

## LAS COMUNIDADES PISCICOLAS DE LOS EMBALSES DE MADRID. DIRECTRICES PARA SU GESTION

D. GARCÍA DE JALÓN<sup>1</sup>, M. MAYO RUSTARAZO<sup>1</sup>, BERTA GALLEGO<sup>1</sup> y F. HERVELLA<sup>1</sup>

### RESUMEN

Con objeto de inventariar sus poblaciones piscícolas se muestrearon tres embalses de la Comunidad de Madrid (Valmayor, Pedrezuela y Santillana) durante el invierno y la primavera de 1992.

Se realizaron muestreos cuantitativos mediante la utilización de una ecosonda en diversos transectos de cada embalse, mientras que la composición piscícola se analizó utilizando, por un lado, redes de agalla caladas a distintas profundidades y trasmallos en orillas, y pesca eléctrica desde una embarcación con motor fuera de borda, por otro.

Los resultados detectan unas importantes poblaciones de carpa caracterizadas por una estructura muy envejecida, sin ningún individuo menor de cuatro años de edad. También son de reseñar entre los depredadores poblaciones de lucios, también muy envejecidas, junto a algún black-bass y tenca.

Por el contrario, las poblaciones de perca-sol (*Lepomis gibbosus*), que creemos que ha sido introducida hace unos diez años, presentan una gran superpoblación bien estructurada. Este pequeño, fértil y voraz depredador es, con probabilidad, el responsable de que año tras año se malogre la freza de las restantes especies que habitan los embalses.

Las directrices de gestión de la pesca se basan en la planificación de actividades encaminadas a la eliminación de la perca-sol mediante desembalse y vedas parciales de las otras especies, o bien de medidas tendentes al control de estas poblaciones mediante el favorecimiento de sus depredadores. En este aspecto se propone la colocación de balsas flotantes para facilitar la nidificación de somormujos y zampullines, la disposición de postes como dormitorios de cormoranes y de oteadores para garzas, y la repoblación continuada durante varios años con black-bass y lucio.

### INTRODUCCION

Las poblaciones piscícolas de los embalses son, en general, poco conocidas. Entre las razones de este hecho cabe señalar el que en la mayoría de los casos las poblaciones dominantes son de ciprínidos y otras especies menos apreciadas como pesca. Cabe señalar que al tratarse de nuevas masas acuáticas no existe una tradición de su aprovechamiento piscícola.

Sin embargo, algunas especies, tales como el lucio o el black-bass, son apreciadas por determinados

pescadores y justificarían de por sí la obtención de datos previos para su gestión. Incluso los ciprínidos (carpa, tenca), que en principio se suponían inagotables, son objeto de una demanda de pesca cada vez mayor, que se acentúa en las masas acuáticas que rodean a una población como la de Madrid. Además estas especies son explotadas en todas sus clases de edad, proliferando los pescadores de «minicalla» y la pesca al «coup».

Acontecimientos recientes, como el vaciado de embalses o la aparición de enfermedades que ocasionan mortalidades masivas, han llamado la atención de la opinión pública. Esto ha contribuido también a despertar y a acelerar el interés por estas poblaciones piscícolas. En especial desde el punto de vista de la gestión pesquera, resulta imprescindible

<sup>1</sup> Laboratorio de Hidrobiología. E.T.S.I. de Montes. Universidad Politécnica. 28040 Madrid.

ble disponer de un conocimiento de las existencias de estas poblaciones, así como de la estructura y composición de las comunidades que forman y de los parámetros poblacionales.

Son pocos los estudios realizados en los embalses españoles hasta la fecha (GRANADO y GARCÍA, 1981 y 1986); sin embargo, existe una metodología y unas técnicas de inventariación perfectamente aplicable en este tipo de estudios.

El estudio de estos tres embalses madrileños queda perfectamente justificado, ya que es imprescindible conocer los efectos de la presión pesquera a que están sometidas sus poblaciones (Valmayor y Pedrezuela), los efectos producidos por mortalidades masivas (Santillana), con su posible repercusión en aguas utilizadas para el abastecimiento, los efectos que pueden causarles las variaciones bruscas de nivel originadas por los desembalses y la proliferación extraordinaria de especies alóctonas recientemente introducidas, como es el caso de la perca-sol.

## METODOLOGIA

Se han empleado métodos basados en hidroacústica, artes de pesca y muestreos con pesca eléctrica. La utilización conjunta de estos tres métodos permite evaluar las poblaciones piscícolas de los embalses con un grado de fiabilidad bastante aceptable (GARCÍA DE JALÓN *et al.*, en prensa).

Los muestreos con ecosonda proporcionan datos de densidades totales o por unidad de volumen, pero no permiten discriminar de qué especies se trata. La utilización de redes complementa los muestreos anteriores, obteniendo capturas reales de las que se puede deducir la composición cualitativa de las poblaciones y obtener datos merísticos. Finalmente, el muestreo con pesca eléctrica en orillas y ensenadas permite estudiar con más detalle las clases de edad más jóvenes, que aparecen pobremente representadas en los otros tipos de muestreo.

### Ecosonda

Se utilizó una ecosonda FURUNO FE-4300 con exposición de datos sobre el papel. Para detectar los peces más próximos al fondo del embalse se utilizó el dispositivo de «línea blanca» en combinación con el *scanner* de fondo, que permite distin-

guir los objetos que componen el fondo de aquellos otros próximos pero no unidos a él.

El transductor utilizado es el modelo 50B-5NR FURUNO con un ángulo de emisión de 46° y una frecuencia de 50 kHz. Este transductor de ángulo amplio y baja frecuencia permite muestrear una mayor superficie a ambos lados de la embarcación.

Se han realizado una serie de transectos en dos épocas del año (invierno y primavera). Los transectos son perpendiculares a ambas orillas, salvo casos especiales y están repartidos por todo el embalse. No se han muestreado por este método las zonas con profundidades inferiores a 2 m, ya que la ecosonda no es capaz de separar las señales debidas a los peces y al fondo.

El transecto se recorre a velocidad baja y uniforme con una embarcación ZODIAC S-134 sobre la que va instalada la ecosonda. Para la propulsión se han utilizado un motor fuera de borda de 15 CV y un motor eléctrico de 3 CV. Durante la travesía se tomaron mediciones de la velocidad con un molinete VALEPORT BFM 200 instalado sobre el transductor y con orientación automática en el sentido del desplazamiento real, independiente del relativo de la embarcación, con el fin de obtener una estimación de la velocidad media. Los intervalos de medición fueron de 200 segundos. La duración de la travesía se cronometró, siendo estos datos suficientes para calcular la longitud recorrida en cada transecto.

Con las bandas impresas se hizo un conteo de los ecos registrados por la ecosonda. Este número se relacionó con el volumen de agua muestreado para poder estimar el número total de peces del embalse. El volumen de agua muestreado en cada transecto es función de su longitud y de las variaciones del fondo del embalse. Utilizando el levantamiento del fondo proporcionado por la ecosonda para medir la profundidad en cada punto, podremos calcular el volumen aplicando la fórmula:

$$V = \text{tg}(\beta/2) \int_0^L h^2(l) dl$$

siendo:

$\beta$ : ángulo de emisión del transductor.

h: profundidad a distancia l.

L: longitud total del transecto.

## Redes

Se han utilizado dos tipos de aparejo de captura pasiva: redes de agalla y trasmallos. En los muestreos se han utilizado redes de 50 m de longitud y 2 m de altura, con un «hanging-ratio» de 0,5 y con mallas de 100 y 110 mm (LAGLER, 1978).

Se colocaron en distintos puntos del embalse, en profundidades comprendidas entre 0 y 4 m, ya que los ecosondeos dieron como resultado que en esta capa se movían la mayoría de los peces. Se situaron perpendicularmente a las orillas o cerrando ensenadas. Se realizaron muestreos previos en el embalse de Valmayor con varios tiempos de permanencia, que oscilaron entre una y cinco horas durante el día. Se observó que las capturas eran mínimas, por lo que se optó por un tiempo de muestreo que osciló entre doce y catorce horas, transcurriendo una noche entre su colocación y revisión. Hay que tener en cuenta que la efectividad de captura de la red disminuye con el tiempo y las capturas acumuladas (KENNEDY, 1951), por lo que se han elegido estos tiempos de muestreo, que sobrepasan con creces el intervalo óptimo.

Los trasmallos utilizados son de 8 y 10 m de longitud por 80 cm de altura, con mallas interiores de 10 y 12 mm. Se han situado preferentemente en las orillas de aguas someras, perpendiculares a la orilla y en profundidades de 50 a 150 cm. Los tiempos de permanencia han oscilado entre una y tres horas, a excepción del embalse de Santillana donde permanecieron colocados más de doce horas, transcurriendo una noche entre el tendido y revisión.

