



**FACULTAT
DE CIÈNCIES
I TECNOLOGIA**

UVIC | UVIC·UCC

Treball de Fi de Grau

**DIAGNOSI DE LA PRESENCIA
DE PEIXOS AL·LÒCTONS
ALS EMBASSAMENTS
DE CATALUNYA**

JORDI RIBA RAMIA

Grau en Biologia

Tutor: Lluís Benejam Vidal

Vic, Gener de 2021

Agraïments

Després de cinc mesos de treball ha arribat l'hora d'acabar el treball de final de grau. No obstant això, no vull acabar sense agrair la dedicació i els coneixements que he rebut durant aquest temps.

Primerament, m'agradaria agrair al meu tutor tant de treball com de grau, el Lluís Benejam Vidal, per fer possible aquest treball de fi de grau, i sobretot per haver-me guiat i recolzat durant la realització d'aquest. Ha estat un plaer poder treballar amb ell, i que em pogués transmetre les seves idees sobre el tema.

Segonament, també m'agradaria donar les gràcies a tots els professors que he tingut durant tota la meva estada a la universitat, ja que gran part dels coneixements que he après m'han servit de molta ajuda durant el transcurs del treball.

Per últim, m'agradaria donar les gràcies a la meva família per la seva comprensió i suport, i en concret a la meva germana, la qual m'ha ajudat en aspectes tècnics i estètics del treball.

Jordi Riba Ramia

31 de desembre de 2020

Resum

Títol: *Diagnosi de la presència de peixos al·lòctons als embassaments de Catalunya*

Autor: Jordi Riba Ramia

Tutor: Lluís Benejam Vidal

Data: Gener de 2021

Paraules clau: peixos, exòtic, al·lòcton, autòcton, translocat, invasor, embassament, conca hidrogràfica, Catalunya, prevenció, gestió

Les espècies exòtiques o al·lòctones són aquelles espècies que es troben en regions de les quals no són originàries. Una espècie translocada és una espècie que és autòctona d'una regió biogeogràfica que ha estat moguda a una altra regió propera en la qual no ho era. Les espècies invasores tenen un èxit molt elevat en ambients degradats com els embassaments, i especialment a la península ibèrica on els llacs no són un sistema que existeixi de forma natural i per tant, no hi ha espècies autòctones adaptades a aquests ambients.

S'ha realitzat una cerca bibliogràfica sobre la presència d'espècies al·lòctones als embassaments de Catalunya, emprant diferents estudis realitzats, articles, llibres d'ictiologia i informes de diferents consultories ambientals i agències públiques de gestió de l'aigua i el medi ambient. Un cop feta la recopilació bibliogràfica, s'ha procedit a fer l'anàlisi de les dades per intentar detectar si existeixen factors que expliquin possibles diferències en l'abundància d'espècies exòtiques a Catalunya des de tres perspectives diferents: comparativa entre embassaments, comparativa entre conques i comparativa entre embassaments i conques. La recopilació de dades ha permès detectar un total 28 espècies de peixos als 20 embassaments estudiats de Catalunya, de les quals 21 són al·lòctones. L'embassament de Darnius-Boadella és el que té més riquesa de peixos al·lòctons (11 espècies) i Riudecanyes i Vallforners són els embassaments que tenen un percentatge de peixos al·lòctons més alt (el 100% de les espècies). Amb relació a les comparatives, s'ha detectat que no hi ha diferències significatives en la presència d'espècies al·lòctones entre embassaments ni entre conques, però sí que hi ha diferències significatives entre embassaments i les conques en les quals es troben aquests embassaments.

Summary

Title: *Diagnosis of the presence of allochthonous fish in reservoirs of Catalonia*

Author: Jordi Riba Ramia

Supervisor: Lluís Benejam Vidal

Date: January 2021

Keywords: fish, exotic, allochthonous, native, translocated, invasive, reservoir, river basin, Catalonia, prevention, management

Exotic or allochthonous species are those species that are found in regions from which they do not originate. A translocated species is a species that is native in a biogeographical region, but it has been moved in another region nearby that is not native. Invasive species are very successful in degraded environments such as reservoirs, and especially in the Iberian Peninsula, where lakes are not a system that exists naturally and therefore there no native species adapted to these environments.

A bibliographic research has been carried out on the presence of exotic species in the reservoirs of Catalonia, using different studies, articles, ichthyology books and reports from different environmental consultancies and public water and environmental management agencies. Once the bibliographic research was made, the data have been analysed to try to detect if there are factors that explain possible differences in the abundance of exotic species in Catalonia from three different perspectives: comparison between reservoirs, comparison between basins and comparison between reservoirs and basins. The data collections has allowed the detection of a total of 28 fish species in the 20 studied reservoirs in Catalonia, of which 21 are allochthonous. The Darnius-Boadella reservoir is the richest allochthonous fish content (11 species) and Riudecanyes and Vallforners are the reservoirs with the highest percentage of allochthonous fish (the 100% of the species). Regarding the comparisons, it has been detected that there are not significant differences in the presence of allochthonous species between reservoirs or between basins, but there are significant differences between reservoirs and the basins where these reservoirs are found.

Índex de Continguts

1. Introducció.....	1
1.1 Definició d'al·lòctona o exòtica, translocada i invasora	1
1.2 Característiques i impactes generals de les espècies invasores	1
1.3 Sistemes aquàtics i peixos	5
2. Objectius	9
3. Metodologia.....	10
3.1 Àrea d'estudi.....	10
3.2 Recull de dades.....	15
3.3 Anàlisi de dades	16
4. Resultats	18
4.1 Comparativa entre els embassaments.....	21
4.2 Comparativa entre conques.....	24
4.3 Comparativa entre embassaments i conques.....	25
5. Discussió	28
5.1 Comparativa entre embassaments	28
5.2 Comparativa entre conques.....	31
5.3 Comparativa entre embassaments i conques.....	31
5.4 Propostes de Gestió	33
6. Conclusions.....	39
7. Bibliografia.....	41

Llista de taules

Taula 1. Taula dels anys, orígens i causes de la introducció de les espècies al·lòctones a Catalunya.....	6
Taula 2. Taula de les conques dels embassaments de Catalunya que no han sigut objecte d'estudi.....	8
Taula 3. Taula de les característiques principals dels embassaments de Catalunya estudiats.....	14
Taula 4. Taula resum de la riquesa i el percentatge d'espècies al·lòctones, autòctones, exòtiques i translocades dels 20 embassaments estudiats a Catalunya.....	18
Taula 5. Taula de la presència i any d'introducció als embassaments de Catalunya estudiats.....	20

Llista de figures

Figura 1 . Mapa de punts pertanyents als embassaments de Catalunya estudiats	10
Figura 2. Mapa de punts sobre els percentatges d'espècies al·lòctones pertanyents als embassaments de Catalunya estudiats.	19
Figura 3. Diagrama de dispersió entre la superfície i el percentatge d'espècies translocades	22
Figura 4. Diagrama de dispersió entre l'altitud i el percentatge d'espècies exòtiques	23
Figura 5. Diagrama de dispersió entre l'altitud i el percentatge d'espècies translocades	23
Figura 6. Mapa d'una conca hidrogràfica, amb els seus rius i afluents, i els embassaments els quals pertanyen a aquesta conca hidrogràfica.	25
Figura 7. Diagrama de caixes que compara la riquesa d'espècies al·lòctones entre embassaments i conques.....	26
Figura 8. Diagrama de caixes que compara la riquesa d'espècies autòctones entre embassaments i conques.....	26
Figura 9. Diagrama de Caixa que compara el percentatge d'espècies al·lòctones entre embassaments i conques.	27
Figura 10. Diagrama de caixes que compara el percentatge d'espècies autòctones entre embassaments i conques.	27
Figura 11. Estratègia de gestió contra espècies invasores.	34

1. Introducció

1.1 Definició d'al·lòctona o exòtica, translocada i invasora

Les espècies al·lòctones o exòtiques són aquelles que es troben en un territori del qual no són originàries, on hi han accedit per l'acció humana. Una espècie al·lòctona es considera establerta en el nou medi quan produeix descendència amb capacitat reproductora i és capaç de mantenir poblacions autosostenibles sense necessitat de noves introduccions per part de l'home (Pysek *et al.*, 2004). Una espècie translocada és una espècie autòctona d'alguna regió biogeogràfica que ha estat moguda a una altra regió biogeogràfica propera en la qual abans no es donava de manera natural. Les espècies invasores són aquelles espècies al·lòctones que una vegada establertes comencen un procés d'expansió i colonització, el qual produeix canvis significatius sobre els ecosistemes on arriben, en termes de composició, estructura o processos (D'Antonio i Vitousek, 1992; Gordon, 1998; Hager, 2004).

1.2 Característiques i impactes generals de les espècies invasores

Charles Darwin va aportar a la humanitat el coneixement que tots els organismes han evolucionat d'avantpassats comuns, s'han diversificat i n'han aparegut de nous, essencialment pel procés de la selecció natural: determinades variacions hereditàries esdevenen favorables perquè determinats organismes es reproduïen i visquin millor. La introducció, per part de l'espècie humana, d'espècies exòtiques en ecosistemes més o menys madurs i complexos, en canvi, sol comportar daltabaixos biològics i ecològics, i anades brusques sense retorn (Ordeix *et al.*, 2014). L'extinció d'espècies autòctones, implica la pèrdua irrecuperable d'un patrimoni natural insubstituïble.

Hi ha múltiples definicions possibles de l'impacte ecològic de les espècies introduïdes (Jeschke *et al.*, 2014). Considerem que l'impacte ecològic d'una espècie o població introduïda és qualsevol canvi important (augment o disminució) d'alguna propietat o procés ecològic, sense considerar el valor percebut pels humans (Simberloff *et al.*, 2013). Els impactes ecològics no es

limiten a les espècies invasores sinó que una espècie establerta, però no invasora o inclús una que s'introdueix i desapareix pot tenir un impacte ecològic. Els impactes s'agrupen en nivells d'organització (des del genoma a escala global), encara que sovint les introduccions tenen impactes en múltiples nivells que a més a més interaccionen entre si (Lockwood *et al.*, 2007 i Cucherousset i Olden, 2011).

Els impactes genètics de les espècies invasores es defineixen com alteracions en l'estructura genètica de les espècies natives i poden ser directes o indirectes (Lockwood *et al.*, 2007). El principal impacte directe és la hibridació, és a dir, el encreuament entre espècies o entre individus de llinatges o poblacions genèticament diferents (Rhymer i Simberloff, 1996; Parker *et al.*, 1999; Lockwood *et al.*, 2007). Com a impactes genètics indirectes, inclouen canvis en els patrons de selecció natural o del flux de gens dins de poblacions autòctones (Parker *et al.*, 1999).

Els impactes individuals de les espècies introduïdes alteren l'eficàcia biològica (fitness) i les característiques dels individus comporten canvis en els fenotips, incloent-hi el comportament, la morfologia, ecofisiologia i taxes demogràfiques com el creixement i la mortalitat (Parker *et al.*, 1999; Lockwood *et al.*, 2007; Cucherousset i Olden 2011). Les alteracions poden ser plàstiques, és a dir, tenir la capacitat de variar al llarg de la vida de l'individu, o d'adaptació, induïdes per pressions de selecció imposades per espècies invasores (Mooney i Cleland, 2001; Strauss *et al.*, 2006).

La depredació és un dels mecanismes d'impactes poblacionals de les espècies invasores més coneguts. A la península ibèrica, s'han introduït diversos peixos piscívors fonamentalment per a la pesca esportiva (Elvira i Almodóvar, 2001; Leunda, 2010), com per exemple la perca americana (*Micropterus salmoides*), la perca europea (*Perca fluviatilis*), el silur (*Silurus glanis*), etc. La introducció d'aquestes ha tingut un gran impacte sobre la fauna autòctona de la Península, ja que les seves poblacions han evolucionat sense aquesta pressió depredadora i per tant, estan poc adaptades a ella (Ribeiro i Leunda, 2012). Els peixos piscívors invasors són capaços de depredar sobre espècies autòctones de ciprínids a més d'altres espècies natives com els mugílids. Com a conseqüència, s'ha produït un declivi de peixos autòctons, a tots els rius de la península ibèrica.

A part de la depredació, un altre impacte poblacional destacat consisteix en la introducció de paràsits al·lòctons (i. e. funció de les espècies invasores com vectors de malalties). El cas més conegut en els sistemes aquàtics segurament és la plaga que ha perjudicat les poblacions de crancs autòctons, provocada pel fong *Aphanomyces astaci*. Però sembla que l'impacte dels paràsits introduïts sobre les poblacions de peixos, és de menor importància, ja que fins ara no s'ha descrit cap mortalitat en massa a conseqüència d'un patògen al·lòcton. A més, les espècies invasores solen estar menys parasitades en els ecosistemes on han sigut introduïdes. Això probablement és perquè no existeixen hostes intermediaris adequats en els nous hàbitats per completar el cicle dels seus paràsits naturals (Torchin *et al.*, 2003).

Les espècies invasores també provoquen alteracions significatives a les comunitats causant canvis en la proporció de les espècies, i en general a l'estructura tròfica, arribant a produir extincions massives. La introducció d'espècies invasores implica variacions en la proporció relativa d'individus de les diferents espècies de peixos que formen les comunitats (Cucherousset i Olden, 2011).

L'impacte dels peixos introduïts també es manifesta a nivell ecosistèmic, bàsicament en forma de canvi en els fluxos biogeoquímics, l'estructura tròfica i l'estructura de l'hàbitat. Introduir peixos on no n'hi ha de manera natural o afegir una espècie invasora que té una ecologia diferent de les autòctones sovint provoca efectes ecosistèmics marcats. Per exemple, s'ha demostrat que la gambúsia (*Gambusia holbrooki*) causa una disminució del zooplàncton i dels nutrients dissolts (Hurlbert *et al.*, 1972; Hurlbert i Mulla, 1981; Angeler *et al.*, 2002, Blanco *et al.*, 2004; Cardona, 2006).

