

## **2. METODOLOGIA**

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Campanyes de camp i metodologia de captura: pesca elèctrica**

Aquest estudi es va plantejar en base a campanyes estacionals (primavera, estiu, tardor i hivern), de freqüència trimestral, que es va mantenir sempre que va ser possible. En relació a un dels objectius d'aquest treball, que és detectar canvis en els patrons anuals de la biologia de les espècies i l'estructura de les comunitats de peixos, el període d'estudi s'ha fixat en tres anys. En qualsevol cas, aquest període de temps no es suficient per permetre la renovació total de les poblacions de peixos, ja que el període de vida de les espècies estudiades varia aproximadament entre 5 i 15 anys, i per tant no compleix estrictament una de les condicions bàsiques per l'estudi de la estabilitat i la persistència de la comunitat (Conell & Sousa, 1983). Al Matarranya es van fixar dues localitats: Nonasp, a la part baixa del riu, i Vall-de-roures a prop de la capçalera. A la resta dels rius, de menor longitud, es va situar una única localitat: Cardona, a l'Aigua d'Ora; Peralada, al Llobregat de la Muga; i Sant Llorenç Savall, al Ripoll (Mapa 3.1). La coincidència de les campanyes previstes amb riades o períodes de màxim cabal és una de les principals causes de canvis o fins i tot manca de dades en alguna de les dates programades.

Al Matarranya (Taula 2.1) es van realitzar un total de 13 campanyes de camp, des de l'estiu de l'any 85 fins l'estiu de l'any 88. A Nonasp en 12 de les campanyes es van agafar mostres per biologia i en 10 es van fer mostrejos quantitius per a l'estudi de la comunitat; a Vall-de-roures es van fer el mateix nombre de campanyes, amb dos mostrejos quantitius més, un total de 12, que a Nonasp. A l'Aigua d'Ora, al Llobregat i al Ripoll, el període mostrejat va des de l'hivern de 1987 fins a l'hivern de 1990. El total de campanyes realitzades en aquests rius són 11, en les que es van agafar mostres per biologia i es van realitzar mostrejos quantitius. Només al Llobregat no es va poder fer el mostreig quantitiu corresponent a primavera de 1987, degut a una important riuada.

Per evitar influència de les extraccions de peixos per a l'estudi de la biologia en lavaluació de les poblacions de peixos existents en cada localitat, els dos tipus de mostreig es van realitzar en trams adjacents de cada localitat, separats entre ells uns 500 metres.

Les captures es van realitzar sempre mitjançant un equip de pesca elèctrica. En funció del riu i de les condicions meteorològiques es varen utilitzar un motor MASE de 1.6 kW de potència i un motor HERON de 4 kW. El voltatge efectiu de captura va ser aproximadament de 200- 400 V i de 1 a 2 ampers depenent de l'equip i de les condicions ambientals conductivitat, temperatura, etc (Vibert, 1967; Bohlin et al., 1989).

En cadascuna de les campanyes, del total de peixos capturats en els trams per a l'estudi de la biologia que es conserven en vivers de malla, es van seleccionar uns 15 exemplars per espècie per l'estudi dels diferents aspectes de la seva biologia. Aquest nombre es suficient per analitzar les relacions existents entre les principals variables descriptors de la biologia basades en estimes de la regressió entre elles (Gove et al., 1982). Els peixos van ser conservats en formol al 4% pel seu posterior processament al laboratori. La resta de peixos capturats en aquest tram, així com tots els capturats en els mostrejos quantitius, foren alliberats sense que la seva manipulació causés pràcticament mortalitat. Durant aquesta manipulació els peixos son anestesiats amb MS-222, producte específic per animals amb respiració branquial. Segons les nostres observacions, només en condicions extremes (temperatures elevades, nivell d'aigua mínim, etc.) s'arriba a un mortalitat aproximada del 1% del total de la captura. Aquest peixos morts són els primers que es conserven pel seu estudi.

