

Títol del treball:

**Estudi de l'estratègia reproductora d'una població nativa
d'alburn (*Alburnus alburnus*)**

Estudiant: Anna Puigfarregut Llordés

Grau en Ciències Ambientals

Correu electrònic: ul909843@campus.udg.edu

Tutor: Anna Vila Gispert

Empresa / institució: Universitat de Girona

Vistiplau tutor (i cotutor*):

Nom del tutor: Anna Vila Gispert

Empresa / institució: Universitat de Girona

Correu(s) electrònic(s): anna.vila@udg.edu

*si hi ha un cotutor assignat

Data de dipòsit de la memòria a secretaria de coordinació:

Agraïments

L'elaboració d'aquest treball no hauria estat possible sense el suport de les persones descrites a continuació. Comunico el meu agraïment:

A la meva tutora, Anna Vila Gispert, per la seva atenció i dedicació, per aconsellar-me i ajudar-me en tots els dubtes que han sorgit. A la Universitat de Girona per facilitar-me l'ús del material i de les instal·lacions en la realització d'aquest treball.

A en David Almeida per la seva ajuda i implicació. I a en Dani Latorre per estar disposat a donar-me un cop de mà quan ho he necessitat, pel material de suport i els seus consells.

Índex

Resum	1
Introducció i objectius	4
Material i mètodes	6
Àrea d'estudi	6
Captura i processament de les mostres.....	8
Anàlisi dels atributs biològics.....	9
Anàlisis estadístiques.....	10
Resultats	11
Discussió i conclusions	16
Bibliografia.....	21

Resum

L'alburn *Alburnus alburnus* (L.) és una espècie de ciprínid que habita majoritàriament ambients lenítics. La seva alimentació es basa en zooplàncton i insectes terrestres i la seva època de reproducció esdevé durant la primavera i l'estiu. Aquesta espècie, nativa en la major part d'Europa, va ser introduïda a la Península Ibèrica durant la dècada dels 90, on s'ha anat expandint convertint-se en invasora.

D'una banda, amb aquest estudi es pretenen examinar els atributs biològics d'una població nativa d'alburn originària del riu Saona, situat a l'est de França. De l'altra, l'objectiu és comparar els atributs biològics d'aquesta espècie amb d'altres poblacions natives del sud-est de França (Chappaz et al., 1987) i introduïdes a la Península Ibèrica. Concretament, poblacions de les conques internes de Catalunya (Masó, 2012) i les dels rius de la vessant Atlàntica i l'Ebre (Latorre, 2013). Els exemplars es van capturar mitjançant pesca elèctrica, durant la primavera del 2014. Posteriorment, es van processar al laboratori per analitzar-ne els diferents atributs biològics: longitud total (TL), pes total (TW), pes de les gònades (WG), longitud mínima de maduració (Lmm) de les femelles, la sex ratio, l'índex gonadosomàtic (GSI) i l'índex de condició de Le Cren (LK) i de Fulton (K). Addicionalment, es va determinar l'estructura de talles i edats del conjunt de la població i, en el cas de les femelles, la fecunditat i el diàmetre mig dels ous.

De la comparació amb d'altres poblacions natives i introduïdes d'alburn, se'n pot deduir que les condicions ecològiques de la conca són un agent determinant de l'estat de les poblacions. En ambients lenítics estables, l'alburn s'estableix amb facilitat i presenta una longitud mínima de maduració similar a les natives i valors de GSI i de pes de les gònades baixos. En canvi, en ambients més variables, les poblacions es troben en fase d'expansió, amb una talla de maduració inferior i un potencial reproductor més elevat. D'aquesta manera, tot i que la població del riu Saona presenti valors elevats de GSI i de pes de les gònades, la talla de maduració de les femelles permet deduir que la població estaria ben establerta.

Entre poblacions natives, s'observa que la del riu Saona presenta uns valors de fecunditat inferiors i el seu creixement és menor. Els resultats obtinguts suggereixen que aquests atributs biològics estan condicionats per varis factors, un dels quals podria ser el règim alimentari de l'alburn i la quantitat d'aliment ingerida. Tanmateix, la zona del riu on es troba l'espècie sembla ser també un factor determinant en el creixement i la fecunditat. A més, les diferències en les edats màximes de cada població podrien ser explicades pels factors esmentats anteriorment i per les condicions ambientals.

Resumen

El alburno *Alburnus alburnus* (L.) es una especie de ciprínido que habita mayormente ambientes lénticos. Su alimentación se basa en zooplancton e insectos terrestres y su época de reproducción tiene lugar durante la primavera y el verano. Esta especie, nativa en la mayor parte de Europa, fue introducida en la Península Ibérica durante la década de los 90, donde se ha ido expandiendo convirtiéndose en invasora.

Por un lado, con este estudio se pretenden examinar los atributos biológicos de una población nativa de alburno originaria del río Saona, situado al este de Francia. Por otro lado, el objetivo es comparar los atributos biológicos de esta especie con otras poblaciones nativas del sureste de Francia (Chappaz et al., 1987) e introducidas a la Península Ibérica. Concretamente, poblaciones de las cuencas internas de Cataluña (Masó, 2012) y las de los ríos de la vertiente Atlántica y del Ebro (Latorre, 2013). Los ejemplares se capturaron mediante pesca eléctrica, durante la primavera del 2014. Posteriormente, se procesaron en el laboratorio para analizar los diferentes atributos biológicos: longitud total (TL), peso total (TW), peso de las gónadas (WG), longitud mínima de maduración (Lmm) de las hembras, sex ratio, índice gonadosomático (GSI) e índice de condición de Le Cren (LK) y de Fulton (K). Adicionalmente, se determinó la estructura de tallas y edades del conjunto de la población y, en el caso de las hembras, la fecundidad y el diámetro medio de los huevos.

De la comparación con otras poblaciones nativas e introducidas de alburno se puede deducir que las condiciones ecológicas de la cuenca son un agente determinante del estado de las poblaciones. En ambientes lénticos estables, el alburno se establece con facilidad y presenta una longitud mínima de maduración similar a las nativas y valores de GSI y de peso de las gónadas bajos. En cambio, en ambientes variables, las poblaciones se encuentran en fase de expansión, con una talla de maduración inferior y un potencial reproductor más elevado. De este modo, aunque la población del río Saona presente valores elevados de GSI y de peso de las gónadas, la longitud mínima de maduración de las hembras permite deducir que la población estaría bien establecida.

Entre poblaciones nativas, la del río Saona muestra unos valores de fecundidad inferiores y su crecimiento es menor. Los resultados obtenidos sugieren que estos atributos biológicos están condicionados por varios factores, uno de ellos podría ser el régimen alimenticio del alburno y la cantidad de alimento ingerida. Asimismo, la zona del río donde se encuentra el alburno podría ser también un factor determinante en el crecimiento y la fecundidad. Además, las diferencias en las edades máximas de cada población podrían ser explicadas por los factores mencionados anteriormente y por las condiciones ambientales.

Abstract

The bleak *Alburnus alburnus* (L.) is a cyprinid species inhabiting mainly lentic environments. Its diet is based on zooplankton and land insects and its reproductive period takes place during the seasons of spring and summer. This species, native to most of Europe, was introduced in the Iberian Peninsula in the 90's, where it has spread becoming invasive.

On the one hand, this study expects to examine the biological traits of one native population of bleak from Saône River, located at east of France. On the other hand, the aim is to compare this species biological traits with other native populations from the southeast of France (Chappaz et al., 1987) and introduced populations in the Iberian Peninsula. Specifically, populations from the Catalonia internal basins (Masó, 2012), from the Atlantic slope rivers and from river Ebro (Latorre, 2013). The specimens were captured by electrical fishing, during the spring of 2014. Lately, the specimens were processed in the laboratory so it was possible to analyse the following biological traits: total length (TL), total weight (TW), gonads weight (WG), minimum length at maturity (Lmm) for females, sex ratio, gonadosomatic index (GSI) and Le Cren (LK) and Fulton (K) index condition. Moreover, population size and age structure were determined too and fecundity and mean egg diameter were determined for females.

It seems that the ecological conditions of the basin are determinant of the populations' status. After comparing the populations, it can be deduced that in stable lentic environments, bleak establishes easily and presents a minimum length at maturity similar to the native ones and low values of GSI and gonads weight. However, in changeable environments, the populations are under expansion phase, with a lower minimum length at maturity and a higher reproductive potential. Thus, although the population from Saône River presents high values of GSI and gonads weight, the females' minimum length of maturation allows for deducing that the population could be well established.

