figura 7: Distribución de frecuencias de densidad (ind/dam³), estimada mediante ecosondeo

Tabla 3. Densidad de peces (ind/dam³) por estratos, estimada mediante acústica

Estrato	Densidad media (ind/dam ³)	Densidad máxima (ind/dam ³)	Número de casos	Número de casos con valor 0	Desviación típica
1	1,19	27	407	77	3,14
2	1,73	170	397	338	10,11
3	0,30	12	305	252	1,10
4	0,22	12	81	71	1,31

Estos valores medios se han ponderado con el volumen de cada estrato y sector (tabla 3), para obtener una densidad total del embalse de 1,035 ind/dam³.





La distribución espacial de la densidad piscícola se presenta interpolada en las láminas 2 a 5 (ANEJO IV) para los tres estratos considerados.

Para los intervalos de densidad se han empleado cuantiles redondeados (mismo número de casos en cada clase). Para cada uno de los estratos se han utilizado los mismos intervalos, de tal manera que puedan compararse los estratos.

En la figura 8 se presenta la disposición geográfica de las celdas de análisis para cada uno de los estratos y se representa mediante símbolos graduados la densidad de cada celda de análisis. Los intervalos empleados son diferentes para cada estrato ya que se ha usado el método de intervalos naturales que maximiza las diferencias entre grupos.

Es posible apreciar que las mayores concentraciones de peces del embalse se encuentran en la capa intermedia superior (MOW1, de 5 a 10 metros) y en concreto en la zona de cola de entrada del río Irati. La densidad media de la capa es semejante a la superior, en la que la distribución es más homogénea.