<b>l'Aigua d'Ora</b>	1987	1988	1989	1990
Gener				
Febrer		♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁	
Mars	♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁		♁♁♁♁♁♁
Abril			♁♁♁♁♁♁	
Maig				
Juny	♁♁♁♁♁♁			
Juliol		♁♁♁♁♁♁		
Agost				
Setembre				
Octubre	♁♁♁♁♁♁			
Novembre		♁♁♁♁♁♁		
Desembre			♁♁♁♁♁♁	

<b>el Llobregat</b>	1987	1988	1989	1990
Gener				
Febrer		♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁
Mars	♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁		
Abril			♁♁♁♁♁♁	
Maig				
Juny	♁♁♁♁♁♁			
Juliol				
Agost		♁♁♁♁♁♁		
Setembre				
Octubre	♁♁♁♁♁♁		♁♁♁♁♁♁	
Novembre		♁♁♁♁♁♁		
Desembre				

<b>el Ripoll</b>	1987	1988	1989	1990
Gener		♁♁♁♁♁♁		
Febrer			♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁
Mars	♁♁♁♁♁♁			
Abril			♁♁♁♁♁♁	
Maig		♁♁♁♁♁♁		
Juny	♁♁♁♁♁♁			
Juliol				
Agost		♁♁♁♁♁♁		
Setembre				
Octubre	♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁	
Novembre				
Desembre				

**el Matarranya**

<b>Nonasp</b>	1985	1986	1987	1988
Gener		♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁	
Febrer				
Mars		♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁	
Abril				
Maig		♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁	
Juny				♁♁♁♁♁♁
Juliol		♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁	
Agost	♁♁♁♁♁♁			
Setembre				
Octubre				
Novembre	♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁	
Desembre				

**el Matarranya**

<b>Vall-de-roques</b>	1985	1986	1987	1988
Gener		♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁	
Febrer				
Mars		♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁	
Abril				
Maig		♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁	
Juny				♁♁♁♁♁♁
Juliol		♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁	
Agost	♁♁♁♁♁♁			
Setembre				
Octubre				
Novembre	♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁	♁♁♁♁♁♁	
Desembre				

**Taula 2.1.** Data de les campanyes realitzades i tipus de mostratge efectuat en les diferents localitats dels quatre rius estudiats. Amb símbols s'indiquen la presa de mostres per biologia (♁) i els mostrejos quantitius (≡). En color s'indica la estació de l'any a la que correspon cada mostreig (En blau: hivern; en verd: primavera; en vermell: estiu; en marró: tardor).

<b>l'Aigua d'Ora</b>	1987	1988	1989	1990	Total
<i>Barbus haasi</i>	71	77	40	34	222
<i>Chondrostoma miegii</i>	90	79	61	40	270
<i>Squalius cephalus</i>	112	86	70	24	292
Total	273	242	171	98	784

  

<b>el Llobregat</b>	1987	1988	1989	1990	Total
<i>Barbus meridionalis</i>	82	130	93	48	353
Total	82	130	93	48	353

  

<b>el Ripoll</b>	1987	1988	1989	1990	Total
<i>Squalius cephalus</i>	127	92	55	14	288
Total	127	92	55	14	288

**el Matarranya**

<b>Nonasp</b>	1985	1986	1987	1988	Total
<i>Barbus graellsii</i>	83	124	75	8	290
<i>Chondrostoma miegii</i>	27	97	62	5	191
<i>Squalius cephalus</i>	33	122	101	6	262
Total	143	343	238	19	743

**el Matarranya**

<b>Vall-de-roques</b>	1985	1986	1987	1987	Total
<i>Barbus graellsii</i>	95	182	124	33	434
<i>Barbus haasi</i>	79	93	82	10	264
<i>Chondrostoma miegii</i>	81	146	105	48	380
Total	255	421	311	91	1078

**Taula 2.2.** Captures realitzades per l'estudi de la biologia dels ciprínids més comuns.

## 2.2. Biologia de les espècies

S'han escollit les espècies de ciprínids autòctones més comuns en els rius estudiats per determinar les principals característiques biològiques. En aquesta selecció s'han inclòs aquelles que es podien capturar en totes les campanyes realitzades en número suficient per l'estudi de les seves poblacions. Les espècies seleccionades pertanyen a tres gèneres de la família dels ciprínids:

- 3 espècies del gènere *Barbus*: el barb comú (*B. graellsii*), present al Matarranya , tant a Nonasp com a Vall-de-roures; el barb cua-roig (*B. haasi*), present a l'Aigua d'Ora i en el Matarranya (Vall-de-roures); i el barb de muntanya (*B. meridionalis*), al Llobregat.
- 1 espècie del gènere *Chondrostoma*: la madrilla (*C. miegii*), present a l'Aigua d'Ora i en les dues localitats del Matarranya. En el cas de l'Aigua d'Ora, ens trobem amb una població translocada, fora de la seva àrea de distribució natural.
- 1 espècie del gènere *Squalius*: la bagra (*S. cephalus*) amb poblacions estudiades a la Aigua d'Ora, el Matarranya a Nonasp, i en el Ripoll.