A escala global, les espècies invasores es consideren la segona causa d'extincions de peixos i la primera en altres grups taxonòmics (Clavero i Garcia-Berthou, 2005). Però, com que en general es produeixen més introduccions que extincions locals el resultat acostumen a ser augments locals de la riquesa. No obstant això, les introduccions són de poques espècies (que tenen interès o estan associades als humans) en la major part del planeta, que juntament amb la desaparició d'algunes espècies autòctones, condueix a una homogeneïtzació de les comunitats i de la flora i la fauna.

Les espècies invasores suposen una gran amenaça biològica per a la biodiversitat, conjuntament amb l'altra amenaça principal que és la pèrdua d'hàbitat. Juntament amb el canvi ambiental global i l'alteració i destrucció d'hàbitats —derivació de cabals, contaminació, mala connectivitat ecològica, etc.—, representen la pressió més important que exposa els peixos d'aigua dolça endèmics de la conca mediterrània a un risc d'extinció més alt (Clavero i García-Berthou, 2005; Clavero *et al.*, 2010).

Però, què és el que explica l'èxit de les espècies invasores? Molts científics s'han fet aquesta pregunta i han buscat resposta entre les diferents espècies invasores de diferents localitzacions geogràfiques. No obstant això, tota la informació publicada fins al moment, mostra que no hi ha una explicació única, sinó que depèn tant de l'ecosistema com de l'espècie invasora considerada

Encara que no hi ha cap ecosistema a la Terra que no compti amb espècies invasores entre el seu acerb biològic, és cert que hi ha ambients amb major proporció d'espècies exòtiques que d'altres. Dues hipòtesis contribueixen a explicar aquest patró: la hipòtesi del nínxol buit i la hipòtesi de l'absència de depredadors. La primera postula que algunes funcions dels ecosistemes poden no estar exercides per cap espècies, degut a constriccions filogenètiques o biogeogràfiques. En canvi, la segona postula que l'èxit de les espècies invasores radica en el fet que els ecosistemes que envaeixen no existeixen depredadors, paràsits o malalties capaces de frenar la seva expansió (Castro-Díez *et al.*, 2004).

Entre les causes que expliquen l'èxit de les espècies invasores també trobem aquelles que tenen a veure amb les pròpies característiques intrínseques d'aquestes. Les espècies invasores, en general, tenen elevades taxes de creixement i reproducció (estratègia de la R), les quals condueixen a una eficaç monopolització de recursos i a un desplaçament de les espècies autòctones per exclusió competitiva. Una de les característiques que expliquen el seu èxit és la capacitat de reproducció partenogenètica que algunes d'elles poden efectuar. Aquesta capacitat permet a la femella tenir descendència sense ser fecundada per un mascle (Castro-Díez *et al.*, 2004).

A més d'això, són capaces d'aclimatar-se d'una manera molt més eficient que les espècies autòctones a condicions ambientals noves i en constant canvi (espècies oportunistes). Això és degut principalment a què posseeixen una flexibilitat i plasticitat fenotípica (Niinemets *et al.*, 2003).

Una altra característica important és la seva facilitat per la hibridació, cosa que els permet augmentar la seva variabilitat genètica. Aquesta capacitat pot conferir un gran potencial invasor, ja que afavoreix l'establiment de poblacions estables en àrees noves a partir d'uns pocs exemplars introduïts (Castro-Díez *et al.*, 2004).

1.3 Sistemes aquàtics i peixos

Quan els ambients naturals es degraden, les espècies més tolerants augmenten la seva representació i les comunitats més alterades esdevenen més vulnerables a altres amenaces, com ara la fragmentació de poblacions i la invasió d'espècies exòtiques (Allan i Flecker, 1993). En canvi, en rius amb un règim de cabals propis dels rius mediterranis, sense alteració de cabals, i amb una bona qualitat dels ambients aquàtics en general, afavoreix les espècies autòctones i les fa més competitives envers les exòtiques (Ordeix *et al.*, 2014). En cas contrari, és d'esperar que el percentatge d'espècies exòtiques augmenti i la integritat de les comunitats íctiques catalanes vagi en detriment (Sostoa *et al.*, 2010).

Actualment, la majoria de conques fluvials de Catalunya i del conjunt de la península ibèrica tenen més espècies de peixos al·lòctones que autòctones (Ordeix *et al.*, 2014). La majoria de peixos han estat introduïdes durant el s. XX, ja sigui per enriquir la pesca esportiva, per escapament accidental de diferents centres d'aqüicultura o per alliberaments d'aquariofília (Taula 1). Tot i haver-hi alguna espècie al·lòctona provinent de Nord-amèrica, la major part prové de la resta d'Europa, ja que els Pirineus han actuat històricament com una barrera natural, la qual ha produït que molt peixos abundants a Europa no siguin autòctons a Catalunya i la península ibèrica (ACA, 2011).

Espècie exòtica	Any introducció	Origen	Causa de la introducció
<i>Abramis bjoerkna</i>	2003	Europa	Esquer de pesca
<i>Abramis brama</i>	2000-09	Europa	Pesca esportiva
<i>Alburnus alburnus</i>	1990	Europa	Esquer de pesca
<i>Carassius auratus</i>	s.XVII	Àsia	Piscicultura, aquariofilia
<i>Carassius gibelio</i>	s.XVII	Europa	Piscicultura
<i>Chondrostoma miegii</i>	2003	Translocada	
<i>Cobitis paludica</i>	2017	Translocada	
<i>Cyprinus carpio</i>	s.XVII	Europa	Piscicultura
<i>Esox lucius</i>	1949	Europa	Pesca esportiva
<i>Gambusia holbrooki</i>	1921	Amèrica del Nord	Control biològic
<i>Lepomis gibbosus</i>	1910-13	Amèrica del Nord	Millora CC autòctones
<i>Leuciscus aspius</i>	2017	Europa	Pesca esportiva
<i>Micropterus salmoides</i>	1955	Amèrica del Nord	Pesca esportiva
<i>Perca fluviatilis</i>	1970-79	Europa	Pesca esportiva
<i>Phoxinus phoxinus</i>	1970-79	Europa	Esquer de pesca
<i>Pseudorasbora parva</i>	2002	Àsia	Piscicultura
<i>Rutilus rutilus</i>	1910-13	Europa	Esquer de pesca
<i>Salmo trutta</i>	2003	Translocada	
<i>Sander luciperca</i>	1970-79	Europa	Pesca esportiva
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	1910-13	Europa	Millora CC autòctones
<i>Silurus glanis</i>	1974	Europa	Pesca esportiva

Taula 1. Taula dels anys, orígens i causes de la introducció de les espècies al·lòctones a Catalunya. Font: elaboració pròpia.

L'aprofitament de la força hidràulica ha donat des de fa temps un caràcter especial a molts rius i rieres de Catalunya: abunden els embassaments i, en general, sobretot les rescloses, seguides d'un canal per al reg o per a produir energia hidroelèctrica. Aquestes derivacions poden suposar reduccions del cabal als trams afectats, respecte a la situació anterior de la seva construcció. En aquest aspecte, les preses i les rescloses poden comportar canvis en la qualitat de l'aigua i de les comunitats d'organismes. La transformació d'un riu en una sèrie de masses d'aigua estancada, en moltes ocasions de centenars de metres i de vegades plenes de sediment, sovint beneficia la proliferació d'espècies invasores de peixos i arracona les espècies autòctones, les quals requereixen aigües de bona qualitat, corrents i amb una bona connectivitat fluvial. Si aquestes preses i rescloses no porten incorporada un dispositiu eficaç de pas per a peixos, poden tenir un efecte negatiu sobre les migracions dels peixos autòctons, i les

seves poblacions es veuen reduïdes i fins i tot poden arribar a desaparèixer (Ordeix *et al.*, 2014).

Els peixos invasors tenen un èxit particular en hàbitats degradats o artificials com els embassaments. Actualment, la majoria dels rius o rierols estan regulats (Ward i Stanford, 1979; Petts, 1984), especialment als països mediterranis, i gairebé la meitat de l'aigua disponible en tot el món s'emmagatzema en més de 800.000 embassaments (Rosemberg *et al.*, 2000). Els embassaments són de gran importància ecològica, econòmica i recreativa, i generalment es construeixen per emmagatzemar aigua per al seu ús posterior com a subministrament d'aigua, control d'inundacions, reg o generació d'energia (Han *et al.*, 2000). L'alteració de l'hàbitat a través de la construcció d'embassaments pot causar directament la desaparició d'espècies natives que no poden tolerar les noves condicions abiòtiques (Rahel *et al.*, 2002). La construcció d'aquests embassaments artificials ha sigut una de les intervencions més importants pel medi ambient. Les poblacions de peixos dels rius solen veure's influenciades tant aigües amunt com aigües avall de l'embassament per l'homogeneïtzació i canvis en les condicions de l'hàbitat i per la interrupció en les rutes de migració dels peixos. (Hladík, 2005). La majoria de les espècies lòtiques no poden tolerar les condicions lèntiques i romanen a prop de la vora de l'embassament, a la desembocadura dels afluents i en aigües poc profundes, mentre que les aigües pelàgiques i profundes són poc utilitzades per les espècies de peixos autòctones, i per tant, dominades per peixos exòtics (Craig, 2000).

Actualment a Catalunya hi ha uns 40 embassaments de diferents tipologies, capacitats i característiques, els quals tenen l'objectiu de satisfer les demandes d'aigua del sector industrial, domèstic i agrari. La gran majoria d'aquests embassaments van ser construïts durant la meitat del s. XX. D'aquests, 23 es consideren grans embassaments que són essencials per garantir el proveïment a la població. Un embassament es considera gran quan la presa té una alçada superior als 5 metres o un volum superior als 100.000 m³ (ACA, 2014). En aquest treball només s'han pogut estudiar 20 embassaments del total que hi ha a Catalunya, ja que no s'ha pogut trobar suficient informació de molts embassaments tot i que alguns eren de gran mida com és el cas d'Oliana, Rialb i Santa Anna (Taula 2).

Embassament	Conca	Hectàrees
Albagés	Segre	391
Baserca	Segre	93
Borén	Segre	11
Colomers	Ter	70
Colomina	Segre	15
Guiamets	Ebre	62
La Palma d'Ebre	Ebre	170
Llesp	Segre	14
Margalef	Ebre	32
Mariolo	Segre	10
Moncasau	Garona	3
Núria	Freser	2
Oliana	Segre	443
Pont de rei	Garona	2
Restanca	Garona	7
Rialb	Segre	1.505
Sallente	Segre	29
Sant Llorenç de Montgai	Segre	131
Sant Maurici	Segre	25
Santa Anna	Segre	768
Seva	Ter	70
Siurana	Ebre	67
Tavascan	Segre	8
Torrassa	Segre	49
Utxesa	Segre	74
Viella baixa	Montsant	3

Taula 2. Taula de les conques i respectives superfícies dels embassaments de Catalunya que no han sigut objecte d'estudi. Font: elaboració pròpia.

En aquest context, s'ha volgut estudiar la presència dels peixos al·lòctons a aquests 20 embassaments de Catalunya per tal de diagnosticar quins factors poden determinar la seva incidència. Així mateix, s'ha volgut proposar mesures de gestió per mitigar aquesta incidència i el seu impacte.

2. Objectius

L'objectiu general d'aquest treball ha estat fer una àmplia cerca bibliogràfica en la qual s'han utilitzat diferents formes i fonts d'informació, ja siguin articles, informes, notícies, per tal de fer un anàlisi i una integració de les dades per diagnosticar la presència d'espècies de peixos al·lòctones als embassaments de Catalunya. En aquest treball també hi ha un petit apartat de propostes de possibles mesures de gestió pels embassaments per tal de minimitzar els impactes que produeixen les espècies exòtiques.

Objectius específics:

- Recull d'informació, de diferents fonts, sobre la presència d'espècies de peixos als diferents embassaments de Catalunya.
- Diagnosticar quin és l'espècie de peix al·lòcton que té més presència als embassaments de Catalunya.
- Diagnosticar quin o quins embassaments tenen més presència de peixos al·lòctons.
- Comparar la presència d'espècies de peix al·lòctons entre els embassaments objectes d'estudi.
- Comparar la presència d'espècies de peix al·lòctones entre les conques en les quals es troben els embassaments objectes d'estudi.
- Comparar la presència d'espècies de peix al·lòctones entre els embassaments estudiats i les conques a les quals pertanyen.
- Proposar mesures de gestió per aquests embassaments per reduir o mitigar els impactes produïts per aquestes espècies.

3. Metodologia

3.1 Àrea d'estudi

L'àrea d'estudi d'aquest projecte és la pertanyent a un total de 20 embassaments de Catalunya, els quals es troben repartits per les conques del Besòs, Ebre, Foix, Gaià, Llobregat, Muga, Riudecanyes, Segre, Ter i Tordera (Figura 1).