Between native populations, the one from Saône River shows lower fecundity values and less growth. The results suggest that these biological traits are determined by various factors, such as bleak's diet, among others. Additionally, the zone of the river where bleak is found could be another determining factor for growth and fecundity. Moreover, the differences observed in the maximum ages of each population could be explained by the mentioned factors and the environmental conditions of the zone.

Introducció i objectius

Introducció

L'alburn (*Alburnus alburnus*) és un peix de la família dels ciprínids, de cos fusiforme i mida petita (entre 150 i 250 mm de llargada), adaptat a viure en la columna d'aigua. Habita majoritàriament ambients lenítics, en llacs o aigües calmades i poc profundes en rius de trajectòria mitjana i llarga (Kottelat i Freyhof, 2007). L'alburn tolera un rang de temperatura de l'aigua d'entre 10 i 20 °C (Baensch i Riehl, 1991).

En estadi larvari es troba a les zones litorals dels rius. Els individus juvenils habiten ambients pelàgics i s'alimenten d'invertebrats presents en la columna d'aigua o de la superfície (Freyhof i Kottelat, 2008); mentre que els adults formen bancs a la superfície i s'alimenten de zooplàncton i d'insectes (Billard, 1997).

Aquest ciprínid té la capacitat de modificar la seva dieta en funció del lloc que ocupa en un embassament, de l'estació i dels anys (Bubinas, 1984; Chappaz et al., 1987; Almeida et al., 2014) i s'ha comprovat que pot alimentar-se de zooplàncton o migrar de nit a la superfície de la zona pelàgica per alimentar-se d'insectes terrestres (Schiemer et al., 1982).

La maduresa sexual dels individus es troba entre els 2 i 3 anys d'edat (Bake-Hansen, 1982; Chappaz et al., 1987). En poblacions natives, la longitud mínima de maduració és de 99 mm i la reproducció esdevé durant la primavera (Politou et al., 1993) o bé durant l'estiu (Backe-Hansen, 1982).

Es tracta d'una espècie nativa en la major part d'Europa, la distribució natural de la qual va des de la vessant Nord dels Pirineus fins a la serralada dels Urals (Bogutskaya, 1997). Destaca la seva presència en aigües franceses, d'on n'és autòcton a la zona nord i est de França i ha estat transportat cap al sud (Chappaz et al., 1987).

A principis del segle XX, es va introduir de manera legal i experimental a l'Estany de Banyoles, on no es va establir amb èxit i va desaparèixer (Díaz-Luna i Gómez-Caruana, 1998). Degut a la seva bona qualitat nutricional, l'alburn, originari de França, va ser introduït a la Península Ibèrica durant la dècada dels 90 com a aliment per espècies piscívores importants en la pesca recreativa com la perca americana *Micropterus salmoides Lacépède*, el lluç europeu *Esox lucius* L. o la sandra *Sander lucioperca* (L.) (Elvira i Almodóvar, 2001; Vinyoles et al., 2007).

L'any 1992 va ser introduït a la Noguera Ribagorçana i l'any 1996 era present en cinc rius més de la conca de l'Ebre: el Cinca, el Guadalopec, el Jalón, el Matarranya i el Segre (CHE, 1997). Un any més tard, era present en les conques internes de Catalunya, concretament es va detectar a les conques dels Pirineus orientals, al riu Muga (Cardona et al., 2002). L'any 1999 es va trobar al nord de la conca del Duero, concretament al riu Tormes (Velasco et al., 2005) i també al sud de la conca del Guadalquivir, a la zona de Portugal (Pérez-Bote et al., 2004). Posteriorment la seva presència es va fer evident en diverses conques de Catalunya, la Comunitat Valenciana i Aragó (Díaz-Luna i Gómez-Caruana, 1998). L'any 2002, es va detectar al riu Fluvià

(Vinyoles et al., 2007) i també a diversos embassaments. Més endavant, es va descobrir la seva presència a la conca del riu Segura (Andreu-Soler et al., 2004). Finalment, es va localitzar en dos embassaments de la conca del Guadiana a la zona espanyola (Pérez-Bote et al., 2004) i en tres de la conca del Duero (Velasco et al., 2005).

Pel que fa als efectes de les espècies invasores, cal destacar l'elevat impacte econòmic del rang de milions a milers de milions de dòlars anuals (Pimentel et al., 2000) i l'amenaça que suposen per la biodiversitat (Williamson, 1996). A més, s'ha comprovat que els ecosistemes d'aigües continentals són els més susceptibles a ser alterats per les espècies invasores (Cohen i Carlton, 1998).

L'alburn és una espècie que presenta una elevada taxa de dispersió i pot desplaçar les espècies natives (Vinyoles et al., 2007; Ribeiro et al., 2008). La seva introducció ha provocat l'expansió del ciprínid en moltes conques de la Península Ibèrica. La seva notòria presència s'explica per la manca de competència per part d'espècies endèmiques, les quals presenten nínxols estrets i poden ser fàcilment desplaçades per espècies oportunistes (Ferreira et al., 2007). Cal tenir en compte que la dispersió de l'alburn és més exitosa en rius regulats per preses (Vinyoles et al., 2007) o embassaments, els quals provoquen un canvi de tendència cap a un ambient lenític, preferit per aquesta espècie.

Els models predictius d'invasions de peixos es basen en l'anàlisi de la mida del cos, les taxes de creixement, l'estratègia vital i les toleràncies ecològiques de les espècies introduïdes que s'han establert amb èxit, respecte a les que no (Copp et al., 2005) o bé respecte a les espècies natives històricament presents (Vila-Gispert et al., 2005).

En quant a les estratègies vitals, les espècies oportunistes, tipus "r" (MacArthur i Wilson, 1967) es propaguen ràpidament a l'inici de l'establiment, perquè hi ha pocs individus i molt aliment disponible. Així doncs, s'espera que una espècie que es comença a establir presenti una maduració precoç i inverteixi molta energia en reproduir-se. Una vegada establerta, el nombre d'individus és major i, per tant, no hi ha tant aliment disponible; aleshores la inversió d'energia recau en tenir cura de la descendència i no tant en la reproducció (Bohn et al., 2004). És a dir, quan l'espècie s'ha establert, adquireix l'estratègia vital tipus "k" (MacArthur i Wilson, 1967).

Objectius

The present study examines the biological traits such as growth (back-calculated length at age, body condition) and reproduction (fecundity, egg size, length and age at maturity) of a native population of bleak from the Saône River, in the east of France. The aim of this work is to compare the life-history traits of bleak of some French native and introduced populations in the Iberian Peninsula. In particular, native populations from the southeast of France (Chappaz et al., 1987) and introduced populations from the Catalonia internal basins (Masó, 2012), from the Atlantic slope rivers and from river Ebro (Latorre, 2013).

Material i mètodes

Àrea d'estudi

L'àrea d'estudi se situa al riu Saona (la Saône en francès), a prop del poble de Pontailler-sur-Saone (figura 1), a l'est de França.

El riu Saona neix a la població de Vioménil a 451 metres d'altitud i desemboca al riu Roine, a la ciutat de Lió, a una altitud de 162 metres. Amb una longitud de 473,3 km, el Saona recorre l'est de França i drena una conca de 29.950 km². El seu cabal mitjà és de 470 m³/s.

El Saona conflueix amb el riu Doubs, el seu principal afluent, a Verdun-sur-le-Doubs. Abans d'arribar a aquesta població, el Saona rep el nom de petit Saona i, una vegada ha confluït amb el Doubs, se l'anomena gran Saona (figura 2). El Doubs aporta una mitjana interanual de 175 m³/s, mentre que el Saona n'aporta 160 m³/s.



Figura 1. Localització de la població de Pontailler-sur-Saône i de l'àrea d'estudi on es va realitzar el mostreig. ○

El petit Saona té una longitud de 158,7 km i un règim pluvial influenciat per l'oceà i, ocasionalment, per la neu. Al seu naixement, el sòl és poc propici a la infiltració i se satura molt ràpid, fet que afavoreix l'augment del cabal. Una vegada ha rebut les aigües del riu Lantern, el Saona cobra força.