## Pesca eléctrica

El procedimiento seguido para la pesca eléctrica ha sido el de recorrer las orillas o las ensenadas poco profundas con una embarcación sobre la que va instalado el equipo de pesca eléctrica. Este se compone de un generador de 650 W, un transformador-rectificador que proporciona corriente continua a 125 ó 220 V, un cátodo de rejilla de  $0,3 \times 0,5$  m<sup>2</sup> y un ánodo de 45 cm de diámetro.

De todos los peces capturados con redes o trasmallos y de aquellas otras especies capturadas con pesca eléctrica, se han tomado la longitud ahorrillada y el peso, así como escamas de una

submuestra de los individuos capturados, para determinar su edad. Una vez estimadas las edades de la submuestra, las de los restantes individuos se asignan por extrapolación y mediante la ayuda del gráfico de frecuencias de longitudes correspondiente (gráfico de Petersen).

## Estimación de abundancias y densidades

Las abundancias relativas se obtienen de los conteos de ejemplares capturados con pesca eléctrica y con las redes.

El cálculo de las densidades piscícolas se basa en la realización de unos itinerarios o transectos basados en el estudio de la distribución de los contactos. Este método de censo está basado en la probabilidad de detección de los peces a ambos lados de la línea de progresión. Se supone que los peces sometidos a muestreo son unidades puntuales cuyas dimensiones carecen de importancia teórica en la aplicación del método. Según EBERHARDT (1978), en TELLERÍA (1986), la ecosonda detecta el animal y se asume que la probabilidad de detección es función de la distancia del pez al transductor.

Han de asumirse unas condiciones previas para que pueda considerarse válido el muestreo, a saber:

- Los peces situados sobre la línea de progresión son detectados con una probabilidad de 1,0.
- Los peces se encuentran en esa posición de forma natural, no atraídos o asustados por el propio observador. Así, si los animales se apartan al paso de la embarcación, infravaloraremos la densidad. Por el contrario, si se acercan a ella, aumentará el número de contactos, supervalorándose entonces las densidades reales.

— El ángulo del cono de detección no varía. En el caso del muestreo con ecosonda esto se consigue si no se cambia el tipo de transductor durante un transecto completo.

— Las observaciones de cada individuo son independientes entre sí y ningún pez es detectado dos veces.

Según EBERHARDT (1978), es un requisito fundamental la distribución al azar de los transectos.

Se ha diseñado un muestreo estratificado por profundidades (banda de 0 a 5; 5 a 10; 10 a 15; 15

a 20 cm, etcétera) en una serie de transectos fijados de forma sistemática en cada uno de los tres embalses.

El transductor detecta individuos situados en una banda de anchura constante,  $W(h)$ , para una cierta profundidad,  $h$ . Se supone que ninguno de los peces situados en esa banda queda sin detectar por lo que  $p(x) = 1$  en el intervalo  $0 \leq x \leq W$ . En consecuencia, tendremos que:

$$D = n/2LW$$

$2LW$  es la superficie de la banda muestreada, pero la ecosonda detecta todos los peces situados en esa banda y en el prisma triangular delimitado por esa misma banda y el vértice en que se sitúa el transductor; por ello este valor ha de sustituirse por el volumen de ese prisma. Entonces:

$$D = n/V$$

siendo  $D$  el número de peces estimados en un determinado estrato de profundidad en individuos/hm<sup>3</sup>,  $n$  el número de ecos en dicho estrato,  $V$  el volumen de ese estrato. La densidad total de un transecto viene dada por:

$$D_t = \sum D_i \cdot V_i/V_t$$

siendo:  $D_i$  la densidad de cada estrato o franja de profundidad,  $V_i$  el volumen de cada franja y  $V_t$  el volumen total del transecto.

A partir de las densidades medias de cada estrato y cada transecto se obtienen unos valores de densidad en ind/hm<sup>3</sup> para cada campaña de muestreo.

Para hallar el número total de individuos en cada embalse se multiplica la densidad media de cada banda por el volumen de esa banda en el momento del muestreo. Se obtienen así unas existencias medias ponderadas para cada banda; la suma total de éstas nos da las existencias medias totales.

Utilizando las abundancias relativas de cada especie se calcula el número total de individuos para cada una de ellas. Como estimación de las existencias se da el mayor valor que tomen en una u otra época de muestreo.

## AREA DE ESTUDIO

### Embalse de Santillana

Este embalse recoge las aguas del río Manzanares y del arroyo de Samburriel, siendo éstos los aportes principales. El volumen inicial del embalse es de 91 hm<sup>3</sup>, con una superficie a máxima cota de 1.052 ha. Su destino es el abastecimiento de agua potable.

En este embalse, en cada muestreo se han realizado 13 transectos con ecosonda, cuatro localizaciones para la colocación de redes, cinco localizaciones para la colocación de trasmallos y pesca eléctrica en un recorrido total de 4,5 km repartidos por el embalse (Fig. 1).

En las épocas en que se han realizado los muestreos el volumen de agua embalsada era de 48,55 hm<sup>3</sup> y una superficie inundada de 725 ha en invierno (12-3-92), mientras que en primavera era de 50,91 hm<sup>3</sup> y 745 ha (9-6-92).

### Embalse de Valmayor

Este embalse recoge las aguas del río Aulencia y está situado en los términos municipales de Valdemorillo y Comenarejo. El volumen inicial es de 125 hm<sup>3</sup> y la superficie de agua embalsada, a máxima cota, es de 755 ha. El destino es el abastecimiento de agua potable.

En este embalse se han fijado 11 transectos con ecosonda, cuatro localizaciones de colocación de redes, cuatro localizaciones de colocación de trasmallos y un recorrido con pesca eléctrica de 2,4 km (Fig. 2).

Las características del embalse en las épocas en que se han realizado los muestreos eran 36,26 hm<sup>3</sup> embalsados y 306 ha inundadas en abril (3-4-92), mientras que en mayo eran 37,50 hm<sup>3</sup> y 312 ha (5-5-92).

### Embalse de Pedrezuela

Denominado en un principio embalse de El Vellón, recoge las aguas del río Guadalix y está situado en los términos municipales de Pedrezuela y Guadalix de la Sierra. El volumen inicial es de 41 hm<sup>3</sup> y la superficie inundada a máxima cota es de 393 ha. El destino es el abastecimiento de agua potable.

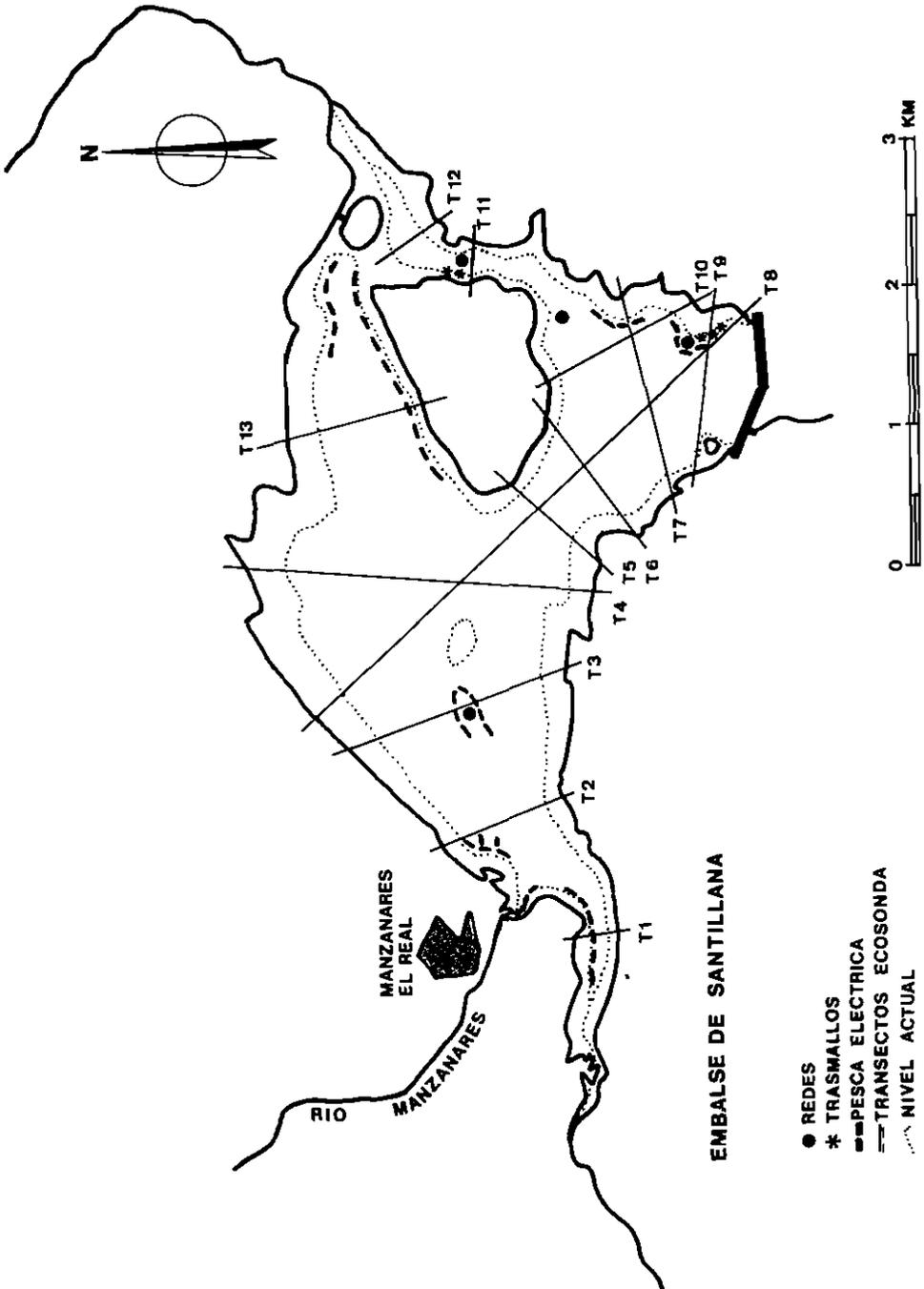


Fig. 1. Plano del embalse de Santillana en el que se indican los transectos de muestreo con ecosonda realizados.