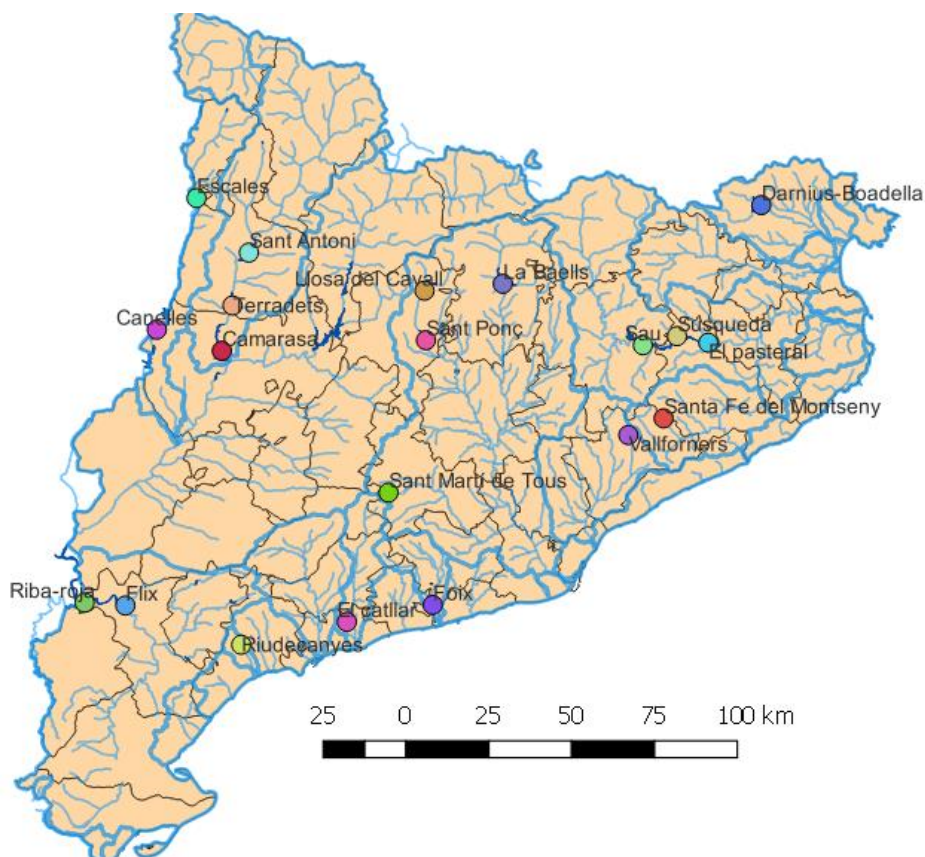


Figura 1 . Mapa de punts pertanyents als embassaments de Catalunya estudiats. El blau més fluix i més prim correspon als rius de Catalunya i el blau més fort i gruixut correspon a les conques hidrogràfiques de Catalunya. Font: elaboració pròpia

Dins la conca de l'Ebre, tot i tenir molts embassaments, a Catalunya només trobem la presència de dos, el de Riba-roja i el de Flix. L'embassament de Riba-roja és una presa molt gran que ocupa 2.152 hectàrees i que s'estén pel municipi de Riba-roja d'Ebre, el de la Pobla de Massalua, el de Faió i pel de Mequinensa. En canvi, Flix es tracta d'un embassament de només 320 hectàrees que s'estén pels termes de Flix i Riba-roja d'Ebre. Van ser inaugurats l'any 1969 i 1948,

respectivament. Tant Riba-roja com Flix es tracten d'embassaments d'aigües dures a causa dels gresos rics en calci que trobem a la zona.

Pel que fa a la conca hidrogràfica del Segre, al nord-oest de Catalunya, hi trobem cinc embassaments, Escales, Terradets, Sant Antoni, Camarasa i Canelles. El més septentrional de tots i pertanyent al riu Noguera Ribagorçana és l'embassament d'Escales, el qual s'estén pels termes de Tremp, el Pont de Suert, Soperia i Bonansa, a les comarques del Pallars Jussà i l'Alta Ribagorça. Ocupa 400 hectàrees de superfície i va ser inaugurat l'any 1955. L'embassament de Terradets pertany al riu Noguera Pallaresa i és el més petit dels cinc, ocupant un total de 330 hectàrees. S'estén entre els municipis de Llimiana, Gavet de la Conca i Castell de Mur. Va ser inaugurat l'any 1935. L'embassament de Sant Antoni és una presa que també pertany al riu Noguera Pallaresa i està situat als municipis de la Pobla de Segur, Salàs de Pallars, Conca de Dalt, Talarn i Isona i Conca Dellà. Té una superfície de 927 hectàrees i va ser inaugurat l'any 1916. L'embassament de Camarasa, és una altra presa que pertany al riu Noguera Pallaresa. Ocupa una extensió total de 624 hectàrees i s'estén pels termes de Camarasa, les Avellanes i Santa Linya i Àger. Va ser inaugurat l'any 1920. Per últim, l'embassament més gran d'aquests cinc, amb una superfície de 1.569 hectàrees, és el de Canelles. Pertany al riu Noguera Ribagorçana com l'embassament d'Escales, i s'estén pels termes municipals d'Estopanyà i Viacamp, Lliterà, Os de Balaguer, Àger i Sant Esteve de la Sarga. Va ser inaugurat a principis de la dècada dels seixanta.

Quant a la conca hidrogràfica del Llobregat, al centre de Catalunya, hi trobem 4 embassaments, la Baells, la Llosa del Cavall, Sant Martí de Tous i Sant Ponç. L'embassament de la Baells és una presa que pertany al riu Llobregat i que s'estén pels municipis de Cercs, la Quar i Vilada. Ocupa una extensió d'unes 367 hectàrees i va ser inaugurat l'any 1976. L'embassament de la Llosa del Cavall es tracta d'una presa que pertany al riu Cardener i que s'estén pels termes municipals de Navès, Guixers i Sant Llorenç de Morunys. Té una superfície total de 300 hectàrees i va ser inaugurat l'any 1998. Sant Martí de Tous és un dels 20 embassaments estudiats de Catalunya més petits amb un total de 15 hectàrees. Es situa al municipi de Sant Martí de Tous i pertany a la riera de Tous, un afluent

del riu Anoia. Va ser inaugurat l'any 1997. Per últim, l'embassament de Sant Ponç, que pertany al riu Cardener, s'estén pels termes municipals de Clariana de Cardener, Olius i Navès. Ocupa una extensió de 530 hectàrees i va ser inaugurat l'any 1957

Pel que fa a la Conca del Ter, trobem la presència de tres embassaments estudiats, el Pasteral, Sau i Susqueda. L'embassament el Pasteral és una presa molt petita d'unes 35 hectàrees de superfície, el qual s'estén pels termes de la Cellera de Ter i Amer. Va ser inaugurat l'any 1905, tot i que ha sigut reformada posteriorment a l'any 1962 per permetre el proveïment d'aigua potable. L'embassament de Sau ocupa una extensió de 570 hectàrees i s'estén pels municipis de Vilanova de Sau, les Masies de Roda, Taveret i l'Esquirol. Va ser inaugurat l'any 1962. L'embassament de Susqueda és una presa amb una extensió de 466 hectàrees i que se situa als termes de Susqueda, Sant Hilari Sacalm i Osor. Va ser inaugurat l'any 1967. Juntament amb el Pasteral i Sau, forma part d'un sistema de tres pantans que uneixen la comarca d'Osona amb la de la Selva.

En darrer terme, tenim un seguit d'embassaments els quals formen part de conques hidrogràfiques separades. Al nord-est de Catalunya, a la conca del riu Muga, trobem l'embassament de Darnius-Boadella, el qual s'estén pels termes de Sant Llorenç de la Muga, Terrades i Maçanet de Cabrenys. Ocupa una superfície total de 364 hectàrees i va ser inaugurat l'any 1969. A la conca del Besòs, hi trobem l'embassament de Vallforners, el qual és una presa molt petita d'unes 16 hectàrees que pertany a la riera de Cànoves. Es troba a la muntanya del Montseny, entre les serres d'Ombradors i Palestrins. Va ser inaugurat l'any 1989. A la conca de la Tordera, trobem l'embassament de Santa Fe del Montseny, el qual és el més petit dels 20 embassaments estudiats a Catalunya, amb un total de 6 hectàrees, però és l'embassament que es troba a major altitud sobre el nivell del mar, a 1.084 metres. Pertany a la riera de Santa Fe i se situa al municipi de Fogars de Montclús. Va ser inaugurada l'any 1935, tot i que ha estat molts anys abandonada. A la conca del riu Gaià, trobem l'embassament del Catllar, el qual s'estén pels municipis del Catllar, Vespella de Gaià, Renau i Vilabella. Ocupa una superfície total de 326 hectàrees i va ser inaugurat l'any 1975. A la conca del riu Foix, hi trobem l'embassament de Foix, el qual se situa

al municipi de Castellet i la Gornal. Ocupa una extensió de 76 hectàrees i va ser inaugurat l'any 1928. Per últim, a la conca de Riudecanyes, hi trobem l'embassament de Riudecanyes, el qual ocupa una superfície total de 30 hectàrees. Aquest embassament es situa íntegrament al municipi de Riudecanyes. Va ser inaugurat l'any 1918.

Si ajuntem totes les masses d'aigua, la superfície total estudiada és de 9.027 ha. L'embassament que es troba a major altitud sobre el nivell del mar és el de Santa Fe del Montseny, a 1.084 m, i el que es troba a menor altitud, és el de Fix, a 41 m. L'embassament amb més capacitat és el de Canelles, amb 688 hm³, i els que tenen menys capacitat són els de Santa Fe del Montseny i Sant Martí de Tous, amb 1 hm³ cadascun.

Pel que fa a la finalitat o utilitat, tots els embassaments estan dedicats a l'ús energètic, el regadiu i pel proveïment i consum humà.

Pel que fa als titulars, hi ha 7 empreses o entitats que s'encarreguen de dirigir aquests embassaments, les quals són l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació (DARPAM), la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), l'Empresa Nacional Hidroelèctrica de la Ribagorçana (ENHER), la Comunitat de Regants del Pantà de Riudecanyes, Endesa i Repsol (Taula 3).

Embassament	Conca	Any	Spf	Alt	Alç. p.	L. C.	Vol	Spf. C.	Ús	Titular
Camarasa	Segre	1920	624	335	103	216	113	2.850	Energia i regulació	Endesa
Canelles	Segre	1960	1569	507	150	210	688	1.628	Regadiu i proveïment	E.N.H.E.R.
Darnius-Boadella	Muga	1969	364	160	63	250	62	182	Regadiu i proveïment	ACA
El Catllar	Gaià	1975	326	59	76	385	60	370	Regadiu i proveïment	Repsol
El Pasteral	Ter	1905	35	160	33	198	2	1.904	Regadiu i proveïment	Endesa
Escales	Segre	1955	400	823	125	200	152	731	Regadiu i proveïment	Endesa
Flix	Ebre	1948	320	41	26	340	11	82.246	Hidroelèctric	Endesa
Foix	Foix	1936	71	102	38	190	6	290	Regadiu	ACA
La Baells	Llobregat	1976	367	629	102	433	115	532	Regadiu i consum	ACA
Llosa del Cavall	Llobregat	1997	300	806	122	326	80	200	Regadiu i consum	ACA
Riba-Roja	Ebre	1967	2.152	70	60	562	210	79.177	Regadiu i proveïment	E.N.H.E.R.
Riudecanyes	Riudecanyes	1918	30	217	51	235	5	31	Regadiu i proveïment	CR del PR
Sant Antoni	Segre	1916	927	502	86	180	205	2.070	Regadiu i proveïment	Endesa
Sant Martí de Tous	Llobregat	1997	15	495	32	277	1	16	Regadiu i consum	Darpam
Sant Ponç	Llobregat	1957	139	530	60	311	24	318	Proveïment i energia	ACA
Santa Fe del Montseny	Tordera	1935	6	1.084	23	160	1	5	Regadiu i consum	ACA
Sau	Ter	1962	570	424	84	260	169	1.564	Regadiu i proveïment	Endesa
Susqueda	Ter	1968	466	350	135	360	233	1.850	Regadiu i proveïment	Endesa
Terradets	Segre	1935	330	372	49	160	23	2.620	Regadiu i consum	Darpam
Vallforners	Besòs	1989	16	520	62	160	2	61	Regadiu i proveïment	CHE

Taula 3. Taula de les característiques principals dels embassaments de Catalunya estudiats. Spf (superfície), Alt (altitud sobre el nivell del mar), Alc. p. (alçada de la presa), L.C (longitud de coronació de la presa), Vol (volum), Spf. C (superfície total de la conca) Font: elaboració pròpia.

3.2 Recull de dades

Aquest treball de fi de grau es basa en la revisió, recull, ordenació i anàlisi de dades sobre la presència d'espècies de peixos al·lòctones als embassaments de Catalunya. Per tant, el treball s'ha basat en la recopilació de dades provinents de treballs preexistents que van mostrejar els embassaments de Catalunya. Per realitzar a terme el recull bibliogràfic d'aquest projecte, s'ha fet recerca en diferents fonts: articles internacionals, articles de divulgació, llibres sobre ictiologia i informes elaborats bàsicament per encàrrec d'administracions públiques. Tots aquests treballs són fruit de diferents estudis de camp que s'han fet als embassaments de l'àrea d'estudi des de principis del segle XXI fins a l'actualitat. La font d'informació més antiga de la qual s'ha obtingut dades és de l'any 2003 i la més actual és de l'any 2020. En la majoria dels embassaments estudiats, s'ha trobat informació en diferents anys o estudis de camp. Però en altres embassaments aquesta tasca ha estat complicada, ja que només s'ha pogut trobar dades d'un sol estudi.

En els mostrejos realitzats en aquests treballs s'han usat diferents formes de captura i observació. La gran majoria d'individus han estat capturats i observats a partir de pesca elèctrica o gràcies a arts de pesca d'emmallament. Però també s'han utilitzat diferents metodologies com per exemple, l'ús de nanses o l'observació a partir de cens submarí amb "snorkel". Fins i tot, s'ha fet ús d'una cita d'un individu mort com és el cas del silur (*Silurus glanis*) a l'embassament de Darnius-Boadella, a la conca de la Muga. També s'ha emprat alguna dada provinent d'un fòrum en què a partir de pesca esportiva es va capturar també un silur (*Silurus glanis*) a l'embassament de Riba-roja, a la conca del riu Ebre.

