

Estudi de l'edat i creixement del barb de muntanya (*Barbus meridionalis*): una comparativa entre rius intermitents i permanents

Nom estudiant: Laia Pineda Merino

Correu electrònic: u1973477@campus.udg.edu

Grau en: Biologia

Nom del tutor: Lluís Zamora Hernández

Correu electrònic: lluis.zamora@udg.edu

Data de dipòsit de la memòria a través de la plataforma de TFG: 05/07/2024

ÍNDIX

RESUM	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
REFLEXIONS SOBRE ÈTICA, SOSTENIBILITAT I PERSPECTIVA DE GÈNERE	6
1. INTRODUCCIÓ	1
1.1 EL BARB DE MUNTANYA (<i>Barbus meridionalis</i>)	2
1.2 LA IMPORTÀNCIA DE L'ESTUDI DEL CREIXEMENT	3
1.3 DETERMINACIÓ DE L'EDAT I EL CREIXEMENT DELS PEIXOS	4
2. OBJECTIVES	6
3. METODOLOGIA	7
3.1 ÀREA D'ESTUDI	7
3.2 CAPTURA D'EXEMPLARS	7
3.3 PROCESSAMENT DE LES MOSTRES	9
4. RESULTATS I DISCUSSIÓ	15
4.1 ESTRUCTURA DE TALLES	16
4.2 CREIXEMENT.....	17
4.3 CONDICIÓ SOMÀTICA.....	20
4.4 MORTALITAT I SUPERVIVÈNCIA	22
4.5 DISCUSSIÓ FINAL	24
5. CONCLUSIONS	26
6. BIBLIOGRAFIA	27

RESUM

El barb de muntanya (*Barbus meridionalis*) és una espècie endèmica del nord-est de la Península Ibèrica i el sud de França, actualment catalogada com a "quasi amenaçada" per la UICN. Tot i la seva situació crítica, es coneix poc sobre la seva biologia, especialment pel que fa a l'edat i el creixement. Tot i la seva adaptació a l'estacionalitat dels rius mediterranis, en un escenari de canvi climàtic i de sequeres més perllongades, resulta crucial comparar el creixement entre poblacions de rius permanents i de rius que esdevenen intermitents durant l'estiu a causa de la sequera.

Aquest estudi es realitza en quatre rius afluents de la conca del riu Ter: dos rius intermitents (el riu Llémena i la riera d'Osor) i dos rius permanents (el riu Terri i el riu Brugent). Els patrons de creixement s'analitzen mitjançant el model de Von Bertalanffy, que requereix conèixer l'edat i la mida de cada individu en cada edat. Per determinar-ho, s'utilitza el mètode de retrocàlcul a partir dels anells de creixement de les escates. A més, s'analitza l'estructura de talles, l'estat de condició somàtica i s'estimen les taxes de mortalitat.

Els resultats indiquen que els peixos dels rius intermitents creixen més lentament en comparació amb els dels rius permanents, els quals presenten un creixement més sostingut i presenten major longevitat. A més, s'observa una població més estructurada en els rius permanents, amb un rang de mides més ampli i exemplars que assoleixen talles superiors, així com una abundància més gran de les classes de mida més petita, cosa que indica un major reclutament.

Els rius intermitents mostren valors de l'estat de condició somàtica (Kn) més baixos, cosa que reforça la hipòtesi que la intermitència del riu té un impacte negatiu en la salut i el benestar dels peixos. A més, es pot veure clarament que la taxa de mortalitat és més elevada i la supervivència menor en els rius intermitents (Llémena i Osor) en comparació amb els rius permanents (Brugent i Terri).

Es conclou que la intermitència dels rius és un factor crític que afecta la biologia del barb de muntanya. Aquests resultats poden contribuir a millorar les estratègies de conservació d'aquesta espècie amenaçada, així com a una millor comprensió dels efectes ecològics de la variabilitat hidrològica en els rius mediterranis.

RESUMEN

El barbo de montaña (*Barbus meridionalis*) es una especie endémica del noreste de la Península Ibérica y del sur de Francia, actualmente catalogada como "casi amenazada" por la UICN. A pesar de su situación crítica, se conoce poco sobre su biología, especialmente en lo que respecta a la edad y el crecimiento. Aunque está adaptado a la estacionalidad de los ríos mediterráneos, en un escenario de cambio climático y sequías más prolongadas, resulta crucial comparar el crecimiento entre poblaciones de ríos permanentes y de ríos que se vuelven intermitentes durante el verano debido a la sequía.

Este estudio se realiza en cuatro ríos afluentes de la cuenca del río Ter: dos ríos intermitentes (el río Llémena y la riera de Osor) y dos ríos permanentes (el río Terri y el río Brugent). Los patrones de crecimiento se analizan mediante el modelo de Von Bertalanffy, que requiere conocer la edad y el tamaño de cada individuo en cada edad. Para determinar esto, se utiliza el método de retrocálculo a partir de los anillos de crecimiento de las escamas. Además, se analiza la estructura de tallas, el estado de condición somática y se estiman las tasas de mortalidad.

Los resultados indican que los peces de los ríos intermitentes muestran patrones de crecimiento más lentos en comparación con los peces de los ríos permanentes, los cuales presentan un crecimiento más sostenido y mayor longevidad. Además, se observa una población más estructurada en los ríos permanentes, con un rango de tamaños más amplio y ejemplares que alcanzan tallas superiores, así como una mayor abundancia de las clases de tamaño más pequeño, lo que indica un mayor reclutamiento.

Los ríos intermitentes muestran valores de condición somática (K_n) más bajos, lo que refuerza la hipótesis de que la intermitencia del río tiene un impacto negativo en la salud y el bienestar de los peces. Además, se puede ver claramente que la tasa de mortalidad es más elevada y la supervivencia menor en los ríos intermitentes (Llémena y Osor) en comparación con los ríos permanentes (Brugent y Terri).

Se concluye que la intermitencia de los ríos es un factor crítico que afecta la biología del barbo de montaña. Estos resultados pueden contribuir a mejorar las estrategias de conservación de esta especie amenazada, así como a una mejor comprensión de los efectos ecológicos de la variabilidad hidrológica en los ríos mediterráneos.

ABSTRACT

The mountain barbel (*Barbus meridionalis*) is an endemic species of the northeastern Iberian Peninsula and southern France, currently classified as "near threatened" by the IUCN. Despite its critical status, little is known about its biology, especially regarding age and growth. Although it is adapted to the seasonality of Mediterranean rivers, in a scenario of climate change and prolonged droughts, it is crucial to compare growth between populations in permanent rivers and rivers that become intermittent during the summer due to drought.

This study is conducted in four tributary rivers of the Ter River basin: two intermittent rivers (the Llémena river and the Osor stream) and two permanent rivers (the Terri River and the Brugent river). Growth patterns are analyzed using the Von Bertalanffy model, which requires knowing the age and size of each individual at each age. To determine this, the back-calculation method is used based on the growth rings of the scales. Additionally, size structure, somatic condition status, and mortality rates are analyzed.

The results indicate that fish from intermittent rivers show slower growth patterns compared to fish from permanent rivers, which exhibit more sustained growth and greater longevity. Furthermore, a more structured population is observed in permanent rivers, with a wider range of sizes and individuals reaching larger sizes, as well as a greater abundance of smaller size classes, indicating higher recruitment.

Intermittent rivers show lower somatic condition (K_n) values, reinforcing the hypothesis that river intermittency negatively impacts the health and well-being of fish. Moreover, it is clearly seen that the mortality rate is higher and survival lower in intermittent rivers (Llémena and Osor) compared to permanent rivers (Brugent and Terri).

It is concluded that river intermittency is a critical factor affecting the biology of the mountain barbel. These results can contribute to improving conservation strategies for this threatened species, as well as a better understanding of the ecological effects of hydrological variability in Mediterranean rivers.

REFLEXIONS SOBRE ÈTICA, SOSTENIBILITAT I PERSPECTIVA DE GÈNERE

Reflexió d'ètica

L'estudi del barb de muntanya s'ha realitzat amb una consciència ètica notable. Per una banda, s'ha utilitzat una bibliografia ben citada per evitar el plagi i garantir la transparència acadèmica. A més, s'han utilitzat pràctiques de recerca acceptades que minimitzen l'impacte negatiu sobre les poblacions de peixos, com la pesca elèctrica i l'ús de les escates per determinar l'edat dels peixos, evitant tècniques més invasives que requeririen el sacrifici dels individus. Aquesta tècnica ha estat validada per la revista "Journal of Fish Biology", que destaca els seus avantatges ètics i metodològics. L'anàlisi dels anells de creixement en les escates es realitza de manera rigorosa, sense manipulacions ni falsificacions. De fet, els resultats obtinguts no s'ajusten al model de creixement esperat, fet que subratlla la importància de presentar dades reals, honestes i no esbiaixades. S'ha evitat el 'cherry picking' garantint que les conclusions siguin fiables i útils per a la conservació del barb de muntanya. Aquest enfocament destaca la necessitat de millorar contínuament les tècniques de recerca per assegurar la preservació de l'espècie.

Reflexió sobre la sostenibilitat

Segons dades del Ministeri per a la Transició Ecològica, el canvi climàtic ha afectat la distribució i abundància de moltes espècies aquàtiques, incloent el barb de muntanya. La sostenibilitat és un principi fonamental en la gestió dels recursos naturals, especialment en la conservació d'espècies aquàtiques en vulnerabilitat i sota pressions. En aquest context, és crucial adoptar pràctiques de recerca i gestió que minimitzin els impactes negatius sobre els ecosistemes i assegurin la supervivència a llarg termini de les espècies estudiades.