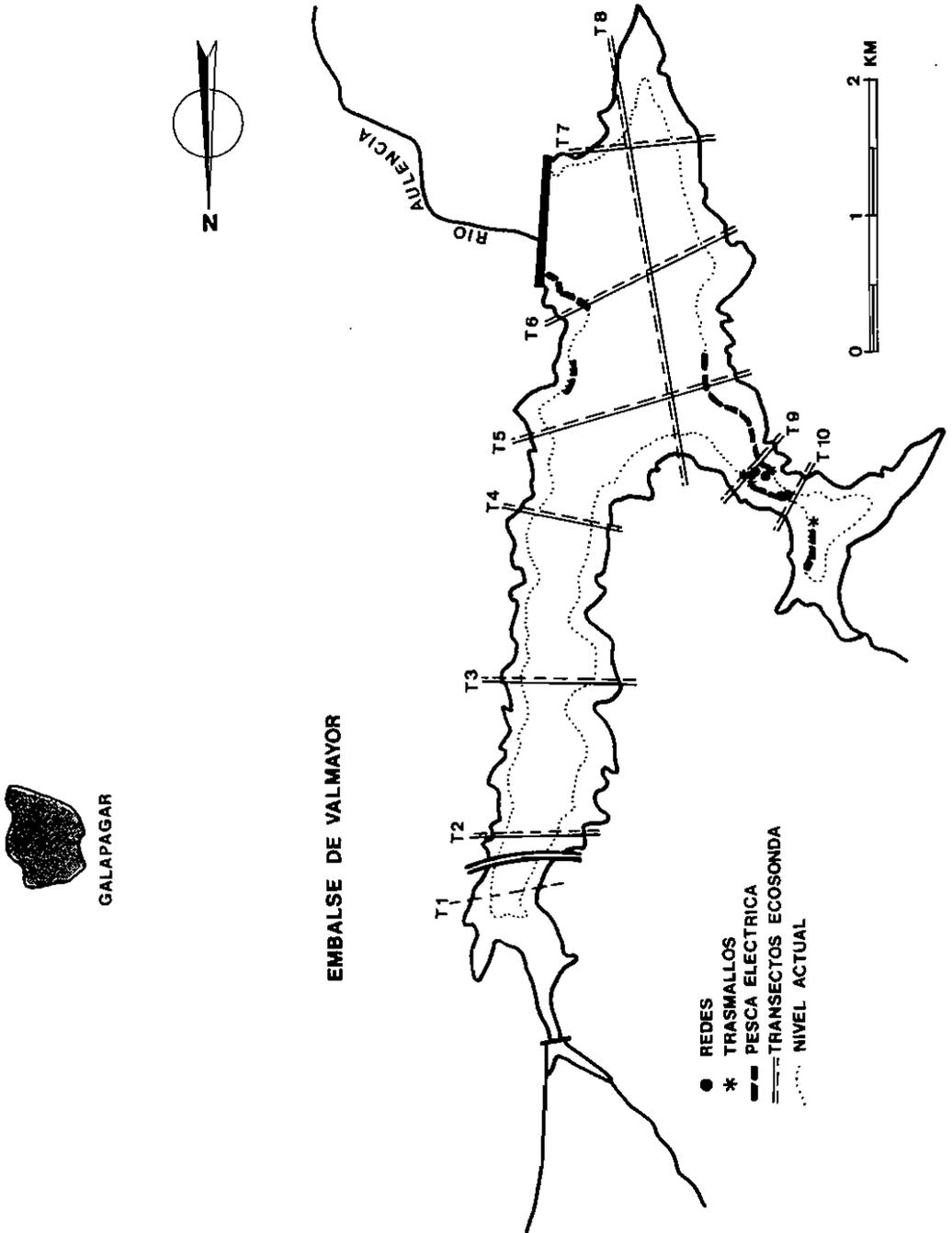


Fig. 2. Plano del embalse de Valmayor en el que se indican los transectos de muestreo con ecosonda realizados.

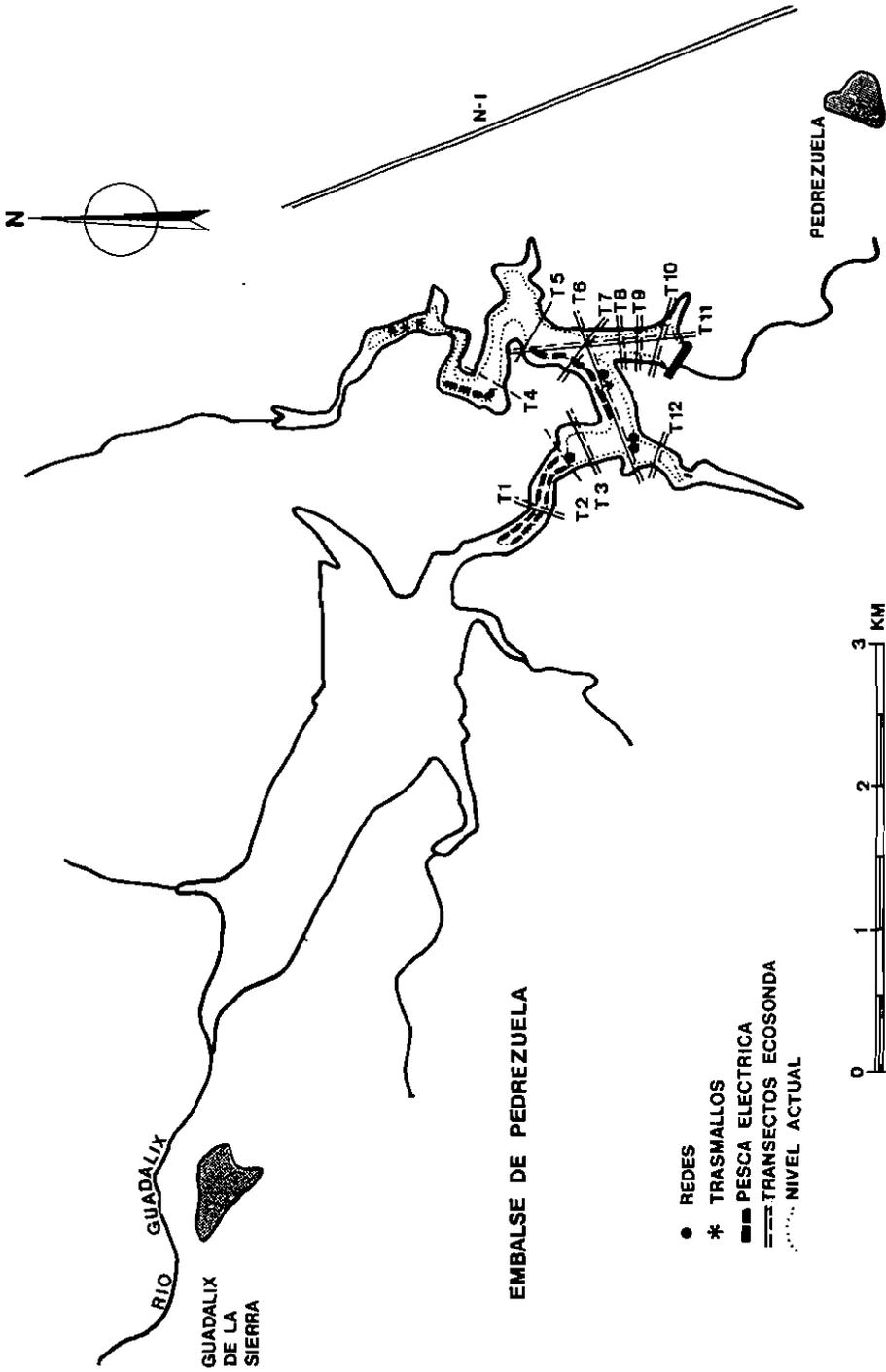


Fig. 3. Plano del embalse Pedrezuela en el que se indican los transectos de muestreo con ecosonda realizados.