Per a l'ordenació de les dades, les espècies al·lòctones s'han dividit en exòtiques i translocades. Les espècies considerades exòtiques són aquelles que provenen fora de la península ibèrica (entenenent que és una àrea amb una biogeografia i història natural pròpia), i les espècies translocades són aquelles que en alguna regió o conca de la península ibèrica són de caràcter autòcton i que per alguna raó han estat introduïdes a les altres conques.

3.3 Anàlisi de dades

Per a l'anàlisi de les dades s'han creat diferents taules i gràfiques per resumir les característiques morfològiques i la presència de peixos en els embassaments. Així mateix, s'han utilitzat diferents tests estadístics per comparar els resultats. L'anàlisi d'aquestes dades s'ha dividit en tres apartats (sempre amb l'objectiu de detectar algun patró que expliqui la presència d'espècies al·lòctones):

1. Comparativa entre tots els embassaments (independentment de la conca a la qual pertanyen per detectar si hi ha alguns embassaments més afectats que altres pel que fa a la presència de peixos al·lòctons).
2. Comparativa entre els embassaments de les diferents conques per avaluar si entre conques hi ha algun patró de distribució (i. e. buscant si hi ha alguna conca més afectada que altres per la presència de peixos al·lòctones).
3. Comparativa entre la presència de peixos al·lòctons als embassaments i les espècies de peixos al·lòctones citades a les conques on hi ha els embassaments (per avaluar si hi ha algun patró de presència més alt de peixos al·lòctons als embassaments o en el conjunt dels rius de la conca).

Abans de cada anàlisi estadístic s'ha procedit a fer un anàlisi de normalitat amb el test de Shapiro-Wilk, per cada una de les variables d'estudi. Com que els resultats dels tests han donat un p-valor més petit que 0,05 fins i tot fent transformacions, s'ha fet ús d'estadística no paramètrica.

En el primer apartat, l'objectiu és veure si existeix alguna diferència significativa de la riquesa i del percentatge d'espècies al·lòctones, exòtiques i translocades entre els embassaments estudiats. Per fer-ho s'ha utilitzat el test estadístic de Kruskal-Wallis. Així mateix, també s'ha emprat el test de correlació de Spearman, per observar si hi ha alguna correlació entre les variables d'estudi. En aquest últim test, en les variables que han donat un resultat significatiu, s'ha realitzat un diagrama de dispersió, per fer-ho més visual i entenedor.

En el segon apartat, com en el primer, la finalitat és veure si hi ha alguna diferència significativa de la riquesa i del percentatge d'espècies al·lòctones,

exòtiques i translocades. Però en aquest cas l'objecte d'estudi, són les conques. Per realitzar-ho també s'ha fet servir el test estadístic de Kruskal-Wallis.

En el tercer i últim apartat, l'objectiu principal és veure si hi ha alguna diferència significativa de la riquesa i del percentatge d'espècies al·lòctones i autòctones entre els embassaments i les conques on es troben aquests embassaments. Per dur a terme aquesta tasca, també s'ha utilitzat el test estadístic de Kruskal-Wallis, i a més a més, s'han creat diagrames o gràfiques de caixes, per tal d'aclarir i fer dels tests una eina més visual.

4. Resultats

La recopilació bibliogràfica ha permès detectar un total de 21 espècies al·lòctones a Catalunya. La mitjana de riquesa o del nombre d'espècies al·lòctones per cada embassament és 6,4 i el percentatge d'espècies al·lòctones per cada embassament és 76,41%. L'embassament amb més riquesa d'espècies al·lòctones és Darnius-Boadella, amb 11 espècies, i els embassaments amb menys riquesa d'espècies al·lòctones són Escales i Vallforners, amb 3 espècies cadascun. Pel que fa al percentatge, hi ha dos embassaments que presenten un 100% d'espècies al·lòctones, que són Riudecanyes i Vallforners. Per altra banda, Escales és l'embassament amb un percentatge més baix d'espècies al·lòctones, 37,5% (Taula 4).

Embassament	Conca	Sp Au	% Sp Au	Sp Al·l	% Sp Al·l	Sp Ex	% Sp Ex	Sp T	% Sp T	Sp Total
Camarasa	Segre	1	14,29	6	85,71	6	85,71	0	0,00	7
Canelles	Segre	3	42,86	4	57,14	4	57,14	0	0,00	7
Darnius-Boadella	Muga	2	15,38	11	84,62	11	84,62	0	0,00	13
El Catllar	Gaià	1	16,67	5	83,33	5	83,33	0	0,00	6
El Pasteral	Ter	1	11,11	8	88,89	7	77,78	1	11,11	9
Escales	Segre	5	62,50	3	37,50	2	25,00	1	12,50	8
Flix	Ebre	1	11,11	8	88,89	8	88,89	0	0,00	9
Foix	Foix	1	14,29	6	85,71	6	85,71	0	0,00	7
La Baells	Llobregat	1	9,09	10	90,91	10	90,91	0	0,00	11
Llosa del Cavall	Llobregat	3	42,86	4	57,14	3	42,86	1	14,29	7
Riba-Roja	Ebre	1	11,11	8	88,89	8	88,89	0	0,00	9
Riudecanyes	Riudecanyes	0	0,00	8	100,00	7	87,50	1	12,50	8
Sant Antoni	Segre	2	33,33	4	66,67	4	66,67	0	0,00	6
Sant Martí de Tous	Llobregat	4	50,00	4	50,00	4	50,00	0	0,00	8
Sant Ponç	Llobregat	1	10,00	9	90,00	9	90,00	0	0,00	10
Santa Fe del Montseny	Tordera	3	42,86	4	57,14	2	28,57	2	28,57	7
Sau	Ter	1	9,09	10	90,91	10	90,91	0	0,00	11
Susqueda	Ter	2	18,18	9	81,82	8	72,73	1	9,09	11
Terradets	Segre	4	57,14	3	42,86	3	42,86	0	0,00	7
Vallforners	Besòs	0	0,00	4	100,00	3	75,00	1	25,00	4

Taula 4. Taula resum de la riquesa i el percentatge d'espècies al·lòctones, autòctones, exòtiques i translocades dels 20 embassaments estudiats a Catalunya. Sp Au (espècies autòctones), Sp Al·l (espècies al·lòctones), Sp Ex (espècies exòtiques), Sp T (espècies translocades). Font: elaboració pròpia.

La meitat dels embassaments estudiats, és a dir 10 embassaments, tenen la presència de més d'un 80% d'espècies al·lòctones; el 25% dels embassaments (5) tenen la presència d'entre un 50 i un 80% d'espècies al·lòctones; el 10% dels embassaments (2) tenen la presència de menys del 50% d'espècies al·lòctones; i el 10% dels embassaments restants (2), contenen un 100% d'espècies al·lòctones (Figura 2).

S'ha pogut trobar altres dades d'interès com per exemple, que *Cyprinus carpio* ha estat detectat a pràcticament la totalitat dels embassaments, excepte a la Llosa del cavall. En canvi hi ha espècies com, *Abramis brama*, *Leuciscus aspius* o *Perca fluviatilis*, que només s'han pogut detectar a un sol embassament, a Darnius-Boadella (Taula 5).

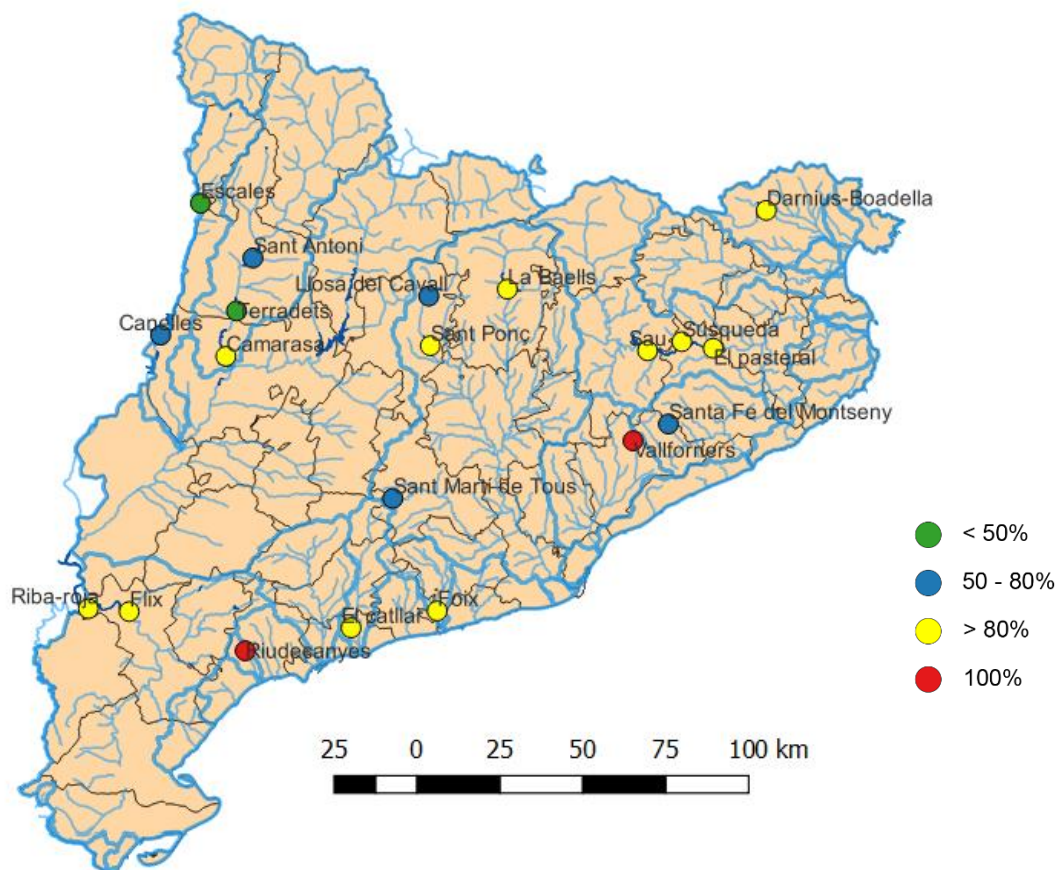


Figura 2. Mapa de punts sobre els percentatges d'espècies al·lòctones pertanyents als embassaments de Catalunya estudiats. En verd, els embassaments amb un percentatge inferior a 50 d'espècies al·lòctones; en blau, els embassaments amb un percentatge d'espècies al·lòctones entre 50 i 80; en groc, els embassaments amb més d'un 80% d'espècies al·lòctones; i en vermell els embassaments amb un 100% d'espècies al·lòctones. Font: elaboració pròpia.

Embassament	Espècies exòtiques	A. brama	A. alburnus	B. dybowskii	C. auratus	C. gibelio	C. megal	C. paludica	C. carpio	E. lucius	G. holbrooki	L. gibbosus	L. aspius	M. salmonides	P. fluviatilis	P. phoxinus	P. pania	R. tutilus	S. trutta	S. luciopeca	S. erithrophthalmus	S. glanis
Camarsa		2003						2003	2003					2003				2003		2003		2003
Canelles		2018					Autòctona		2018					2018				2018	Autòctona			
Darnius-Boadella	2004	2017							2003	2004		2003	2017	2003	2003			2003		2003		2020
El Catllar		2018			2018				2018					2018								2018
El Pastoral		2017						2017	2017	2017	2017	2017		2017				2017				
Escalles		2003					Autòctona		2003							2003			Autòctona		2003	2003
Flix		2003							2003			2006		2003				2003		2003	2003	2003
Foix		2003			2003	2008			2003		2007											2007
La Baells		2003							2003	2004		2004		2003						2003	2003	2006
Llós de Cavall		2018			2018		2018												Autòctona		2018	
Riba-Roja		2003		2003					2003			2003		2003				2003		2003	2003	2008
Riudercanyes		2017			2017		2003		2003					2003					Autòctona	2003	2017	2003
Sant Antoni				2003					2003					2003					Autòctona		2003	
Sant Martí de Tous					2009				2009	2009				2009								
Sant Pong		2003							2003	2008		2003		2003				2008	Autòctona	2008	2003	2008
Santa Fe del Montseny					2003				2003							2009			2003			2008
Sau		2003			2008				2003		2008	2008		2004			2008	2003		2008		2004
Susqueda		2003					2008		2003			2003		2003		2003		2008	Autòctona	2008		2003
Terradets							Autòctona		2003										Autòctona	2003		
Valldemers								2018	2009			2009		2009								

Taula 5. Taula de la presència i any d'introducció als embassaments de Catalunya estudiats. Els quadres de color verd, indiquen presència de l'espècie en aquell embassament. També s'indica l'any d'introducció. Font: elaboració pròpia.

Abans d'endinsar-se a l'anàlisi estadístic s'ha procedit a realitzar tests de normalitat, els quals mostren que les variables d'estudi no presenten una distribució normal. Concretament, els resultats dels tests de normalitat han sigut: espècies al·lòctones (Shapiro-Wilk p-valor = 0,031), espècies autòctones ((Shapiro-Wilk p-valor = 0,150), espècies exòtiques (Shapiro-Wilk p-valor = 0,244), espècies translocades (Shapiro-Wilk p-valor = 0,000), % espècies al·lòctones (Shapiro-Wilk p-valor = 0,010), % espècies autòctones (Shapiro-Wilk p-valor = 0,010), % espècies exòtiques (Shapiro-Wilk p-valor = 0,003), % espècies translocades (Shapiro-Wilk p-valor = 0,000). Per tant, s'ha aplicat estadística no paramètrica (Kruskal-Wallis i Spearman).

4.1 Comparativa entre els embassaments

En aquest apartat dels resultats s'ha testat estadísticament si existeixen diferències significatives de la presència de peixos al·lòctons entre els 20 embassaments estudiats de Catalunya.