Reflexió gènere

En aquest estudi no es basa en res sobre el gènere, però si ens centrem en el Grup de Recerca en Ecologia Aquàtica Continental (GRECO) de la UdG, del que s'ha fet ús del seu espai i dels seus recursos. El GRECO compta amb 24 membres, dels quals 9 són homes i 15 dones. Tot i això, dels homes, 6 tenen posicions fixes mentre que només 3 dones tenen una posició fixa a la UdG. Aquesta diferència en les posicions fixes podria indicar la presència d'un sostre de vidre. Tot i així, es pot considerar que l'equip no presenta grans biaixos en termes de gènere, ja que hi ha una major presència de dones en el grup. No obstant això, la desigualtat en les posicions fixes suggereix que encara hi ha camí per recórrer per assolir una veritable igualtat de gènere.

1. INTRODUCCIÓ

Els rius temporals o intermitents, aquells que pateixen una interrupció recurrent del flux d'aigua, són especialment abundants a les zones de clima mediterrani (Arthington, 2014). Es troben presents a tots els continents i s'estima que poden suposar fins a un 70% de la xarxa fluvial mundial (Marimon *et al.*, 2006). Aquests tipus de rius presenten una ictiofauna autòctona adaptada a la variabilitat hidrològica d'aquests sistemes (Kumar *et al.*, 2016). No obstant això, a causa del canvi climàtic, l'activitat humana i la introducció d'espècies al·lòctones, la seva persistència es troba amenaçada (Boix *et al.*, 2010), amb la sequera com un dels factors d'estrès ambiental principal (Poff i Zimmerman, 2019).

Aquesta alteració hidrològica és una amenaça important per a la vida aquàtica, ja que l'aigua és crucial com a recurs i hàbitat, així com per a la connectivitat i distribució de les espècies (Colls, 2020). De fet, els peixos continentals són el grup de vertebrats pitjor conegut i amb problemes de conservació més urgents de la Península Ibèrica (Clavero *et al.*, 2002). A més, aquests rius tenen una baixa diversitat d'espècies però una alta proporció de fauna endèmica i amenaçada, que requereix volums d'aigua més grans i té una menor abundància i un temps de generació més llarg que altres organismes aquàtics, com els macroinvertebrats o les algues (Merciai, 2017).

Les conseqüències d'aquestes alteracions hidrològiques es manifesten en la variació del creixement i la condició corporal dels peixos. En els trams amb cabals intermitents, s'han observat peixos de menor mida i amb diferències en la seva relació pes-longitud, indicant una adaptació als estressos fisiològics causats per la manca d'aigua (Merciai, 2017; Vila-Gispert i Moreno-Amich, 2001; Vilizzi *et al.*, 2013). Així, l'alteració hidrològica no només afecta la distribució i l'abundància de les espècies, sinó que també influeix en el seu creixement i la seva condició física, amb implicacions importants per a la seva supervivència i reproducció (Prokes *et al.*, 2006).

Aquestes diferències en el creixement es poden estudiar a partir de l'anàlisi de les edats dels peixos, utilitzant tant mètodes de retrocàlcul o empírics, amb estructures calcificades o amb el marcatge i recaptura, i així calcular les longituds corresponents als anys anteriors de vida. D'aquesta manera, es pot identificar si la vida dels peixos són més afectades per les alteracions hidrològiques, destacant la variabilitat en el creixement en funció de les condicions ambientals.

1.1 EL BARB DE MUNTANYA (*Barbus meridionalis*)

El barb de muntanya (*Barbus meridionalis* Risso, 1827) és una espècie endèmica de les conques fluvials costaneres del nord-est de la Península Ibèrica i el sud de França (Ictiocat, 2024). Pertany a la família Cyprinidae i sol habitar en els trams superiors i mitjans de rierols d'aigües ràpides, en zones netes, ben oxigenades i fredes, amb corrent i fons de pedra (Tola i Infiesta, 2002). És sensible a les alteracions de l'hàbitat, la contaminació, l'extracció d'aigua i la introducció d'espècies exòtiques (Aparicio *et al.*, 2016) (figura 1).

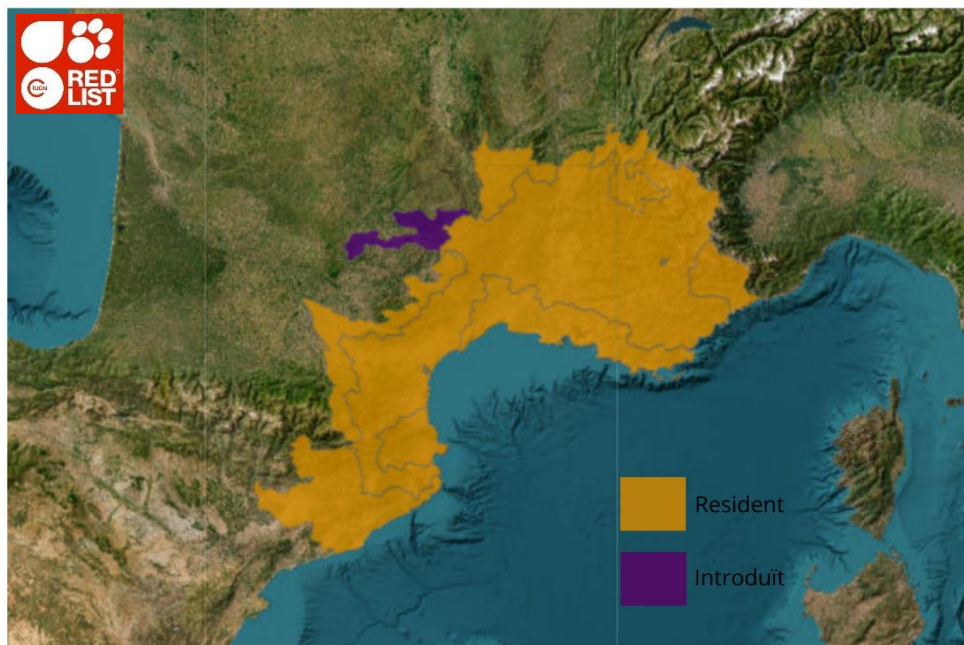


Figura 1: Distribució del barb de muntanya (*Barbus meridionalis*). Font: IUCN Red List of Threatened Species.

Es caracteritza principalment per ser una de les espècies més petites del gènere *Barbus* a Europa, amb una longitud mitjana de menys de 200 mm, però poden assolir uns 280 mm i rarament el 300 mm (Tola i Infiesta, 2002). Tal i com es pot veure en la figura 2, té un cos allargat amb coloració marró groguenca i taques fosques de manera irregular per tot el dors i a les aletes (Zamora, 2017), juntament amb les seves barbetes sensorials curtes i fines (Sostoa *et al.*, 1990).



Figura 2: Imatge del barb de muntanya

Com a la resta d'espècies del gènere *Barbus* descrites fins ara, l'increment anual més gran es dona al primer any de vida, seguit d'un creixement significatiu en el segon any. Això es deu a la necessitat de desenvolupar-se ràpidament per sobreviure en hàbitats amb elevada estacionalitat (Vilizzi *et al.*, 2013). Després dels dos primers anys, la taxa de creixement en longitud disminueix gradualment. Encara que els peixos continuen creixent, l'increment anual en longitud es redueix substancialment (Casals, 2005).

Aquests patrons de creixement reflecteixen l'estratègia de vida del gènere *Barbus*, on el ràpid creixement inicial permet als peixos arribar a una mida que els proporciona una major supervivència, mentre que el creixement més lent en etapes posteriors reflecteix una menor disponibilitat de recursos o un canvi en les prioritats energètiques del peix (Johal *et al.*, 2001)

1.2 LA IMPORTÀNCIA DE L'ESTUDI DEL CREIXEMENT

L'estimació del creixement dels individus és essencial per entendre la dinàmica interna d'aquestes poblacions. En general, el creixement es pot definir com el canvi en longitud o pes al llarg de la vida d'un individu. Aquests canvis es poden mesurar a través de múltiples intervals temporals (per exemple, dies, mesos, anys), de manera que, una opció per estimar el creixement, és conèixer la mida de cada individu a diferents edats (Quist *et al.*, 2017).

L'obtenció d'informació sobre l'edat proporciona una visió important no només sobre el creixement mateix, sinó també sobre la variabilitat del reclutament i la mortalitat (Quist *et al.*, 2017). Tanmateix, la necessitat d'informació sobre l'edat i el creixement és molt crítica, i l'obtenció d'aquesta d'informació no és un procés fàcil.

La comparació entre rius permanents i no permanents és essencial per entendre els efectes de les alteracions hidrològiques sobre les poblacions de peixos d'aigua dolça. Els rius permanents mantenen un flux d'aigua constant al llarg de l'any, proporcionant un entorn estable que facilita la supervivència i el creixement consistent dels peixos. En contrast, els rius intermitents, experimenten interrupcions en el flux d'aigua, creant condicions de sequera que poden imposar estressos fisiològics significatius als peixos.

1.3 DETERMINACIÓ DE L'EDAT I EL CREIXEMENT DELS PEIXOS

Les tècniques per determinar l'edat es basen en les bandes de creixement que es formen en les estructures calcificades dels peixos com a conseqüència de factors ambientals i endògens. Les principals estructures estudiades són els otòlits, les escates i els ossos esquelètics (Quist *et al.*, 2017). Durant l'hivern, el creixement és lent i es formen un conjunt d'anells molt marcats (Linyola, 2006), mentre que la resta de l'any el creixement és més ràpid i es formen anells separats i clars (Casals, 2005). La distància entre aquests anells disminueix a mesura que el peix envelleix i el seu creixement somàtic es redueix (Quist *et al.*, 2017).

En aquest estudi, s'utilitzen les escates per determinar l'edat dels peixos, ja que, a diferència de les altres estructures calcificades, aquestes permeten estimar l'edat sense necessitat d'alterar ni sacrificar el peix, i poden regenerar-se. Tot i que no proporcionen una informació tan precisa com els otòlits, són una opció més pràctica en estudis amb un gran nombre d'exemplars. Aquesta tècnica s'utilitza principalment en els teleostis, també coneguts com a peixos ossis. Les escates varien en forma i composició entre els diferents grups taxonòmics i fins i tot dins el mateix individu, tant a mesura que creixen com en els diferents parts del cos, per la qual cosa s'ha de tenir cura a l'hora d'interpretar els anells (Quist *et al.*, 2017).