En este embalse se han muestreado 12 transectos con ecosonda, cuatro localizaciones para colocación de redes, cuatro localizaciones para colocación de trasmallos y se ha realizado un recorrido con pesca eléctrica de 3 km (Fig. 3).

Las características del embalse en las épocas en que se han realizado los muestreos son de 4,14 hm<sup>3</sup> y 41 ha inundadas en el primer muestreo (26-3-92), mientras que en el segundo eran 2,75 hm<sup>3</sup> y 35 ha (28-5-92).

## RESULTADOS

Las especies piscícolas halladas en el embalse de Santillana son las siguientes:

### Familia Cyprinidae:

Carpa común y royal (*Cyprinus carpio*).

Gobio (*Gobio gobio*).

Carpín (*Carasius auratus*).

Tenca (*Tinca tinca*).

Cacho (*Leuciscus cephalus pyrenaicus*).

### Familia Esocidae:

Lucio (*Esox lucius*).

### Familia Centrarchidae:

Perca sol (*Lepomis gibbosus*).

Black bass (*Micropterus salmoides*).

En la Tabla I se exponen las abundancias y densidades de cada una de estas especies (exceptuando la perca-sol) para los tres embalses. Estos datos corresponden al segundo muestreo, ya que en el primer muestreo se encontraron valores inferiores (en un 60-70%) debido a que la actividad de estos animales era escasa a causa de las bajas temperaturas.

Las abundancias de perca-sol no han podido ser evaluadas correctamente debido a que se distribuye principalmente en las zonas someras de orillas y en poca profundidad la ecosonda no es efectiva. En el caso del embalse de Pedrezuela, debido a la superpoblación de esta especie, los peces se vieron obligados a desplazarse a aguas más profundas, pero aun así, el gran número de ecos recibidos impidió un conteo aceptable.

En el embalse de Santillana se han estimado unas existencias totales de 897.500 peces (excluida la perca sol), que suponen una densidad de 1.196 individuos por hectárea. La biomasa estimada para este embalse ha sido de 2.102 kg/ha. Este valor es superior a la biomasa potencial de 234 kg/ha, determinada en función de la productividad poten-

TABLA I

ABUNDANCIAS ABSOLUTAS (EN NUMERO DE INDIVIDUOS) Y DENSIDADES (EN NUMERO DE INDIVIDUOS POR HECTAREA) DE LAS ESPECIES PISCICOLAS EN LOS EMBALSES ESTUDIADOS

	E. SANTILLANA		E. VALMAYOR		E. PEDREZUELA	
	Núm. ind.	Ind./ha	Núm. ind.	Ind./ha	Núm. ind.	Ind./ha
<i>Esox lucius</i> (lucio) .....	5.000	7	19.000	61	36.000	878
<i>Cyprinus carpio</i> (carpa) .....	886.000	1.189	1.088.000	3.487	63.000	1.537
<i>Carasius auratus</i> (carpín) .....			22.000	71	7.000	182
<i>Tinca tinca</i> (tenca) .....						Presencia
<i>Leuciscus pyrenaicus</i> (cacho) .....						Presencia
<i>Gobio gobio</i> (gobio) .....		Presencia				Presencia
<i>Micropterus salmoides</i> (B.-bas) .....			3.000	10		
<i>Lepomis gibbosus</i> (P. sol) .....		No cuantificado		No cuantificado		Sobrepoblación
TOTAL .....	891.000	1.196	1.132.000	3.629	106.000	2.597

cial hallada por la fórmula de Lèger, Huet y Arrignon (ARRIGNON, 1984). Esto indica que hay una sobrepoblación, ya que, aun con el embalse lleno, la biomasa existente superaría a la potencial.

En el embalse de Valmayor se estimaron unas existencias de 1.132.000 individuos, lo que supone una densidad de 3.629 ind/ha, con una biomasa de 3.641 kg/ha. Este valor es también mayor, aun con el embalse lleno (1.500 kg/ha), que el de la biomasa potencial.

En el caso de Pedrezuela, los resultados del inventario reflejan un total de 106.000 peces (excluyendo la perca sol), lo cual supone una densidad de 2.600 ind/ha y una biomasa de 22.850 kg/ha. Este valor es enormemente elevado con respecto a la biomasa potencial, aun con el embalse lleno a máxima cota (2.280 kg/ha). La sobrepoblación en la mayor encontrada en los embalses estudiados.

Son escasos los datos cuantitativos de existencias piscícolas en embalses. En España sólo conocemos los valores del embalse de Arrocampo (Cuenca del Tajo), dados por GRANADO y GARCÍA NOVO (1986): densidad entre 1.841 y 1.953 ind./ha, y biomasa entre 660 y 810 kg/ha, cifras que son claramente inferiores a las de estos embalses.

En la Figura 4 se expone la distribución de los peces en diferentes profundidades, utilizando el porcentaje medio de individuos detectados en cada una de las bandas de profundidad consideradas para la totalidad de los transectos realizados y para cada una de las épocas de muestreo. Vemos que atendiendo al proceso de estratificación de los embalses y la consiguiente formación de un hipolimnion con falta de oxígeno, los peces llegan a ma-

yores profundidades durante el primer muestreo (>25 m), mientras que en el segundo (con el hipolimnion recién formado) se quedan a menos de 15 m. En la banda de superficie se encuentra, aproximadamente, el 60% de los individuos activos durante el primer muestreo, mientras que en el segundo se detectaron más del 80%. En cuanto a la distribución en proyección horizontal, se puede decir que las carpas se encuentran repartidas más o menos uniformemente por todo el embalse.

### Análisis de las poblaciones piscícolas

#### CARPA

La carpa es la especie más abundante en los tres embalses, en especial en Santillana (99%) y en Valmayor (96%), mientras que en Pedrezuela supone el 60% de los individuos capturados (no incluyendo a la perca-sol).

Se han encontrado carpa común y royal, la primera predomina en el embalse de Santillana (93%), mientras que la royal predomina en los de Pedrezuela (97%) y Valmayor (88%).

En la Tabla II se expone un resumen de las características de las poblaciones de carpa.

Los tamaños de los individuos capturados han oscilado entre 30 y 56 cm, con pesos entre 610 y 3.600 g en el embalse de Santillana (Fig. 5). En el de Valmayor los tamaños han oscilado entre 31 y 47 cm, con pesos de 564 a 1.800 g. Mientras que en el de Pedrezuela éstos han oscilado entre 32 y 70 cm, con pesos entre 627 g y 8,5 kg (estos últimos correspondientes a carpa royal).

TABLA II  
PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS POBLACIONALES DE LA CARPA EN LOS TRES EMBALSES

	Santillana	Valmayor	Pedrezuela
Abundancia relativa .....	99%	96%	59%
Tasa común/royal .....	93%	12%	3%
Coef. condición (100 g/cm <sup>3</sup> ) .....	2,24	1,94	2,94
Edades (años) .....	4 + /12 +	4 + /9 +	4 + /17 +
Mortalidad .....	1,253	1,669	—