El resultat del test estadístic de Kruskal-Wallis indica que no hi ha diferències significatives d'espècies al·lòctones (Kruskal-Wallis p-valor = 0,457) entre els embassaments d'estudi de Catalunya. Així mateix, aquest test estadístic indica que tampoc hi ha diferències significatives de la riquesa d'espècies exòtiques (Kruskal-Wallis p-valor = 0,457) ni translocades (Kruskal-Wallis p-valor = 0,457)

Pel que fa al percentatge d'espècies al·lòctones, el test estadístic de Kruskal-Wallis indica que no hi ha diferències significatives entre els embassaments estudiats a Catalunya (Kruskal-Wallis p-valor = 0,457). Així mateix, aquest test estadístic indica que tampoc hi ha diferències significatives del percentatge d'espècies exòtiques (Kruskal-Wallis p-valor = 0,457) ni translocades (Kruskal-Wallis p-valor = 0,457).

Per altra banda, el test estadístic de correlació de Spearman indica que no hi ha cap correlació significativa entre la superfície en hectàrees dels embassaments i l'altitud sobre el nivell del mar a la qual es troben els embassaments estudiats (Spearman p-valor = 0,607).

D'altra banda, la correlació de Spearman també indica que no hi ha correlació entre la superfície en hectàrees i el percentatge d'espècies al·lòctones entre els embassaments de Catalunya estudiats (Spearman p-valor = 0,655). Així mateix, el test estadístic indica que tampoc hi ha correlació significativa entre la superfície i el percentatge d'espècies exòtiques (Spearman p-valor = 0,450). En canvi, el mateix test estadístic indica que hi ha una correlació significativa negativa entre la superfície i el percentatge d'espècies translocades (Spearman p-valor = 0,025), que indica que com més gran és l'embassament menor percentatge d'espècies translocades es detecten (Figura 3).

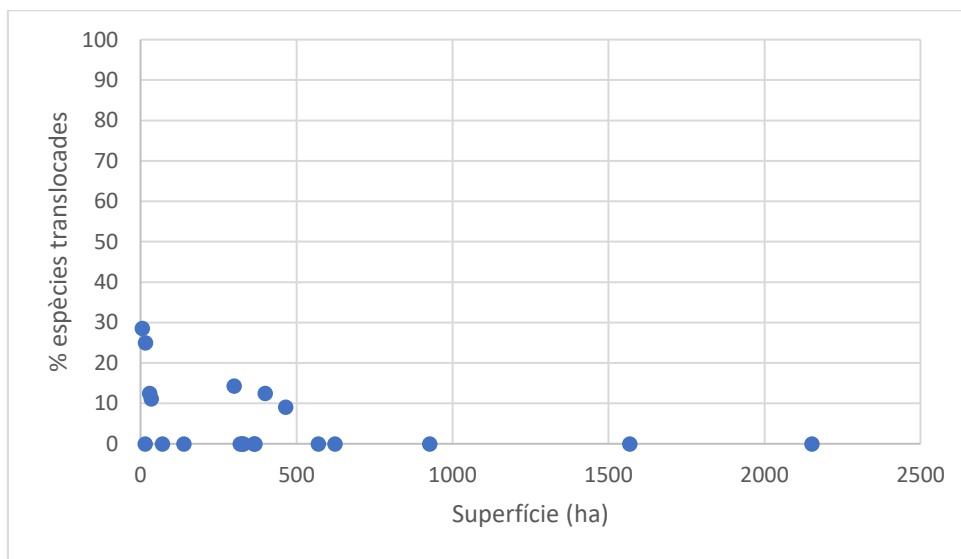


Figura 3. Diagrama de dispersió entre la superfície de l'embassament i el percentatge d'espècies translocades. Font: elaboració pròpia.

La correlació de Spearman també indica que no hi ha correlació significativa entre l'altitud sobre el nivell del mar a la qual es troben els embassaments estudiats i el percentatge d'espècies al·lòctones (Spearman p-valor = 0,225). Altrament, la correlació de Spearman indica que hi ha una correlació significativa negativa entre l'altitud i el percentatge d'espècies exòtiques (Spearman p-valor = 0,049), que indica que com a més altitud es trobi l'embassament menor serà el percentatge d'espècies exòtiques (Figura 4); i una correlació positiva entre l'altitud i el percentatge d'espècies translocades (Spearman p-valor = 0,044), que indica que com a més altitud es trobi l'embassament major serà el percentatge d'espècies translocades (Figura 5).

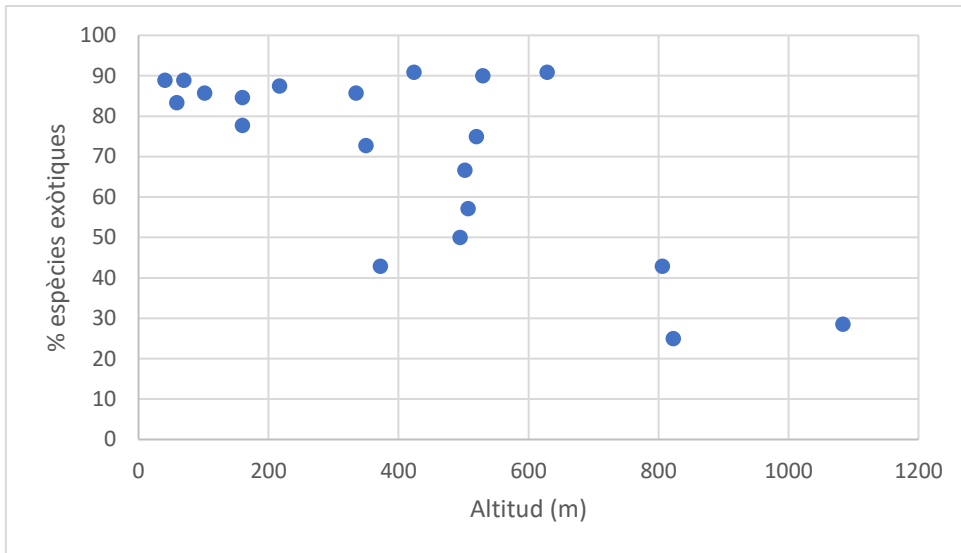


Figura 4. Diagrama de dispersió entre l'altitud de l'embassament i el percentatge d'espècies exòtiques. Font: elaboració pròpia.

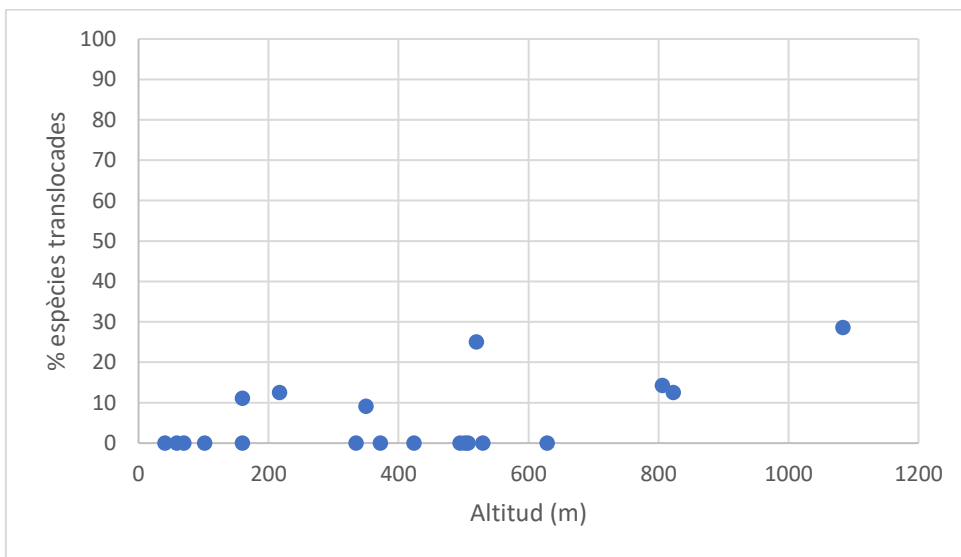


Figura 5. Diagrama de dispersió entre l'altitud de l'embassament i el percentatge d'espècies translocades. Font: elaboració pròpia.

En darrer terme, la correlació de Spearman ens indica que no hi ha cap correlació significativa entre l'any de construcció i el percentatge d'espècies al·lòctones (Spearman p-valor = 0,924). Tanmateix, la correlació de Spearman indica que tampoc hi ha cap correlació significativa entre l'any de construcció i el percentatge d'espècies exòtiques (Spearman p-valor = 0,972) i entre l'any de construcció i el percentatge d'espècies translocades (Spearman p-valor = 0,923).

4.2 Comparativa entre conques

En aquest apartat dels resultats s'ha testat estadísticament si existeixen diferències significatives de la presència de peixos al·lòctons entre les conques on hi ha els 20 embassaments estudiats de Catalunya.

El resultat del test estadístic de Kruskal-Wallis indica que no hi ha diferències significatives de la riquesa d'espècies al·lòctones (Kruskal-Wallis p-valor = 0,179) entre les conques dels embassaments d'estudi de Catalunya. Així mateix, aquest test estadístic indica que tampoc hi ha diferències significatives de la riquesa d'espècies exòtiques (Kruskal-Wallis p-valor = 0,180) ni translocades (Kruskal-Wallis p-valor = 0,287).

Pel que fa al percentatge d'espècies, el resultat del test estadístic de Kruskal-Wallis indica que no hi ha diferències significatives del percentatge d'espècies al·lòctones entre les conques on hi ha els embassaments estudiats a Catalunya (Kruskal-Wallis p-valor = 0,286). Així mateix, aquest test estadístic indica que tampoc hi ha diferències significatives del percentatge d'espècies exòtiques entre conques (Kruskal-Wallis p-valor = 0,512) i del percentatge d'espècies translocades entre conques (Kruskal-Wallis p-valor = 0,270).

4.3 Comparativa entre embassaments i conques

En aquest apartat dels resultats s'ha testat estadísticament si existeixen diferències significatives de la presència de peixos al·lòctons i autòctons entre embassaments i les conques on es troben els embassaments. Quan parlem de conca, ens referim a tots els rius i afluents que formen part de la conca a la qual pertany l'embassament estudiat (Figura 6).



Figura 6. Mapa d'una conca hidrogràfica, amb els seus rius i afluents, i els embassaments els quals pertanyen a aquesta conca hidrogràfica. Font: elaboració pròpia.

El resultat del test estadístic Kruskal-Wallis indica que hi ha diferències significatives de la riquesa tant d'espècies al·lòctones (Kruskal-Wallis p-valor = 0,001) (Figura 7) com d'autòctones (Kruskal-Wallis p-valor = 0,000) (Figura 8). Els resultats obtinguts mostren que en els embassaments hi ha menys riquesa d'espècies al·lòctones i autòctones que en el riu (conca) on es troba l'embassament.

Pel que fa al percentatge d'espècies, el test estadístic Kruskal-Wallis indica que hi ha diferències significatives del percentatge d'espècies tant al·lòctones (Kruskal-Wallis p-valor = 0,003) (Figura 9) com d'autòctones (Kruskal-Wallis p-valor = 0,003) (Figura 10) entre els embassaments i les conques de Catalunya. Els resultats obtinguts mostren que en els embassaments hi ha un percentatge més alt d'espècies al·lòctones que en el riu (conca) on es troba l'embassament.

A la inversa, el test indica que en els embassaments hi ha un percentatge més baix d'espècies autòctones que en el riu (conca) on es troba l'embassament.

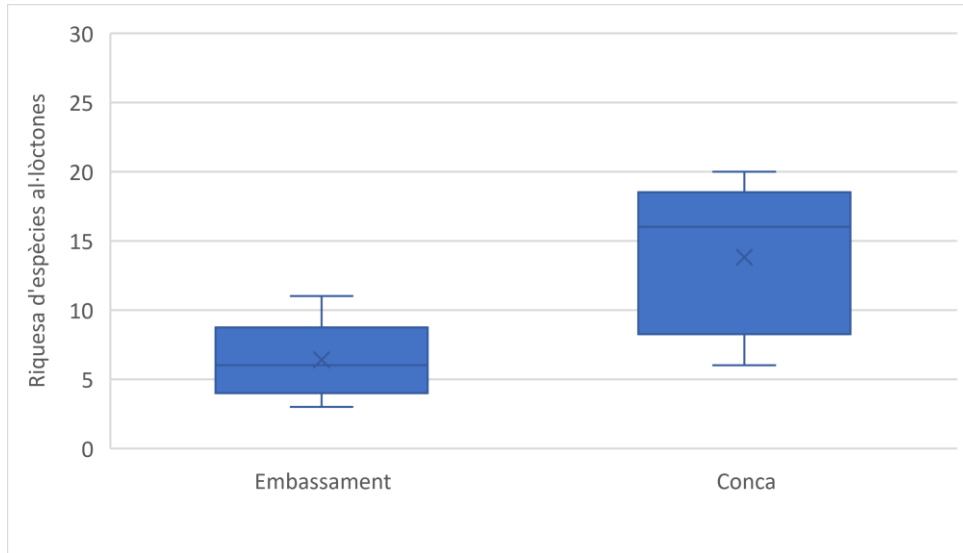


Figura 7. Diagrama de caixes que compara la riquesa d'espècies al·lòctones entre embassaments i conques. La caixa blava representa el recorregut interquartílic que va des del quartil 1 al quartil 3; la creu indica la mitjana; la línia fosca indica la mediana o quartil 2; el braços indiquen els valors màxims (superior) i mínims (inferior). Font: elaboració pròpia.