- EL RETROCÀLCUL I EL MODEL DE CREIXEMENT

Per tal de determinar el creixement seria necessari saber la mida o pes de l'individu per cada interval de temps (o edat). Quan no és possible fer aquest seguiment, es pot fer una estimació en base a la tècnica coneguda com a retrocàlcul que consisteix en estimar la longitud de l'individu que tenia a cada edat. La reconstrucció es basa en el supòsit que el creixement dels peixos és proporcional al creixement de les seves estructures calcificades (Heidarsson *et al.*, 2006), de manera que permet calcular la longitud de cada individu per cada edat a partir de la mesura de distàncies entre les successius anells de creixement, de manera que podem estimar la longitud de l'exemplar en base a la relació amb la distància entre anells.

Aquest mètode és especialment útil per proporcionar informació sobre el creixement de peixos, ja que permet reconstruir la història del creixement de cada individu amb una sola mostra (Smoliński & Berg, 2022). Existeixen diversos models en la metodologia de retrocàlcul, però no s'ha assolit una coherència uniforme ni tan sols dins de la mateixa espècie (Klumb *et al.*, 1999).

El creixement dels peixos es pot modelar a partir de l'equació de Von Bertalanffy (1938), un model matemàtic de regressió no lineal, el qual relaciona l'edat amb la longitud furcal del peix, i es basa en la idea que el creixement d'un organisme és el resultat de dos processos principals: l'anabolisme (creixement i construcció de teixits) i el catabolisme (descomposició de teixits) (Baltz, 1998) i assumeix que cada animal creix segons aquest model.

2. OBJECTIVES

The main objective of this study is to compare the populations of the Mediterranean barbel, focusing on the age and growth, among rivers that experience hydrological alterations, such as flow variation.

The secondary objectives are as follows:

- Compare the growth patterns using the Von Bertalanffy growth model to determine differences in growth rates between populations.
- Evaluate vital traits that characterize each population by assessing the length structure, somatic condition, and estimating mortality and survival rates.
- Provide knowledge into the growth potential of the barbel.

Hydrological alterations, such as flow variation, give rise to hypotheses regarding a significant effect on Mediterranean barbel populations, with intermittent rivers exhibiting slower growth rates, poorer somatic condition, and higher mortality rates compared to populations in permanent rivers. In general, it is expected that all assumptions and analyses will indicate poorer outcomes for populations in intermittent rivers.

3. METODOLOGIA

3.1 ÀREA D'ESTUDI

El mostreig s'ha realitzat a 4 afluents principals de la conca del riu Ter; dos rius intermitents: el riu Llémena i la riera d'Osor, i dos rius més cabalosos i permanents: el riu Terri i el riu Brugent. S'han considerat intermitents quan en algun moment de l'any el curs principal del punt estudiat queda interromput amb trams sense circulació superficial de l'aigua.

Aquests rius es troben a la regió ictiogeogràfica anomenada oriental catalana, caracteritzada per rius de cabal variable. La zonació ictiològica al llarg de la conca fluvial indica que els trams estudiats tenen una comunitat piscícola integrada principalment pel barb de muntanya, a més a més d'altres espècies com el barb de l'Ebre (*Luciobarbus graellsii*), el barb roig (*Phoxinus phoxinus*), la bagra (*Squalius laietanus*), l'anguila (*Anguilla anguilla*) i la carpa (*Cyprinus carpio*) (Zamora, 2022). En els trams analitzats, el barb de muntanya ha estat l'espècie més abundant.

Les ribes d'aquests rius comparteixen una vegetació de ribera similar, amb verns, àlbers, freixes, plantacions de pollancre i plàtans, acàcies, així com frondoses avellanades, deveses, verns i oms, grans alzinedes i algunes fagedes (Natural local, 2024). Tot i les similituds en la vegetació de ribera i la comunitat piscícola, la principal diferència entre aquests rius rau en la seva hidrologia. Els rius intermitents mostren una major variabilitat en el flux, amb discontinuïtat segons l'època de l'any i canvis significatius en el cabal durant episodis de sequera. En canvi, els rius permanents proporcionen un entorn més estable, mantenint el cabal tot l'any.

3.2 CAPTURA D'EXEMPLARS

Les captures s'han realitzat mitjançant pesca elèctrica, utilitzant un equip Electracatch WFC7 amb corrent DC (400-800 V) i un amperatge d'1 A. Segons la profunditat i el relleu del riu, es va utilitzar alternativament un equip portàtil de motxilla LR-24 Smith-Root, amb el mateix voltatge i amperatge (Zamora, 2022). El mètode de pesca elèctrica utilitza corrent elèctric per capturar peixos, generant un camp elèctric a l'aigua mitjançant la introducció d'un ànode i un càtode, induint una paràlisi temporal als peixos (Negroni & Alberto, 1978),

la qual cosa facilita la seva captura i manipulació amb mínim estrès i el seu retorn al seu hàbitat.

El mostreig s'ha realitzat tant en zones ràpides com en zones fondes per assegurar una representació completa de les condicions de l'hàbitat. Les zones ràpides són preferides pels juvenils i individus més petits, mentre que les zones fondes són més adequades per als adults més grans. Aquesta estratègia de mostreig permet obtenir una visió global de la distribució i l'estat de la població de barb de muntanya en aquests rius. En total s'han mostrejat entre 150 i 200 metres lineals de cada tram.

Les captures es van dur a terme des de febrer fins a maig, amb un equip de 2 persones. Es van capturar exclusivament barbs de muntanya, els quals van ser mesurats i processats in situ. Abans de la manipulació, els peixos eren anestesiats amb MS-222, un anestèsic per a animals aquàtics que redueix l'estrès. El pes es va mesurar amb una balança amb una precisió de fins a 0,1 g, i per a la longitud de forcadura, es va utilitzar un ictiòmetre, un instrument especialment dissenyat per mesurar la longitud dels peixos (precisió 1mm) (figura 3).

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 com es pot observar en la figura 3. Aquestes es van conservar en sec fins al laboratori, on es van guardar posteriorment a la nevera fins al seu processament. Un cop recopilades les dades i les escates, tots els exemplars es van retornar al riu.



Figura 3: Procediment d'obtenció de les escates, mesura i pesatge.

3.3 PROCESSAMENT DE LES MOSTRES

- Determinació de l'edat
 - Anàlisi de les escates

La preparació de les mostres d'escates per a la seva lectura (figura 4) comença amb la neteja de les mostres mitjançant una solució del 5% d'hidròxid sòdic (NaOH) durant 6 a 8 hores, ja que les escates solen tenir restes de matèria orgànica. Després, les mostres es renten amb aigua destil·lada i es munten entre un portaobjectes i un cobreobjectes. Per a la visualització de les mostres i el recompte dels anells, es revisa cada grup d'escates, de cada individu, amb un lector de microfilms Microbox.

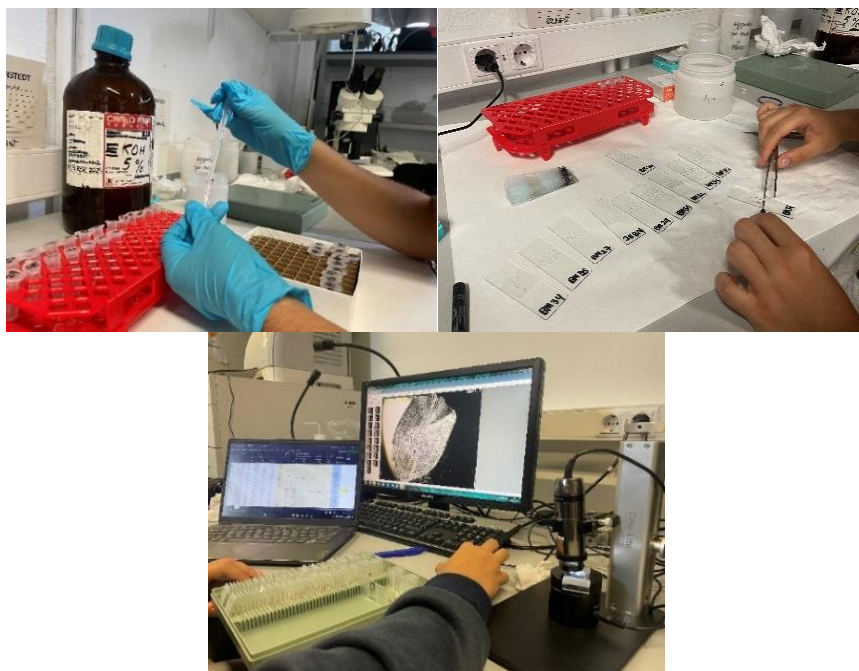


Figura 4: Preparació i lectura de les escates.

La determinació de l'edat a partir de les escates es basa en la lectura dels anells o anelli que marquen els períodes de creixement lent per acumulació de cercles o cerculi, que es formen de manera periòdica (Rocaspana, 2006). Per identificar-los, cal fixar-se en els anells més aparents, que es presentin en forma de bandes i que siguin continus al voltant de tota l'escata (figura 5).