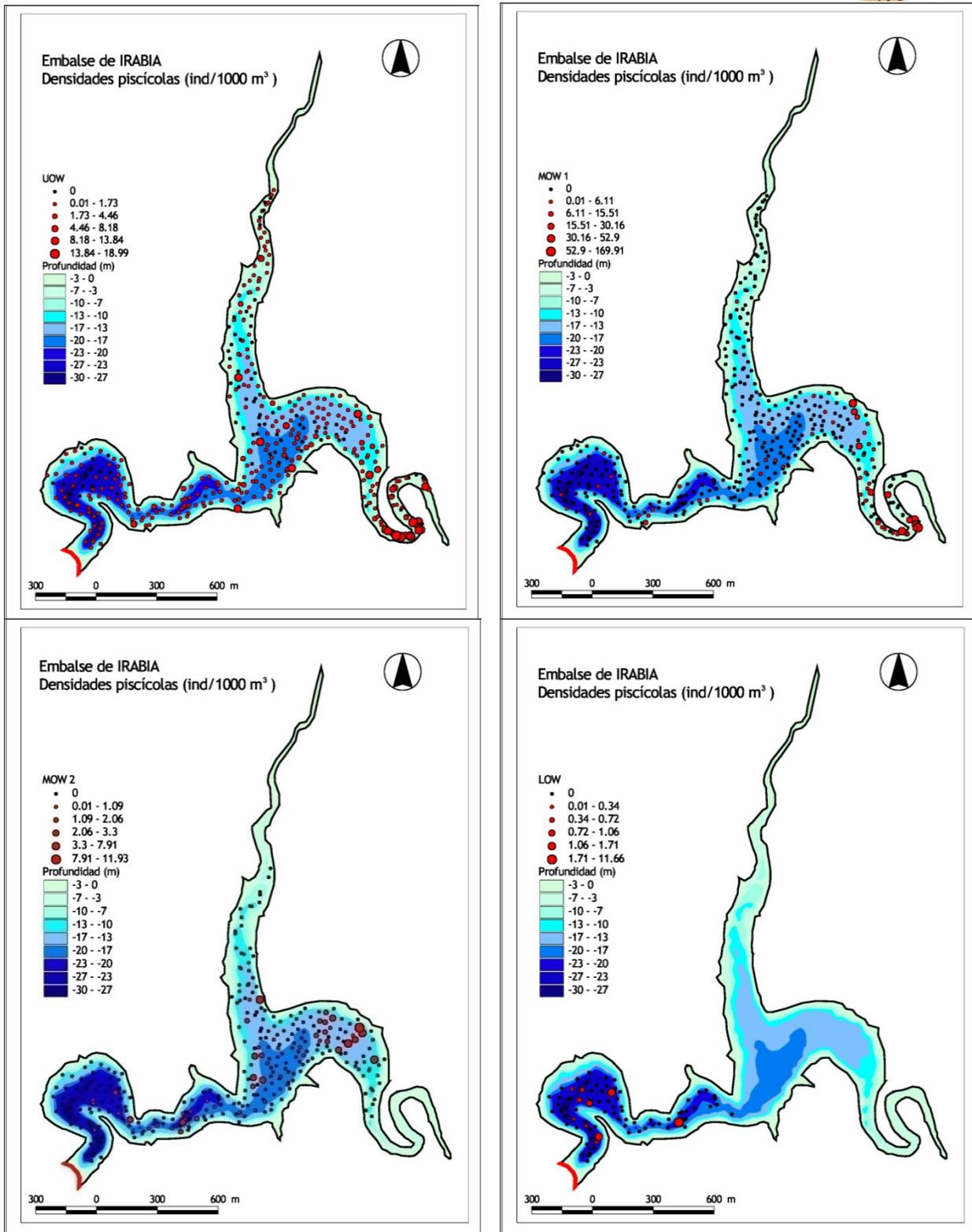


Figura 8. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la densidad piscícola. Cada punto representa una celda de 50m de longitud



5.1.1 Comparativa con otros embalses del Ebro

En el diagrama de barras siguiente se presentan los resultados de densidad obtenidos en Irabia en comparación con otros embalses de la Cuenca del Ebro donde se ha trabajado con técnicas hidroacústicas y se dispone de datos cuantitativos. La línea roja representa el valor promedio de los embalses considerados.

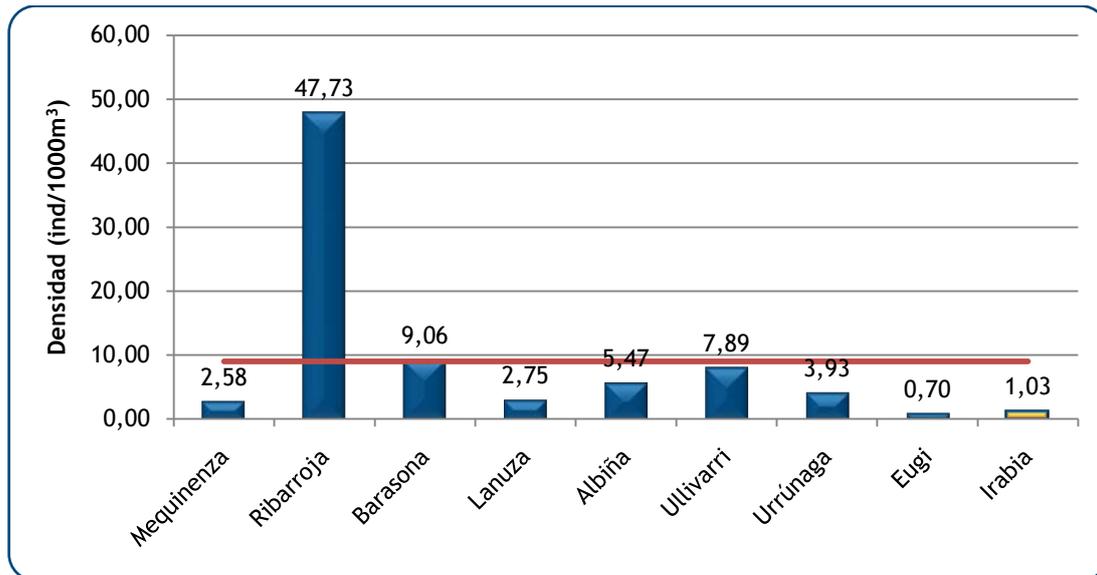


Figura 9. Comparación de la densidad con otros embalses de la cuenca del Ebro

Se constata que este valor está en el rango bajo de densidad de peces de los embalses de la cuenca del Ebro para los que se dispone de cuantificaciones realizadas con técnicas comparables.

5.2 Muestras directas: Composición y biomasa específica

Los muestreos directos se han realizado mediante la pesca con redes agalleras multipaño según se describen en la norma CEN 14.757 y mediante pesca eléctrica desde embarcación en las zonas litorales someras.

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





- **Capturas por unidad de esfuerzo (CPUE)**, es decir, el número de ejemplares acumulado estandarizado a 12 h de pesca y 45 m² de red multipaño (red bentónica) o bien, en caso de tratarse de pesca eléctrica, número de ejemplares capturado por 100 m de orilla recorridos.
- **Biomasa por unidad de esfuerzo (BPUE)**, es decir, el peso acumulado estandarizado a 12 h de pesca y 45 m² de red multipaño (red bentónica), o bien, en caso de tratarse de pesca eléctrica, peso total de los ejemplares capturado por 100 m de orilla recorridos.

5.2.1 Especies presentes en el embalse

En este apartado, se presentan las especies encontradas en los muestreos. En el ANEJO I, se presenta una ficha descriptiva por especie en la que se incluye una breve descripción, una fotografía, un histograma de frecuencias por clases de talla de 5 mm y un mapa en el que se representa el % de CPUE en las diferentes redes. (Descripciones de Doadrio, 2001; CHE, 2009 y fishbase.org; fotografías de Ecohydros SL).