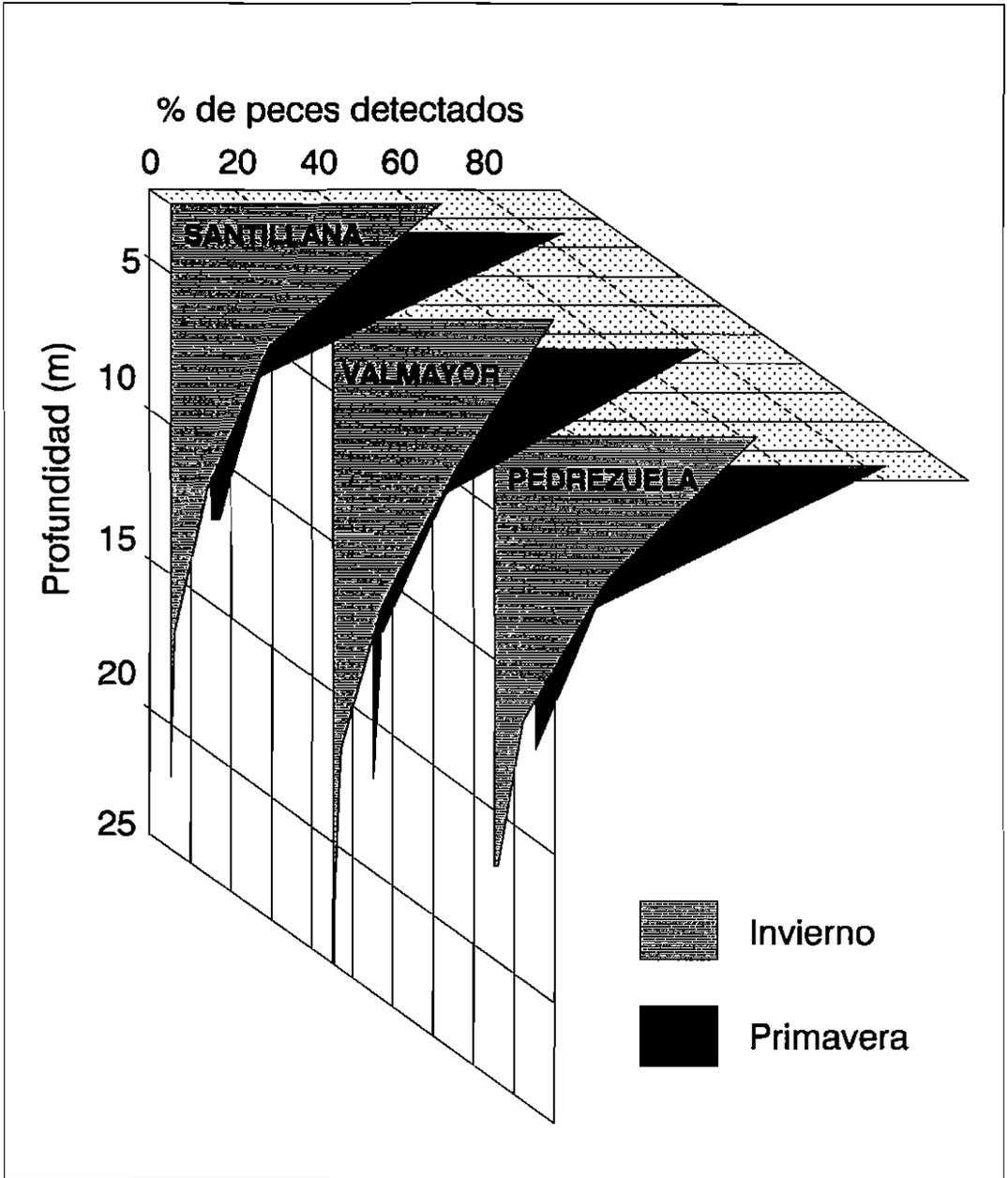


Fig. 1. Distribución en profundidad de los peces activos en invierno y primavera.

Las curvas que relacionan el peso con las longitudes (Fig. 5) y el coeficiente de condición (Tabla II) nos indican la delgadez o gordura del cuerpo, que lógicamente ha de estar relacionada con las condiciones alimentarias o de «estrés» en que se encuentran estas poblaciones. Así, encontramos que el menor coeficiente de condición corresponde a las poblaciones de Valmayor (1,9 g/cm<sup>3</sup>), embalse que presenta la mayor abundancia y densidad de individuos. Por el contrario, en Pedrezuela, con poblaciones menos abundantes, el coeficiente de condición es máximo (2,94 g/cm<sup>3</sup>). Podemos, pues, afirmar que existe un factor dependiente de la densidad que bien podría ser resultado de una escasez de alimento o de una competencia intraespecífica.

La edad mínima encontrada en todos los embalses ha sido de cuatro años. Esto indica que desde al menos hace cinco años la freza no ha tenido éxito. La edad máxima encontrada ha sido diferente en los tres embalses: nueve años en Valmayor, doce en Santillana y diecisiete en Pedrezuela.

### LUCIO

La mayoría de los lucios han sido capturados con las redes de agalla en reculadas de poca profundidad, entre leñas semisumergidas o en la desembocadura del río.

El lucio es un depredador, por lo que sus densidades deben ser siempre bajas. No es el caso en el embalse de Pedrezuela, donde se encuentra una densidad de 878 ind/ha, representando un 34% de los peces capturados (sin incluir la perca sol). Por el contrario, las densidades son muy inferiores en Santillana (7 ind/ha) y en Valmayor (61 ind/ha), representando unas abundancias del 1,3 y 1,75%, respectivamente.

Los ejemplares capturados tenían longitudes comprendidas entre 45 y 80 cm, con pesos de 765 a 4.700 g. El coeficiente de condición, *k*, difiere en las distintas poblaciones de lucio (Tabla III). El menor valor lo encontramos en Santillana, con 0,776 g/cm<sup>3</sup> (indicando una acusada delgadez en los ejemplares), mientras que los mayores corresponden a Pedrezuela (1,07 g/cm<sup>3</sup>). En el caso del lucio la relación entre este coeficiente y la densidad de sus poblaciones es, por el contrario a la carpa, directa. En efecto, los mayores coeficientes corresponden precisamente donde las densidades son mayores (Pedrezuela) e inversamente los menores corresponden con las menores densidades (Santillana). Por tanto, cabe pensar que los factores limitantes de estas poblaciones no son factores dependientes de la densidad sino más bien aleatorios (posiblemente factores físicos como las excesivas temperaturas estivales).

Desde el punto de vista de la alimentación, lo expuesto anteriormente es claro, pues la perca sol representa una especie-presa muy abundante, incluso con problemas de sobrepoblación, en Pedrezuela. Se realizó un análisis de los contenidos estomacales de ocho ejemplares capturados, cuyos resultados se exponen en la Tabla IV. En ellos vemos que existe, en efecto, una predación importante del lucio sobre la perca sol; la dieta del lucio se compone de este pez en un 79% y de tenca en un 21%. El tamaño de estas presas oscila entre 50 y 70 mm en el caso de la perca sol y entre 160 y 190 mm para la tenca. Por otra parte, conviene resaltar el hecho de que la tenca, pese a ser poco abundante en el embalse, se encuentra en número apreciable en los estómagos de los lucios, máxime si atendemos a la biomasa. Podemos concluir que

TABLA III  
PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS POBLACIONES DE LUCIO EN LOS TRES EMBALSES

	Santillana	Valmayor	Pedrezuela
Abundancia relativa .....	1,3%	1,7%	34%
Densidad (núm/ha) .....	7	61	878
Coficiente de condición (100 g/cm <sup>3</sup> ) .....	0,78	0,98	1,07
Rango de edades .....	4 + /9 +	6 +	4 + /10 +

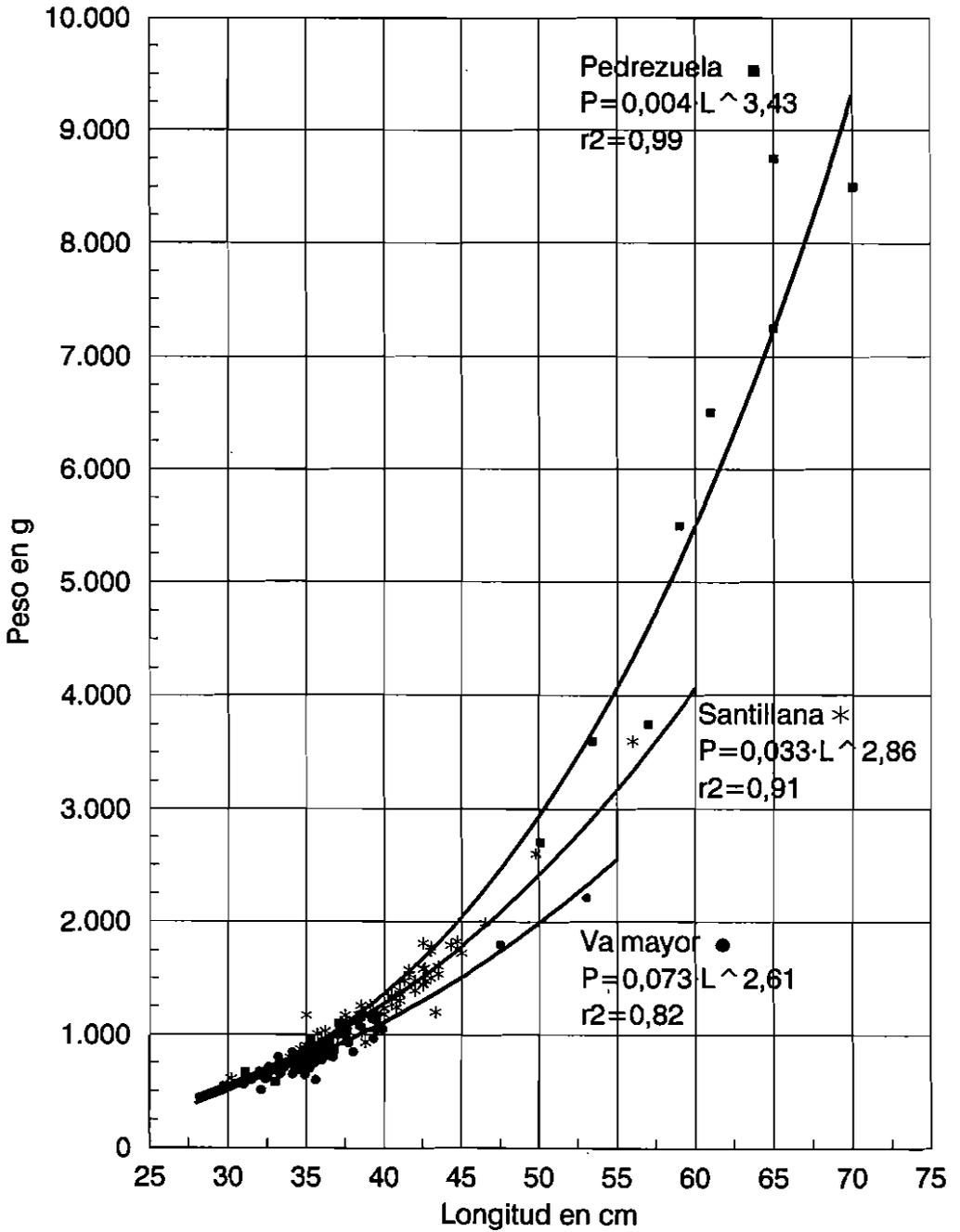


Fig. 5. Relación peso/longitud de las poblaciones de carpa en los tres embalses.