En total es van capturar 3246 peixos de les 5 espècies repartits en les diferents localitats i anys segons consta a la taula 2.2. Aquest exemplars es van utilitzar per l'estudi, en primer lloc, del aspectes lligats al creixement i la seva variabilitat interanual, i en segon lloc, dels aspectes relacionats amb la reproducció. Per l'avaluació de la variabilitat interanual es van considerar tan sols tres períodes anuals. En els ciprínids ibèrics, el període de creixement i l'inici del cicle reproductor no es produeixen fins a la primavera de l'any corresponent. A l'Aigua d'Ora, el Llobregat i el Ripoll només es va fer una campanya durant l'any 90, corresponent a l'hivern. Si bé per la data de mostreig correspon a un nou any, des del punt de vista biològic encara en trobem en el període d'inactivitat lligada a l'any anterior. Per això, els peixos corresponents a aquest mostreig s'han inclòs en l'estudi de creixement corresponent a l'any 89. En el Matarranya es va fer una sola campanya a la primavera de 1988. El petit nombre de peixos

capturats i la manca de més campanyes de mostreig en aquest any ens va decidir a no considerar aquest any en les comparacions interanuals.

El procediment de treball al laboratori s'inicia amb la assignació d'un codi individual a cada peix, format per les inicials d'identificació de l'espècie (BG *B. graellsii*; BH *B. haasi*; BM *B. meridionalis*; CH *C. miegii*; i LE *S. cephalus*) més un número relacionat amb la data de captura (p.e. 860122001 corresponent a any, mes, dia, n<sup>o</sup> d'exemplar). Posteriorment es procedeix a l'anotació de la longitud total (LT), des de l'extrem anterior del rostre fins al lòbul més llarg de l'aleta caudal desplegada, i la longitud furcal (LF), fins a l'enforcadura de la caudal mitjançant un ictíometre, amb precisió de mm, i del pes amb una balança amb precisió de 0.01 gr. Per la determinació de l'edat es va extreure una mostra d'escates de la zona situada entre l'aleta dorsal i la línia lateral (Bagenal & Tesch, 1978; Mahon et al., 1979). A continuació es procedeix a la dissecció de l'exemplar, procedint a la determinació del sexe i el pesat de les gònades, amb precisió de 0.01 gr. De les femelles amb estat de maduració més avançat es va prendre una submostra de l'ovari, que es va conservar en líquid de Gilson pel càlcul de la fecunditat (Bagenal & Braum, 1978).

### 2.2.1. Estudi del creixement

Totes les tècniques de determinació de l'edat tenen el seu origen en la formació de línies de creixement en les estructures esquelètiques dels peixos (escates, otolits, ossos operculars, radis esquelètics de les aletes, etc.). aquestes marques es formen degut a l'existència de períodes alternants de diferent ritme de creixement, que reflexen diferents factors interns i ambientals. A la zona temperada el període de creixement lent sol correspondre a l'hivern, mentre que es produeix un creixement ràpid des de la primavera fins la tardor. Els dos períodes donen lloc a la formació d'anells clars, els corresponents al creixement ràpid i d'anells foscos els de creixement lent. La determinació de l'edat per escates es fa per lectura dels anells o *annulli* que marquen els períodes de

creixement lent per acumulació de cercles o *circuli*, de formació periòdica. El anells poden formar-se també per alteracions i canvis fisiològiques (p. e. esforç reproductiu) o en períodes de estrès ambiental (p. e. sequeres). Aquest anells s'anomenen anells falsos i es poden distingir mitjançant la creació d'un patró temporal de distribució d'anells a les escates.