En la siguiente tabla se enumeran todas las especies capturadas y se indica su carácter autóctono o alóctono:

Tabla 4. Especies presentes en el embalse

Especie	Autóctona / Alóctona
Gobio (<i>Gobio lozanoi</i>)	Autóctona
Madrilla o loina (<i>Parachondrostoma miegii</i>)	Autóctona
Piscardo (<i>Phoxinus phoxinus</i>)	Autóctona
Trucha común (<i>Salmo trutta fario</i>)	Autóctona

5.2.2 Composición y distribución de especies

5.2.2.1 Capturas con redes

El total de capturas con redes fue de 113 peces con un peso total de 4,2 kg, lo que supone 70 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 2,5 kg de Biomasa por unidad de esfuerzo. Se emplearon un total de 10 redes en 153 horas de pesca (26,7 unidades de esfuerzo). La ubicación de las redes de muestreo se refleja en la figura siguiente:



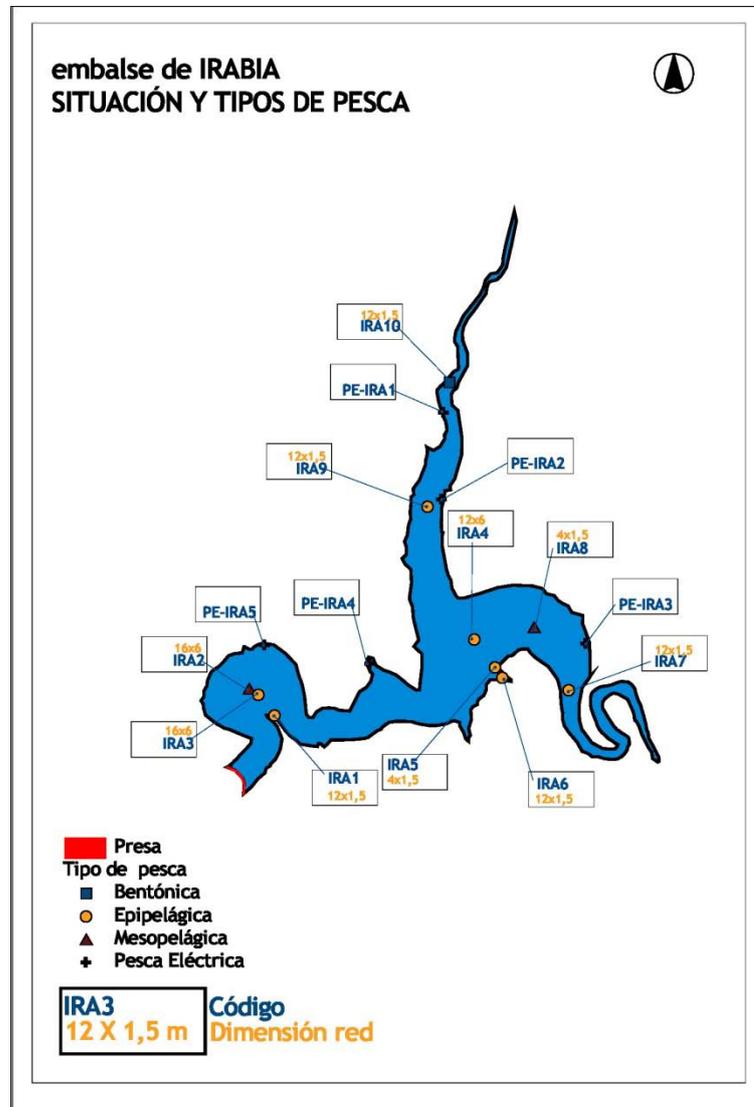


Figura 10. Ubicación de las redes de muestreo y transectos de pesca eléctrica

En la tabla 6 se facilitan los resultados obtenidos de las redes, agregados por especies, para cada uno de los estratos del embalse. Se han capturado un total de 3 especies diferentes. Todas ellas autóctonas.