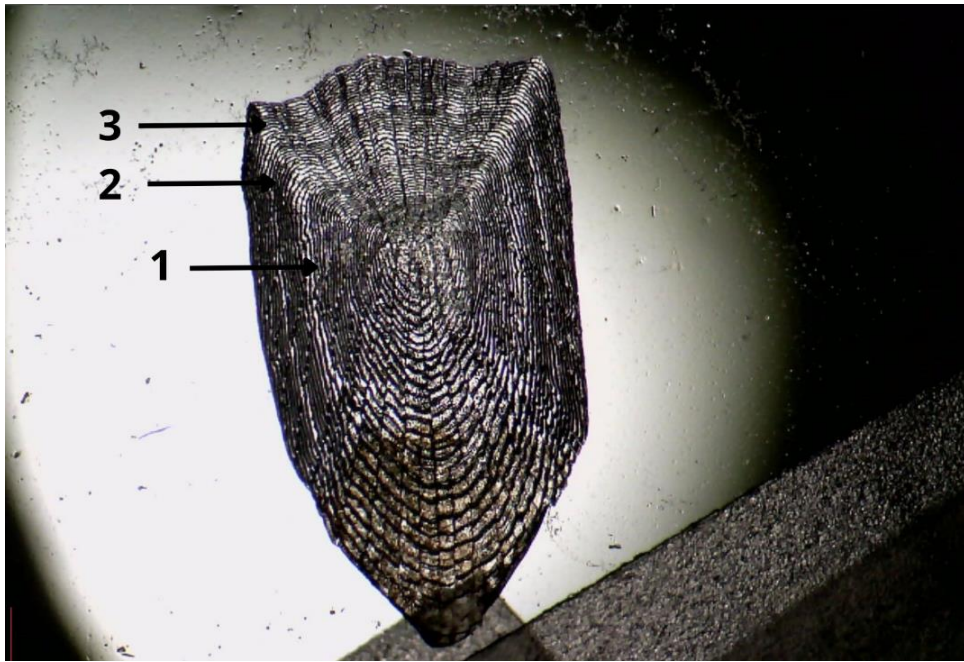


Figura 5: Exemple d'escata amb els seus respectius anells assenyalats.

Per estimar el creixement, es determina la distància des del centre de l'escata (focus) fins a cada un dels diferents anells ($R_1, R_2 \dots R_n$) fins al marge de l'escata (R_t). Aquestes mesures es prenen sempre el llarg d'un mateix eix per tal de proporcionar una estimació més precisa i uniforme per a totes les mesures

Per denominar les classes d'edat es segueix el següent criteri: un peix que no ha completat el seu primer període de creixement serà 0, mentre que un peix amb un anellus (que equival almenys a un any de vida) s'anomena classe 1, i així successivament.

- L'anàlisi de l'estructura de talles

L'anàlisi d'estructura de talles es basa en l'estudi de la distribució de les diferents mides dins la població de barbs de muntanya capturats. Aquesta anàlisi permet entendre millor la composició de la població en termes de talles.

S'han generat histogrames per cada població i s'han comparat les distribucions de freqüències mitjançant el test de Kolmogorov-Smirnov (KS) que compara les distribucions de longituds entre parells de rius per determinar si provenen de la mateixa distribució (CRAN R Packages, 2024). A més a més, s'ha comparat la longitud mitjana a partir de la

prova de Kruskal-Wallis al observar-se la manca de normalitat de la variable que no es va poder corregir tot i aplicar diferents transformacions. El paquet utilitzat principalment per a aquestes anàlisis va ser “FSA” (Fisheries Stock Analysis): és àmpliament utilitzat en l'anàlisi de dades de pesca i recursos aquàtics, entre altres paquets utilitzats per al procediment bàsic. Les anàlisis estadístiques es van fer amb R (R Core Team 2023).

- Anàlisi per retrocàlcul

El retrocàlcul es basa en la relació existent entre la longitud de l'escata i la longitud del peix. Aquesta relació no és directa en la majoria dels casos, i per això s'utilitza el model de Fraser-Lee (1916). Aquest model utilitza una intercepció, en la qual, en lloc de passar per l'origen (0,0), passa pel punt (0,c), ja que les estructures no es desenvolupen fins que els peixos han fet eclosió i han arribat a un estadi postlarvari o juvenil (Quist *et al.*, 2017). Així, s'ajusta la longitud del peix al moment en què es forma realment l'escata, permetent obtenir una estimació més precisa del creixement (Horppila & Nyberg, 1999).

La fórmula del model de Fraser-Lee és:

$$L_n - a = \frac{R_n}{R_t} (L - a) \quad (\text{eq.1})$$

On 'L' és la longitud a l'edat "t" que volem obtenir; "Rt" el radi a l'edat "t"; "Rn" el radi total de l'escata; "Ln" la longitud de l'exemplar que correspon a "Rn" i "a" un factor de correcció que s'obté per regressió lineal entre la longitud de l'escata com a variable independent i la longitud de l'exemplar com a variable dependent (Sostoa, 1981).

L'estimació de la longitud s'ha realitzat mitjançant la funció `backCalc()` del paquet `RFishBC`, que realitza el retrocàlcul utilitzant el mètode de Fraser-Lee. A part, s'han utilitzat diversos altres paquets de R que proporcionen funcions específiques i bàsiques per al processament de dades biològiques i estadístiques.

- El model de Von Bertalanffy (1938)

L'equació matemàtica de Von Bertalanffy s'utilitza per modelar la relació entre l'edat i la mida dels peixos. Assumeix que el creixement no és constant al llarg del temps. La velocitat inicial (primeres edats) és ràpida i a mida que l'individu incrementa la mida (o edat) la taxa de creixement va disminuint fins a ser pràcticament nul·la a mesura que s'apropa a la seva longitud màxima (L_{∞}). Aquest enfocament permet descriure de manera precisa el patró de creixement dels peixos al llarg del temps i facilita la comparació entre diferents poblacions i espècies (Derek, 2022 i Chen 1992), i segueix la següent funció:

$$l(t) = l_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}] \quad (\text{eq.2})$$

$L(t)$ és la longitud en el temps t ; L_{∞} (Asymptotic Length) és la longitud asimptòtica, la longitud que els peixos d'una població arribarien si creixessin indefinidament; K és la taxa de creixement, un paràmetre que indica la velocitat a la qual s'aproxima la longitud del peix a la longitud asimptòtica; t és l'edat de l'espècie; t_0 és el paràmetre de condició inicial, l'edat en la qual un organisme amb el mateix tipus de creixement tindria una longitud igual a 0 (Casals, 2005). El procediment per ajustar el model de creixement de von Bertalanffy requereix sobretot el paquet "nlstools" ja que treballa amb models no lineals, com aquest model.

- Estimació de la condició somàtica

La condició es basa en la relació entre la longitud i el pes dels individus. Si per una mateixa longitud hi ha individus que presenten un pes superior, s'interpreta com una mesura de la salut i el benestar general d'aquests individus (Adams *et al.*, 1993). El factor de condició, comunament designat com K_n , s'utilitza per comparar la "condició" o "benestar" d'un peix o d'una població, basant-se en el fet que els peixos de major pes per a una longitud determinada presenten una millor condició (Cifuentes *et al.*, 2012). Quan les espècies estudiades presenten un patró de creixement al·lomètric, s'utilitza l'índex de condició relativa K_n com a indicador de la condició individual dels peixos (Brosset *et al.*, 2015). S'obté a partir de la següent equació:

$$Kn = \frac{W}{Wr} \quad (\text{eq.3})$$

On W és la massa d'un individu i Wr és la massa teòrica d'un individu d'una longitud determinada predita per una relació de longitud-pes ($Wr = \alpha \cdot TL^\beta$).

Entre els diversos mètodes per comparar la condició somàtica entre poblacions destaca l'anàlisi de la covariància o ANCOVA (Benejam, 2008). En aquest cas no ha estat possible el seu ús perquè no s'ha detectat homogeneïtat de pendents entre poblacions.

Per aquest motiu s'ha optat per fer ús dels factors de condició. El més habitual és l'índex de condició de Fulton (K) que presenta algunes limitacions quan el rang de mides és molt diferent entre mostres. Per tant, s'ha optat per utilitzar el factor de condició relativa (Kn), que ajusta aquestes diferències en la pendent i ofereix una alternativa que permet ajustar-se a la variabilitat natural en la relació pes-longitud (Froese, 2006). Aquest mètode assegura que les pendents de totes les mostres a comparar siguin iguals a un valor específic, permetent una comparació més precisa i vàlida entre els diferents grups (Cone, 1989).

Per realitzar aquest anàlisi, primerament hem utilitzat una taula de dades transformades logarítmicament. Aquesta transformació es fa sovint per normalitzar les dades i reduir la influència dels valors extrems. Un cop transformades les dades, hem procedit a filtrar els individus de la mostra per seleccionar només aquells amb un pes superior a 2 grams. Aquest filtratge és crucial per assegurar que l'anàlisi es faci sobre una població significativa i representativa, eliminant així la influència de peixos que podrien estar en estadis de desenvolupament molt primerencs o que podrien presentar un creixement anòmal, i així obtenir l'índex Kn.

S'ha revisat el compliment dels supòsits i, en cas de no complir-se, s'han aplicat mètodes no paramètrics com el test de Kruskal-Wallis. Per identificar quines parelles de rius presenten diferències significatives, s'ha realitzat una anàlisi post-hoc mitjançant el mètode de Wilcoxon; en aquest s'ha inclòs el mètode de correcció de Bonferroni, que disminueix el risc de trobar diferències significatives simplement per atzar (Cienciasinseso, 2014).

Per dur a terme aquests anàlisis estadístics s'ha fet ús de diversos paquets de programari R, alguns dels paquets més importants utilitzats són: "FSA", essencial per calcular l'índex de condició relatiu (Kn); També el paquet "Multcomp (Multiple Comparisons)", que proporciona eines per a la realització de comparacions múltiples, una tècnica necessària quan es volen comparar més de dos grups simultàniament i realitzar anàlisis post hoc.

Altres com: “Car (Companion to Applied Regression)”, ha sigut utilitzat per avaluar models de regressió i realitzar proves de supòsits. “Pgirmess” ha proporcionat diverses funcions per a l’anàlisi de dades ecològiques, incloent-hi proves estadístiques no paramètriques i eines de visualització, tant com per realitzar la prova de Kruskal, així com per generar gràfics que il·lustrin els resultats (CRAN R Packages, 2024).