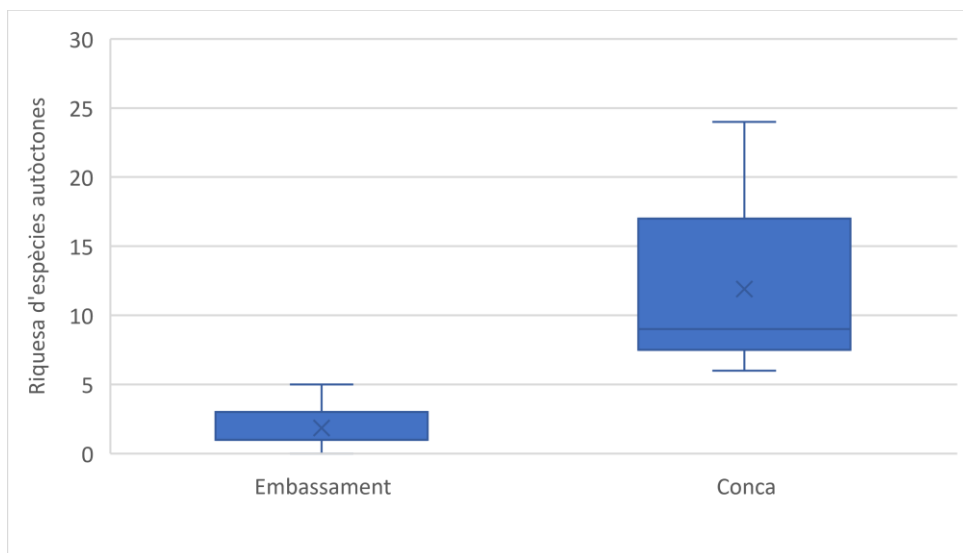


Figura 8. Diagrama de caixes que compara la riquesa d'espècies autòctones entre embassaments i conques. La caixa blava representa el recorregut interquartílic que va des del quartil 1 al quartil 3; la creu indica la mitjana; la línia fosca indica la mediana o quartil 2; el braços indiquen els valors màxims (superior) i mínims (inferior). Font: elaboració pròpia.

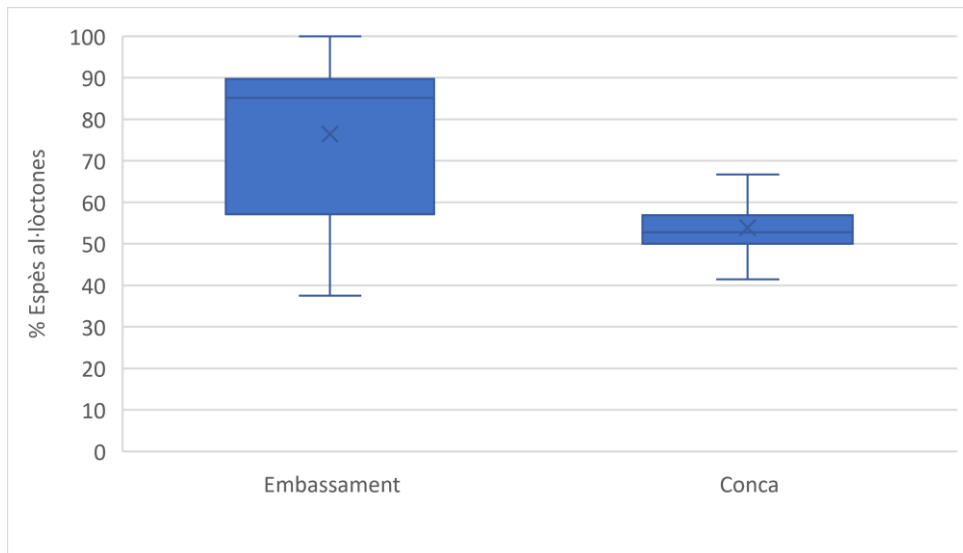


Figura 9. Diagrama de Caixa que compara el percentatge d'espècies al·lòctones entre embassaments i conques. La caixa blava representa el recorregut interquartílic que va des del quartil 1 al quartil 3; la creu indica la mitjana; la línia fosca indica la mediana o quartil 2; el braços indiquen els valors màxims (superior) i mínims (inferior). Font: elaboració pròpia.

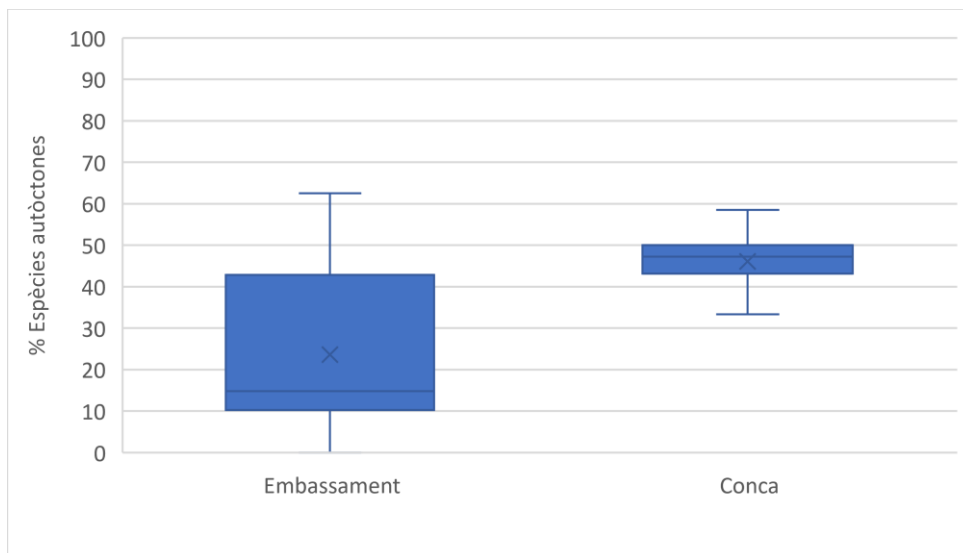


Figura 10. Diagrama de caixes que compara el percentatge d'espècies autòctones entre embassaments i conques. La caixa blava representa el recorregut interquartílic que va des del quartil 1 al quartil 3; la creu indica la mitjana; la línia fosca indica la mediana o quartil 2; el braços indiquen els valors màxims (superior) i mínims (inferior). . Font: elaboració pròpia.

5. Discussió

Aquest estudi s'ha basat en una revisió bibliogràfica, ordenació i posterior anàlisi de dades per tal de fer una diagnosi de la presència de peixos al·lòctons a 20 embassaments de Catalunya. Aquest treball ha permès detectar la presència d'un total de 28 espècies de peix als embassaments estudiats, dels quals 21 són al·lòctons. Els embassaments van ser mostrejats per diferents estudis de camp els quals daten des del 2003 fins a l'actualitat. És possible que alguna dada en relació amb el nombre d'espècies sigui incompleta actualment a causa del fet que com ja sabem, els ambients canvien i les espècies autòctones cada vegada van en detriment de les exòtiques

5.1 Comparativa entre embassaments

No s'ha pogut demostrar estadísticament cap diferència significativa de la presència d'espècies de peixos al·lòctons entre els 20 embassaments estudiats. O sigui, que tots els embassaments tenen una quantitat i abundància relativa d'espècies exòtiques molt similar.

L'embassament amb més presència d'espècies al·lòctones és Darnius-Boadella, amb un total d'11 espècies. Això és degut principalment a què Darnius-Boadella es tracta de l'embassament més a prop de la frontera francesa i per tant, la conca de la Muga és la principal via d'introducció d'espècies que venen de fora cap a les conques catalanes. Clavero i Garcia-Berthou (2006) van determinar que la principal font de variació dels conjunts de peixos al·lòctons a la península ibèrica és un gradient latitudinal en la composició d'espècies relacionada amb la proximitat amb França. Aquesta estructura geogràfica mostra que un cop una espècie introduïda s'ha establert en una determinada conca, la seva expansió no és especialment aleatòria, sinó que es dirigeix cap a les conques veïnes, el qual permet la identificació de rutes d'introducció i expansió.

S'ha pogut detectar que la carpa comuna (*Cyprinus carpio*) és l'espècie amb més presència als embassaments estudiats, ja que ha estat detectada a tots els embassaments excepte a la Llosa del Cavall. Aquest fet probablement és degut

al fet que aquesta espècie va ser una de les primeres espècies criades amb fins alimentaris, i en conseqüència, introduïda de forma molt generalitzada arreu del planeta. Actualment, les seves introduccions segueixen essent una pràctica habitual, sobretot en embassaments, estanys i basses. A més a més és una espècie invasora que provoca efectes en cadena relacionats amb la pèrdua o eliminació de vegetació aquàtica i un augment de la terbolesa de les aigües. És una espècie que està àmpliament distribuïda per les nostres conques i de difícil erradicació, a banda que altera l'hàbitat de moltes espècies autòctones (Oliva-Paterna, Sánchez-Pérez i Torralva, 2017). Elvira i Almodóvar (2001) daten la introducció de la carpa al territori espanyol a partir del s. XVII i sembla que l'arribada de la carpa podria estar relacionada amb la dinastia dels Habsburg, la qual tenia fortes arrels centreeuropees. Se sap que el rei Carles I, quan es va retirar al monestir de Yuste a Extremadura, tenia un petit estany on pescava. Els diferents vincles que hi havia entre les famílies ibèriques i centreeuropees, probablement és un dels factors que facilitessin la introducció de la carpa a la península ibèrica. Actualment, la carpa comuna es troba a totes les conques de la península ibèrica, especialment als embassaments i les zones humides de terres baixes (Doadrio, 2002). Tot i que la carpa ha estat present a la península ibèrica durant els últims 5 segles com s'ha esmentat anteriorment, es creu que la seva condició d'invasor és molt recent, principalment afavorida per les alteracions en el cabal dels rius i per la construcció massiva d'embassaments (Clavero *et al.*, 2004).

S'ha observat que hi ha una correlació negativa entre la superfície dels embassaments i el percentatge d'espècies translocades. Els resultats indiquen que com major sigui l'embassament, menor serà el percentatge d'espècies translocades. Això és degut principalment a què hi ha un embassament molt petit que té molta incidència en el resultat de l'anàlisi estadístic. L'embassament amb major nombre d'espècies translocades és el de Santa Fe del Montseny, amb un total de 2 espècies, la truita comuna (*Salmo trutta*) i el barb roig (*Phoxinus phoxinus*), que resulta que és l'embassament més petit (6 ha) de tots els que tenen espècies translocades mentre que la mitjana de superfície es troba en 384 ha. Si fem l'anàlisi sense aquest embassament, els resultats ens indiquen que desapareix aquesta correlació entre la superfície i el percentatge d'espècies

translocades. Per tant, podem considerar que els resultats trobats (correlació negativa entre la superfície i el percentatge d'espècies translocades) podrien ser un artefacte degut a aquest embassament tant particular.

També s'ha observat que hi ha una correlació positiva entre l'altitud i el percentatge d'espècies translocades. A major altitud de l'embassament, major serà el percentatge d'espècies translocades. Igual que passa en l'altre anàlisi d'espècies translocades, és degut a un desviament en fer l'anàlisi estadístic. L'embassament de Santa Fe del Montseny, és el que té més nombre d'espècies translocades, amb un total de 2 espècies com s'ha esmentat a dalt, i és l'embassament el qual es troba a major altitud (1.084 m) mentre que la mitjana d'altitud es troba en 445 m. Si fem l'anàlisi sense aquest embassament, es detecta que desapareix la correlació entre l'altitud i el percentatge d'espècies translocades.

És per això que no es pot considerar de forma concloent que hi hagi una relació de l'altitud i la superfície pel que fa al nombre d'espècies translocades, ja que l'embassament de Santa Fe del Montseny fa desviar els resultats i provoca una correlació que probablement no és real de forma general.

Per altra banda, els resultats han indicat que hi ha una correlació negativa entre l'altitud i el percentatge d'espècies exòtiques. A major altitud de l'embassament, s'ha detectat un menor percentatge d'espècies exòtiques. A mesura que ens allunyem del naixement del riu, les aigües cada vegada són més càlides, el cabal i l'amplada són majors i la velocitat és menor perquè hi ha menys pendent i més secció. Això fa que l'estructura de les seves comunitats també sigui diferent que en els trams alts. Els trams mitjans i baixos solen estar degradats (la principal causa de la degradació és la contaminació) per l'ús industrial i urbà, la qual cosa provoca una disminució de la biodiversitat i de la xarxa tròfica (Larruy Y., Roma M., 2003). Per tant, aquesta correlació podria ser perquè les espècies exòtiques són més tolerants a la mala qualitat de l'aigua i s'estableixen generalment als trams baixos dels rius amb aigües més càlides i tranquil·les que les espècies autòctones, les quals estan millor adaptades en ambients més freds d'alta muntanya amb una millor qualitat de l'aigua que en zones més baixes dominades per les grans ciutats amb més contaminació (Maceda *et al.*, 2017).

5.2 Comparativa entre conques

No s'ha pogut detectar cap diferència significativa en la presència d'espècies de peixos al·lòctones entre les conques on es troben els 20 embassaments estudiats. Això és degut principalment a un augment d'espècies introduïdes durant el darrer segle i principis d'aquest, el qual provoca una clara homogeneïtzació o similitud de la composició de les comunitats entre les diferents conques de Catalunya. No obstant això, l'anàlisi de la variació temporal que han realitzat alguns autors en l'homogeneïtzació biòtica entre les conques de la península ibèrica, mostra que es tracta d'un procés temporalment dinàmic. Quan s'estudia la similitud de conques en escales de temps més petites, la introducció de noves espècies segons quines conques, produeix una diferenciació biòtica, mentre que l'expansió d'espècies produeix una homogeneïtzació d'espècies. Aquest equilibri entre diferenciació-homogeneïtzació, es trenca quan augmentem el temps d'estudi a causa de la propagació d'espècies al·lòctones prèviament introduïdes. (Clavero i Garcia-Berthou, 2006).