Tabla 5: Resultados de las pescas con red por especies

	Loina	Trucha común	Gobio	Total general
Capturas	107	3	3	113
CPUE	65	2	2	70
% CPUE	93%	3%	3%	100%
PF total (g)	2.560	1.589	30	4.179
BPUE (g)	1.287	1.232	24	2.543
% BPUE	51%	48%	1%	100%
Long furcal media (mm)	109	350	92	114
Peso medio (g)	24	530	10	37

Los términos empleados para describir la asociación de peces del embalse son los siguientes:

- **Capturas:** Número de individuos pescados
- **CPUE:** Capturas por unidad de esfuerzo. Número de peces pescados ponderado por el esfuerzo de la red en la que han sido capturados
- **% CPUE:** Capturas por unidad de esfuerzo expresado como porcentaje
- **PF total:** Peso fresco total de los peces capturados expresado en gramos
- **BPUE:** Biomasa por unidad de esfuerzo. Peso total de los peces ponderado por el esfuerzo de la red en la que han sido capturados, expresado en gramos.
- **% BPUE:** Biomasa por unidad de esfuerzo expresada en porcentaje
- **L. furcal:** Longitud furcal media en mm.
- **Peso medio:** expresado en g.

La especie que domina la asociación es la madrilla o loina, con valores de CPUE superiores al 90%.

En lo que respecta a la biomasa, la trucha común cobra importancia, ya que con un peso medio de más de medio kilo, alcanza una BPUE de casi el 50%

En la figura 11 se muestra el histograma de frecuencias de las capturas por clases de talla de 5 mm. Se han incluido las capturas realizadas mediante pesca eléctrica cuyos resultados se exponen en el apartado siguiente.

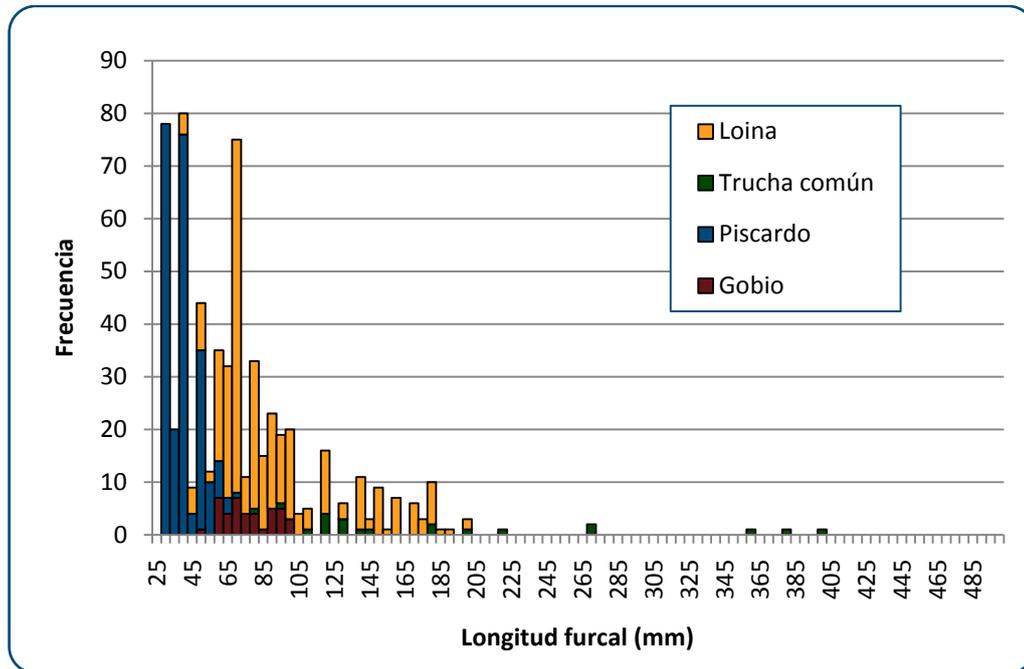


Figura 11. Histograma de frecuencias de capturas en clases de longitud de 5 mm

Las tallas más pequeñas, hasta 60 mm, corresponden casi en su totalidad al piscardo, cuyas capturas se obtuvieron exclusivamente mediante pesca eléctrica. El grueso de los peces del embalse corresponde a las tallas hasta 100 mm y está formado, además de por piscardos, por madrillas y gobios. Los alevines y juveniles de trucha común son escasos como es habitual en los embalses.

5.2.2.2 Resultados de la pesca eléctrica

El total de capturas con pesca eléctrica fue de 563 peces con un peso total de 5,1 kg, lo que supone 598 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 5,6 kg de BPUE. Se realizaron un total de 5 transectos que cubrieron un total de 468 m de orilla.

La ubicación de los transectos de muestreo se puede observar en el mapa de figura 10 (apartado 5.2.2.1), donde se presentó, además, la ubicación de las redes.





En la tabla 7 se facilitan los resultados obtenidos, agregados por especies, para cada uno de los sectores del embalse. Se han capturado un total de 4 especies diferentes.

Tabla 6: Resultados de la pesca eléctrica por especies.