- La mortalitat i la supervivència

En els models de mortalitat, la *taxa instantània de mortalitat total* (Z) és una mesura de com el nombre d’individus disminueix durant un període de temps (“instant”) (Quist *et al.*, 2017). De forma alternativa, Z també explica com el logaritme natural del nombre d’individus disminueix anualment, com expressa la fórmula:

$$Z = \log(C_t) - \log(C_{t+1}) \quad (\text{eq.4})$$

D’altra banda, Chapman i Robson van proposar un mètode per estimar la supervivència S a partir de conèixer les edats de les captures. Per tal de poder aplicar aquest mètode és necessari disposar de les edats, que són recodificades per assignar l’edat 0 a la classe amb major nombre de captures. La taxa de supervivència es pot estimar a partir del mètode Chapman-Robson com:

$$\hat{S} = \frac{T}{n+T-1} = \frac{\bar{T}}{1+\bar{T}-\frac{1}{n}} \quad (\text{eq.5})$$

On n és el nombre total de peixos observats a la zona de descens de la corba de captures, T és la suma de les edats enregistrades dels peixos a la zona de descens i \bar{T} és l’edat mitjana a la zona de descens.

L'error estàndard d'aquesta estimació va ser proposat per Miranda i Bettoli (2007):

$$SE_{\hat{S}} = \sqrt{\hat{S} - \left(\hat{S} - \frac{T-1}{n+T-2}\right)} \quad (\text{eq.6})$$

Per a l'anàlisi utilitzarà l'abundància relativa dels peixos en classes d'edat consecutives per estimar les taxes de mortalitat i supervivència de la població estudiada en cada. Els càlculs es realitzaran seguint el model de Robson-Chapman a partir d'una taula dinàmica del nombre d'individus per cada edat coneguda, obtenint així el model de corba de captura que ens indicarà la taxa de mortalitat i la supervivència per a cada edat. Els càlculs s'han realitzat utilitzant el paquet FSA.

4. RESULTATS I DISCUSSIÓ

En total, es van analitzar el pes i la longitud de 548 individus, dels quals es van extreure i analitzar escates de 505 exemplars.

Taula 1

Nombre d'exemplars per cada riu i les edats estimades dels individus estudiats.

Riu	Total d'individus	Edat 1	Edat 2	Edat 3	Edat 4	Edat 5	Edat 6	Edat 7
Llémena	164	102	38	23	1	0	0	0
Terri	129	77	33	15	1	0	2	1
Osor	84	50	23	10	1	0	0	0
Brugent	75	37	17	12	5	2	2	0

4.1 ESTRUCTURA DE TALLES

L'estudi i la representació de la distribució de la longitud furcal (figura 10) ens proporciona una visió completa sobre la seva estructura de talles de cada un dels diferents rius estudiats.

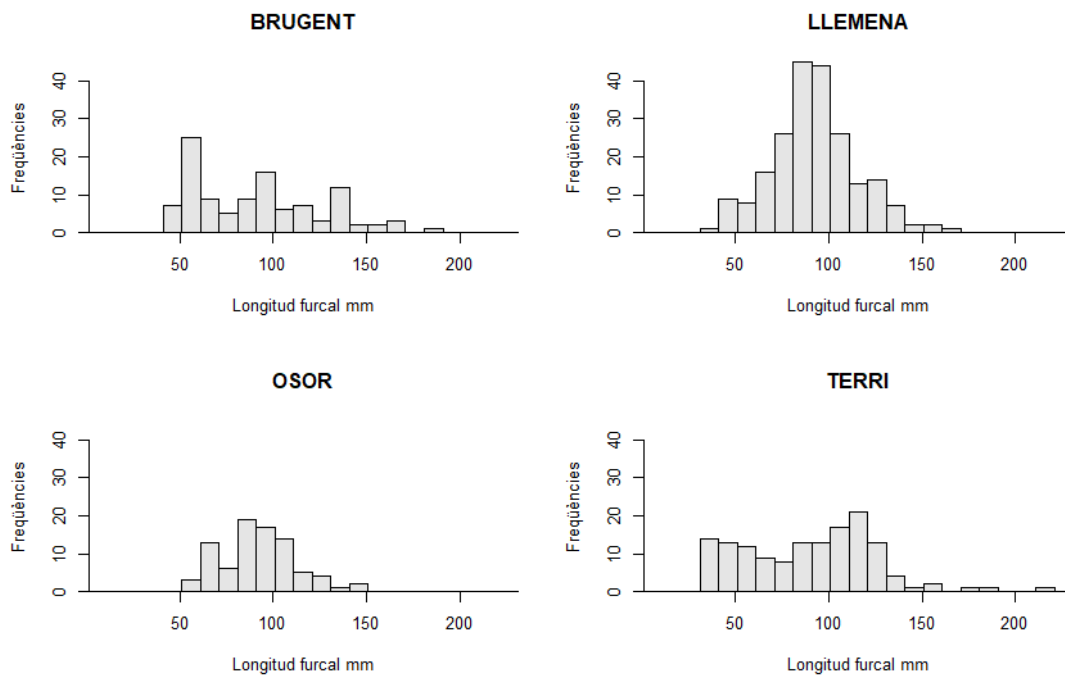


Figura 10: Anàlisi de l'estructura de talles per examinar la distribució de longituds furcals dels peixos en les diverses conques hidrogràfiques.

Els rius permanents (Brugent i Terri) mostren una distribució de longituds variada, mentre que els rius intermitents presenten una distribució més estreta. Els rius permanents (Brugent i Terri) tenen una gamma de talles que va des de 50 mm fins a més de 200 mm, mentre que els rius intermitents mostren una majoria d'individus en el rang de 50 a 125 mm.

Això indica una població més estructurada en els rius permanents, amb un rang de mides més ampli, i exemplars que assoleixen talles superiors en comparació amb els rius intermitents. També s'observa un major reclutament, amb una abundància més gran de les classes de mida més petita.

En resum, la distribució de la longitud furcal, veiem clarament unes diferències un diferent rang de mides i, per tant, estructuració de la població. suggerint que les distribucions de longituds dels peixos poden variar entre els rius permanents i intermitents.

4.2 CREIXEMENT

En la figura 6 s'observa la longitud dels individus estudiats a cada edat en quatre rius diferents: Brugent, Llémena, Osor i Terri. Tot i que es podria esperar que els individus mostressin un augment progressiu de la longitud amb l'edat, però el gràfic revela un considerable solapament, on molts individus presenten longituds similars a diferents edats. Aquest fenomen és inesperat, ja que, segons el model de creixement de Von Bertalanffy, els individus haurien de créixer en longitud a mesura que augmenten en edat.

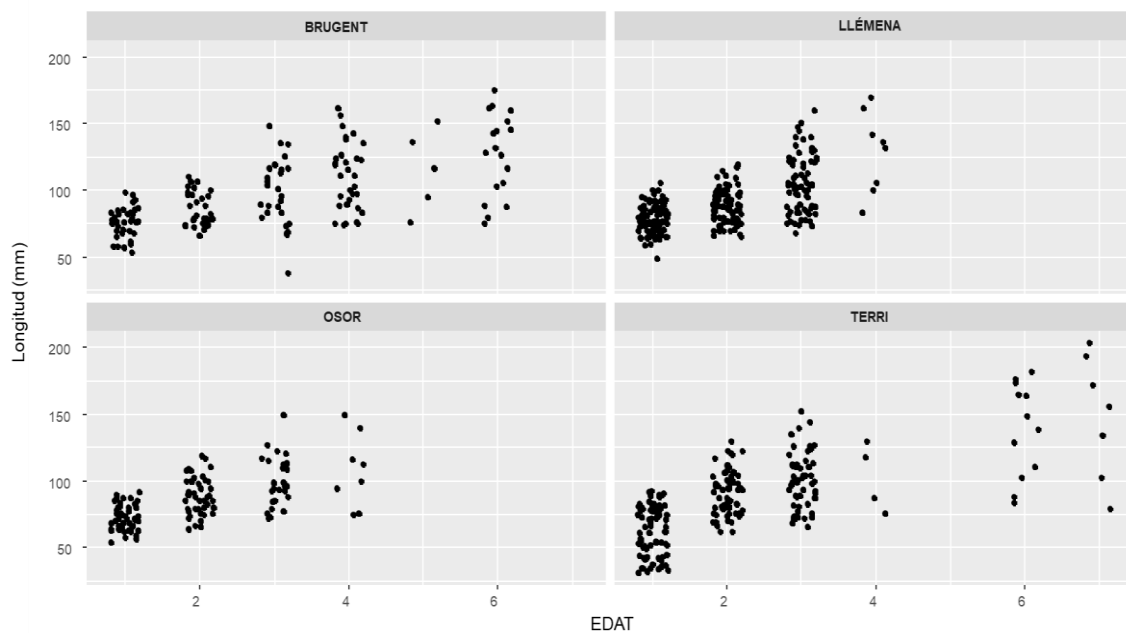


Figura 6: Longitud dels individus en funció de l'edat.

Segons Johal *et al.* (2001), les diferències entre les longituds calculades i observades es minimitzen quan es compleixen les següents condicions: (1) les longituds calculades es basen en un gran nombre de mostres aleatòries, (2) les mesures del radi de l'escala (longitud de cleithrum) són prou precises, (3) la determinació dels focus (centre de l'escata) és precisa, i (4) les escates es mostren sempre de la mateixa àrea. Aquestes condicions es van complir en l'estudi actual en la mesura del possible, tot i que les escates i les mostres són molt variables entre elles, i fins i tot dins del mateix individu. A més, el criteri per determinar la distància entre els anells depèn de la persona i de la seva experiència (Quist *et al.*, 2017), el que introdueix una variabilitat addicional en el procés de datació.

Encara que s'han seguit aquestes pràctiques, els resultats reflecteixen diferències biològiques reals en les taxes de creixement entre els peixos individuals. La variabilitat en la longitud a diferents edats pot ser deguda a factors ambientals dinàmics i variats, com la disponibilitat d'aliments, la competència i la qualitat de l'aigua. Aquests factors poden impactar el creixement de manera diferent en cada riu, explicant per què dins un mateix riu, diferents peixos poden tenir la mateixa longitud a diferents edats, resultant en un creixement no ajustat.