El cabal mitjà interanual del Saona és registrat des de l'any 1964 per l'estació hidrològica de Ray-sur-Saône, situada a una trentena de quilòmetres després de la unió amb el riu Lantern, entre les poblacions de Port-sur-Saône i Gray. Duu un cabal de 59,7 m³/s per una superfície de conca de 3.740 km², amb un màxim anual de 64,5 m³/s i un mínim de 54,8 m³/s. En funció de l'estació de l'any, el cabal pateix fluctuacions, podent arribar a créixer de 84 a 108 m³/s durant els mesos d'hivern i disminuir a 16,9 m³/s durant l'agost.

El gran Saona no rep grans afluents, de tal manera que el seu règim hidrològic no resulta gaire alterat. El recorregut fins a Lió està constituït per una gran i ampla explanada de fins a 3 km d'amplada.

A l'estació hidrològica de Couzon-au-Mont-d'Or, a l'entrada de l'aglomeració lionesa, les observacions realitzades des de 1969 fins 1986 han registrat un cabal mitjà interanual de $473 \text{ m}^3/\text{s}$, amb un cabal de crescuda centenari de 3.180 m^3 .

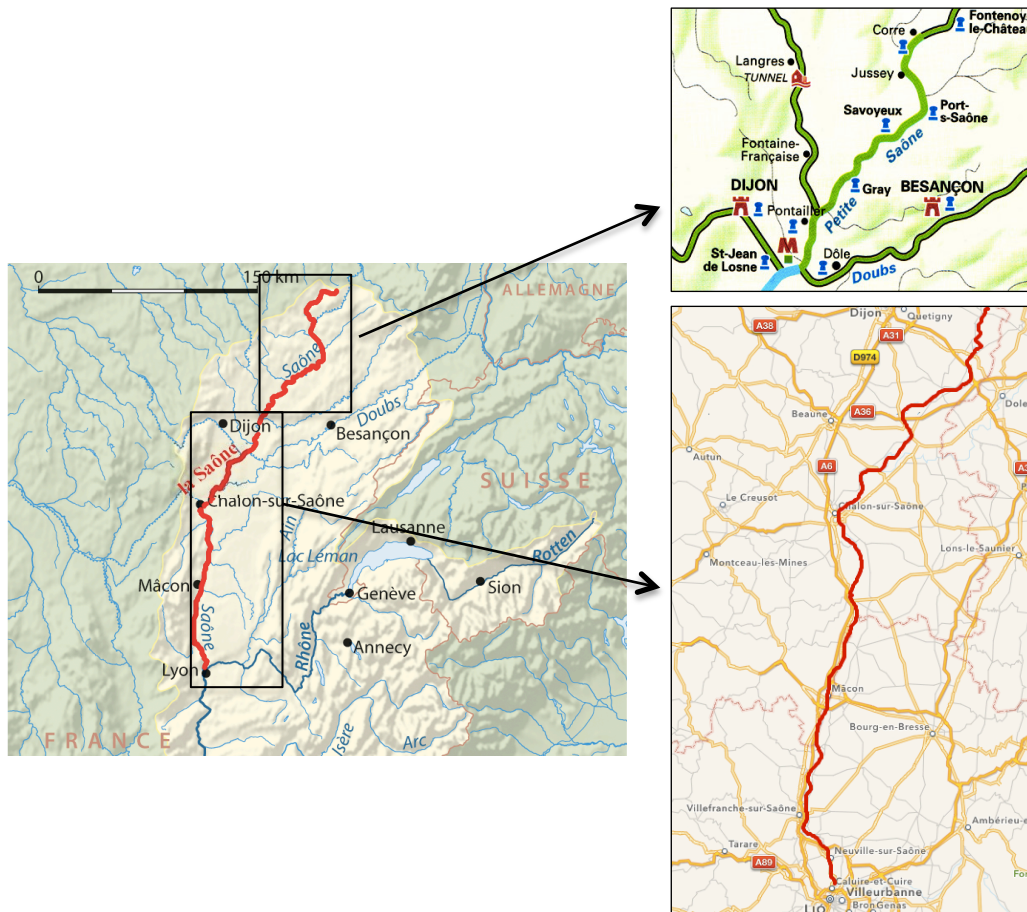


Figura 2. Recorregut del riu Saona i diferenciació entre el petit Saona i el gran Saona.

Captura i processament de les mostres

Els exemplars van ser capturats mitjançant pesca elèctrica amb un equip de vora (model Electracath WFC4) seguint el protocol estandarditzat indicat a la norma en ISO 14011:2003.

El tram on es va realitzar el mostreig reunia el màxim d'hàbitats possibles (ràpids, taules i gorges) i mesurava 100 metres de longitud. Per tal d'obtenir uns resultats significatius, es van intentar pescar el màxim d'individus possible. El mostreig es va dur a terme durant la primavera, del maig al juny del 2014, coincidint amb el període previ a la posta de l'alburn. Els exemplars capturats es van sacrificar amb una sobredosi d'anestèsic, es van disposar en una nevera amb gel i es van congelar.

Al laboratori, es va mesurar la longitud total (TL) i la longitud furcal (FL) de cada individu, amb una precisió de mm. També es va determinar el pes total, (TW, amb una precisió de 0,01 g) i el pes després d'extreure les vísceres (We). Es van dissecar i es va determinar el sexe i l'estat de maduració. Per a poder determinar el potencial reproductor, es van pesar les gònades (GW, amb precisió de 0,001 g).

De cada gònada se'n van prendre tres submostres que es van pesar i, de cadascuna d'elles, es va determinar el nombre d'ous i el diàmetre de cinc ous de cada submostra.

Per determinar les edats dels individus, es van prendre sis escates de cada exemplar i es van netejar amb unes gotes d'hidròxid de potassi, per tal de treure'n les restes de matèria orgànica i facilitar la posterior lectura dels anells. D'aquesta manera quedaven llestes per ser llegides en un projector, tal i com s'aprecia a la figura 3.



Figura 3. Vista d'una escata i dels anells de creixement.

Anàlisi dels atributs biològics

Es va determinar la condició física relativa de la població (Le Cren, 1951) a partir de la fórmula:

$$LK = \frac{W}{W'}$$

On W és el pes total observat en grams i W' és el pes estimat a partir de la relació:

$$W' = a + FL^b$$

Valors de $LK > 1$ ó < 1 indiquen que l'individu es troba en una millor o pitjor condició física, respectivament, que un individu del mateix rang de longitud.

Per tal de determinar l'estat de condició del peix també es va utilitzar el factor de condició de Fulton (Mills i Eloranta, 1985):

$$K = W10^5 * FL^{-3}$$

On W és el pes total observat en grams i FL la longitud furcal.

La longitud mínima de maduració (L_{mm}) es va calcular a través de la fórmula de DeMaster (1978), adaptada per Fox (1994):

$$\alpha = \sum_{z=0}^w (x)[f(x) - f(x - 1)]$$

on α és el rang de longitud mínima de maduració, x és l'edat en anys, $f(x)$ és la proporció de peixos madurs a l'edat x .

Amb l'objectiu de determinar el creixement en funció del sexe i la classe d'edat, es van realitzar els retrocàlculs de la longitud furcal mitjançant la següent equació (Francis, 1990):

$$L_n = \frac{(FL - c) * R_n}{R_t} + c$$

on L_n és la longitud de l'individu a l'edat n , FL és la longitud furcal, c és el valor de l'ordenada a l'origen obtingut a través d'una regressió lineal, R_n és el radi a l'edat n i R_t és el radi total de l'escata.

La fecunditat de cada exemplar es va calcular mitjançant la següent fórmula (Bagenal, 1978):

$$F = GW * D$$

on F és la fecunditat, mesurada com a nombre d'ous madurs; GW és el pes de l'ovari i D és la densitat d'ous madurs ($D = n^{\circ} \text{ d'ous} / GW$).

Per als ous es va calcular el diàmetre mig de cada femella, el diàmetre mig poblacional i es va determinar el diàmetre màxim i el mínim.

Anàlisis estadístiques

A fi i efecte de determinar la relació entre la fecunditat, el diàmetre dels ous, la longitud furcal i el pes total es van realitzar regressions lineals. També es va aplicar el test de correlació no lineal d'Spearman amb l'objectiu d'estudiar la correlació del diàmetre dels ous amb la fecunditat, la longitud furcal i amb el pes total de l'individu.

Per comprovar si existeixen diferències significatives en la fecunditat, el diàmetre dels ous i les condicions corporals específiques (LK i K) entre classes d'edat es va utilitzar l'anàlisi de la variància (ANOVA).