	Loina	Trucha común	Piscardo	Gobio	Total general
Capturas	274	18	233	38	563
CPUE	321	22	219	36	598
% CPUE	54%	4%	37%	6%	100%
PF total (g)	3.293	1.372	234	216	5.114
BPUE (g)	3.892	1.366	216	206	5.680
% BPUE	69%	24%	4%	4%	100%
Long furcal media (mm)	86	158	39	74	68
Peso medio (g)	12	76	1	6	9

Es posible apreciar que si bien sigue siendo la loina la especie dominante en abundancia, en los ambientes litorales, tiene gran importancia el piscardo. En lo que respecta a la biomasa, la loina domina la comunidad ya que las truchas capturadas en el litoral son de pequeño tamaño.

5.3 Biomasa

Una vez presentados los datos obtenidos mediante las dos técnicas de prospección (hidroacústica y muestreo directo), se integran los resultados para obtener unas estimaciones de densidad y biomasa, por especies, para el conjunto del sistema.

En la tabla 8 se presentan los resultados del análisis de biomasa por celdas.

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

Estrato	Biomasa media (g/m^2)	Biomasa máxima (g/m^2)	Número de casos	Número de casos con valor 0	Desviación típica
1	0,18	4	407	84	0,47
2	0,09	6	397	344	0,44
3	0,04	2	305	262	0,18
4	0,01	0	81	73	0,04



La biomasa media del embalse se calcula sumando las biomاسas de cada uno de los estratos y refiriéndolo a la superficie del embalse, de esta manera se obtiene una biomasa media de **0,296 g/m²**, o lo que es lo mismo: **2,96 kg/ha**.

La distribución espacial de la biomasa piscícola se presenta interpolada en las láminas 6 a 9 (ANEJO IV) para los cuatro estratos considerados. Para los intervalos de biomasa se han empleado cuantiles redondeados (mismo número de casos en cada clase). Para cada uno de los estratos se han utilizado los mismos intervalos, de tal manera que puedan compararse los estratos entre sí.

En las siguientes figuras se sitúan geográficamente las celdas de análisis para cada uno de los estratos y se representa mediante símbolos graduados la biomasa de cada celda de análisis. Los intervalos empleados son diferentes para cada estrato ya que se ha usado el método de intervalos naturales que maximiza las diferencias entre grupos.

Como en el caso de la densidad, las biomاسas mayores se observan en la capa intermedia superior (MOW, de 5 a 10 metros), si bien la mayor biomasa media se concentra en la capa superior, con una distribución más homogénea de los peces. A pesar de esta relativa homogeneidad, sí es posible observar cierta acumulación de peces en la zona de cola correspondiente al río Irati.

La biomasa media obtenida es muy baja y propia de sistemas más oligotróficos que el embalse de Irabia. No obstante, todas las especies presentes son autóctonas, propias de sistemas fluviales, ligadas dentro del embalse a medios litorales y con tallas máximas pequeñas (salvo la trucha), por lo que la biomasa obtenida mediante acústica puede considerarse razonable.