Per a la lectura de les escates es netegen amb NaOH en dissolució al 3%, entre 5 i 8 hores, segons el tamany i la brutícia, i es renten amb aigua destil·lada entre 1 i 2 hores per eliminar les restes de NaOH de la superfície de l'escata i evitar la seva deshidratació. Posteriorment, es munten entre porta (de 26x74 mm) i cubre, (de 24x24, 24x32 o 24x40 mm segons el diàmetre de l'escata) i s'observen les preparacions amb una lectora de microfilms Microbox, a un augment de x10. La lectura es realitza independentment per dos persones, per tal d'evitar errors, eliminant els exemplars de difícil interpretació i totes les escates regenerades totalment o parcialment. Aquesta lectura es realitza sense conèixer la longitud dels peixos, per no assignar subjectivament una determinada edat i sense tenir en compte el diàmetre de l'escata, pel mateix motiu.

Per a la denominació de l'edat seguirem el criteri de parlar de classes d'edat o d'edats en relació als períodes de creixement que hagin passat els diferents exemplars. Així un peix en els seu primer període de creixement es denominarà de classe d'edat 0, 0+ o edat 0; en el segon període de classe d'edat 1, 1+ o edat 1; i així successivament.

El retrocàlcul es basa en la proporcionalitat entre la taxa de creixement en longitud dels peixos la de les escates. Aquest fet ens permet de calcular la longitud dels exemplars en el moment de formació de cadascun dels anells. A partir d'una de les escates usades en la determinació de l'edat es procedeix a mesurar la distància del radi fins als diferent anells ( $R_1, R_2, \dots, R_n$ ) i fins al marge ( $R_t$ ) de l'escata des del centre de l'escata o *focus*. Aquestes mesures es fan sobre l'eix caudal de l'escata, que és el que ofereix una estima més precisa en el retrocàlcul (Hofstede, 1970).

D'acord amb el supòsit d'una relació directa entre la longitud de l'escata i del peix, Lea (1910) formulà:  $L_n = \frac{R_n}{R_t} \cdot L$

on  
 $L_n$  = longitud al moment de formació de l'anell  
 $R_n$  = radi de l'anell n  
 $R_t$  = radi total de l'escata  
 $L$  = longitud total del peix a l'extraure l'escata

La proporció té un millor ajust en cas d'utilitzar com relació entre les longituds del peix i de l'escata la regressió lineal obtinguda pel mètode dels mínims quadrats:

$$L = a + b \cdot R_t$$

Llavors per retrocàlcul s'utilitza la fórmula de Fraser (1916) i Lee (1920):

$$L_n - a = \frac{R_n}{R_t} \cdot (L - a)$$

L'aplicació d'aquesta fórmula evita el fenomen de Lee que es produeix per l'aplicació de la fórmula de Lea en lloc de la de Fraser-Lee, per un mostreig que no es faci a l'atzar o per causa de una mortalitat selectiva. Aquest fenomen pot produir resultats en les longituds retrocalculades per a certes classes d'edat inferiors a les longituds dels peixos a partir de les quals s'ha calculat.

Per a l'estudi del creixement es va aplicar el model de Von Bertalanffy (1938), que considera l'organisme com un sistema de reaccions químiques i agrupa els processos fisiològics que determinen la biomassa d'un organisme en dos, catabolisme i anabolisme corresponents a la destrucció de matèria i a la seva síntesi. Von Bertalanffy considera els processos anabòlics proporcionals a la superfície d'absorció i els catabòlics com proporcionals a la biomassa total consumida per unitat de temps. La formulació matemàtica d'aquest supòsit ens permet obtenir l'equació de Von Bertalanffy de creixement en longitud:

$$L_t = L_\infty \cdot (1 - e^{-k \cdot (t - t_0)})$$



- $L_t$  = longitud del peix a l'edat  $t$   
 $L_\infty$  = talla màxima teòrica donada una síntesi de biomassa per unitat de superfície i una taxa de destrucció de biomassa per unitat de temps  
 $e$  = base dels logaritmes neperians  
 on  $k$  = taxa de creixement; el seu valor es d'unt terç de la taxa de destrucció de biomassa per unitat de temps  
 $t$  = edat del peix  
 $t_0$  = edat en la qual un organisme amb el mateix tipus de creixement té una longitud igual a 0. No té significat biològic

Considerant que el pes és una potència propera a 3 de la longitud, a partir de l'equació:  $W = a + L^n$

I substituint a l'equació de Von Bertalanffy obtenim:  $W_t = W_\infty \cdot (1 - e^{-k \cdot (t - t_0)}) \cdot n$

on  $W_t$  és el pes a l'edat  $t$  i  $W_\infty$  és el pes màxim teòric. Els valors de  $k$  i  $t_0$  coincideixen a les dues equacions.