A més d'aquesta variabilitat natural, veiem implícit el fenomen "Lee" en el mètode de retrocàlcul, on hi ha una tendència perquè les longituds calculades enrere a una edat determinada en la mateixa cohort de peixos siguin més petites a mesura que els peixos a partir dels quals es calculen envelleixen (Ogle, D., 2013). A més a més de possibles errors en la mesura d'escates o a la presència d'individus de creixement més ràpid però d'edat més jove d'una cohort en mostres anteriors i individus de creixement més lent i de més edat en mostres posteriors.

Tot i així, si ens fixem en les diferències entre els rius, les condicions de creixement es veuen reflectides en la longitud dels peixos. En els rius amb un cabal permanent, els peixos poden experimentar períodes de creixement ràpid quan les condicions són favorables i períodes de creixement lent o estancat quan les condicions canvien. En rius intermitents, les condicions menys favorables durant períodes prolongats poden limitar el creixement general, però de manera més consistent. Això es confirma observant que els peixos del Brugent i Terri, que tenen una hidrologia més permanent, mostren un creixement més sostingut i arriben a edats més avançades en comparació amb els peixos dels rius Osor i Llémena.

Encara que hi ha molta dispersió i superposició de dades, es compleix el model, on la longitud augmenta amb l'edat fins a un punt màxim. Aquest patró es veu alterat per la variabilitat inherent als factors esmentats anteriorment. La validació més estricta del model seria la comparació de les longituds retrocalculades d'un peix individual amb les seves pròpies longituds anteriors, marcant els individus i esperant que creixin. Tanmateix, aquest és un procés difícil i laboriós.

Segons la informació del creixement recopilada per al gènere *Barbus* descrita fins ara, s'espera que l'increment anual més gran es produeixi durant el primer any de vida, seguit d'un increment significatiu durant el segon any, que després es redueix substancialment en anys posteriors. L'increment en longitud que es produeix a partir de la classe 2+ és més petit que els anteriors, però la disminució d'un any a l'altre és molt lenta. (Casals, 2005). No obstant això, els resultats representats a la figura 7, no s'ajusten plenament a aquesta teoria i no segueixen un patró comú.

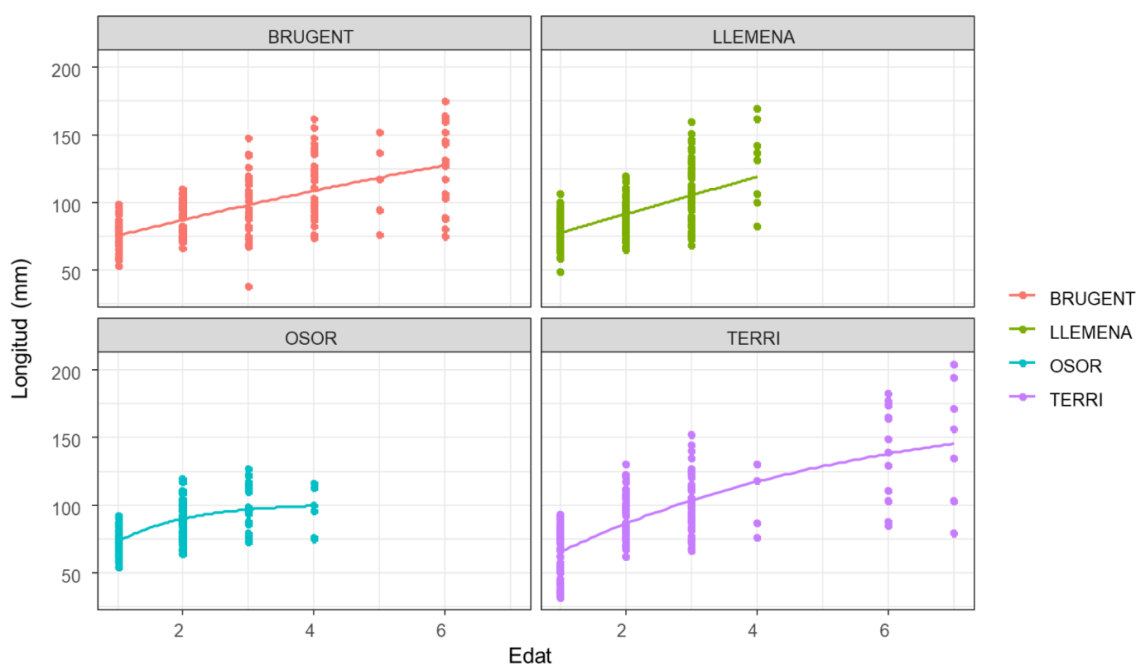


Figura 7: Gràfics de les regressions no lineals del model de creixement de Von Bertalanffy mostrant el creixement partir de la longitud retrocalculada dels individus en funció de l'edat.

A continuació es presenten els paràmetres de creixement obtinguts per a cada riu:

Taula 2:

Paràmetres de creixement del model de Von Bertalanffy.

Riu	L_{∞} (mm)	K	T_0	p-value	R^2
Brugent	286.814	0.056	-4.396	1.49e-06	0.561676
Llémèna	896.434	0.017	-4.173	1.10e-13	0.299738
Osor	101.078	0.926	-0.356	1.10e-13	0.116912
Terri	178.056	0.205	-1.238	1.37e-10	0.117439

En primer lloc, L_{∞} (longitud asimptòtica) de la taula 2, mostra valors molt grans. Sabent que el barb arriba com a molt a una longitud de 270-280 mm, els valors obtinguts són desorbitats, i altres paràmetres com la taxa de creixement (K) també són molt elevats en alguns rius, com Osor, on $K = 0.926$, la qual cosa és inusual per a *Barbus meridionalis*.

Segons les dades de FishBase per a una població específica de *Barbus meridionalis*, presenta els següents valors: $L_{\infty} = 37.5$ cm, $K = 0.1$ i $T_0 = -1.38$. Les dades obtingudes en el nostre estudi es desvien significativament dels paràmetres teòrics d'aquesta població, cosa que podria deure's a diverses raons, incloent-hi diferències ambientals, errors de mostreig o limitacions del model de creixement aplicat.

D'altra banda, comparant aquests resultats amb l'estudi de Casals (2005), que va seguir un procediment semblant i va utilitzar el mateix model de creixement per estudiar el barb de muntanya i altres espècies amb un nombre menor d'exemplars i només per a dos rius, va obtenir valors de L_{∞} de 300 fins a 500 mm, aproximadament. Això indica que aquest fenomen és freqüent en l'estudi del creixement dels peixos. L'aplicació del model de Von Bertalanffy pot no ser completament adequada per a tots els individus o rius estudiats, especialment si hi ha factors ambientals i biològics que no es poden tenir en compte i que tenen una gran influència en el creixement.

Tot i aquestes discrepàncies, els resultats obtinguts proporcionen informació valuosa sobre les diferències en les taxes de creixement entre els peixos dels diferents rius. Es pot observar que els rius amb una hidrologia permanent arriben a una longitud asimptòtica (L_{∞}) que està dins els valors correctes, no sobrepassa el límit, i que els individus arriben a una edat avançada. De tots els rius estudiats, és al riu Osor on la corba de creixement es veu més ben representada.

4.3 CONDICIÓN SOMÀTICA

A partir d'obtenir l'índex de condició relatiu, hem obtingut la gràfica de la figura 8 on hi ha representada la mitjana de K_n per als 4 rius. Ens basem en la idea que un valor de K_n més gran d'1 indica que el peix té una condició millor del que s'esperaria per a la seva mida, mentre que un valor inferior a 1 suggereix una condició pitjor (Froese, 2006).

Els rius més intermitents mostren valors de Kn més baixos, mentre que els rius més estables presenten valors de Kn més alts. Aquesta tendència reforça la hipòtesi que la intermitència del riu té un impacte negatiu en la salut i el benestar dels peixos.

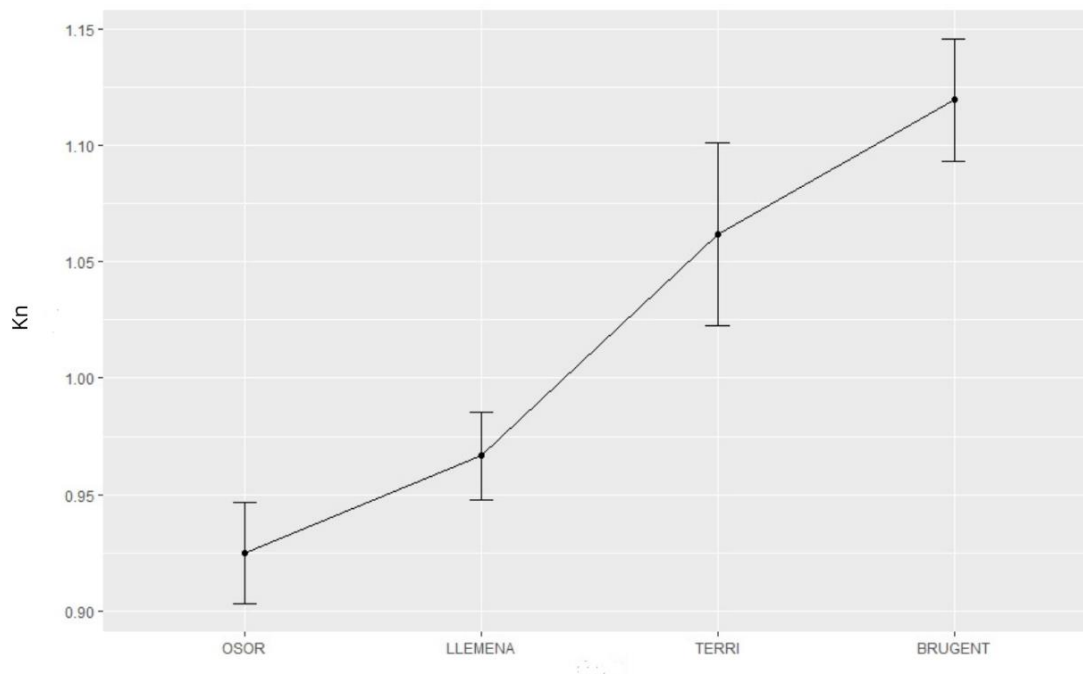


Figura 8: Gràfica de la mitjana de Kn per a cada riu i el seu interval de confiança.