Malauradament, en aquest treball només s'ha trobat informació dels últims vint anys, en concret a partir del 2003, però si haguéssim pogut tenir dades dels últims cinquanta anys probablement haguéssim detectat com aquesta propagació d'espècies segueix aquest gradient latitudinal en relació amb la proximitat amb França estudiat per Clavero i Garcia-Berthou (2006). Per exemple, en conques amb elevades latituds, hauríem esperat trobar menys espècies al·lòctones per les condicions abiòtiques i probablement haguéssim detectat diferències significatives entre conques i per tant no hi hauria aquest equilibri entre la diferenciació i l'homogeneïtzació a causa d'aquest increment de l'escala temporal.

5.3 Comparativa entre embassaments i conques

Com era d'esperar, s'ha pogut comprovar que hi ha més espècies de peixos al·lòctones que autòctones als embassaments estudiats. Això és degut principalment a què els embassaments són ambients artificials a la península

ibèrica que generen un hàbitat de baixa qualitat per les espècies autòctones des d'un primer moment, i per tant, les espècies al·lòctones, que són més tolerants augmenten la seva abundància o representació. En canvi, és d'esperar que la integritat de les comunitats autòctones vagi en detriment.

Els resultats han demostrat estadísticament que hi ha diferències significatives de la presència d'espècies de peixos al·lòctones i autòctones entre els embassaments i les conques on s'ubiquen aquests embassaments.

S'ha pogut observar que la riquesa tant d'espècies autòctones com al·lòctones és més baixa als embassaments que a les conques on es troben els embassaments. Això probablement ve donat a causa que la zona regional mostrejada és molt més gran en els rius (i.e. conjunt de la conca) que en els embassaments, i per tant, és d'esperar que hi hagi molta més presència d'espècies de peixos en el total de la conca que en els embassaments.

Pel que fa al percentatge d'espècies, s'ha observat que hi ha diferències entre els embassaments i les conques on es troben els embassaments. S'ha trobat que hi ha un percentatge més alt de peixos al·lòctons als embassaments que a les conques, i a la inversa, hi ha un percentatge més baix de peixos autòctons als embassaments que a les conques on es troben els embassaments. Això probablement ve donat perquè els embassaments als països mediterranis i sobretot aquí a la península ibèrica, es tracten d'ambients artificials (i. e. no hi ha llacs de forma natural, excepte els d'alta muntanya) en els quals les espècies autòctones tenen molts problemes per tolerar les condicions abiòtiques i per generar poblacions suficientment autosostenibles en el temps, i per tant, estan menys adaptades. En canvi, a la resta d'Europa, els embassaments i els llacs són sistemes naturals i per tant, les espècies autòctones d'allà estan adaptades a tolerar certes condicions abiòtiques. Per exemple, la carpa comuna (*Cyprinus carpio*) que és originària de l'Àsia Central, és una espècie bentívora que tolera temperatures extremes, concentracions d'oxigen baixes, terbolesa i salinitats elevades, té poca capacitat de natació, i que quan s'alimenta, aixeca una gran quantitat de sediment, i per tant, es desenvolupa molt millor en aigües tranquil·les com els embassaments que en els trams alts dels rius. Un altre exemple molt clar, seria el del silur (*Silurus glanis*), el qual prové del centre i est d'Europa, en concret del Danubi, està acostumat a desenvolupar-se en rius molt grans i amb

aigües tranquil·les, i per tant, es desenvolupa millor en els embassaments que en els rius mediterranis, els quals són més aviat petits.

5.4 Propostes de Gestió

Les invasions biològiques són un dels factors més importants del canvi global i posen en perill la conservació de la biodiversitat i dels recursos naturals. El reconeixement d'aquest desafiament ha fomentat el creixement d'un nou camp, la ciència de la invasió, dedicada a detectar, comprendre i minimitzar els impactes de les espècies invasores. Aquesta nova ciència investiga diferents tecnologies per fer front als impactes que provoquen les espècies invasores. En aquest context, la ciència de la invasió sustenta els marcs reguladors nacionals i internacionals que protegeixen la salut humana i l'economia (Simberloff *et al.*, 2013).

Actualment, algunes societats encara veuen les espècies introduïdes com actives o bones, degut a propietats estètiques, popularitat com plantes ornamentals i mascotes, o valor econòmic. No obstant això, a mesura que han anat augmentant les introduccions intencionades i no intencionades al llarg del segle XX, els biòlegs han reunit cada vegada més proves de l'amenaça que algunes introduccions representen per les espècies i ecosistemes autòctons i el benestar humà (Simberloff *et al.*, 2013).

La llarga llista d'impactes negatius i de llarg abast de les invasions suggereix que les introduccions proposades justifiquen una gran cautela. Quan s'apunten els impactes, és possible que s'hagin produït canvis irreversibles i que les mesures pal·liatives siguin massa costoses o impossibles. Per tant, la prevenció és la resposta prioritària; la detecció precoç, la resposta ràpida i la possible erradicació han de seguir quan la prevenció falla. La gestió a llarg termini (que implica controls periòdics per controlar el nombre d'individus de les poblacions) és l'última posició (Figura 11).

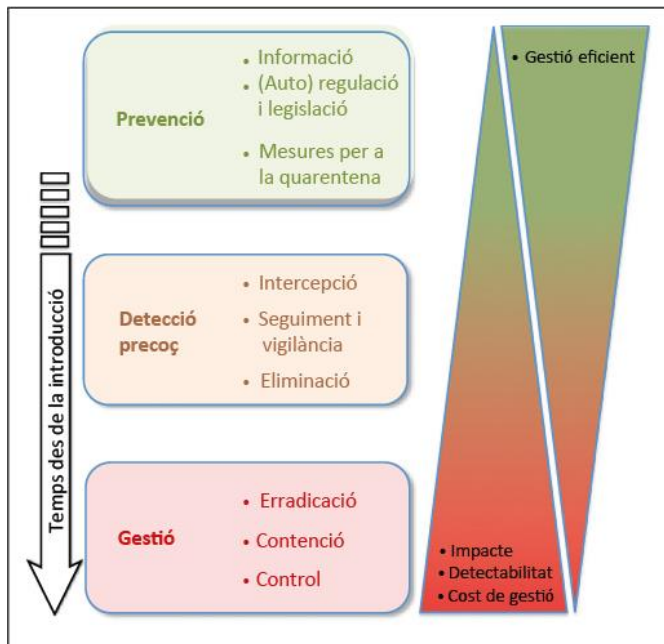


Figura 11. Estratègia de gestió contra espècies invasores. L'estratègia òptima evoluciona amb el temps des de la introducció, disminuint l'eficiència de gestió i augmentant els costos de gestió amb el temps des de la introducció. Font: Simberloff *et al.* 2013.

Com s'ha comentat anteriorment, hi ha tres línies principals d'actuació:

- **Prevenió:** tal com apunten científics de referència com Simberloff (2013) o el Departament de Territori i Sostenibilitat de Catalunya (2018) és el punt més important, i el de menys cost. És l'àmbit d'actuació que representa menys cost perquè, les inversions de control i erradicació són molt costoses en termes de contractació de personal, productes, i en canvi les de prevenció, en termes de cost-benefici és molt alt, ja que el cost és molt baix i el benefici (en termes de conservació i prevenció d'espècies exòtiques) és molt alt. La prevenció significa que s'han d'evitar les introduccions, eliminar les diferents vies d'entrada, regular el comerç i possessió, i realitzar diverses campanyes de sensibilització per incrementar la sensibilització social.
- **Detecció precoç i resposta ràpida:** la creació d'una xarxa d'alerta afavoreix el flux d'informació i la possibilitat d'implementar actuacions de control al més aviat possible. S'ha de posar en marxa un sistema de vigilància oficial que recopili i registri dades sobre l'aparició al medi ambient d'espècies exòtiques invasores.

- Erradicació, contenció i control (gestió a llarg termini): quan una espècie invasora s'ha establert, és molt difícil la seva erradicació. Segons les espècies i el moment d'invasió poden haver-hi o no diferents mesures d'erradicació. Per a les espècies amb un alt impacte, les quals no es poden erradicar, les accions van més adreçades a limitar la seva expansió o propagació (contenció) o a limitar els danys que produeixen sobre els hàbitats d'espècies sensibles (control). L'efectivitat de les actuacions ha de ser avaluada i el seu seguiment s'ha de fer establint prioritats per afrontar la gestió del problema d'una manera transversal pel que fa a l'Administració.

Actualment existeixen diverses lleis a nivell europeu i estatal per a protegir les espècies autòctones. Des de la unió europea es posen les bases per a la creació de legislacions estatals que regulin la protecció de les espècies autòctones i els seus hàbitats. El Reglament (UE) 1143/2014, sobre la prevenció i la gestió de la introducció i la propagació d'espècies exòtiques invasores, estableix la normativa per evitar i reduir els efectes que provoquen les espècies exòtiques invasores sobre la biodiversitat de la Unió Europea. Aquest reglament conté una llista d'espècies per la qual s'apliquen certes restriccions. Aquestes espècies no poden introduir-se en el territori de la UE, i està prohibit el seu transport, la cria en captivitat, comercialitzar amb elles o alliberar-les en el medi ambient.

Pel que fa a la legislació Espanyola, la llei 42/2007, del patrimoni natural i de la biodiversitat estableix un seguit de mesures per disminuir l'impacte que provoquen les espècies exòtiques invasores sobre la biodiversitat. Aquesta llei va fer possible la creació del Catàleg espanyol d'espècies exòtiques invasores, que es va desenvolupar en el Reial Decret 630/2013, pel qual es regula el Catàleg d'espècies invasores i la seva gestió, alhora que delega en les diferents comunitats autònomes els plans concrets per gestionar cada espècie inclosa en el catàleg i la decisió de considerar a espècies no incloses potencialment invasores. La inclusió d'una espècie al Catàleg comporta una sèrie de prohibicions que són la possessió, transport i comerç d'exemplars vius, de les seves restes o propàguls que poguessin sobreviure o reproduir-se; la seva introducció en el medi natural; i el retorn d'exemplars o de les seves parts a la natura.

Les espècies de peix incloses en el Catàleg espanyol d'espècies exòtiques invasores són: alburn (*Alburnus alburnus*), peix gat (*Ameiurus melas*), peix cap de serp del nord (*Channa spp.*), carpa comuna (*Cyprinus carpio*), lluç de riu (*Esox Lucius*), fúndul (*Fundulus heteroclitus*), "chanchito" (*Australoheros facetus*), gambúsia (*Gambusia holbrooki*), peix gat puntejat (*Ictalurus punctatus*), peix sol (*Lepomis gibbosus*), perca americana (*Micropterus salmoides*), dojo (*Misgurnus anguillicaudatus*), truita irisada (*Oncorhynchus mykiss*), perca (*Perca fluviatilis*), pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*), peix escorpí (*Pterois volitans*), rutil (*Rutilus rutilus*), salvel·lí (*Salvelinus fontinalis*), sandra (*Sander luciperca*), gardí (*Scardinius erythrophthalmus*), silur (*Silurus glanis*).

Aquestes espècies exòtiques invasores catalogades poden ser capturades en el marc de les estratègies, els plans i les campanyes de control com a mesura de gestió, control i erradicació. En aquests casos, i també en cas de captura accidental, s'han de sacrificar en el moment de la captura, sigui quina sigui la longitud, i en cap cas no poden mantenir-se vives o ser retronades al medi natural.

Per a l'activitat de la pesca recreativa i esportiva, s'autoritza l'ús d'embarcacions i estris complementaris al bany (catamarans, inflables, caiacs, canoes) en totes les aigües on la navegació estigui autoritzada per l'organisme de conca competent, sens perjudici de complir els requisits els quals estableix l'organisme de conca competent i el Reial Decret 148/1992, pel qual es regulen les activitats fotogràfiques, científiques i esportives que poden afectar les espècies de la fauna salvatge. Per a tot el material que entra en contacte amb l'aigua (embarcacions, artefactes, estris de pesca), és important seguir els protocols de neteja i desinfecció estipulats abans d'entrar i sortir de l'aigua, ja que navegar-hi i traslladar materials des d'una massa d'aigua a una altra és una pràctica de risc. Les diminutes larves de diferents espècies poden adherir-se als objectes que han estat en contacte amb l'aigua i això podria significar la introducció d'aquestes espècies en altres conques o embassaments.

Per tant, crec que s'haurien de realitzar un seguit d'accions, prioritzant les de prevenció abans que les de control o d'erradicació per minimitzar els impactes que provoquen les espècies de peixos foranes, tant a nivell d'embassaments com de conques hidrogràfiques, a més a més de les accions per restaurar i

millorar l'hàbitat pels peixos autòctons. Concretament, les accions que considero prioritàries són:

- Augmentar el control fronterer, augmentar el nombre de personal o agents rurals que vigilin la pesca esportiva, fer control tant nocturns com diürns als embassaments per observar si hi ha moviments sospitosos.

- Fer moltes més campanyes de sensibilització socials, en diferents centres educatius, com les escoles o els instituts, campanyes específiques de sensibilització per al gremi de pescadors esportius, perquè les noves i posteriors generacions puguin entendre la importància dels impactes i els problemes que provoquen les espècies invasores, ja que avui en dia no es coneix encara prou tot el que generen.

- Limitació i control de l'accés, així com la navegació, el bany i altres accions derivades a les diferents zones dels embassaments de manera molt més restrictiva a la que hi ha actualment. Estipular de manera equitativa la limitació dels accessos i els usos en cada un dels embassaments, ja que d'aquesta manera hi hauria un control més segur i més eficient.

- Implementar protocols de neteja i de desinfecció més durs dels materials (embarcacions, estris de pesca) que entren en contacte amb l'aigua. Per evitar la propagació d'espècies exòtiques invasores, les embarcacions i qualsevol material que entri en contacte amb l'aigua, hauran de ser rentats i desinfectats en entrar i en sortir sempre, tant si és o no el mateix embassament el qual es va navegar per últim cop.