Per l'estima dels valors de l'equació de Von Bertalanffy es pot aplicar la fórmula desenvolupada per Ford (1933) i Walford (1946):  $L_{t+1} = L_\infty \cdot (1 - k) + kL_t$  on  $k = e^{-k}$  (quocient de creixement de Ford).

Describeix el creixement on els increments de cada any són menors que l'anterior a partir d'una longitud  $L(1-k)$  per l'edat 0. Es pot observar una relació:

$$k = \frac{L_{t+2} - L_{t+1}}{L_{t+1} - L_t}$$

La representació gràfica feta per Walford es resol posant a les abscisses la longitud  $L_t$  i a les ordenades  $L_{t+1}$  a l'edat següent. El conjunt de punts s'ajusta a una recta de pendent igual a  $k$ , amb intersecció a  $L_\infty \cdot (1-k)$  amb el eix  $Y$ , a partir d'on es pot obtenir  $L_\infty$ . Calculant la recta de regressió de  $L_{t+1}$  en funció de  $L_t$

obtenim:  $L_\infty = \frac{a}{1-b}$

El valor de  $k$  és la transformació logarítmica de la pendent, canviada de signe, quan els intervals de temps són anys:  $k = -\ln b$

La longitud asintòtica es pot trobar gràficament a partir de la intersecció de la recta de regressió amb la bisectriu de la gràfica i llegint sobre l'eix X.

Beverton (1954) proposa d'utilitzar els valors ja estimats de  $L_{\infty}$  pel càlcul de la taxa de creixement. Aplicant logaritmes i reordenant l'equació de Von Bertalanffy obtenim:  $\ln(L_{\infty} - L_t) = (\ln L_{\infty} + k_{t_0}) - k_t$

Aquesta recta intercepta l'ordinada en el punt:  $\alpha = (\ln L_{\infty} + k_{t_0})$  i podem calcular

$$\text{la relació } t_0 = \frac{\alpha - L_{\infty}}{k}$$

Degut a les variacions del pes amb l'estat fisiològic de l'individu, el creixement en pes s'avalua indirectament i no a partir de les dades ponderals observades. Es calcula la relació longitud – pes total i per cada sexe per separat. Aquesta relació és:  $W = a + L^n$  on  $W$  és el pes,  $L$  és la longitud i  $a$  i  $n$  són constants.

L'equació s'obté ajustant la recta de regressió després de la transformació logarítmica de les dades. L'equació obtinguda és lineal  $\ln W = \ln a + n \cdot \ln L$  i ens proporciona els valors de  $n$  i  $a$ , el primer dels quals s'aproxima a 3. Segons Von Bertalanffy es pot considerar 2 però considerem més correcte aplicar l'exponent calculat per a aconseguir un millor ajust de l'equació. Aquesta relació longitud – pes és l'emprada per calcular la asíntota del pes en l'equació de creixement ponderal de Von Bertalanffy:  $W_{\infty} = a \cdot L_{\infty}$

Els càlculs necessaris per a l'estima del retrocàlcul, el model de Von Bertalanffy i les regressions entre les variables implicades s'han fet mitjançant un programa d'elaboració pròpia denominat PISCES, realitzat en BASIC.

### 2.2.2. Estudi de la reproducció

L'estudi dels aspectes sexuals dels peixos s'inicien amb la determinació del sexe dels exemplars. En un primer pas s'efectua la determinació a nivell visual per dissecció de l'exemplar. Les gònades són totalment diferenciables en estat de maduresa. Els ovaris en fase de maduració són vermellosos, translúcids, amb estructura interna poligonal; en maduració avançada i abans de la posta es distingeixen perfectament els ovòcits; durant la fase atrèsica o de reabsorció dels ous segueixen conservant les característiques inicials. Els testicles són opacs, de color vermellós abans de la maduració, sense cap tipus d'estructura interna; durant el període de reproducció tenen una tonalitat blanquinosa.