Totes les anàlisis estadístiques es van realitzar utilitzant el programa estadístic R.

Resultats

La població d'alburn analitzada està formada per 148 individus i presenta una sex ratio de 1,5; amb 89 individus mascles i 59 femelles. D'aquestes, 4 eren immadures i la resta madures.

A nivell poblacional, s'observa una relació lineal ($R^2 = 0,805$) entre la longitud furcal i el pes total dels individus (figura 4).

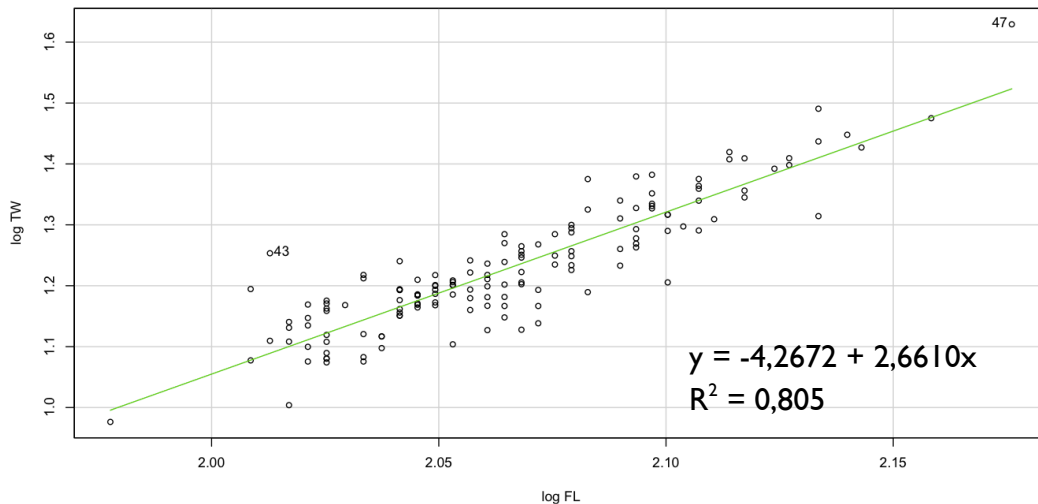


Figura 4. Regressió lineal entre la longitud furcal (FL) i el pes total dels individus (TW).

La longitud furcal mitjana de la població és de 116,7 mm (95-150 mm) i els rangs de longitud on es troben més individus són 101-110 mm i 111-120 mm, amb 41 i 62 individus, respectivament (figura 5).

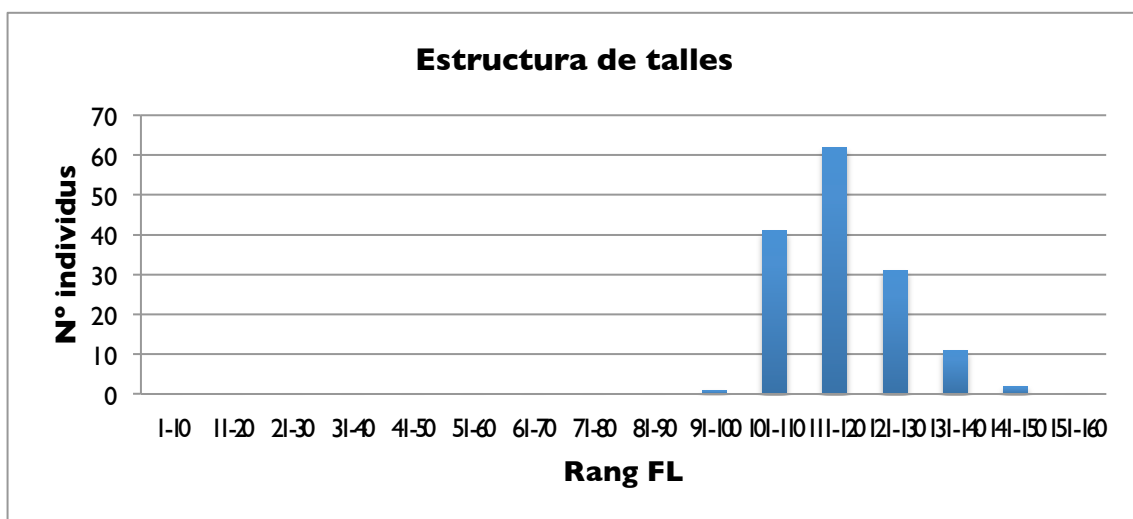


Figura 5. Estructura de talles de la població, l'eix X correspon als rangs de longitud furcal (intervalls de 10 mm) i l'eix Y al nombre d'individus de cada rang.

Pel que fa a l'edat dels individus, se'n troben 54 d'un any; d'aquests, 33 són mascles i 20 femelles. Hi ha 39 individus de dos anys, entre ells 24 mascles i 16 femelles i només 5 exemplars de tres anys, dels quals 1 és mascle i, la resta, femelles (figura 6).

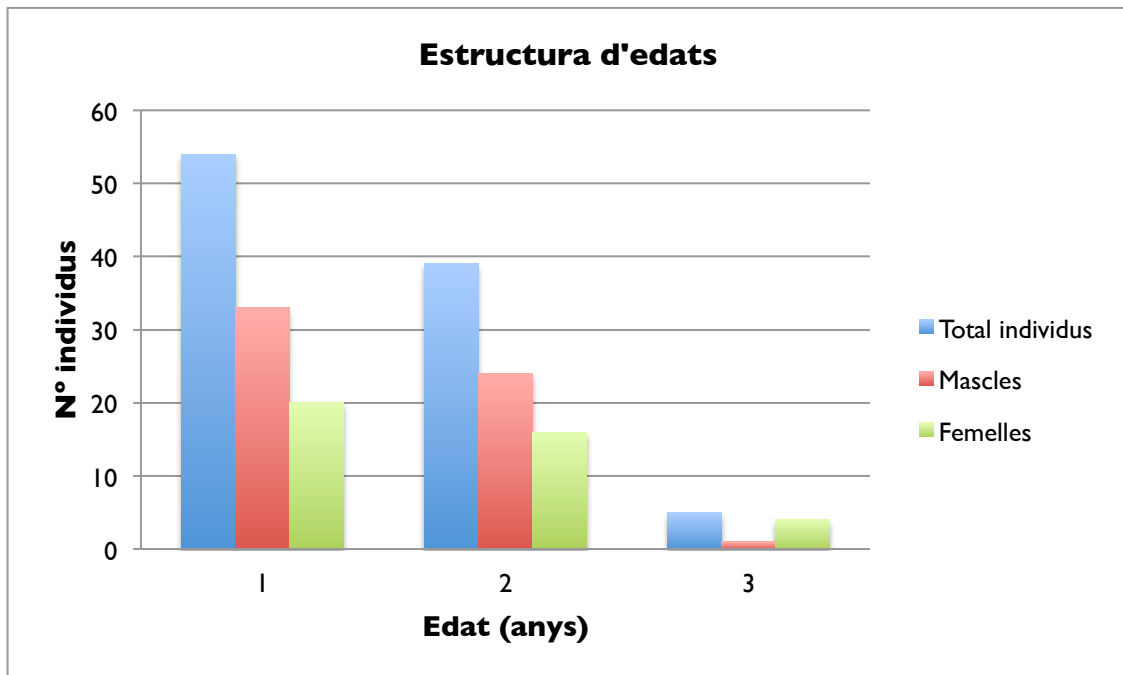


Figura 6. Estructura d'edats del total d'individus analitzats (en blau), i segons sexes: mascles (en vermell) i femelles (en verd).

Quant a les femelles, el diàmetre mig dels ous madurs és de 1,2 mm (0,43-2,1 mm). Aquest no presenta relació lineal significativa amb la fecunditat ($R^2 = 0,008$) (figura 7), tampoc amb la longitud furcal ($R^2 = 0,006$) (figura 8), ni amb el pes total dels individus ($R^2 = 0,01791$) (figura 9).