- Creació d'una xarxa, web, o aplicació amb diferents tipus de treballadors per detectar i fer arribar informació de les captures o observacions d'espècies exòtiques invasores. La missió d'aquesta xarxa ha de ser alertar ràpidament de la presència de nous focus de peixos invasors indicant la localització, els seus riscos i la seva extensió.

- Captura directa dels exemplars d'espècies de peixos invasors amb l'ús de xarxes d'emmallament i posterior eliminació, en les localitzacions on se sap que hi ha un focus, ja sigui per la utilització de l'aplicació anterior o per altres raons. En aquest cas també es poden utilitzar substrats artificials per a eliminar els ous

de les espècies invasores. Les espècies autòctones que siguin capturades de manera accidental, hauran de ser retornades immediatament a l'aigua.

- Control químic mitjançant l'ús d'herbicides o verins selectius com per exemple la rotenona o l'antimicina, els quals només afectin a l'espècie exòtica invasora.

- Instal·lació de diversos tipus de dispositius de pas per als peixos (tècnics d'espectre ampli, mecanitzats, específics), sistemes de protecció o implementació de diferents règims de cabals ambientals per tal d'intentar millorar la connectivitat fluvial, la qual han perdut durant els darrers anys a causa de les infraestructures hidràuliques com els embassaments.

6. Conclusions

Aquest estudi ha permès detectar i confirmar que a Catalunya la majoria d'espècies de peixos presents als embassaments són al·lòctones, ja que només s'han trobat 7 espècies autòctones d'un total de 28.

La revisió bibliogràfica ha permès detectar que Darnius-Boadella és l'embassament amb més riquesa de peixos al·lòctons (11 espècies). El motiu principal d'aquest fet es considera que és perquè l'embassament es troba a prop de la frontera amb l'estat francès, la qual cosa fa que sigui la principal via d'introducció a les conques catalanes. S'ha pogut detectar que la carpa comuna (*Cyprinus carpio*) és l'espècie més abundant, és a dir, la que té una presència més àmplia als embassaments objecte d'estudi, ja que ha estat detectada a totes les masses d'aigua estudiades excepte a la Llosa del Cavall. Aquest fet és degut probablement perquè aquesta espècie va ser una de les primeres que es van criar amb fins alimentaris, que va ser introduïda d'una forma molt generalitzada, i que avui en dia, la seva introducció és una pràctica molt habitual.

Les dades han indicat que no hi ha cap diferència significativa en relació amb la presència de peixos al·lòctons entre les conques. Aquest fet probablement és degut a un increment de les introduccions de peixos durant el s. XX i principis del s. XXI, el qual provoca una homogeneïtzació o similitud de les comunitats íctiques entre les diferents conques de Catalunya.

Pel que fa a la comparativa entre els embassaments i les conques, s'ha pogut confirmar que hi ha diferències significatives de la presència d'espècies al·lòctones i autòctones entre els embassaments i les conques. En concret s'ha demostrat que hi ha molta més riquesa de peixos al·lòctons i autòctons a les conques que als embassaments. Això probablement és degut al fet que la zona mostrejada a les conques és molt més gran que als embassaments i per tant, és d'esperar que hi hagi molta més presència de peixos a les conques. Quant al percentatge, s'ha pogut demostrar que hi ha molta més presència d'espècies de peixos al·lòctones als embassaments que a les conques. Aquest fet possiblement és causat a què als països mediterranis, els embassaments són ambients artificials en el qual les espècies autòctones tenen molts problemes per

tolerar les condicions que es donen; i en canvi a la resta d'Europa (d'on provenen la majoria de les espècies al·lòctones), aquests ambients són més aviat sistemes naturals i les espècies estan més adaptades.

Finalment, com ja tots sabem, les invasions biològiques són un dels factors més importants del canvi global i a més, posen en perill la conservació de la biodiversitat. Per fer front a aquesta problemàtica, hi ha tres principals línies d'actuació: la prevenció, la detecció precoç i resposta ràpida i la gestió a llarg termini.

Com a possibles mesures, crec que hauria d'haver-hi un augment del control fronterer i del personal de vigilància en la pesca esportiva; una limitació i control dels accessos, la navegació i el bany de manera molt més restrictiva i eficient; implementar uns protocols de neteja i desinfecció més durs dels materials tant en entrar com en sortir de les masses d'aigua; realitzar diferents accions de captura directa i control químic de les espècies invasores per tal d'eliminar-les; i instal·lació de diferents dispositius de pas per als peixos en totes les infraestructures hidràuliques per tal d'intentar recuperar la connectivitat fluvial que han perdut durant els darrers anys.

7. Bibliografia

- Agència Catalana de l'Aigua. 2019. Declaració responsable de navegació i flotació a les Conques Internes de Catalunya. 45 p.
- Andreu, J., Pino, J., Rodríguez-Labajos, B. i Munné, A. 2011. Avaluació de l'estat i el risc d'invasió per espècies exòtiques dels ecosistemes aquàtics de Catalunya. Agència Catalana de l'Aigua, Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya. 97 p
- Aparicio E, Julià X. 2009. La ictiofauna de l'embassament del Foix
- Aparicio E., C. Alcaraz, G. Carmona-Catot, E. García-Berthou, Q. Pou-Rovira, R. Rocaspana, M.J. Vargas & D. Vinyoles. 2016. Peixos continentals de Catalunya. Ecologia, conservació i guia d'identificació. Lynx Edicions, Barcelona. 251 p.
- Aparicio, E; Pou-Rovira, Q. & Rocaspana, R. 2018. Peixos d'embassaments i estanys. Agència Catalana de l'Aigua, Departament de Territori i Sostenibilitat
- Aparicio E. 2018. Estat de conservació de la ictiofauna del Parc Natural del Montseny
- Associació Hàbitats per a l'Oficina Tècnica d'Educació i Promoció Ambiental de la Diputació de Barcelona. 2017. Guia d'espècies exòtiques invasores d'ambients fluvials. 59 p.
- Benejam *et al.*, 2005. Nota al ExoAqua. Recuperat de http://delfos.creaf.uab.es/exoaqua/exoaqua/visualitzartaxon.htm?idtipusimpacte=&idtipusviaentrada=&idtipusaccidental=&idusviaentrada=&idtipusmassaigua=&idconca=&idcomarca=&idmunicipi=&idsmassesaigua=&partnom=&otselectmassesaigua=N&listar=S&idtaxon=Abra&idtipustaxon=tipustaxon_peixos&primerelement=0&numelements=&operacio=
- Benejam, L., Carol, J., Alcaraz, C., Garcia-Berthou, E, 2005. First record of the Common bream (*Abramis brama*) introduced to the Iberian Peninsula. *Limnetica*, 24: 273-274

- Benejam L, Carol J, Benito J, Garcia-Berthou E. 2007. On the spread of the European catfish (*Silurus glanis*) in the Iberian Peninsula: first record in the Llobregat river basin.
- Benejam L, Saura S. 2009. Retirada de peixos de l'embassament de Sant Martí de Tous, Anoia. Centre d'Estudis de Biologia de la Conservació Aquàtica i Terrestre. 32 p.
- Benejam L., Benito J., García-Berthou E. 2010. Decrease of condition and fecundity of freshwater fish in a highly polluted reservoir. *Water, Air, & Soil Pollution* 210: 231–242.
- Benejam L., Benito J., Ordóñez J., Armengol J. & García-Berthou E. 2008. Short-term effects of a partial drawdown on fish condition in a eutrophic reservoir. *Water, Air, & Soil Pollution* 190: 3–11.
- Carol J., Benejam L., Alcaraz C., Vila-Gispert A., Zamora L., Navarro E., Armengol J. & García-Berthou E. 2006. The effects of limnological features on fish assemblages in fourteen Spanish reservoirs. *Ecology of Freshwater Fish* 15: 66-77.
- Carol, J. 2004 Nota a InvasiBer. Recuperat de http://invasiber2.org/cita_detalls.php?pageNum_rsFitxa=1&taxonomic=7&totalRows_rsFitxa=17&id_fitxa=54&id_cita=30
- Carol, J. 2004. Nota a InvasiBer. Recuperat de http://invasiber2.org/cita_detalls.php?taxonomic=7&id_fitxa=72&id_cita=74
- Carol, J. 2004. Nota a InvasiBer Recuperat de http://invasiber2.org/cita_detalls.php?pageNum_rsFitxa=1&taxonomic=7&totalRows_rsFitxa=17&id_fitxa=42&id_cita=19
- Carol, J. 2004. Nota a InvasiBer. Recuperat de http://invasiber2.org/cita_detalls.php?pageNum_rsFitxa=1&taxonomic=7&totalRows_rsFitxa=17&id_fitxa=64&id_cita=28
- Carol, J. 2004. Nota a InvasiBer. Recuperat de http://invasiber2.org/cita_detalls.php?pageNum_rsFitxa=1&taxonomic=7&totalRows_rsFitxa=17&id_fitxa=64&id_cita=29

- Carol, J. 2004. Nota a InvasiBer Recuperat de http://invasiber2.org/cita_detalls.php?taxonomic=7&id_fitxa=40&id_cita=72
- Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras – Peces. 2016. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Recuperat de https://www.miteco.gob.es/gl/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/especies-exoticas-invasoras/ce_eei_peces.aspx
- Clavero, M., Villero, D. 2014. Historical Ecology and Invasion Biology: Long-Term Distribution Changes of Introduced Freshwater Species. *BioScience* 64 (2): 146-153.
- Clavero M. & García-Berthou E. 2006. Homogenization dynamics and introduction routes of invasive freshwater fish in the Iberian Peninsula. *Ecological Applications* 16: 2313-2324.
- Castro-Díez P., Valladares F., Alonso A. 2004. La creciente amenaza de las invasiones biológicas. *Asociacion espanyola de ecologia terrestre. Ecosistemas* 13. 61-68
- Confederación Hidrográfica del Ebro. 2019. Estudio para la estimación de la biomasa piscícola y la presencia de trucha común en el embalse de Camarasa (Lleida). 64 p.
- Confederación Hidrologica del Ebro. 2018. Sondeo hidroacustico en el embalse de Canelles. 64 p.
- Departament de Territori i Sostenibilitat. 2018. Espècies exòtiques. Què són i com es gestionen. Recuperat de http://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/especies_exotiques_invasores/per-que/
- DOADRIO, I., PEREA, S., GARZÓN-HEYDT, P., Y J.L. GONZÁLEZ. 2011. Ictiofauna continental española. Bases para su seguimiento. DG Medio Natural y Política Forestal. MARM. 616 p. Madrid.
- García-Berthou E., Alcaraz C., Benejam L., Benito J., Carol J., Faggiano L., Santos A.F.G.N. & Santos L.N. 2009. L'impacte ecològic dels peixos introduïts a Catalunya. *L'Atzavara* 18: 25-29.

- García-Berthou E., Almeida D., Benejam L., Magellan K., Bae M.-J., Casals F. & Merciai R. 2015. Impacto ecológico de los peces continentales introducidos en la Península Ibérica. *Ecosistemas* 24: 36-42.
- Kottelat M. and J. Freyhof, 2007. Handbook of European freshwater fishes
- Larruy Y., Roma M., 2003. Els ecosistemes d'aigua dolça. Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya. 48 p.
- Maceda-Veiga, A., Mac, R. and de Sostoa, A. (2017). The presence of non-native species is not associated with native fish sensitivity to water pollution in greatly hydrologically altered rivers. *Science of The Total Environment*, 607, 549-557.
- Merciai R., Almeida D., Aparicio E., Cruset E., Fuentes M.Á., Pou-Rovira Q., Rocaspana R., Vila-Gispert A. & García-Berthou E. 2018. First record of the asp *Leuciscus aspius* introduced into the Iberian Peninsula. *Limnetica* 37: 341 – 344
- Monteoliva A. 2008. Estudi censal de las comunidades de peces en el embalse de Ribarroja. Confederación hidrológica del Ebro. 53 p.
- Moreno R., Campos M., Feo C. 2013. Els peixos de les conques internes del nord-est de Catalunya. Quaderns, 32, CECB Banyoles. p. 31-43
- Navarro E., García-Berthou E. & Armengol J. 2010. La calidad ecológica de los embalses. *Investigación y Ciencia* 401: 80-87.
- Ordeix, M; Sostoa, A; Maceda, A; García-Berthou, E; Benejam, L; Casals, F; Caiola, N; Ibàñez, C; Sellarès, N; Pou-Rovira, G; Rodríguez-Labajos, B; Solà, C; Bardina, M; Casamitjana, A i Munné, A. 2014. *Els peixos dels rius i les zones humides de Catalunya. Qualitat biològica i connectivitat fluvial.* Agència Catalana de l'Aigua – Museu del Ter – Eumo editorial. Vic. 172 p.
- Santos L.N., Agostinho A.A., Alcaraz C., Carol J., Santos A.F.G.N., Tedesco P., García-Berthou E. 2011. Artificial macrophytes as fish habitat in a Mediterranean reservoir subjected to seasonal water level disturbances. *Aquatic Sciences* 73: 43–52.

Simberloff D., Martin J.-L., Genovesi P., Maris V., Wardle D.A., Aronson J., Courchamp F., Galil B., García-Berthou E., Pascal M., Pyšek P., Sousa R., Tabacchi E. & Vilà M. 2013. Impacts of biological invasions – what’s what and the way forward. *Trends in Ecology and Evolution* 28: 58–66.

Telenotícies comarques TV3 (2020). Recuperat de <https://www.ccma.cat/tv3/alacarta/telenoticies-comarques/troben-un-gran-silur-al-panta-de-darnius-boadella/video/6032441/>.