TABLA IV

RESULTADOS DEL ANALISIS DE CONTENIDOS ESTOMACALES DEL LUCIO.  
LA LONGITUD ES LA LONGITUD AHORQUILLADA. PESO EST. ES EL PESO DEL ESTOMAGO LLENO  
Y CON LA GRASA CIRCUNDANTE

Longitud (mm)	Peso (g)	Edad (años)	Sexo	Peso est. (g)	Contenido	Observaciones
494	1.135	7+	H	56	9 perca sol	Medio lleno
525	1.435	8+	M	58	1 tenca 1 perca sol	Medio lleno
500	1.320	6+	H	84	1 tenca (16 cm)	Casi lleno, poca grasa
495	1.110	7+	H	46	1 tenca 3 perca sol	Medio lleno, mucha grasa
495	1.210	7+	M	---	2 perca sol	Casi vacío, mucha grasa
795	4.750	8+	H	---	---	Vacío, mucha grasa
815	4.500	10+	H	146	1 tenca (19 cm)	Casi lleno, mucha grasa

la tenca está siendo seleccionada en su dieta frente a la perca sol.

Otro hecho que corrobora, por un lado, la voracidad del lucio y, por otro, la alta abundancia del mismo en el embalse de Pedrezuela, es que en enero de 1991 se repobló dicho embalse con 37.250 tencas de 4 a 8 cm y con 26.000 carpas de 4 a 6 cm, de las cuales las carpas han desaparecido (ver en Fig. 5 que las más pequeñas capturadas superan ya los 30 cm) y de las tencas se han detectado tan pocas que no ha podido ser evaluada su abundancia.

El lucio de menor edad que hemos encontrado tiene más de cuatro años, esto indica que durante los últimos cuatro años la freza ha sido inviable o el reclutamiento se ha malogrado.

## PERCA SOL

Este pequeño certrárquido constituye una plaga piscícola de los embalses de Madrid. Su introducción desde América del Norte ha sido reciente; aunque no se tiene constancia de ello, parece ser que esta introducción ha sido obra de los pescadores, que lo utilizan como cebo vivo. Su pequeño ta-

maño y su sobreabundancia nos ha impedido cuantificar con el suficiente rigor sus poblaciones.

En el embalse de Santillana, donde todavía no es muy abundante, la perca sol forma densos cardúmenes en zonas muy concretas del embalse: tocones y raíces sumergidas, proximidades de las cercas de piedra semisumergidas y reculas de aguas someras, siendo menos abundantes en las orillas rocosas naturales. En Valmayor se distribuye densamente por las orillas de todo el embalse, no habiéndose detectado en aguas de más de 1,5 m de profundidad. Por el contrario, en Pedrezuela la perca sol se ha encontrado en cualquier punto del embalse, no sólo en las orillas sino también en las zonas centrales más profundas y alejadas de la orilla, en profundidades mayores de 8 m. En este embalse la perca sol parece haber alcanzado su máximo poblacional, observándose gran competencia por el espacio y el alimento. Esto se confirma con la gran mortalidad habida unas semanas antes del segundo muestreo, ya que encontramos todas las orillas cubiertas de cadáveres de perca sol.

Los tamaños de los ejemplares capturados oscilan entre 3 y 16 cm, con pesos de 0,9 a 105 g. Las curvas peso/longitud (Fig. 6) y el coeficiente de condición varía de unas poblaciones a otras (Ta-

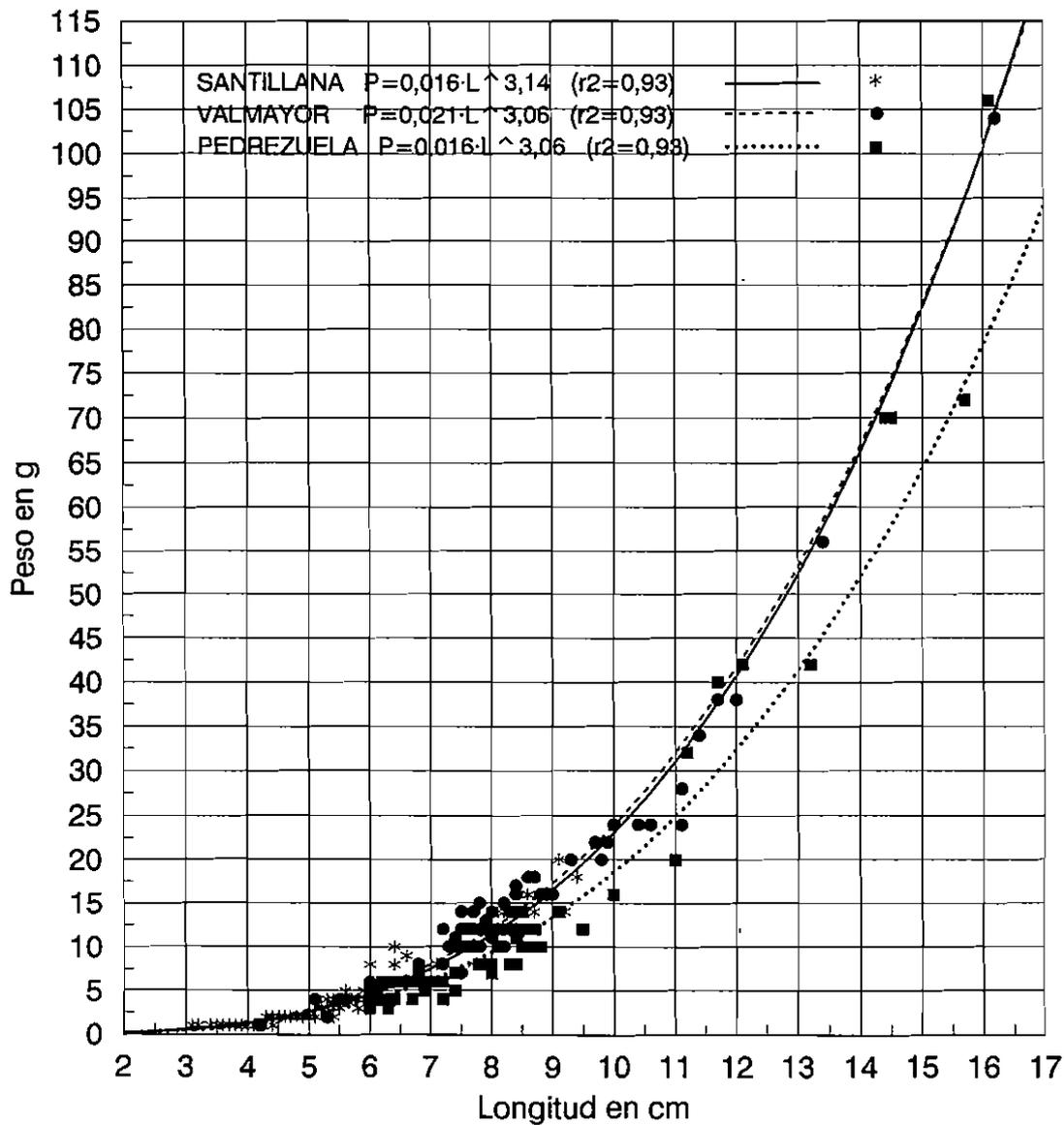


Fig. 6. Relación peso/longitud de las poblaciones de perca sol en tres embalses.

bla V), siendo este mínimo en Pedrezuela (1,63 g/cm<sup>3</sup>), coincidiendo con una sobrepoblación, y máximo en Valmayor (2,45 g/cm<sup>3</sup>).

La tasa de mortalidad se corresponde de manera inversa con el factor de condición, de tal forma que las poblaciones con mayor mortalidad son precisamente las que tienen un menor coeficiente de condición (Pedrezuela) y, viceversa, las que tienen menor mortalidad son las de mejor estado corporal.

Las poblaciones de Santillana y Valmayor tienen representación de las primeras clases de edad (0+ y 1+), mientras que las de Pedrezuela carecen de ellas. En este último caso no sabemos si es que la reproducción se malogra o es que la superpoblación favorece el canibalismo y, en todo caso, la mortalidad afecta principalmente a los alevines y juveniles. Los ejemplares más viejos que hemos capturado corresponden a la edad de 6+, salvo en el embalse de Santillana, donde parece que la población está en fase expansiva, con una edad máxima de 3+.