Els resultats estadístics (Kruskal-Wallis $X^2_3 = 116.15$, p-value < 0.05), han confirmat que les diferències observades en la condició dels peixos entre els diferents rius són estadísticament significatives.

Taula 3:

Resultats Post Hoc de l'anàlisi de Kn.

	Brugent	Llémena	Osor
Llémena	< 2e-16	-	-
Osor	< 2e-16	0.2266	-
Terri	0.0093	4.9e-07	1.4e-09

Els resultats post hoc de la taula 3 van detallar que tots tenen diferència significativa excepte Osor i Llémena. Que els rius intermitents (Osor i Llémena) no presentin diferències significatives entre ells, podria ser degut al fet que els rius intermitents tenen condicions ambientals similars que influeixen de manera semblant en el creixement i la condició dels peixos. En canvi, les diferències significatives observades entre Brugent i Terri, podrien indicar variacions en les condicions ambientals d'aquests rius que afecten de manera diferent la condició dels peixos. En general, els resultats indiquen que els rius més estables hidrològicament (Brugent i Terri), tenen individus amb una millor, mentre que els rius més intermitents, com Llémena i Osor, presenten condicions menys favorables.

4.4 MORTALITAT I SUPERVIVÈNCIA

Utilitzant l'abundància relativa dels peixos en classes d'edat consecutives s'estimen les taxes de mortalitat i supervivència de cada riu (taula 4). D'altra banda, s'estudia les corbes de captura. Seguint el model de supervivència de l'espècie, esperaríem trobar més individus en l'edat 0 i una disminució en les edats consecutives.

L'anàlisi de les corbes de captures de la figura 9, on es representen el nombre d'individus d'una determinada edat capturats, mostra una disminució d'aquets a mesura que augmenta l'edat. Això és esperat, ja que les corbes de supervivència sovint mostren un augment de la mortalitat amb l'edat.

Taula 4:

Valors de les taxes de mortalitat (Z) i supervivència (S) per a cada riu.

RIU	Z	S
BRUGENT	0,655	0,516
LLÈMENA	1,034	0,353
OSOR	1,004	0,362
TERRI	0,905	0,402

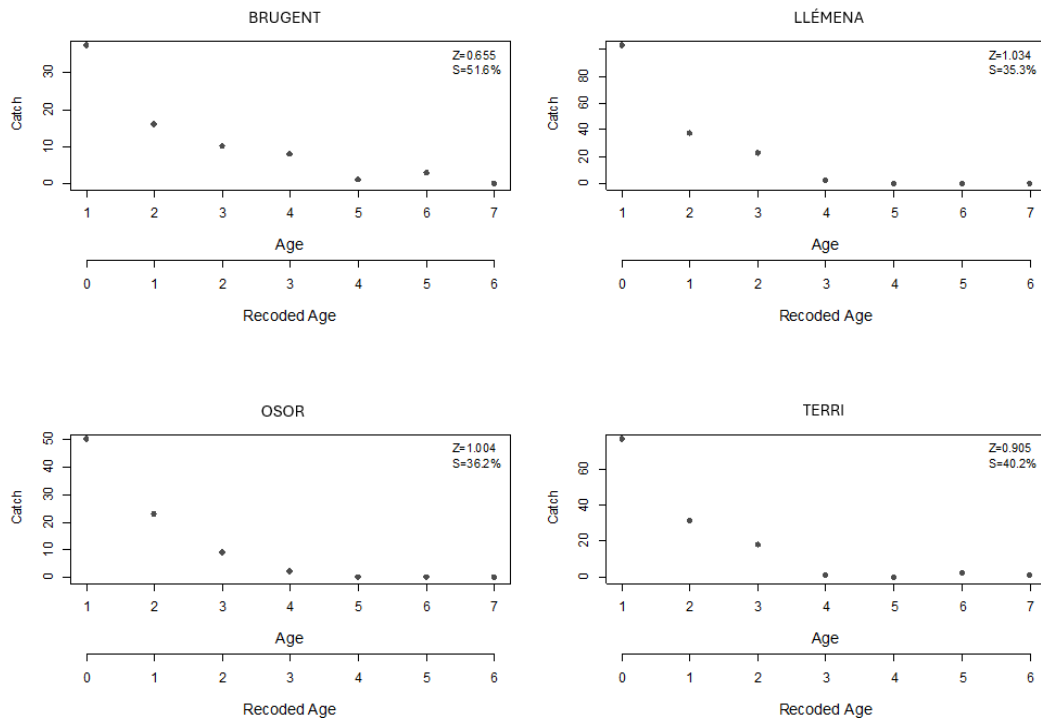


Figura 9: Els rius estudiats representats, amb les captures (Catch) en funció de l'edat recodificada (Recoded Age). A cadascun dels gràfics es mostra el valor de Z i S, la qual cosa proporciona una indicació directa de la mortalitat i supervivència en cada riu

En el riu Brugent, es detecta una taxa de mortalitat moderada ($Z = 0,655$) amb una supervivència del 51,6%. Això vol dir que aproximadament el 51,6% dels individus sobreviuen d'un any a l'altre. La distribució de les captures en funció de l'edat mostra una disminució gradual amb l'edat, indicant que la mortalitat augmenta a mesura que els individus envelleixen, tal com s'esperaria.

En el cas del riu Llémena, observem una taxa de mortalitat més alta ($Z = 1,034$) en comparació amb el riu Brugent, mentre que la supervivència és més baixa ($S = 35,3\%$), amb només el 35,3% dels individus sobrevivint anualment. La disminució en les captures és més pronunciada, confirmant una major mortalitat en aquest riu.

Pel que fa al riu Osor, la taxa de mortalitat és similar a la del riu Llémena ($Z = 1,004$) i la supervivència és lleugerament superior ($S = 36,2\%$), però encara baixa. La tendència de les captures mostra una marcada disminució amb l'edat, semblant a la del riu Llémena.

Finalment, en el riu Terri, veiem una taxa de mortalitat similar però una mica més alta que la del riu Brugent ($Z = 0,905$) i una supervivència del 40,2%. La distribució de les captures disminueix amb l'edat, però no tan pronunciadament com en els rius Llémena i Osor.

En conjunt, es pot veure clarament que la taxa de mortalitat és més elevada i la supervivència menor en els rius intermitents (Llémena i Osor) en comparació amb els altres rius (Brugent i Terri). Aquesta observació és coherent amb el comportament esperat de les corbes de supervivència per a aquesta espècie, on la mortalitat tendeix a augmentar amb l'edat.

4.5 DISCUSSIÓ FINAL

Els resultats generals de l'estudi mostren clarament que les poblacions de barb de muntanya (*Barbus meridionalis*) de rius intermitents i permanents presenten diferències significatives en el seu creixement, condició somàtica, mortalitat i supervivència. Aquestes diferències reflecteixen l'impacte de la intermitència dels rius sobre la biologia del barb de muntanya.

En primer lloc, l'estructura de talles dels peixos en rius permanents és més variada i inclou exemplars de mides més grans en comparació amb els rius intermitents. Aquest fet és coherent amb altres estudis que han demostrat que els rius amb un flux d'aigua constant proporcionen condicions més estables i òptimes per al creixement dels peixos (Prokes *et al.*, 2006; Vilizzi *et al.*, 2013). La major diversitat de talles i l'existència d'exemplars més grans en els rius permanents suggereix un entorn menys estressant i més favorable per al desenvolupament a llarg termini dels individus. Pel que fa als patrons de creixement, els resultats obtinguts mitjançant el model de Von Bertalanffy indiquen que els peixos dels rius intermitents mostren un creixement més lent en comparació amb els dels rius permanents. Això pot ser degut a les condicions ambientals més adverses i la disponibilitat de recursos fluctuants en els rius intermitents. Aquest patró és semblant al trobat per Merciai (2017), qui també va observar una reducció en el creixement dels peixos en hàbitats amb cabals d'aigua intermitents.

La condició somàtica, mesurada a través de l'índex Kn, és significativament més baixa en els peixos dels rius intermitents, possiblement a causa de l'estrès hidrològic i la menor disponibilitat d'aliment durant els períodes de sequera. L'estudi de Vilizzi (2013), també assenyala que la condició física dels peixos es veu afectada negativament per les variacions extremes del cabal.

De manera similar, Vila-Gispert i Moreno-Amich (2001) van trobar que la condició física dels peixos, indicada per la relació massa-longitud, presentava diferències significatives entre els diferents llocs de mostreig, cosa que implica diferències en les condicions ambientals. Aquestes diferències en les condicions ambientals assenyalen la sensibilitat del barb mediterrani a les pertorbacions, com la variació del cabal d'aigua, un aspecte que hem observat en la nostra comparativa entre rius intermitents i permanents.

En termes de mortalitat i supervivència, els rius intermitents mostren una taxa de mortalitat més elevada i una supervivència menor en comparació amb els rius permanents. Aquest resultat és coherent amb la teoria que els hàbitats més estables proporcionen una major seguretat i condicions de vida més favorables per als peixos (Poff i Zimmerman, 2019). La mortalitat elevada en rius intermitents podria estar relacionada amb les condicions més extremes i la manca de refugi durant els períodes de sequera, com també s'ha observat en estudis previs (Boix *et al.*, 2010).

Aquests resultats eren els esperats segons la hipòtesi inicial, que proposava que la intermitència dels rius tindria un efecte negatiu sobre les poblacions de barb de muntanya donant lloc a un creixement més lent, una condició somàtica inferior i una major mortalitat. Finalment, subratllar la necessitat de gestionar els cabals fluvials de manera que es minimitzin les fluctuacions extremes per tal de protegir les poblacions de barb de muntanya.