La proporció entre els individus dels dos sexes s'expressa en la relació (M/F) x 100. Del seguiment de les variacions dels sex ratio estacionalment i anualment es pot deduir la influència dels factors ambientals en la regulació de la població i l'estat de la mateixa. La proporció dels sexes al naixement pot ésser invariable o presentar fluctuacions en relació amb la biologia, l'ecologia i l'etologia de la espècie. Es pot observar que, si bé existeixen espècies amb les diferents estratègies possibles, l'esquema general respon a la següent evolució (Kartas & Quignard, 1984):

- Domini dels mascles en les primeres classes d'edat.
- Igualtat numèrica en les classes intermitjes.
- Domini de les femelles en els últims grups d'edat.

Aquestes variacions poden deure's a :

- Maduresa precoç en els mascles.
- Un creixement inferior en aquests.
- Una mortalitat natural més elevada entre els mascles.
- Proteràndria en les espècies hermafrodites.

La reproducció és un fenomen cíclic. Aquesta periodicitat és anual en la majoria de teleòstis i es troba regida per les variacions estacionals del medi ambient. L'estudi de l'evolució de l'estat sexual s'ha efectuat mitjançant l'índex gonadosomàtic. El pes de les gònades s'incrementa al avançar el cicle reproductor. Aquest augment és major en els individus més grans, tant en edat com en talla. Per tal de rectificar aquest fet, l'índex gonadosomàtic expressa el pes de la gònada com a percentatge del pes total, i es calcula com:

$$I.G.S. = \frac{W_g}{W_t} \cdot 100 \text{ on } W_g \text{ és el pes de les gònades i } W_t \text{ és el pes total.}$$

L'estima de la fecunditat és una de les principals avaluacions del potencial reproductor d'una espècie. La fecunditat absoluta es defineix com el nombre d'ovòcits (ous) presents a la gònada al començament del període de posta (Bagenal & Braum, 1978). El nombre d'ovòcits presents a la gònada no es correspon al nombre d'ous que es ponen donat que una quantitat no determinada es reabsorbiran. Mackay & Mann (1969) proposen tenir en compte només els ous amb vitel·lus, de mida gran; Altres autors (Hancock, 1979) separen els ous que es pondran dels que es reabsorbiran a partir del cicle anual de la distribució de freqüències dels diàmetres dels ous intraovàrics; o fan el comptatge del ovòcits secundaris, opacs i amb vitel·lus (Mills & Eloranta, 1985).

En el nostre cas, al no tenir mostres mensuals corresponents en tots els moments del cicle reproductor, es van seleccionar les femelles, un total de 123, amb un estat de maduració més avançat per a l'estima de la fecunditat (Taula 2.3).