En la Figura 7 se exponen los histogramas de las frecuencias de longitudes, en los que se señalan los intervalos de clases de edad identificados. La pirámide poblacional del embalse de Santillana está completa en lo que se refiere a clases de edad. Teniendo en cuenta que los individuos 0+ quedan subestimados por el muestreo de pesca eléctrica, presenta una estructura estable. Ello, junto con la distribución espacial observada, permite extrapolar que esta especie empieza a colonizar el embalse, siendo su introducción reciente (menos de cinco años).

Por el contrario, las poblaciones de Valmayor y Pedrezuela presentan unas pirámides poblacionales desequilibradas, con el máximo número de indivi-

duos pertenecientes a la clase 2+, lo cual indica probables procesos de readaptación que siguen a una sobrepoblación.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA GESTION DE LOS EMBALSES

Los embalses estudiados constituyen unas grandes masas de agua artificiales cuya colonización por los peces es un proceso dinámico, durante el cual distintas poblaciones se suceden adaptándose a las condiciones limnológicas cambiantes determinadas por la gestión del embalse. Esta sucesión dinámica ha hecho que especies que eran dominantes en los embalses hayan desaparecido o hayan disminuido grandemente sus poblaciones, como es el caso de la tenca, el lucio o el black-bass. La carpa, que hoy en día es dominante, presenta poblaciones envejecidas y su reproducción se malogra cada año, por lo que puede llegar a desaparecer. Por el contrario, la perca sol está en plena expansión, afectando al desarrollo de las otras especies.

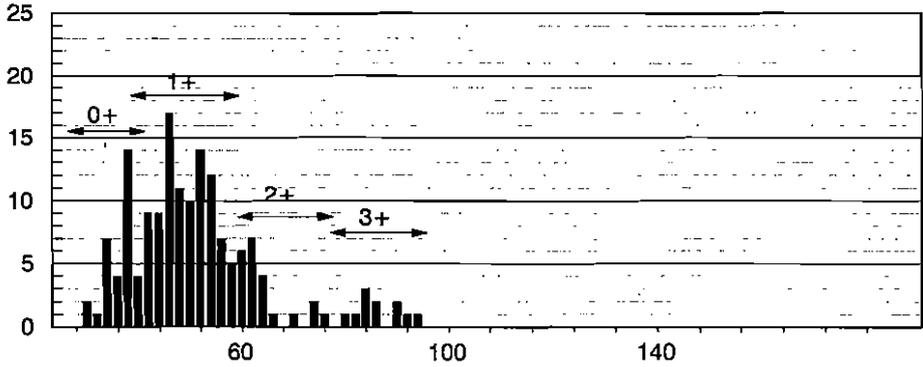
Obviamente, la gestión de los embalses debe atender principalmente al abastecimiento de agua de Madrid, pero existen muchas prácticas rutinarias que producen daños a la vida piscícola y que podrían modificarse sin afectar a este uso. Además, la gestión de estas aguas ha de tener como objetivo, aunque secundario, la conservación de las poblaciones piscícolas, y para ello es importante conocer el funcionamiento limnológico de los embalses y las necesidades biológicas de los peces.

Uno de los grandes problemas de los tres embalses estudiados es la presencia de grandes poblaciones de perca sol, especie, por otro lado, carente de interés deportivo. Su biología es perfectamente conocida en su país de origen (MAITLAND, 1979); en aquellas aguas las poblaciones se ven controladas por predadores naturales. Al ser una especie intro-

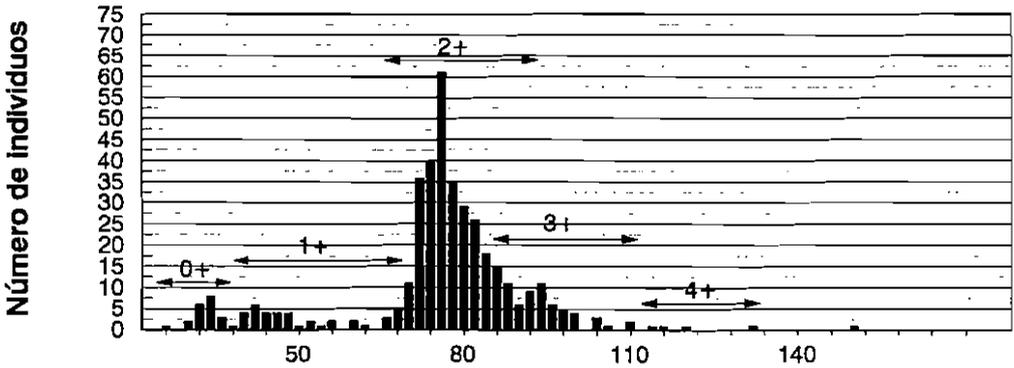
TABLA V  
PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LAS POBLACIONES DE PERCA SOL EN LOS EMBALSES

	Santillana	Valmayor	Pedrezuela
Coefficiente de condición .....	2,08	2,45	1,63
Tasa de mortalidad .....	1,73	1,96	2,29
Rango de edades .....	0+ / 3+	0+ / 6+	2+ / 6+

### EMBALSE DE SANTILLANA



### EMBALSE DE VALMAYOR



### EMBALSE DE PEDREZUELA

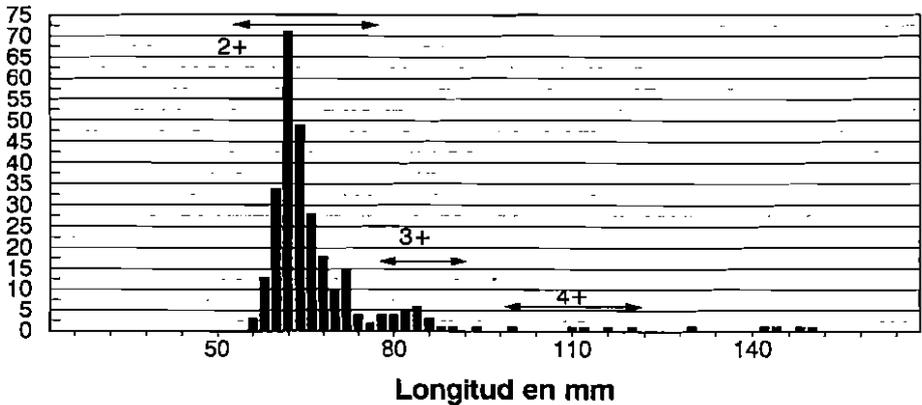


Fig. 7. Histogramas de frecuencia en longitudes de las poblaciones de perca sol (*Lepomis gibbosus*) de los tres embalses estudiados.

ducida en un ecosistema cuyo nicho estaba poco ocupado y con una práctica ausencia de predadores, se ha producido una explosión demográfica, ya que se trata de una especie estratega de la R, es decir, de longevidad corta pero grandes tasas reproductoras. Aun así, el comportamiento en las aguas españolas no es idéntico al que presenta en su país de origen (por ejemplo, tallas máximas menores), por lo que se hace necesario un estudio detallado de las poblaciones de perca sol con objeto de encontrar métodos que permitan controlar sus poblaciones.

En el embalse de Santillana, donde la perca sol parece estar iniciando la expansión y en el que ocupa zonas localizadas, podría frenarse su expansión, a corto plazo con la realización de pesca eléctrica de descaste desde embarcaciones. Por el contrario, en el embalse de Pedrezuela la sobrepoblación es tal que ocupa todos los hábitats del embalse, incluso aquellos que no le son propios (como las zonas de aguas profundas) y se producen mortandades masivas.

A más largo plazo, y un remedio más duradero, podría ser la repoblación con predadores de la perca sol como pueden ser el lucio y, mejor, el black-bass. En efecto, el estudio de alimentación llevado a cabo en el embalse de Pedrezuela ha puesto de manifiesto una clara depredación de la perca sol por parte del lucio.

La repoblación con estas dos especies debe acompañarse con el favorecimiento del desarrollo natural de las poblaciones introducidas. Para ambas especies resulta crucial mantener unos niveles de agua más o menos constantes durante la época de freza: febrero-marzo para el lucio y mayo-junio para el black-bass. Nos referimos a descensos bruscos del nivel.

Sin embargo, pequeños descensos del nivel de las aguas durante los meses de mayo a julio pueden malograr las puestas de la perca sol. Este centrárido utiliza las zonas de aguas someras para reproducirse, construyendo sus nidos en zonas de menos de medio metro de profundidad. No obstante, los descensos no deben ser tan grandes que puedan suponer la pérdida de las puestas de black-bass que tienen lugar en la misma época pero en

aguas algo más profundas (MAITLAND, 1979). Una medida añadida es limitar, inicialmente, las capturas de lucio y black-bass, tanto en talla como en número de ejemplares, e incluso vedar estas especies al menos durante la época de freza.

En cualquier caso se debería realizar un seguimiento de las repoblaciones de predadores con objeto de que esta solución propuesta no se convierta en un nuevo problema.