5. CONCLUSIONS

Here are the main conclusions of this study summarized:

- Hydrologically permanent rivers show a more structured population, with a wider range of sizes and more individuals reaching larger sizes compared to intermittent rivers. Greater recruitment is also observed, with a higher abundance of smaller classes, suggesting a healthier and more sustainable population structure.
- The growth analysis using the von Bertalanffy model indicates that the Mediterranean barbel exhibits differential growth patterns between intermittent and perennial rivers. Fish in perennial rivers generally achieve larger sizes at older ages compared to those in intermittent rivers. This suggests that more stable aquatic environments promote better growth conditions and a longer lifespan for the barbel.
- Individuals in more stable rivers show better somatic conditions, which is reflected in higher K_n values. The results of the statistical analysis reinforce this observation and indicate that the differences are statistically significant.
- There is a clear relationship between river intermittency and fish mortality and survival, with higher mortality rates and lower survival in intermittent rivers compared to rivers with permanent flow.

6. BIBLIOGRAFIA

- Adams, S. M., Brown, A. M., & Goede, R. W. (1993). A Quantitative Health Assessment Index for Rapid Evaluation of Fish Condition in the Field. *Transactions of the American Fisheries Society*, 122(1), 63–73. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1993\)122<0063:AQHAIF>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1993)122<0063:AQHAIF>2.3.CO;2)
- Arthington, A. H., Bernardo, J. M., & Ilhéu, M. (2014). Temporary rivers: linking ecohydrology, ecological quality and reconciliation ecology. *River Research and Applications*, 30(10), 1209–1215. <https://doi.org/10.1002/rra.2831>
- Baltz, D. M. (1998). Fisheries Techniques. Brian R. Murphy, David W. Willis. *The Quarterly Review of Biology*, 73(1), 87–88. <https://doi.org/10.1086/420114>
- Benejam, L., Benito, J., Ordóñez, J. et al. Short-term Effects of a Partial Drawdown on Fish Condition in a Eutrophic Reservoir. *Water Air Soil Pollut* 190, 3–11 (2008). <https://doi.org/10.1007/s11270-007-9574-y>
- Boix Masafret, D., García-Berthou, E., Gascón Garcia, S., Benejam Vidal, L., Tornés Bes, E., Sala Genóher, J., Benito, J., Munné, A., Solà, C., & Sabater, S. (2010). Response of community structure to sustained drought in Mediterranean rivers. *Elsevier*. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.01.014>
- Brosset, P., Fromentin, J.-M., Ménard, F., Pernet, F., Bourdeix, J.-H., Bigot, J.-L., Van Beveren, E., Pérez Roda, M. A., Choy, S., & Sarau, C. (2015). Measurement and analysis of small pelagic fish condition: A suitable method for rapid evaluation in the field. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 462, 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2014.10.016>
- Bolger, T., & Connolly, P. L. (1989). The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *Journal of Fish Biology*, 34(2), 171–182. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1989.tb03300.x>
- Casals, F. (2005). *Les comunitats íctiques dels rius Mediterranis: relació amb les condicions ambientals*. [Tesi doctoral, Universitat de Barcelona]. Tesis Doctorals en Xarxa (TDX). <http://hdl.handle.net/10803/796>
- Cifuentes, R., González, J., Montoya, G., Jara, A., Ortíz, N., Piedra, P., & Habit, E. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana*, 76(suppl 1), 86–100. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382012000100009>
- Ciencia sin ceso (2014). <https://www.cienciasinseso.com/correccion-de-bonferroni/>
- Clavero Pineda, M., Rebollo González, J. A., Valle Rodríguez, J., Blanco Garrido, F., Narváez, M., Delibes Castro, M., & Prenda Marín, J. Distribución y conservación de la ictiofauna continental en pequeños cursos de agua del campo de Gibraltar.(2002). Vol. 27, 335-342. ISSN 1133-5319 <http://hdl.handle.net/10272/3344>.
- Colls Lozano, M. (2020). *Biofilm responses to flow intermittency in Mediterranean rivers* [Tesi doctoral, Universitat de Girona]. Tesis Doctorals en Xarxa (TDX). <http://hdl.handle.net/10803/670845>
- Cone, R.S. (1989). The Need to Reconsider the Use of Condition Indices in Fishery Science. *Transactions of the American Fisheries Society*, 118: 510-514. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1989\)118<0511:TNRTTU>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1989)118<0511:TNRTTU>2.3.CO;2)
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4), 241–253. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>
- Heidarsson, T., Antonsson, T., & Snorrason, S. S. (2006). The Relationship between Body and Scale Growth Proportions and Validation of Two Back-Calculation Methods Using Individually Tagged and Recaptured Wild Atlantic Salmon. *Transactions of the American Fisheries Society (1900)*, 135(5), 1156–1164. <https://doi.org/10.1577/T05-286.1>
- Horppila, J., & Nyberg, K. (1999). The validity of different methods in the backcalculation of the lengths of roach A comparison between scales and cleithra. *Journal of Fish Biology*, 54(3), 489–498. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1999.tb00630.x>
- Ictiocat. 2024. *Peixos continentals de Catalunya*. <https://ictio.cat/cyprinidae/>

- Johal, M. S., & Kingra, J. S. (2001). *Age and growth of the common carp, Cyprinus carpio, in the wetlands of Punjab, India*. *Fisheries Research*, 53(2), 139-150.
- Kumar, V., Del Vasto-Terrientes, L., Valls, A., & Schuhmacher, M. (2016). Adaptation strategies for water supply management in a drought prone Mediterranean river basin: Application of outranking method. *The Science of the Total Environment*, 540, 344–357. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.062>
- Klumb, R. A., Bozek, M. A., & Frie, R. V. (1999). Validation of the Dahl–Lea and Fraser–Lee Back-Calculation Models by Using Oxytetracycline-Marked Bluegills and Bluegill × Green Sunfish Hybrids. *North American Journal of Fisheries Management*, 19(2), 504–514. [https://doi.org/10.1577/1548-8675\(1999\)019<0504:VOTDLA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8675(1999)019<0504:VOTDLA>2.0.CO;2)
- Marimon, M., Cid, N., Soler V., Fortuño, P., Verkaik, I., Prat, N., Vinyoles, D. (2019). La ictiofauna dels rius temporals del Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac i caracterització dels refugis en un any de sequera.
- Merciai, R., Molons-Sierra, C., Sabater, S., & García-Berthou, E. (2017). *Water abstraction affects abundance, size-structure and growth of two threatened cyprinid fishes*. *PloS One*, 12(4), e0175932–e0175932. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175932>
- Natura local. (s. d.). <https://naturalocal.net/cat>.
- Ogle, D. H. (2013). Fishes an R package for fishery analysis. *Northland College R Journal*, 5(1), 156-163.
- Poff, N. & Zimmerman, Julie. (2010). Ecological Responses to Altered Flow Regimes: A Literature Review to Inform the Science and Management of Environmental Flows. *Freshwater Biology*. 55(1), 194–205. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02272.x>
- Prokes, M., Sovčík, P., Penáz, M., Barus, V., & al, e. (2006). Growth of barbel, barbus barbus, in the river jihlava following major habitat alteration and estimated by two methods. *Folia Zoologica*, 55(1), 86-96. Retrieved from <https://www.proquest.com/scholarly-journals/growth-barbel-barbus-river-jihlava-following/docview/206321290/se-2>
- Quist, M. C. & Isermann, D. A. (2017). *Age and growth of fishes: principles and techniques*. American Fisheries Society.
- Rocaspana, R (2006). *Estudi de la mida mitjana de la truita en les zones d'alta muntanya de catalunya*. Generalitat de Catalunya: *Departament de medi ambient i habitatge*.
- Smoliński, Szymon & Berg, Florian. (2022). Varying relationships between fish length and scale size under changing environmental conditions – Multidecadal perspective in Atlantic herring. *Ecological Indicators*. 134. 108494. 10.1016/j.ecolind.2021.108494.
- Sostoa, A. D. (1981). Edad y crecimiento de Barbus graellsii Steindachner (1866) en el curso del río Ebro (NE España). *Pisces, Ciprinidae. Miscel·lània zoològica*, 7.
- Sostoa, A. D., Casals, F., Fernandez, J. V., Lobon-Cervia, J., Sostoa, F. J., & Vinyoles, D. (1990). Les comunitats de peixos continentals. *Història Natural dels Països Catalans* (Folch, R., ed.). Barcelona: *Enciclopèdia Catalana*. <https://www.enciclopedia.cat/gran-enciclopedia-catalana/barb-0>
- Tola, J., & Infiesta, E. (2002). *Peces continentales de la Península Ibérica*. Jaguar.
- Vila-Gispert, A. and Moreno-Amich, R. (2001), Mass-length relationship of Mediterranean barbel as an indicator of environmental status in South-west European stream ecosystems. *Journal of Fish Biology*, 59: 824-832. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb00153.x>
- Vila-Gispert, A., & Moreno-Amich, R. (2001). Mass-length relationship of Mediterranean barbel as an indicator of environmental status in South-west European stream ecosystems. *Journal of Fish Biology*, 59(4), 824–832. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb00153.x>
- Vilizzi, Lorenzo & Copp, Gordon & Britton, Rob. (2013). Age and growth of European barbel Barbus barbus (Cyprinidae) in the small, mesotrophic River Lee and relative to other populations in England. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 10.1051/kmae/2013054.
- Y. Chen, D. A. Jackson, and H. H. Harvey. 1992. A Comparison of von Bertalanffy and Polynomial Functions in Modelling Fish Growth Data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 49(6): 1228-1235. <https://doi.org/10.1139/f92-138>

Zamora, L. (2017). Barbo de montaña – *Barbus meridionalis*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Sanz, J. J., Elvira, B. (Eds.). *Museo Nacional de Ciencias Naturales*, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>

Zamora, L. (2022). Guió pràctiques d'ecologia de poblacions mòdul optatiu: organismes i sistemes. Universitat de Girona.