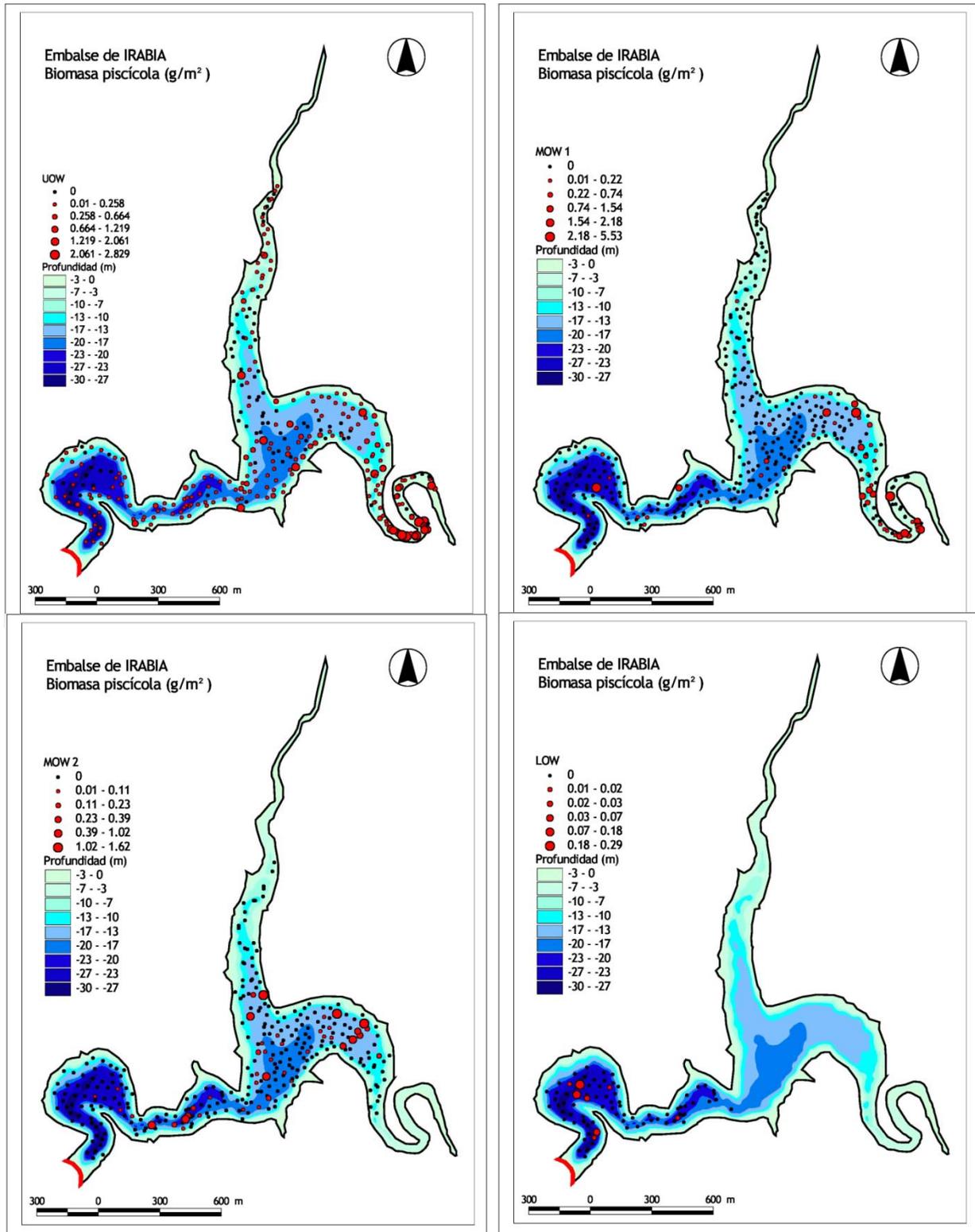


Figura 12. Celdas de análisis de hidroacústica y representación de la biomasa piscícola



5.3.1 Comparativa con otros embalses de la cuenca del Ebro

En el diagrama de barras siguiente se presentan los resultados de biomasa obtenidos en Irabia en comparación con otros embalses de la Cuenca del Ebro donde se ha trabajado con técnicas hidroacústicas y se dispone de datos cuantitativos de densidad y biomasa. La línea roja representa el valor promedio de los embalses considerados.

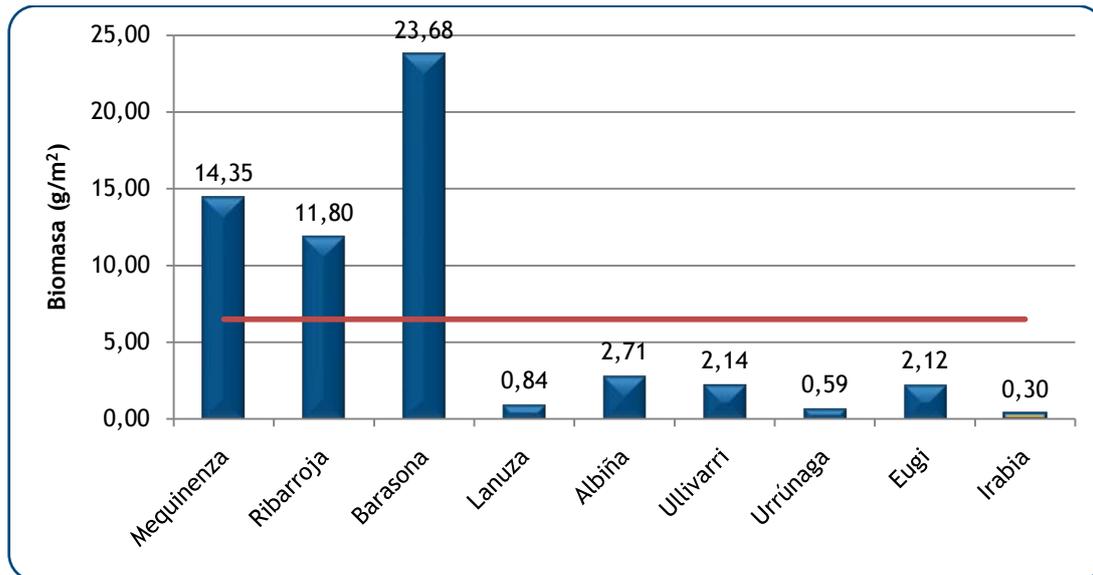


Figura 13. Comparación de la biomasa con otros embalse de la cuenca del Ebro

5.4 Densidad y biomasa por especies

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

En las tablas que se muestran a continuación se han calculado la densidad y biomasa relativas por especie, referidas a volumen (dma³) y superficie (m²) respectivamente, para el conjunto del embalse.