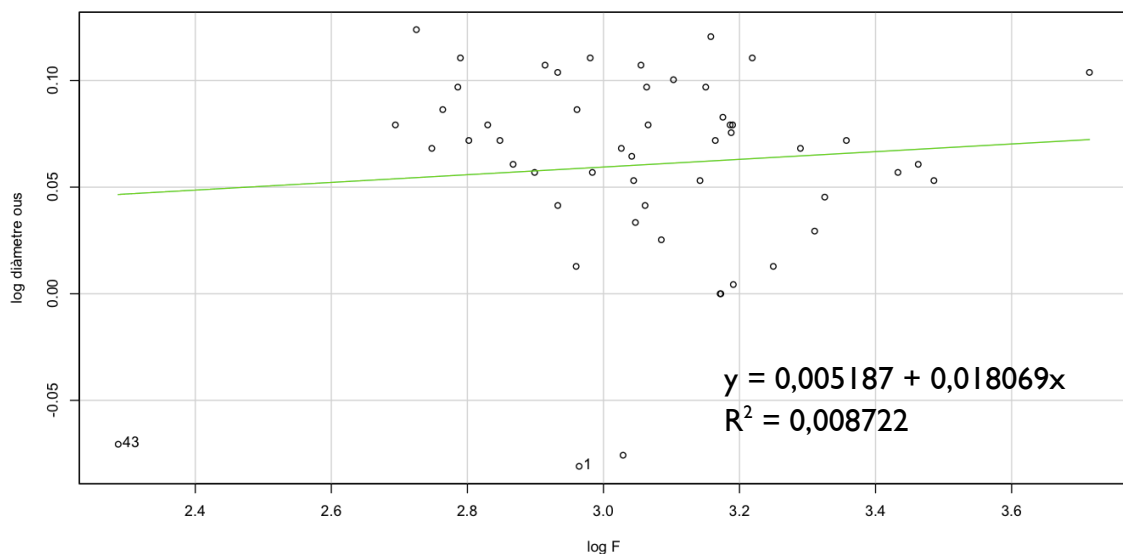


Figura 7. Regressió lineal entre la fecunditat (F) i el diàmetre dels ous de les femelles.

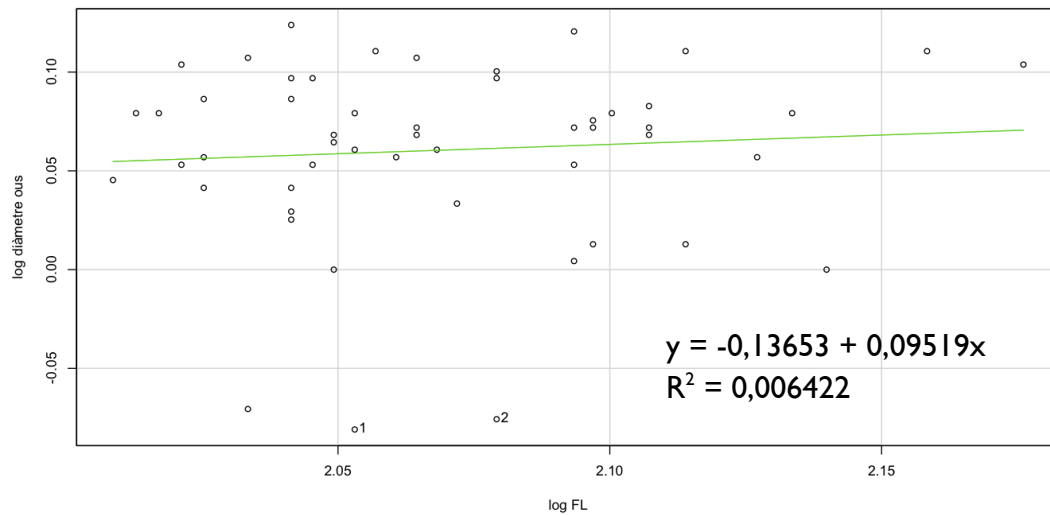


Figura 8. Regressió lineal entre la longitud furcal (FL) i el diàmetre dels ous de les femelles.

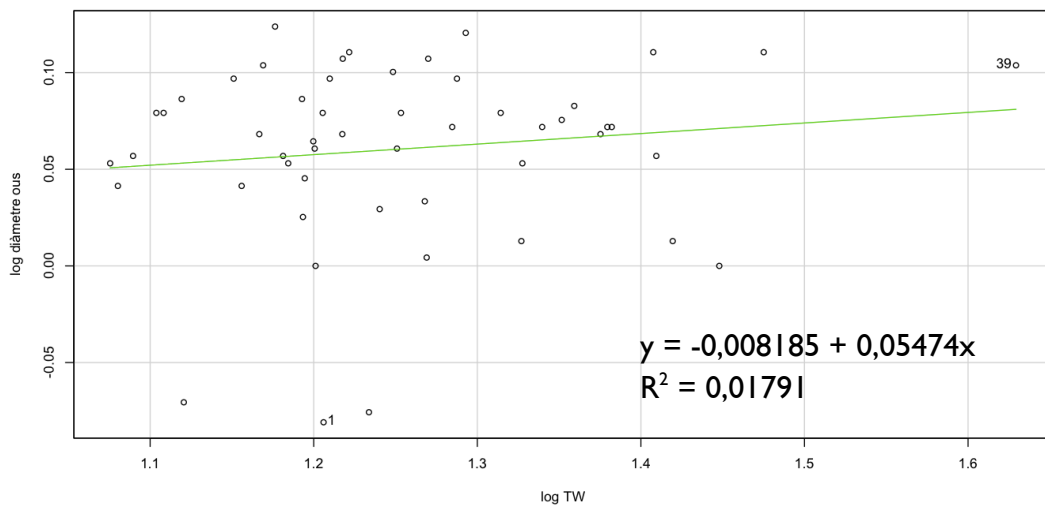


Figura 9. Regressió lineal entre el pes total (TW) i el diàmetre dels ous de les femelles.

El test de correlació d'Spearman no mostra correlació significativa entre el diàmetre mig dels ous i la fecunditat ($\rho = 0,157$ i $p = 0,266$), tampoc amb la longitud furcal ($\rho = 0,07$ i $p = 0,618$) ni amb el pes total dels individus ($\rho = 0,011$ i $p = 0,266$).

Respecte a la fecunditat, no existeix relació lineal ni amb la longitud furcal ($R^2 = 0,196$) (figura 10) ni amb el pes total dels individus ($R^2 = 0,319$) (figura 11).

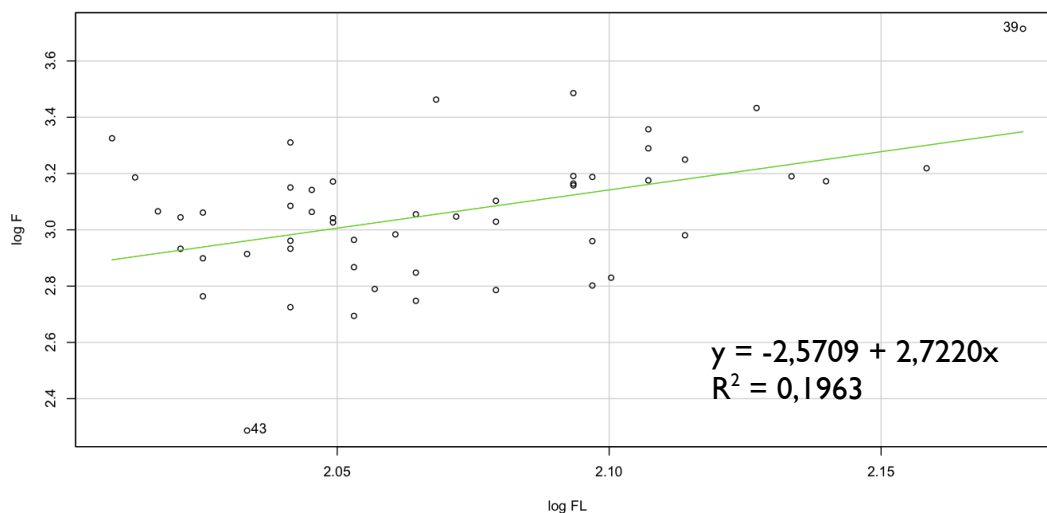


Figura 10. Regressió lineal entre la longitud furcal (FL) i la fecunditat (F) de les femelles.