Un hecho que sorprende es la falta de las clases de edad jóvenes en los tres embalses, lo que pone de manifiesto que las puestas de los últimos años no han salido adelante. Aparte de la recomendación ya mencionada de mantener más o menos constante el nivel del agua durante la época de freza (mayo a julio para los ciprínidos), podrían colocarse estructuras artificiales móviles que impidan que se malogren las puestas con los descensos de nivel. Los frezaderos artificiales para lucios y ciprínidos (especies con huevos adherentes) están constituidos por materiales vegetales naturales o fibras artificiales (HUET, 1978) instalados directamente sobre el sustrato o flotando semisumergidos. Esta última modalidad sería la más adecuada al caso. Unas simples tarimas flotantes cubiertas de matorral (tipo brezo) o vegetación herbácea pueden facilitar la freza a estas especies si no encuentran zonas naturales adecuadas para ello. En embalses con frecuentes cambios de nivel es recomendable utilizar frezaderos flotantes.

El estado actual de las orillas de los tres embalses limita o incluso impide la reproducción de los ciprínidos y del lucio. La única especie favorecida por la situación actual es la perca sol, ya que desova en sustratos arenosos o limosos, sin importarle su movilidad. Ciprínidos y esócidos precisan de la existencia de vegetación sumergida en la que dejar adheridos sus huevos. En ninguno de los tres embalses se han observado zonas con estas características. En años con aguas altas en primavera, al inundarse las praderas circundantes los ciprínidos pueden desovar utilizando esa vegetación terrestre. Lo mismo ocurre con el lucio si en invierno el agua cubre la vegetación de las orillas. Esta situación no se ha producido en los últimos años y las macrofitas acuáticas tampoco han podido desarrollarse en unas márgenes cuyos niveles de agua

oscilan entre valores mucho mayores de los rangos tolerables. Por todo ello, el estado actual de las orillas es pésimo para el desove y desarrollo de los alevines. Téngase en cuenta que la freza tiene lugar al final de la primavera, y en el comienzo del verano es cuando se producen los descensos de nivel más acusados.

En el embalse de Santillana, con playas más o menos someras, cualquier descenso del nivel de las aguas deja grandes extensiones en seco. En los otros dos el problema se debe a las grandes pendientes que alcanzan las orillas. Especialmente en el embalse de Pedrezuela, la zona más apta para el desove (entrada del río Guadalix) queda en seco enseguida que baja el nivel. El resto del embalse presenta orillas muy escarpadas. Valmayor es un caso intermedio entre los dos expuestos.

El favorecimiento de otras especies predatoras externas al medio acuático, como pueden ser cormoranes, garzas, gaviotas, somormujos, zampullines, etcétera, mediante la instalación o acondicionamiento de posaderos, dormideros y plataformas flotantes para la nidificación, pueden ayudar al control de las poblaciones de perca sol.

La influencia de la perca sol en las poblaciones de carpa es directa, posiblemente sobre las puestas y desde luego sobre las clases de edad jóvenes (faltan en los tres embalses). Los grandes descensos del nivel de agua suponen grandes pérdidas del hábitat disponible para estos ciprínidos; esto hace que se produzca un aumento en la densidad poblacional que puede ocasionar «estresamientos» de la población, competencia por el espacio vital y el alimento y, en definitiva, desembocar en proliferación de epizootias y mortandades masivas. Comparando las poblaciones de carpa de los tres embalses (fijándonos en el factor de condición,  $k$ ), observamos que las carpas de Santillana ( $k = 2,24 \text{ g/cm}^3$ ) se encuentran en mejor estado que las de Valmayor ( $k = 1,9 \text{ g/cm}^3$ ); el embalse de Santillana mantiene niveles de agua más uniformes que el de Valmayor. En el caso de Pedrezuela,  $k = 2,94 \text{ g/cm}^3$  y las oscilaciones de nivel son muy grandes, pero hay que tener en cuenta que los peces son ejemplares muy viejos, lo que eleva el factor de condición.

La superpoblación es evidente en los tres embalses, siendo la causa fundamental la falta de espacio vital, es decir, la falta de agua debida a los grandes descensos de nivel. El embalse de Santillana es el menos problemático por el momento, pero empieza a acusarse la concentración de peces. Las carpas empiezan a ser superabundantes y el lucio parece encontrarse en regresión. En Valmayor podemos decir que la situación es subcrítica, observándose concentraciones que casi duplican las de Santillana. En Pedrezuela la situación es extrema, concentraciones diez veces superiores a las de Santillana; la supervivencia de las poblaciones de ciprínidos está comprometida de seguir descendiendo el nivel de las aguas; la perca sol ha sobrepasado su máximo poblacional y sólo los lucios parecen obtener algún beneficio de esta situación.

Los cambios de nivel, al afectar a poblaciones con estructura envejecida, en las que faltan por completo los primeros estadios de edad, pueden, en cualquier momento, provocar la extinción de estos recursos piscícolas.

Finalmente, concluimos subrayando la importancia que tiene el seguimiento de las poblaciones piscícolas de los embalses para la gestión de la pesca, pues permite evaluar las actuaciones realizadas, tanto las propias de la gestión pesquera como las del recurso agua. También permite poder planificar actuaciones futuras con una mayor eficacia en la mejora del recurso piscícola, o bien en el caso de ser actuaciones con efectos adversos, que se minimicen los impactos limnológicos. De este modo se ha encontrado que los descensos bruscos del nivel de las aguas en época de freza de las especies ha malogrado su reproducción, que se han realizado repoblaciones de carpas en un embalse con sobrepoblación de esta especie, o que las repoblaciones con peces de pequeña talla en embalses con exceso de depredadores no tienen viabilidad.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue encargado y subvencionado por el Servicio del Medio Natural de la Agencia de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid. En él colaboró durante los muestreos Plácido Brotóns Floría.

## SUMMARY

Three reservoirs located in Madrid Community (Spain) were sampled in order to evaluate their fisheries at the end of winter and the end of spring in 1992. Quantitative samples were made with ecosounding techniques, while fish community composition was studied by gill-netting, trammel-netting and electro-fishing from a boat.

The results indicate that these fisheries consist mainly of carp populations dominated by old individuals (all individuals were older than 4+). Predators were represented mainly by pike (*Esox lucius*) and, occasionally, by black-bass (*Micropterus salmoides*), whose populations were also dominated by old individuals. On contrast, populations of sunfish (*Lepomis gibbosus*) were well structured and overpopulated. This small centrarchid was introduced in Madrid less than 10 years ago and is now responsible for the lack of spawning by the other reservoir species.

The condition factors and mortality rates of different populations were correlated with total fish density in each reservoir. There was an inverse correlation between carp condition and sunfish, while the correlation between predators condition and sunfish was direct. The opposite correlations were obtained for mortality rates.

The guidelines for fisheries management were designed to eliminate or, at least, to control the sunfish. Suggestions include draining of the reservoirs and restocking, closing fishing during the spawning season of the desirable species, and increasing predation on sunfish. This last recommendation could be achieved by creating floating rafts to facilitate nesting by grebes, by providing posts for resting sites for cormorants, and by continuously stocking pike and black-bass for several years.

## BIBLIOGRAFIA

- ARRIGNON, J., 1984: *Ecología y piscicultura de aguas dulces*. Ediciones Mundiprensa. Madrid. 390 pp.
- EBERHARDT, L. L., 1978: «Transects methods for population studies». *Journal of Wildlife Management*, 42: 1-131.
- GARCÍA DE JALÓN, D.; MAYO, M.; HERVELLA, F.; BARCELÓ, E., y FERNÁNDEZ-COUTO, T., 1993: *Principios y técnicas de gestión de la pesca en aguas continentales*. Ed. Mundiprensa. 247 pp. Madrid.
- GRANADO, C., y GARCÍA, F., 1981: «Cambios ictiológicos durante las primeras etapas de la sucesión en el embalse de Arrocampo, Cuenca del Tajo. Cáceres. *Bol. Inst. Espa. Oceano*. Tomo VI.
- GRANADO, C., y GARCÍA NOVO, F., 1986: «Ictiofauna del embalse de Arrocampo (cuenca del río Tajo). Edad, crecimiento y reproducción de carpa de Kollar, *Cyprinus kollari* (Heckel, 1835)». *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Biol.)*, 81 (1-4): 17-25.
- GRANADO, C., y GARCÍA, F., 1986: «Biomasa y producción de la ictiofauna en un embalse reciente». *Oecología acuática*, 8: 133-138.
- HUET, M., 1978: *Tratado de Piscicultura*. Ed. Mundiprensa. 745 pp.
- KENNEDY, W. A., 1951: «The relationship of fishing effort by gill nets to the interval between lifts». *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 8: 264-274.
- LAGLER, K. F., 1978: «Capture, sampling and examination of fishes», pp. 7-47. In: *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. (Ed. T. BAGENAL). Blackwell Scientific Publications, Oxford, England.
- MAITLAND, P. S., 1979: *Guía de los peces de agua dulce de Europa*. Ed. Omega Barcelona. 257 pp.
- TELLERÍA, J. L., 1986: *Manual para el censo de los vertebrados terrestres*. Ed. Raíces. Madrid.