**l'Aigua d'Ora**  
*Barbus haasi*  
*Chondrostoma miegii*  
*Squalius cephalus*  
 Total

1987	1988	1989	1990	Total
5	3	3	0	11
5	4	3	0	12
5	4	3	0	12
15	11	9	0	35

**el Llobregat**  
*Barbus meridionalis*  
 Total

1987	1988	1989	1990	Total
2	5	2	4	9
2	5	2	4	9

**el Ripoll**  
*Squalius cephalus*  
 Total

1987	1988	1989	1990	Total
3	5	3	0	11
3	5	3	0	11

**el Matarranya**  
**Nonasp**

*Barbus graellsii*  
*Chondrostoma miegii*  
*Squalius cephalus*  
 Total

1985	1986	1987	1988	Total
0	5	5	0	10
0	4	6	0	10
0	3	5	0	8
0	12	16	0	28

**el Matarranya**  
**Vall-de-roures**

*Barbus graellsii*  
*Barbus haasi*  
*Chondrostoma miegii*  
 Total

1985	1986	1987	1987	Total
0	6	5	3	14
0	4	5	5	14
0	5	5	2	12
0	15	15	10	40

**Taula 2.3.** Femelles utilitzades per a l'estudi de la fecunditat dels ciprínids més comuns.

Les submostres d'ovari conservades en líquid de Gilson d'aquestes femelles es van processar tal com es descriu a continuació. Les mostres es van dipositar a la part superior d'una columna de filtres d'acer inoxidable, procedint a una dutxa continua durant uns minuts abans de separar cada filtre per procedir al comptatge dels ovòcits dels diferents diàmetres. Les llums de malla usades van ser 1800, 1600, 1500, 1400, 1300, 1200, 1100, 1000, 900, 800, 700, 600, 500, 400, 300 i 200 micres. Es va comptar amb l'ajut d'una lupa estereoscòpica de x8 a x40 augments. Els ous es separen amb una pipeta de vidre intercanviable connectada a una unitat de d'absorció formada per una trompa de buit, tipus Venturi, i un recipient intermedi de recollida dels ous. El nombre d'ous es registra amb un comptador de passos manual.

El càlcul de la fecunditat es va fer ajustant una recta de regressió pel mètode dels mínims quadrats als valors obtinguts. Prèviament es realitza la transformació de les dades, amb l'aplicació de logaritmes neperians, donada la relació exponencial existent entre fecunditat i edat o talla.

## 2.3. Estructura de les comunitats

Per a l'estudi de les comunitats de peixos es va seleccionar un tram de riu d'uns 100 m es cadascuna de les localitats incloses en aquest treball. Aquest tram, de una longitud al voltant de 100 m, incloïa els diferents mesohàbitats existents en el riu (pous, ràpids, taules), i es va considerar com a representatiu pel que fa a les característiques geomorfològiques, hidrològiques i d'hàbitat dels rius d'aquest estudi. En aquests trams es van realitzar mostrejos quantitativs amb la periodicitat descrita anteriorment (Taula 2.1).

### 2.3.1. Avaluació de l'hàbitat fluvial

En totes les campanyes es va mesurar la temperatura de l'aigua (precisió de 0.1 °C) i l'oxigen dissolt a l'aigua (precisió de 0.01 mg/l) amb un oxímetre SYLAND. També es va mesurar la conductivitat (precisió de 1µS/m<sup>2</sup>), amb un conductímetre HANNA.

En cada campanya també es va quantificar l'hàbitat fluvial mitjançant transectes realitzats cada 10 m en tot el tram mostrejat. Les variables mesurades van ser la fondària de la columna d'aigua, mesurada cada metre del transecte, i la velocitat de la corrent (precisió 0.01 m/s), amb un correntímetre Marsh McBirney.

### 2.3.2. Estimes de densitat i biomassa

Les estimes de densitat es basen en el mètodes de captura per unitat d'esforç. Per a la realització dels mostrejos el tram es tancava amb dues xarxes de 3 m d'alçada i una llum de malla de 0.5 cm. Posteriorment es van fer 3 pesques successives en la totalitat de l'àrea aïllada. Cada pesca es va fer en un temps igual per uniformitzar l'esforç de captura. La totalitat dels peixos capturats es van

mesurar, prèvia aplicació de anestèsic MS-222, amb ictiòmetres (precisió 1 mm) i pesar amb pesoles (precisió 0.1 g). Posteriorment van ser alliberats en la seva totalitat.

El càlcul de les estimes de densitat es va fer amb el programa CAPTURE (White et al., 1982) en la seva versió de 1994. L'estimador aplicat (REMOVAL METHOD) es basa en que el nombre d'individus de la població disminueix gradualment en cada una de les successives pesques. El model en que es basa aquest estimador respon a variacions en la probabilitat de captura relacionades amb el individu capturat i el seu comportament. És una generalització de Pollock i Otto (1983) del mètode de Zippin (1956). El desenvolupament matemàtic d'aquest mètode es pot trobar en la descripció de CAPTURE (Otis et al., 1978) i a Seber (1973).

Per cada mostreig es va calcular els valors de densitat per hectàrea i biomassa per hectàrea o *standing crop* en relació a la captura i a les estimes realitzades, d'acord amb els treballs de estudi de l'estructura de les comunitats de peixos (Mahon et al., 1979).