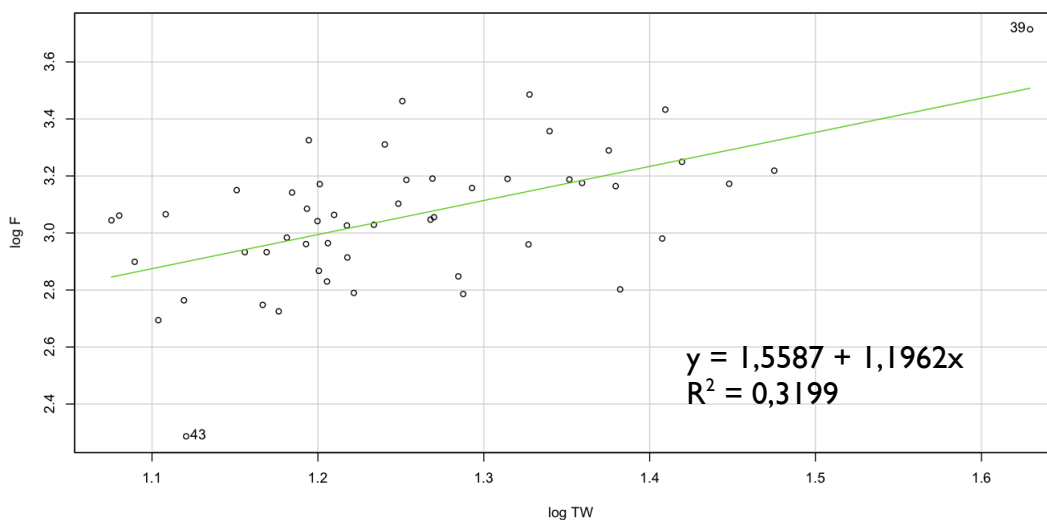


Figura 11. Regressió lineal entre el pes total (TW) i la fecunditat (F) de les femelles.

La fecunditat mitjana de la població analitzada és de 1143,4 ous, variant des de 193,5 a 5180,5 ous (per una femella de tres anys).

La fecunditat i el diàmetre dels ous no presenten diferències significatives entre classes d'edat (ANOVA, $p = 0,375$ i $0,289$, respectivament).

Pel que fa a l'estat fisiològic dels individus, l'índex de condició de Le Cren (LK) és significativament diferent entre les classes d'edat (ANOVA, $p < 0,05$), mentre que l'índex de condició de Fulton (K) no presenta diferències significatives entre les classes d'edat ($p = 0,141$).

Quant a la longitud mínima de maduració de les femelles, aquesta és d'aproximadament 111,7 mm de longitud furcal que correspondria a una femella d'un any d'edat.

Respecte al creixement, s'observa que aquest és més ràpid en femelles que en mascles en els dos primers anys de vida, però al tercer any el creixement és major en mascles (taula 1).

Taula 1. Creixement en funció del sexe i la classe d'edat.

FL (mm)			
	1 any	2 anys	3 anys
Mascles	106,5	109,9	128,3
Femelles	112,8	114,9	119,8

Discussió i conclusions

Discussió

Les poblacions natives d'alburn presenten una longitud mínima de maduració de 99 mm (Politou, 1993); en el cas de la població estudiada en aquest treball, la longitud mínima de maduració es troba al voltant dels 111,7 mm. Per al càlcul d'aquest valor en el present estudi només s'han tingut en compte les femelles, en conseqüència la talla mínima de maduració és lleugerament superior respecte a l'establerta per Politou (1993), en la qual es tenen en compte ambdós sexes.

En comparació amb les poblacions introduïdes a la Península Ibèrica (Masó, 2012 i Latorre, 2013), la població nativa del riu Saona presenta valors elevats tant d'índex gonadosomàtic (GSI) com de pes de les gònades. Malgrat que els valors de GSI i de pes de les gònades siguin relativament alts, la longitud mínima de maduració de la població del riu Saona és elevada en comparació amb les poblacions introduïdes a la Península Ibèrica (taula 2) (Batllori, 2014) i similar a d'altres poblacions natives (Politou, 1993), fet que indicaria que es tracta d'una població ben establerta. Excepcionalment, la talla de maduració de la població d'Alcántara és major, ja que prové d'un embassament del riu Tajo (taula 2). Segons Vinyoles et al. (2007), els rius regulats amb preses o embassaments propicien la creació d'ambient lenítics que afavoreixen l'establiment i la dispersió de l'alburn.

Taula 2. Atributs biològics de diferents poblacions natives i introduïdes d'alburn.

Població		LTm (mm)	Lmm (mm)	Sex ratio	LK	Referències
Arga		123,28	100	1,19	1,0001	Latorre (2013)
Aragón		85,41	86,89	3,11	1,0000	Latorre (2013)
Guadalquivir		106,38	90,00	3,16	0,9999	Latorre (2013)
Alcántara		161,98	130,00	3,20	0,9999	Latorre (2013)
Guadiana		106,9	106,78	4,69	1,0004	Latorre (2013)
Llobregat		103,88	95,02	1,64	1,0059	Latorre (2013)
Foix		106,31	95,50	1,97	1,0000	Masó (2012)
Fluvià		89,64	85,37	36,0	0,9998	Masó (2012)
Meuse	Tram alt	99,2				Weiders (1983)
	Tram	101				
	baix					
Milagro		85,41	96,89	3,11	1,0000	Latorre (2013)
Muga		84,84	86,17	2,86	1,0027	Masó (2012)
Sainte-Croix	Llac	114,28				Chappaz et al. (1987)
	Gorges	129				
Saona		116,68	111,7	1,5	1,003	Present estudi

Pel que fa als valors de l'índex de condició física, la població del Llobregat i la del Saona presenten un valor lleugerament més elevat respecte als individus de les altres poblacions (taula 2). Aquest índex es relaciona positivament amb el potencial reproductiu, així doncs aquest és major en poblacions amb individus de millor condició física (Batllori, 2014).

Quant a la sex ratio, tant en la població nativa del riu Saona com en les introduïdes a la Península Ibèrica els mascles són més abundants que les femelles (taula 2). Aquest fet s'explica perquè durant la primavera, època de posta durant la qual es van prendre les mostres, les femelles poden ser una presa fàcil per als predadors piscívors mentre busquen llocs per pondre els ous (Britton i Moser, 1982; Cunningham et al., 2002).

Les diferències observades en els atributs biològics entre la població estudiada i les introduïdes a la Península Ibèrica poden ser atribuïdes a diferències en les condicions ambientals. Semblaria que les poblacions que viuen en ambients d'elevada variabilitat en les condicions ambientals (Aragón, Fluvià i Muga) presenten una estratègia vital més oportunista tipus "r" amb una longitud mínima de maduració petita i un elevat poder reproductor. Aquestes poblacions es trobarien en fase d'expansió ja que inverteixen molta energia en la reproducció (MacArthur i Wilson, 1967) per tal d'assegurar la seva supervivència. Contràriament, les poblacions que viuen en condicions ambientals més estables (Saona i Llobregat) presenten una estratègia vital més de tipus "k", amb una talla de maduració més elevada (MacArthur i Wilson, 1967), la qual cosa indicaria que es troben en la fase d'establiment.

Per tant, l'estat de les poblacions, ja siguin natives o introduïdes, sembla estar relacionat amb les condicions ecològiques de la conca. En ambients lenítics estables l'alburn s'estableix amb facilitat i presenta una longitud mínima de maduració similar a les natives i valors de GSI i de pes de les gònades baixos. En canvi, en ambients més variables les poblacions es troben en fase d'expansió, amb una talla de maduració inferior i un potencial reproductor més elevat.

Respecte al creixement, Spilman (1961), Vostradovsky (1963), Papadobol (1968) i Chappaz et al. (1987) van observar que, en poblacions natives, les femelles creixen amb més rapidesa que els mascles. Aquesta diferència pot ser deguda a que les femelles ingereixen més quantitat d'aliment per tal d'assolir l'èxit reproductiu. En el cas de les femelles de la població del riu Saona, aquestes presenten un creixement més ràpid durant els primers dos anys d'edat, però al tercer any és major en mascles (taula 3). Probablement les femelles ingereixen més aliment que els mascles fins assolir la longitud mínima de maduració, que es troba al voltant del dos anys, i a partir d'aquí el seu creixement s'estabilitza, mentre que els mascles continuen creixent.

Taula 3. Creixement en funció del sexe i la classe d'edat d'una població nativa de França.