Tabla 8. Densidades (ind/dam³) y biomasa (g/m²) por especie

	Loina	Trucha común	Gobio	Total
Densidad media (ind/dam ³)	0,97	0,03	0,03	1,03
Abundancia Total (ind)	8.942	320	319	9.581
Biomasa media (g/m ²)	0,15	0,14	0,00	0,30
Peso total (kg)	119	114	2	235

Estas estimaciones hacen referencia principalmente a la comunidad pelágica (objeto de estudio de las técnicas hidroacústicas y principal componente de la biomasa de peces de los embalses), por lo que en primer lugar no tienen en cuenta la presencia importante del piscardo (*Phoxinus phoxinus*) y en segundo lugar parecen infraestimar las otras especies, muy ligadas a medios litorales y bentónicos (Gobio).



6 APROXIMACIÓN AL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE BASADO EN PECES

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

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

Solamente utilizando indicadores que explícitamente se vinculen a la disponibilidad de hábitats (aguas litorales y abiertas, estratos de profundidad, sustratos y vegetación acuática, gradientes tróficos longitudinales, ...) será posible dar una salida práctica a la información relativa a los peces en los embalses, puesto que se podrá evaluar separadamente la incidencia que una determinada estrategia de explotación hidráulica pueda tener sobre la fauna piscícola, descontando así este efecto de otras presiones, lo cual resulta fundamental en el proceso de planificación hidrológica.

Dado que la estimación cuantitativa de la fauna de peces en embalses y lagos no se ha aplicado de forma extensiva, resultaría precipitado intentar resumir en métricas y en un EQR estos resultados.

Cabe destacar en todo caso, que actualmente está en proceso el desarrollo de tales métricos a nivel nacional, en el marco de las iniciativas de intercalibración de lagos y embalses y de un proyecto de I+D+i del MARM (*Investigación de la respuesta hidroacústica específica y desarrollo de métodos para la evaluación cuantitativa de las comunidades de peces y del potencial ecológico en embalses. Expdte.: 082/RN08/01.1*) coordinado por el equipo de Ecohydros. Indudablemente, en la medida en que en el futuro se tengan datos de una población suficiente de embalses y de lagos, será posible ofrecer un diagnóstico concreto para estos casos y otros que se vayan muestreando con este tipo de técnicas.





Pese a no ser posible, por el momento, ofrecer una valoración del potencial ecológico basándose en las comunidades de peces, se pueden apuntar las principales características que podrían definirlo:

- Ausencia total de especies de peces alóctonos y presencia de las principales especies autóctonas con capacidad de colonización del medio léntico.
- Densidad de trucha muy baja, en comparación con embalses de la misma tipología y similares características, como Eugi. La estructura de edades es anómala, con presencia de individuos de tallas inferiores a lo habitual en embalses, hecho que puede condicionar negativamente el potencial ecológico.
- Presencia de alevines y juveniles de todas las especies, a pesar de tratarse de especies reófilas (con reproducción en el medio fluvial). Incluida la trucha que generalmente no habita los embalses hasta alcanzar mayor tamaño.
- Densidad y biomasa de peces muy bajas, propias de sistemas más oligotróficos.
- En todo caso, *a priori*, estas apreciaciones son suficientes como para prever desviaciones pequeñas respecto al buen potencial ecológico, en lo que se refiere al elemento biológico peces, a falta de conocer las implicaciones concretas de la baja densidad de trucha común en el potencial ecológico.





7 CONCLUSIONES

Aparte de las consideraciones que se desprenden del resumen de resultados que se facilita a continuación, es notable la información diferencial que ofrecen los métodos empleados (hidroacústica y redes agalleras multipaño) sobre otros aspectos diferentes a la mera composición poblacional, que por otro lado no siempre queda debidamente recogida con métodos cualitativos basados en el uso de trasmallos. Surgen así nuevos matices y posibilidades de evaluación, que permitirán en su momento alcanzar un diagnóstico más fiel a la situación real de la fauna piscícola y que también evidencian rasgos directamente vinculados a la interpretación de las presiones y a las posibles medidas correctoras.