### 2.3.3. Càlcul de la producció secundària

Es poden aplicar dos grups de metodologies per al càlcul directe de la producció secundària, en funció de la capacitat de separar o no les cohorts durant el període de temps necessari per completar el cicle vital de les diferents espècies. Si les cohorts son distingibles es poden aplicar diferents aproximacions matemàtiques basades en el càlcul de l'àrea sota la corba de la funció que representa la biomassa mitjana individual en front del nombre d'individus (Allen, 1951). En el nostre cas, amb un elevat solapament en la majoria de cohorts durant totes les èpoques de l'any, el mètode de freqüència de talles (Hynes & Coleman, 1968) és una bona alternativa per calcular l'estima de la producció. Aquest mètode, modificat per Benke et al. (1979), Hamilton (1969) i Krueger & Martin (1980) es denomina mètode de Hynes, i és de màxima exactitud en

l'estima de la producció general d'una comunitat així com en l'aplicació a espècies independents (Waters, 1977, Waters & Crawford, 1973).

Per aplicar aquest mètode, els individus d'una espècie són agrupats en classes de talla. Per a cada classe de talla es calcula la densitat mitjana anual a partir de les mostres quantitatives realitzats al llarg de l'any. Les densitats mitjanes resultants de cada classe de talla s'ajunten en una distribució de classes de talla mitjana denominada cohort mitjana. Aquesta cohort mitjana és una aproximació a la corba de supervivència anual, en la que assumim que tots els individus requereixen la mateixa quantitat de temps per passar d'una classe de talla a la següent, és a dir, que totes i cadascuna de les classes de talla creixen de manera sincronitzada. La producció d'aquesta cohort mitjana s'estima calculant el número d'individus perduts (en principi, per mortalitat) entres successives classes de talla. Aquesta mortalitat també representa una pèrdua en biomassa de la població, i la suma de totes les biomasses perdudes és una aproximació a la producció de la cohort mitjana. Així la producció de la cohort mitjana es pot expressar amb l'equació:  $P = \sum_{j=1}^i (N_j - N_{j+1}) \cdot (W_j + W_{j+1})^{1/2}$

$P$  = Producció de la cohort mitjana

on  $N_j$  = Densitat mitja anual de individus de la classe  $j$

$W_j$  = Biomassa mitja individual dels individus de la classe  $j$

Cal fer notar que en aquesta equació hem inclòs la modificació de Krueger & Martin (1980), ja que el segon terme de la mateixa, que és la pèrdua de biomassa mitjana d'una classe de talla a la següent, ha estat considerat com la mitjana geomètrica entre les biomasses mitjanes individuals de dues classes de talla successives i no com la mitjana aritmètica inicialment proposada.

Per obtenir la producció de la cohort mitjana durant el temps que tarda una espècie en completar el seu cicle, hem d'assumir que hi ha el mateix nombre de cohorts mitjanes en el seu cicle que de classes de talla considerades. Per tant, hem de multiplicar el valor de producció obtingut pel nombre de classes



de talla. Així la producció de la cohort mitjana l'equació anterior es transformaria en: 
$$P = i \cdot \sum_{j=1}^i (N_j - N_{j+1}) \cdot (W_j - W_{j+1})^{1/2}$$

Per obtenir la producció anual, d'acord amb la modificació del mètode de Benke (1979), hem de multiplicar el valor de producció pel quocient 365/CPI. CPI es defineix com l'interval de la producció en dies. El seu valor és igual al temps que tarda en completar el cicle l'organisme, és a dir, des de l'eclosió de l'ou fins a la seva talla màxima. L'equació que expressa la producció anual seria:

$$P = \left[ i \cdot \sum_{j=1}^i (N_j - N_{j+1}) \cdot (W_j - W_{j+1})^{1/2} \right] \cdot 365 / CPI$$

A més a més, hem incrementat al màxim el nombre de classes de talla considerades per a totes les espècies, ja que segons augmenta el seu nombre també augmenta la precisió de l'estima (Iversen & Dall, 1989). En el nostre cas, l'increment entre classes de talla ha estat d'1 mm en la longitud forcal.

Per últim, es va calcular la taxa de renovació, entesa com la relació entre la producció secundària i la biomassa mitjana. Una taxa de renovació elevada mostra que la població s'adapta fàcilment als canvis del medi, amb ràpides fluctuacions del número d'individus de la població (Margalef, 1974).

El càlcul de la producció secundària s'ha realitzat en totes les espècies de presència permanent en les diferents localitats al llarg del període d'estudi, aplicant en el procés els valors dels paràmetres biològics proposats en aquesta Tesi.