Classes d'edat (anys)		1	2	3	4	5	6	7	
Població	Sexe	FL (mm)							Referències
Sainte-Croix	Mascles	47	77	106	122	134	148	156	Chappaz et al. (1987)
	Femelles	53	85	119	136	148	160	174	
Saona	Mascles	106,5	109,9	128,3					Present estudi
	Femelles	112,8	114,9	119,8					

Els estudis de Weiders (1983) en poblacions natives d'alburn en dos sectors del riu Meuse (França) van constatar que les diferències de creixement i fecunditat observades entre les dues poblacions eren degudes a diferències de temperatura de l'aigua en els llocs mostrejats, essent el creixement més elevat aigües avall del riu que afavoreix el creixement del peix riu avall. Aquests resultats explicarien, en part, les diferències quant a fecunditat i longitud mitjana entre la població del riu Saona i les del llac de Sainte-Croix (taula 4). Les mostres del llac de Sainte-Croix, al sud-est de França, van ser preses a la zona de Gorges amb influència del riu Verdon, i al centre del llac (Chappaz et al., 1987). Les mostres del riu Saona provenen del tram alt del riu, probablement si s'haguessin pres a la part més baixa del riu, a l'alçada de Lyon, els individus serien més grans i presentarien una fecunditat més elevada.

D'altra banda, Chappaz et al. (1987) van comprovar que el creixement i la fecunditat també estaven condicionats pel règim alimentari de l'alburn. A la zona de Gorges, degut a la influència del riu Verdon, l'alburn presentava un règim alimentari mixt, constituït per invertebrats, restes de larves i d'algues. És per aquest motiu que en aquest tram el seu creixement era ràpid i la fecunditat més elevada. En canvi, a la zona central i profunda del llac, l'alburn s'alimentava només de plàncton i, consegüentment, el seu creixement era més lent i la fecunditat menor. La poca disponibilitat de plàncton i la concurrència amb altres espècies planctòniques eren la causa del creixement lent i la baixa fecunditat a la zona central del llac (Chappaz et al., 1987). En el cas de la població del riu Saona, la dieta es basa majoritàriament en artròpodes terrestres. Aquest règim alimentari és poc variat respecte al de la població de Gorges, de manera que la longitud total de la població del riu Saona és més similar a la de la zona central del llac de Sainte-Croix (taula 2), però la seva fecunditat és menor en comparació a les poblacions de Gorges i de la zona central del llac de Sainte-Croix (taula 4).

Quant a l'edat màxima dels individus de la població del riu Saona, aquesta és de tres anys, mentre que estudis anteriors en poblacions natives han demostrat que poden arribar fins els nou anys d'edat, com ho va constatar Dauba (1981) a l'embassament de Chastang, situat al sud-oest de França. Aquesta diferència pot ser causada per variacions en les condicions ambientals, l'origen de la mostra o mancances en la dieta dels individus (Weiders, 1983 i Chappaz et al., 1987). Tanmateix, estudis anteriors en altres poblacions natives franceses evidencien que els individus d'un any d'edat són els

més abundants (Chappaz et al., 1987). Això és palès en l'estructura de talles de la població del riu Saona, on el rang de longitud furcal que concentra més individus és el de 101-120 mm, coincidint amb individus d'un any d'edat.

Pel que fa a l'edat de maduració sexual de l'alburn en poblacions natives, es pot constatar que les femelles de la població del riu Saona l'assoleixen entre el primer i segon any d'edat, mentre que els individus de les poblacions del llac de Sainte-Croix l'assoleixen als 3 anys per al 90% dels individus dels dos sexes (Chappaz et al., 1987).

Taula 4. Fecunditat de diferents poblacions natives de França.

Població	FL (mm)	Fecunditat	Referències
Sainte-Croix (Llac)	108	2500	Chappaz et al. (1987)
	130	3700	
	160	6000	
Sainte-Croix (Gorges)	100	4370	Chappaz et al. (1987)
	120	5884	
	160	9400	
Saona	102	787	Estudi present
	125	1312,2	
	150	2249,1	

En resum, els individus de la població del riu Saona presenten valors elevats tant de talla de maduració com d'índex gonadosomàtic (GSI) respecte als de les poblacions introduïdes a la Península Ibèrica. Atès que el seu potencial reproductiu és també elevat, els individus presenten una millor condició física. En relació amb l'estratègia vital de tipus "k", caracteritzada per una longitud de maduració elevada segons MacArthur i Wilson (1967), aquesta és deguda a les condicions ambientals estables del punt de mostreig del riu; per consegüent, la població del riu Saona es trobaria ben establerta. Les diferències observades en els atributs vitals en funció de les condicions ambientals, demostren una elevada plasticitat fenotípica en aquesta espècie que afavoreix, en poblacions introduïdes, la seva capacitat d'adaptació a una àmplia varietat d'ecosistemes, tant lenítics com lòtics (Almeida et al., 2014).

Un dels factors condicionants del creixement i la fecunditat és el règim alimentari de l'alburn. Aquest, poc variat i basat majoritàriament en artròpodes terrestres, confereix als individus de la població del riu Saona uns valors inferiors de longitud total i de fecunditat respecte als d'altres poblacions natives. Pel que fa a les diferències de creixement segon el sexe i la classe d'edat, es constata que les femelles creixen més ràpid que els mascles fins els dos anys. Aquest resultat suggereix que les femelles ingereixen més quantitat d'aliment durant els primers dos anys amb l'objectiu d'assolir l'edat de maduració sexual i l'èxit reproductiu.

Tanmateix, el creixement i la fecunditat també es troben condicionats per la zona del riu on s'ha pres la mostra. S'ha constatat que els valors més alts de creixement en l'alburn es troben riu avall.

L'edat màxima dels individus de la població del riu Saona és inferior a la d'altres poblacions natives. Aquesta és de tres anys i podria estar relacionada amb els factors ambientals, l'origen de la mostra i el tipus de dieta, encara que caldrien més estudis per determinar les causes d'aquestes diferències.

Finalment, per tal de predir i conèixer millor la biologia i la capacitat d'invasió de l'alburn, seria interessant realitzar més estudis dels trets biològics d'aquesta espècie tant en poblacions natives com en introduïdes.

Conclusions

- The sex ratio of Saona's population is 1,5 with males being more abundant than females; specifically there are 89 males and 59 females.
- In relation to the length of maturity for females, it is 111,7 mm, which corresponds to a one year old female.
- The mean furcal length of this population is 116,7 mm, with a minimum of 95 mm and a maximum of 150 mm.
- In regard to the maximum age of Saona's population, it is three years and the majority of specimens are found between one and two years old.
- The mean fecundity of this population is about 1143,4 oocytes.
- The mean egg diameter is 1,2 mm, with a minimum of 0,43 mm and a maximum of 2,1 mm.
- Regarding growth, it is faster in females up to two years old, while males are larger at age three.
- After comparing several bleak populations, it seems that the main factors causing differences on the biological traits studied could be the environmental conditions, the zone of the river where bleak is found and the type of diet of this species.

Bibliografia

Agrawal, A.A. (2001). Phenotypic plasticity in the interactions and evolution of species. *Science*, 294, 321-326.

Almeida, D., Stefanoudis, P.V., Fletcher, D.H., Rangel, C., i da Silva, E. (2014). Population traits of invasive bleak *Alburnus alburnus* between different habitats in Iberian fresh waters. *Limnologica - Ecology and Management of Inland Water*,s 46, 70-76.

Andreu-Soler, A., Oliva-Paterna, F. J., Verdiell, i D., Torralva, M. (2004). Primeras citas de *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758) y *Tinca tinca* (Linnaeus,1758) (Actinopterygii, Cyprinidae) en la cuenca del rio Segura (Murcia, sud este de la Península Ibérica). *Anales de Biología*, 26, 222-224.

Baensch, H.A., i Riehl, R. (1991). Aquarien atlas. Bd. 3. Melle: Mergus, Verlag für Natur- und Heimtierkunde, Germany, pp. 1104.

Backe-Hansen, P. (1982). Age determination growth and maturity of the bleak *Alburnus alburnus* Cyprinidae in Lake Oyeren Southeast Norway. *Fauna Norvegica, Series A*, 3, 31-36.

Bagenal, T.B. (1978). Aspects of fish fecundity. In: Bagenal TB (ed). *Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters*, IBH Handbook, *Blackwell Scientific Publications: Oxford*. 75-136.

Batllori, J.I. (2014). Comparació dels atributs vitals entre poblacions introduïdes i natives d'Alburnet (*Alburnus alburnus*). Projecte final de Màster en Ciència i Tecnologia de l'Aigua, Universitat de Girona.