Se resumen seguidamente los aspectos más destacados de los resultados obtenidos:

- Se han encontrado las siguientes **especies**: gobio (*Gobio lozanoi*), madrilla o loina (*Parachondrostoma miegii*), piscardo (*Phoxinus phoxinus*) y trucha común (*Salmo trutta fario*). Todas ellas son especies autóctonas.
- La **agrupación de peces** está dominada en densidad y biomasa por la madrilla con un 93% de las CPUE y un 51% de la BPUE. En el caso de la biomasa, cobra importancia la trucha común con un mayor tamaño (49% de la BPUE).
- El piscardo fue capturado únicamente mediante pesca eléctrica y alcanza el 37 % de las CPUE en las zonas litorales.
- La **densidad media de peces**, a partir de la interpolación en celdas de 50 m, es de 1,035 individuos/dam³. Ese valor de densidad se puede considerar muy bajo. En términos de abundancia absoluta, el número de peces estimado es de 9.585 individuos.
- Los valores máximos de densidad media corresponden a las capas superior e intermedia superior (0-10 m), con concentraciones de peces significativas en la entrada del río Irati.
- La **biomasa** de peces obtenida en el embalse es de 0,296 g/m², o lo que es lo mismo, 2,96 kg/ha, se trata de un valor muy bajo, propio de sistemas oligotróficos. La biomasa absoluta se estimó en 0,23 t.





- La distribución de la biomasa en el embalse es muy similar a la de la densidad, sin embargo, la mayor biomasa media corresponde al estrato superior.
- Si bien no se dispone todavía de un sistema aprobado de evaluación del potencial ecológico basado en el indicador peces, no caben esperar grandes desviaciones frente al buen potencial.





8 GLOSARIO

BPUE: Biomasa por Unidad de Esfuerzo. El peso de las capturas obtenidas durante las pescas científicas se normaliza a un esfuerzo de referencia, que corresponde a una red bentónica (45 m²) expuesta durante 12 horas.

CPUE: Captura por Unidad de Esfuerzo. El número de capturas obtenidas durante las pescas científicas se normaliza a un esfuerzo de referencia, que corresponde a una red bentónica (45 m²) expuesta durante 12 horas.

Ecograma: Es una forma de representación del sonido que retorna a la ecosonda, en la que cada ping se dispone en el eje horizontal y la distancia en el vertical.

Ping: un ping es un impulso acústico generado por la ecosonda; a efectos prácticos se puede considerar como una muestra de la columna de agua.

Talla acústica (Target strength, TS): Es la intensidad del sonido procedente de un blanco (pez en este caso) y se mide en decibelios (dB). Es una medida logarítmica de la proporción de la energía incidente que es devuelta por el blanco. Se utiliza una escala logarítmica porque el tamaño de los organismos acuáticos cubre varios órdenes de magnitud, desde el plancton hasta las ballenas. Para casi todos los peces, la TS está en el rango de -70 a -20 dB. Por ejemplo, si decimos que un blanco tiene 3dB más que otro, es lo mismo que decir que refleja dos veces más energía. Un blanco de -20dB, un atún o un siluro de gran talla quizás, produce un eco 10.000 veces más fuerte que un blanco de -60dB, que podría corresponder por ejemplo a un alevín de boga de unos 4 cm de talla.

Transductor: Elemento primordial del sistema acústico, que convierte el impulso eléctrico en mecánico (sonido) y viceversa. Son piezas que van sumergidas y de cuyo diseño depende la arquitectura del haz acústico. Mediante la actuación de numerosos elementos piezo-eléctricos se consigue generar un haz tipo pistón, con un lóbulo central prominente y lóbulos laterales pequeños, de lo que depende el ratio señal/ruido de una ecosonda. Este es uno de los aspectos en los que se diferencian las ecosondas científicas de las que ecosondas estándar pesqueras, y conlleva una considerable diferencia en sofisticación, que no se percibe en su justa medida en una apreciación puramente visual de un ecograma.





Índice de cobertura: Medida del esfuerzo de muestreo acústico que relaciona la longitud navegada con la raíz cuadrada de la superficie del embalse según la fórmula:

$$D_a = \frac{\text{Long de muestreo acústico}}{\sqrt[2]{\text{Superficie embalse}}}$$





9 BIBLIOGRAFÍA

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

CEDEX, 2.005. Directiva 200/60/CE. Análisis de las características de las Demarcaciones. Caracterización de los tipos de ríos, lagos y embalses (versión 5.0). Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 313 Págs.

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

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

CHE (2.010). Control del Estado de las Masas de Agua C.E.A.S. Informe de situación año 2.009.

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

Embalses.net. Estado de los embalses y pantanos de España (2.010). <http://www.embalses.net/>.

Fishbase (2.009). <http://www.fishbase.org/search.php>. Marzo,2009.

Love, R.H., 1977. Target strength of an individual fish at any aspect. The Journal of the Acoustical Society of America 62, 1397-1403.

Navallas, A, 1991. El agua en Navarra. Caja de Ahorros de Navarra

SAIH Ebro. <http://195.55.247.237/saihebro/index.php?url=/historicos/peticion>. Diciembre 2010.





ANEJOS