Billard, R. (1997). *Les poissons d'eau douce des rivières de France. Identification, inventaire et répartition des 83 espèces*. Lausanne, Delachaux & Niestlé, pp.192.

Bogutskaya, N.G. (1997). Contribution to the knowledge of leuciscine fishes of Asia Minor. Part 2. An annotated check-list of leuciscine fishes (Leuciscinae, Cyprinidae) of Turkey with descriptions of a new species and two new subspecies. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut*, 94, 161-186.

Bohn, T., Sandlund, O.T., Amundsen, P.A., i Primicerio, R. (2004). Rapidly changing life history during invasion. *Oikos*, 106, 138-150.

Britton, R.H., i Moser, M.E. (1982). Size specific predation by herons and its effect on the sex-ratio of natural populations of the mosquito fish *Gambusia affinis* Baird and Girard. *Oecologia*, 53, 146-151.

Bubinas, A.D. (1984). Feeding of non-food fish in the water reservoir of the Kaunas

USSR Hydroelectric Plant in 1972-1975 2. *Alburnus alburnus*. *Lietuvos TSR Mokslu Akademijos Darbai Serija C Biologijos Mokslai*, 1, 37-46.

Cardona, L., Hereu, B., Torras, X., i Royo, P. (2002). Primera cita de l'alburnet (*Alburnus alburnus* L.) i noves dades sobre la presència de la madrilleta vera (*Rutilus rutilus* L.) a la Muga. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 70, 111-112.

Chappaz, R., Brun, G., i Olivari, G. (1987). Evidence for differences in feeding within a population of bleak *Alburnus alburnus* L. in the lake of St.-Croix France: the consequences for growth and fecundity. *Annales de Limnologie*, 23, 245-252.

CHE. (1997). Síntesis de los trabajos preliminares para la determinación de las necesidades ecológicas mínimas en la cuenca del Ebro. Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE): 2-3. *Ministerio de Medio Ambiente. Madrid*, pp 16.

Cohen, A.N., i Carlton, J.T. (1998). Accelerating invasion rate in a highly invaded estuary. *Science*, 279, 555-558.

Copp, G.H., Garthwaite, R. i Gozlan, R.E. (2005). Risk identification and assessment of non-native freshwater fishes: concepts and perspectives on protocols for the UK. *Science Series Technical Report*, 29. Lowestoft: CEFAS.

Cunningham, P.D., Brown, L.J., i Harwood, A.J. (2002). Predation and Scavenging of Salmon Carcasses along Spawning Streams in the Scottish Highlands. Final Report, *Scottish Natural Heritage*.

Dauba, F. (1981). Etude comparative de la faune des poissons dans les écosystèmes de deux réservoirs: Luzech (Lot) et Chastang (Dordogne). Thèse de 3^e cycle INP Toulouse, 109: 179 p.

DeMaster, D.P. (1978). Calculation of the average age of sexual maturity in marine animals. *Journal of the Fisheries Research of Canada*, 35, 912-915.

Díaz-Luna, J.L., i Gómez-Caruaña, F. (1998). Una breve historia sobre propios y extraños. *Biológica*, 24, 47.

Elvira, B., i Almodóvar, A. (2001). Freshwater fish introductions in Spain: facts and figures at the beginning of the 21st century. *J. Fish Biol.*, 59, 323-331

Ferreira, M.T., Oliveira, J., Caiola, N., de Sostoa, A., Casals, F., Cortes, R., Economou, A., Zogaris, S., García-Jalon, D., Ilhéu, M., Martínez-Capel, F., Pont, D., Rogers, C., i Prenda, J. (2007). Ecological traits of fish assemblages from Mediterranean Europe and their responses to human disturbance. *Fisheries Manag. Ecol.* 14, 473-481.

Fox, M.G. (1994). Growth, density and interspecific influences on pumpkinseed sunfish life histories. *Ecology*, 75, 1157-1171.

- Francis, R.I.C.C. (1990). Back-calculation of fish length: a critical review. *Journal of Fish Biology*, 36, 883-902.
- Freyhof, J., i Kottelat, M., (2008). *Alburnus alburnus*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2 (consultada el 26/04/13)
- Kottelat, M., i Freyhof, J. (2007). Handbook of European freshwater fishes. *Publications Kottelat, Cornol, Switzerland*, 646 p.
- Latorre, E.D. (2013). Procés d'invasió de diferents poblacions d'alburnet (*Alburnus alburnus*), a la Península Ibèrica. Projecte final de Màster en Ciència i Tecnologia de l'Aigua, Universitat de Girona.
- Le Cren, ED. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20, 201-219.
- MacArthur, R.H., i Wilson, E.O. (1967). The Theory of Island Biogeography. *Princeton, NJ: University Press*.
- Masó, F.G. (2012) Atributs biològics d'una espècie invasora, l'alburnet (*Alburnus alburnus*), a la Península Ibèrica. Projecte final de Màster en Ecologia Fonamental i Aplicada, Universitat de Barcelona i Universitat de Girona.
- Mills, C.A., i Eloranta, A. (1985). The biology of *Phoxinus phoxinus* (L.) and other littoral zone fishes in Lake Konnevesi, central Finland. *Annales Zoologica Fennici*, 22, 1-12.
- Papadobol, M. (1968). Contribution à l'étude de la biologie de l'ablette *Alburnus alburnus* (L.) dans le bassin inférieur du Danube. *Ac. Rer. Natur. Mus. Nat. Slov. Bratislava*, 14, 113-134.
- Pérez-Bote, J.L., Roso, R., Pula, H.J., Diaz, F., i Lopez, M.T. (2004). Primeras citas de la lucioperca, *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) y del alburno, *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758) en las cuencas extremeñas de los ríos Tajo y Guadiana, SO de la Península Ibérica. *Anales de Biología*, 26, 93-100.
- Pimentel, D., Lach, L., Zuniga, i R., Morrison, D. (2000) Environmental and Economic Costs of Nonindigenous Species in the United States. *BioScience*, 50, 53- 65.
- Politou, C.Y. (1993). Biology and dynamics of the fish *Alburnus alburnus* (L. 1758) in lake Koronia. Doctorate thesis, *University of Thessaloniki, Thessaloniki, Hellas*, 134 p.
- Ribeiro, F., Elvira, B., Collares-Pereira, M.J., i Moyle, P.B. (2008). Life-history traits of non-native fishes in the Iberian watersheds across several invasión stages: a first approach. *Biol. Invasions* 10, 89-102.
- Schiemer, F., Bobek, M., Gludovatz, P., Loeschenkohl, A., Weimueller, I., i Martinetz, M. (1982). Trophic interactions in the pelagic zone of Lake Hafner Carinthia Austria.

Oesterreichische Akademie der Wissenschaften Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse
Sitzungsberichte Abteilung, 191 (5-10), 209-230.

Spilman, C. (1961). *Poissons d'eau douce. Faune de France*, 65. Paul Lechevalier Ed., Paris.

Velasco, J.C. (2005). Peces. En: J.C. Velasco, M. Lizana, J. Roman, M. Delibes i J. Fernandez (eds.). *Guía de los Peces, Anfibios, Reptiles y Mamíferos de Castilla y León*. Nayade. Medina del Campo: 64.

Vila-Gispert, A., Alcaraz, C., i García-Berthou, E. (2005). Life-history traits of invasive fish in small Mediterranean streams. *Biol.Invasions* 7, 107-116.

Vinyoles, D., Robaldo, J.I., de Sostoa, A., Almodóvar, A.M., Elvira, B., Nicola, G.G., Fernçandez-Delgado, C., Santos, S., Doadrio, I., Sardá-Palomera, F., i Almada, V.C. (2007). Spread of the alien bleak *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758) (Actinoptery-gii cyprinidae) in the Iberian Peninsula: the role of reservoris. *Graellsia*, 63, 101-110.

Vostradovsky, J. (1963). Ouklej obecna *Alburnus alburnus* (L.) v údolní nàdrzi Lipno. *Pràce vyzkumuelo ristavu rybarskelo a hidrobiologickeho Vodnany*, 3, 111-128.

Weiders, H. (1983). Influence de la pollution thermique sur la croissance de l'ablette *Alburnus alburnus* en amont et en aval de la centrale nucléaire de Tihange. *Mémoire Lic. Zoologiques FNDP. Namur*: 166 p.

Williamson, M. (1996). *Biological Invasions*. New York: Chapman & Hall. 244 pp.